



**UNIVERSITATEA TEHNICĂ
„GHEORGHE ASACHI” DIN IAȘI
FACULTATEA DE INGINERIE CHIMICĂ
ȘI PROTECȚIA MEDIULUI
”CRISTOFOR SIMIONESCU”**



ECO-PROIECTAREA ȘI PRODUCȚIA DURABILĂ A UNOR COMPONENTE ȘI ANSAMBLE DIN MATERIALE RECICLABILE

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Conducător de doctorat:

Prof.univ.dr.ing. MARIA GAVRILESCU

Doctorand:

Ing. TEOFIL CÂMPEAN

IAȘI 2020

Către

Vă facem cunoscut că, în ziua de 30 iulie, orele 11.00, la **link-ul:**

va avea loc **susținerea publică online** a tezei de doctorat intitulată:

**"Eco-proiectarea și producția durabilă a unor componente și ansamble din
materiale reciclabile"**

elaborată de domnul **ing. Teofil CÂMPEAN** în vederea conferirii titlului științific de doctor.

Comisia de doctorat este alcătuită din:

- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1. VOLF Irina , Prof.univ.dr.habil.ing.
Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași | președinte |
| 2. GAVRILESCU Maria , Prof.univ.dr.ing.
Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași | conducător de
doctorat |
| 3. DUȚĂ CAPRĂ Anca , Prof.univ.dr.ing.
Universitatea Transilvania din Brașov | referent oficial |
| 4. OZUNU Alexandru , Prof.univ.dr.ing.
Universitatea Babes-Bolyai, Cluj-Napoca | referent oficial |
| 5. MĂLUȚAN Teodor , Prof.univ.dr.ing.
Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași | referent oficial |

Cu această ocazie vă invităm să participați la susținerea publică a tezei de doctorat.

RECTOR,

Prof.univ.dr.ing. **DAN CAȘCAVAL**

Secretar universitate,

Ing.Cristina Nagiț

Mulțumiri

Finalizarea tezei de doctorat reprezintă momentul în care se încheie o etapă foarte importantă în desăvârșirea mea profesională. Doresc să adrezez mulțumiri tuturor acelor oameni adevărați și minunați din jurul meu care s-au implicat și m-au sprijinit în demersul complex, dar interesant și provocator, al elaborării tezei de doctorat.

În primul rând doresc să-mi exprim întreaga recunoștință față de Doamna Prof.univ.dr.ing. **Maria Gavrilesu**, în calitate de coordonator științific, pentru încrederea, încurajarea și permanenta de care am beneficiat pe tot parcursul programului de doctorat și, mai ales în etapa de elaborare a tezei.

Țin să-mi exprim gratitudinea față de membrii comisiei de îndrumare, Prof.univ.dr.ing. **Irina Volf**, Prof.univ.dr.ing. **Ioan Mămăligă** și Asistent univ.dr.ing. **Petronela Cozma** pentru tot sprijinul și îndrumarea acordate pe întreaga durată a programului de doctorat.

Mulțumesc distinsei Doamne Prodecan Prof.univ.dr.habil.ing. **Irina Volf**, președintele comisiei de doctorat, cât și distinșilor referenți oficiali: Prof.univ.dr.ing. **Anca Duță Capră** de la Universitatea Transilvania din Brașov, Prof.univ.dr.ing. **Alexandru Ozunu** de la Universitatea Babes-Bolyai, Cluj-Napoca, Prof.univ.dr.ing. **Teodor Măluțan** de la Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași, pentru evaluarea tezei de doctorat, aprecierile și sugestiile transmise.

Adresez alese mulțumiri grupului de cercetare Procese Chimice și Biologice în Ingineria și Managementul Mediului, în special cercetător dr.ing. **Elena-Diana Comăniță**, cercetător dr.ing. **Isabela Maria Simion**, asistent univ.ing. **Petronela Cozma**, cercetător dr.ing. **Cristina Ghinea**, șef lucrări dr.biol. **Camelia Smaranda**, asistent cercetare dr.nd. **Mihaela Roșca**, precum și prof.univ.dr.ing. **Dan Gavrilesu**, prof.univ.dr.ing. **Teodor Măluțan**, prof.univ.dr.ing. **Igor Crețescu**, șef lucrări dr.ing. **Adrian Cătălin Puițel** pentru deosebita colaborare pe parcursul elaborării și finalizării tezei de doctorat.

Mulțumesc conducerii Departamentului Ingineria și Managementul Mediului și membrilor acestuia pentru colaborarea deosebită din toți acești ani.

Calde mulțumiri colegilor și colaboratorilor din cadrul SC Rondocarton srl Cluj Napoca pentru tot sprijinul, colaborarea și încrederea acordate.

Dedic această lucrare mamei mele!

CUPRINS

INTRODUCERE	1
 Capitolul 1.	
STADIUL INIȚIATIVELOR ȘI REALIZĂRILOR PRIN ECO-INOVARĂ ȘI ECO-PROIECTARE PENTRU CONSERVAREA RESURSELOR ÎN CONTEXTUL ECONOMIEI CIRCULARE	9
1.1. Scopul și importanța cercetării	9
1.2. Economia circulară	10
1.2.1. Contextul apariției și evoluției economiei circulare	10
1.2.2. Politici europene pentru o economie circulară	14
1.3. Instrumente pentru implementarea economiei circulare	19
1.3.1. Cadrul pentru implementarea economiei circulare	19
1.3.2. Eco-inovarea	22
1.3.2.1. Principii, aplicare și evoluție	22
1.3.2.2. Eco-inovarea în Uniunea Europeană	24
1.3.2.3. Eco-inovarea în România	26
1.3.2.4. Motivații, beneficii și bariere pentru eco-inovare în contextul economiei circulare	27
1.3.3. Eco-proiectarea	29
1.3.3.1. Dezvoltarea conceptului de eco-proiectare	29
1.3.3.2. Eco-proiectarea și ciclul de viață a proceselor și produselor	32
1.3.3.3. Instrumente de eco-proiectare	35
1.3.3.4. Planificarea eco-proiectării	40
1.3.3.5. Eco-proiectarea și eco-eficiența	42
1.3.3.6. Eco-proiectarea și utilizarea deșeurilor ca resurse	43
1.3.3.7. Evaluarea sustenabilității produselor și proceselor eco-proiectate	44
1.3.3.8. Beneficii și bariere în eco-proiectare	46
Concluzii	48
Bibliografie	51
 Capitolul 2.	
RECICLAREA, REUTILIZAREA ȘI RECUPERAREA DEȘEURILOR CA RESURSE ÎN CONTEXTUL ECONOMIEI CIRCULARE	59
2.1. Scopul și importanța cercetării	59
2.2. Deșeuri reciclabile și transformarea lor în resurse	60
2.2.1. Surse de deșeuri și managementul acestora	50
2.2.2. Transformarea deșeurilor în resurse	63

2.2.3. Deșeuri reciclabile	67
2.2.3.1. Deșeuri de materiale plastice / polimeri	67
2.2.3.2. Deșeuri de echipamente electrice și electronice	72
2.2.3.3. Deșeuri de anvelope, sticlă, ceramică, metale	76
2.2.3.4. Deșeuri de hârtie și carton	84
Concluzii	99
Bibliografie	101
 Capitolul 3.	
UTILIZĂRI ALTERNATIVE ALE HÂRTIEI ȘI CARTONULUI	
ÎN ARHITECTURĂ ȘI CONSTRUCȚII.....	109
3.1. Scopul și importanța cercetării	109
3.2. Potențialul hârtiei și cartonului ca material de construcție	
și termoizolant	110
3.3. Aplicații ale hârtiei și cartonului în construcții și arhitectură	116
Concluzii	128
Bibliografie	129
 Capitolul 4.	
IMPACTUL ECOLOGIC ȘI ECONOMIC AL UNEI CASE	
REZIDENȚIALE CARE UTILIZEAZĂ DEȘEURI DE CARTON	
CA MATERIAL DE CONSTRUCȚIE	131
4.1. Scopul și importanța cercetării	131
4.2. Elemente privind concepția constructivă a caselor comparate	132
4.3. Elemente specifice ale evaluării ciclului de viață (ECV)	136
4.3.1. Metodologia evaluării ciclului de viață	136
4.3.2. Metode de evaluare a ciclului de viață	140
4.4. Evaluarea ciclului de viață a caselor CEP, CR, CW	143
4.4.1. Stabilirea unității funcționale și a limitelor sistemului	143
4.4.2. Etapa de prelucrare materii prime și producția materialelor de	
construcție	143
4.4.3 Etapa de construcție	148
4.4.4. Etapa de utilizare/întreținere	150
4.4.5. Etapa finală a ciclului de viață	157
4.4.6. Analiza întregului ciclu de viață a caselor comparate	159
4.5. Analiza costului ciclului de viață	169
4.5.1. Etapa de construcție	169
4.5.2. Etapa de utilizare	170
4.5.3. Costurile totale pe întreg ciclul de viață a caselor analizate	170
Concluzii	173
Bibliografie	175

Capitolul 5.

ECO-PROIECTAREA UNOR PRODUSE ȘI ANSAMBLE PENTRU AMBALARE DIN MATERIALE RECICLABILE ȘI EVALUAREA IMPACTURILOR ECOLOGICE ȘI ECONOMICE

5.1. Scopul și importanța cercetării	177
5.2. Paleții – descriere, cerințe, fabricație	179
5.2.1. Prezentare generală	179
5.2.2. Materiale pentru paleți	181
5.2.2.1. Paleți din lemn	181
5.2.2.2. Paleți din metal	181
5.2.2.3. Paleți din plastic	183
5.2.2.4. Paleți din hârtie/carton	183
5.2.3. Anticiparea și testarea performanțelor paleților	184
5.3. Eco-proiectarea unor paleți din carton ondulat și deșeu reciclabil de carton ondulat	186
5.3.1. Motivația cercetării și metodologia de lucru	186
5.3.2. Descrierea produselor eco-proiectate	190
5.3.2.1. Palet asamblabil și dezasamblabil, varianta 1.....	190
5.3.2.2. Palet asamblabil și dezasamblabil, varianta 2	191
5.3.2.3. Palet asamblabil și dezasamblabil, varianta 3	192
5.3.2.4. Palet, europalet asamblabil și dezasamblabil	192
5.4. Evaluarea performanțelor de mediu și economice ale paleților din hârtie/carton virgin sau reciclat	193
5.4.1. Evaluarea impacturilor de mediu ale paleților prin aplicarea metodologiei evaluării ciclului de viață (ECV)	193
5.4.1.1. Contextul evaluării impacturilor generate în mediu de paleți realizați din diverse material	193
5.4.1.2. Evaluarea impacturilor de mediu ale paleților prin aplicarea metodei CML	195
5.4.1.3. Eco-eficiența fabricării paleților din carton ondulat, comparative cu paleții din lemn, în raport cu mediul înconjurător	199
5.4.2. Analiza cost-beneficiu	201
5.4.2.1. Scopul analizei cost-beneficiu	201
5.4.2.2. Analiza cost-beneficiu pentru procesul de obținere a paleților din lemn	202
5.4.2.3. Evaluarea impactului economic al procesului de obținere a paleților din carton ondulat	210
5.4.2.4. Evaluarea comparativă a performanțelor economice pentru procesul de obținere a paleților din lemn și a paleților din carton ondulat	216
Concluzii	222
Bibliografie	225

CONCLUZII GENERALE	229
ANEXE	237
Anexa 1	237
Anexa 2	241
Anexa 3	245
Anexa 4	257

INTRODUCERE

Pământul este un sistem închis și, cu excepția energiei, resursele disponibile pentru umanitate sunt finite. Sistemul economic, precum și modelele de consum și de producție nu sunt concepute pentru a lua în considerare acest fapt. Majoritatea dintre ele sunt caracterizate ca sisteme liniare de tip *take-make-dispose*. Consecințele unui astfel de model economic sunt degradarea mediului și, pe termen lung, epuizarea resurselor (Bundgaard, 2016).

Modelele de producție și consum au înregistrat schimbări semnificative în ultimele decenii, având în vedere faptul că, factori precum schimbările climatice globale și pierderea biodiversității au devenit din ce în ce mai relevanți, iar numărul consumatorilor a crescut (Pinheiro et al., 2018). În consecință, a devenit din ce în ce mai necesară dezvoltarea de practici și produse care să minimizeze impactul asupra mediului (Ji et al., 2015; Rossi et al., 2016).

Economia circulară este un model pentru o economie care este proiectată să funcționeze în armonie cu mediul, în care materialele biologice sunt concepute astfel încât să se întoarcă în siguranță în ciclurile ecologice, iar materialele tehnice sunt proiectate să circule în mod continuu în sistemul economic. Scopul final este de a decupla creșterea economică de consumul de resurse. Aceasta presupune că va fi posibilă o creștere economică continuă în contextul constrângerilor legate de resurse, evitând, în același timp, prejudiciile aduse mediului, prin reducerea considerabilă a extracției materialelor virgine, eliminarea deșeurilor inutile și toxice, economii substanțiale cu costurile materiilor prime și energiei (Braungart și McDonough, 2000; Ellen MacArthur Foundation, 2012).

Semnificația dezvoltării durabile pentru evoluția societății umane impune luarea în considerare a criteriilor de mediu încă din etapa de concepție și proiectare a oricărui portofoliu de produse, care să aibă un impact pozitiv asupra dezvoltării produselor durabile din punctul de vedere al mediului înconjurător (Smith și Offodile, 2016). În același timp, literatura de specialitate a demonstrat necesitatea integrării eco-proiectării în dezvoltarea de produse, pentru a ghida și încuraja proiectanții de produse (în sensul oricărui bun/produs, proces sau serviciu) să aplice principiile dezvoltării durabile și ale economiei circulare în proiectare, considerând și problematica mediului înconjurător (Brones et al., 2014; Pigosso et al., 2010; Sihvonen și Partanen, 2016). În ciuda disponibilității aparente a studiilor care discută despre adoptarea de practici, metode și instrumente pentru aplicarea eco-proiectării, unii cercetători au subliniat că punerea în practică este încă incipientă, în special la nivelul companiilor (Rossi et al., 2016).

Eco-proiectarea urmărește să propună produse în care să se ia în considerare minimizarea impactului lor asupra mediului pe tot parcursul ciclului lor de viață. Într-un produs rezultat din eco-proiectare, cerințele de proiectare, calitate și satisfacție a clienților trebuie să fie integrate cu cerințele de mediu, astfel încât soluțiile să ia în considerare impactul acestora în toate etapele ciclului de viață a produsului, de la extracția materiilor prime până la fabricare, ambalare și reutilizare (Bovea și Perez-Belis, 2012; Luiz et al., 2016). Specialiștii recomandă ca obiectivul principal al eco-proiectării să vizeze un echilibru între cerințele consumatorului din punctul de vedere al funcționalității și performanței, pe de o parte și impactul asupra mediului, pe de altă parte (Luttrupp și Lagerstedt, 2006; Pigosso et al., 2011). Astfel, eco-proiectarea urmărește, în esență, să contribuie la dezvoltarea produselor eficiente din punct de vedere ecologic, ceea ce implică considerarea cerințelor de mediu în primele etape ale proiectării, fără însă a afecta negativ caracteristicile tradiționale ale produselor, cum ar fi aspectul, prețul de vânzare, fiabilitatea, menținerea pe piață etc. (Pigosso et al., 2010).

În contextul economiei circulare, eco-proiectarea are în vedere asigurarea și menținerea valorii economice și de mediu a materialelor cât mai mult posibil, păstrându-le în sistemul economic, fie prin prelungirea ciclului de viață, ori prin multiplicarea ciclului de viață prin reluarea lor repetată în sistem, în bucle de reciclare sau reutilizare. La modul ideal rezultă că noțiunea de

deșeuri nu ar mai trebui să existe într-o economie circulară, deoarece produsele și materialele sunt, în principiu, reutilizate și reciclate pe termen nelimitat, în buclă restrânsă, pe același amplasament, sau în bucle extinse, care includ și alți producători, într-un sistem sinergic care generează valoarea adăugată pentru firme la nivel global. Pentru ca Uniunea Europeană să rămână competitivă și să asigure protecția mediului înconjurător s-a dovedit imperios necesar ca resursele naturale să fie utilizate în cel mai eficient mod posibil pentru a evita epuizarea resurselor planetei.

Deșeurile reciclate sau recuperate pot fi reintroduse în circuitul economic ca materie primă secundară, generând bucle închise în acord cu principiile economiei circulare. Încă înainte ca economia circulară să devină obiectul unui pachet legislativ al Comisiei Europene, industria hârtiei, a cartonului și a ambalajelor din hârtie și carton a reprezentat unul din pionierii aplicării modelului economiei circulare în toate etapele ciclului de viață a unui produs: proiectarea, producția, distribuția și utilizarea, recuperarea acestuia. Potrivit cifrelor publicate de Uniunea Europeană (UE) înainte de Ziua mondială a reciclării (18 martie 2019), cantitatea de ambalaje din hârtie și carton recuperate la ora actuală în Europa a atins un nivel record. În cele 28 de țări ale UE, rata de recuperare pentru deșeurile de ambalaje din hârtie și carton a ajuns la 85,8%, cea mai mare din istoria UE și cea mai mare dintre toate materialele de ambalare (ambalajul metalic și sticla au rate de reciclare de 78,3% și, respectiv, 74,1%) (Packaging Europe, 2019). Pe plan internațional, Europa continuă să fie campioana mondială în domeniul reciclării hârtiei, urmată de America de Nord. De asemenea pentru specialiști este bine-cunoscut faptul că, în industria hârtiei, noțiunea *deșeu de hârtie* este rar folosită, termenul preferat fiind cea de *hârtie recuperată*, care reflectă mai bine valoarea și importanța sa ca materie primă. Hârtia recuperată (maculatura) este la fel de importantă ca materie primă pentru fabricarea hârtiei ca și fibrele virgine obținute din lemn. Termenii *hârtie reciclată* și *fibră secundară* sunt, de asemenea, adesea utilizați pentru referirea la acest flux de materii primare secundare. Hârtia și cartonul recuperat dețin locul al doilea în cantitatea globală de deșeuri, reprezentând 17%, după fracțiunea organică (Hoornweg and Bhada-Tata, 2012).

În acest cadru, teza de doctorat *Eco-proiectarea și producția durabilă a unor componente și ansamble din materiale reciclabile* are ca obiectiv fundamental implementarea principiilor eco-proiectării și producției durabile în contextul economiei circulare, cu scopul valorificării unor materiale reciclabile de hârtie și carton fără potențial papetar pentru realizarea unor produse, componente și ansamble, profitabile din punct de vedere economic și cu impact redus asupra mediului, pe întreg ciclul de viață.

Pentru îndeplinirea obiectivului fundamental au fost stabilite o serie de **obiective specifice**:

- analiza critică a datelor și informațiilor privind stadiul inițiativelor și realizărilor prin eco-inovare și eco-proiectare pentru conservarea resurselor în contextul economiei circulare;
- analiza stadiului și contextului în care se realizează reciclarea, reutilizarea și recuperarea deșeurilor ca resurse, în contextul economiei circulare, la nivel mondial, european și național;
- evaluarea capacității de valorificare a unor materiale reciclabile de hârtie și carton, în particular a celor fără potențial papetar, pentru realizarea unor produse, componente și ansamble și reducerii impactului asupra mediului pe întreg ciclului de viață al produsului;
- analiza posibilităților de utilizare a unor produse de carton cu o rezistență suficientă la compresiune ca alternativă la materialele tradiționale de construcție (beton și oțel), în domeniul construcțiilor și în arhitectură, precum și a potențialului de utilizare a cartonului recuperat, fără potențial papetar, ca material în realizarea unor ansamble pentru elemente de construcție (panouri pentru pereți, acoperișuri și podele), precum și dezvoltarea unor clădiri cu durată scurtă de viață sau temporare;
- aplicarea evaluării ciclului de viață și a costului ciclului de viață pentru estimarea impactului ecologic și economic al unei case rezidențiale care utilizează deșeuri de carton ondulat ca material de construcție;

- eco-proiectarea unor produse și ansamble din materiale reciclabile și evaluarea impacturilor ecologice și economice ale acestora;
- analiza globală a rezultatelor, formularea de concluzii și recomandări pentru luarea deciziilor în vederea valorificării durabile a materialelor reciclabile de hârtie și carton.

Teza de doctorat ***Eco-proiectarea și producția durabilă a unor componente și ansamble din materiale reciclabile*** este structurată în două părți care cuprind 5 capitole ce includ și bibliografia aferentă, urmate de concluzii finale și 5 anexe.

Prima parte a lucrării cuprinde 3 capitole, în care se analizează stadiul cercetărilor și realizărilor în asigurarea implementării principiilor economiei circulare în vederea conservării resurselor naturale prin aplicarea ierarhiei managementului deșeurilor, în special reciclarea, reutilizarea, recuperarea acestora ca materii prime secundare, precum și a instrumentelor specifice eco-inovării și eco-proiectării, pentru asigurarea circularității produselor, sustenabilitatea economică, socială și în raport cu mediul înconjurător. Această parte justifică obiectivul fundamental al tezei, precum și obiectivele specifice și constituie un reper în cercetările originale dezvoltate în partea a 2-a a lucrării.

În partea a 2-a a tezei sunt prezentate studiile și cercetările originale elaborate în legătură cu analiza impacturilor generate în mediu de procesul de valorificare a unor produse de carton, de regulă fără potențial papetar, mai întâi ca alternativă la materialele tradiționale de construcție (beton și oțel), în domeniul construcțiilor și în arhitectură, în realizarea unor ansamble pentru elemente de construcție (panouri pentru pereți, acoperișuri și podele), precum și dezvoltarea unor clădiri cu durată scurtă de viață sau temporare, a căror impact economic și ecologic este evaluat comparativ cu o casă tradițională și una realizată din carton virgin (capitolul 4). În continuarea părții a doua a tezei (capitolul 5), studiile și cercetările originale se focalizează pe eco-proiectarea unor produse și ansamble din materiale reciclabile pentru ambalare, constând din diverse configurații și construcții de paleți de ambalare și transport al mărfurilor și evaluarea impacturilor ecologice și economice ale acestora. Toate produsele prezentate sunt brevetate la nivel național sau/și european sau sunt în curs de brevetare.

Primul capitol intitulat ***Stadiul inițiativelor și realizărilor prin eco-inovare și eco-proiectare pentru conservarea resurselor în contextul economiei circulare*** este o analiză critică a literaturii de specialitate privind conceptul de economie circulară și a contextului european în care principiile economiei circulare se aplică și constituie obiectul unor politici și programe la nivelul UE și al statelor membre, precum și al unor reglementări prin directive specifice. De asemenea se analizează în mod critic relația dintre economia circulară și unele dintre instrumentele folosite pentru dezvoltarea și aplicarea principiilor economiei circulare în procesele de producție, pentru realizarea unor produse și servicii: eco-inovarea, eco-proiectarea, evaluarea ciclului de viață, evaluarea costului ciclului de viață, eco-eficiența.

În capitolul 2, ***Reciclarea, reutilizarea și recuperarea deșeurilor ca resurse în contextul economiei circulare*** se realizează o analiză critică a relației dintre economia circulară și managementul deșeurilor, în particular al deșeurilor reciclabile – cu focalizare pe deșeurile de hârtie și carton, a căror utilizare durabilă în construcții, arhitectură și industria manufacturieră în contextul eco-proiectării se discută în capitolele 3-5 ale tezei de doctorat. Analiza elaborată în acest capitol vizează sursele de deșeuri și managementul acestora, precum și alternative de transformare a deșeurilor reciclabile în resurse și constituie suportul pentru dezvoltarea studiilor și cercetărilor din teză ce privesc eco-proiectarea unor sisteme și subansamble utilizând deșeuri reciclabile de hârtie și carton.

În capitolul 3, ***Utilizări alternative ale hârtiei și cartonului în arhitectură și construcții*** s-a elaborat o analiză a utilizărilor relevante ale hârtiei și cartonului în construcții și arhitectură, ca

bază de informații pentru studiile și cercetările originale dezvoltate în capitolele următoare ale tezei de doctorat. Analiza a evidențiat faptul că datele din literatura de specialitate demonstrează că este posibil ca produse din carton cu o rezistență suficientă la compresiune să suporte sarcini structurale, oferind astfel o alternativă la utilizarea materialelor tradiționale de construcție (beton și oțel), în domeniul construcțiilor și în arhitectură. Există, de asemenea, potențial de utilizare a cartonului ca material în realizarea unor ansamble ca elemente de construcție, cum ar fi panouri pentru pereți, acoperișuri și podele, precum și dezvoltarea unor clădiri cu durată scurtă de viață sau temporare, dar sunt puține studii care folosesc deșeurile de carton în aceste scopuri, iar produsele obținute nu fac obiectul unor evaluări economice și ecologice.

În capitolul 4, ***Impactul ecologic și economic al unei case rezidențiale care utilizează deșeuri de carton ca material de construcție*** se propune, în primul rând să se analizeze metoda fezabilă prin care o casă rezidențială poate fi eco-proiectată și construită utilizând deșeuri de carton ondulat ca material de construcție și, în al doilea rând se realizează o comparație între o astfel de casă și una obișnuită, similară, dar construită din materiale tradiționale. Comparația are în vedere atât analiza impactului asupra mediului, prin aplicarea metodologiei evaluării ciclului de viață, cât și analiza impactului economic prin evaluarea costului ciclului de viață. În comparație a fost inclusă și o casă din carton ondulat, respectiv casa olandeză *Wikkelhouse*, pe baza datelor publice existente și a unui caiet de sarcini pentru realizarea acestei case. Datele obținute reprezintă suportul științific pentru luarea deciziilor în vederea construirii unor case rezidențiale ecologice, cu impact redus din punctul de vedere al mediului, proiectate și construite folosind materiale și tehnologii care reduc amprenta de carbon și consumurile de energie.

În capitolul 5, ***Eco-proiectarea unor produse și ansamble pentru ambalare din materiale reciclabile și evaluarea impacturilor ecologice și economice*** se descriu produse de ambalare eco-proiectate, constând din diverse configurații și construcții de paleți de ambalare și transport al mărfurilor astfel încât: să se garanteze posibilitatea de utilizarea a unor resurse reciclabile ca materii prime precum și reciclabilitatea produselor; să se asigure costuri reduse de fabricație, asamblare și dezasamblare foarte ușoară, costuri reduse de depozitare și transport; să se genereze o buclă închisă care să permită o recuperare și reutilizare eficientă a produselor eco-proiectate, precum și o bună gestionare la sfârșitul ciclului de viață. Toate produsele prezentate sunt brevetate la nivel național sau/și european sau sunt în curs de brevetare. Pentru aceste produse eco-proiectate s-a realizat o analiză comparativă a impacturilor în mediu, cu produse similare fabricate din lemn, precum și o analiză cost-beneficiu care să evidențieze impactul tehnico-economic pozitiv al aplicării principiilor eco-proiectării pentru închiderea buclei de producție prin valorificarea deșeurilor generate în procesul de producție a cartonului ondulat și a ambalajelor din carton ondulat.

În finalul lucrării se prezintă Concluziile și Anexele.

Prin conținutul său, teza de doctorat a dezvoltat un punct de vedere propriu, original care asigură cadrul științific și suportul pentru evaluarea integrată a sustenabilității alternativelor propuse, prin aplicarea unor instrumente de evaluare specifice: *Evaluarea Ciclului de Viață* (ECV), *Analiza Cost – Beneficiu* (ACB), care să confirme oportunitatea punerii în practică a unor proiecte de valorificare a unor materiale reciclabile de hârtie și carton, pentru conservarea resurselor naturale.

Teza de doctorat a fost elaborată în cadrul Universității Tehnice *Gheorghe Asachi* din Iași, Facultatea de Inginerie Chimică și Protecția Mediului – Departamentul Ingineria și Managementul Mediului și, parțial în cadrul Societății comerciale Rondocarton srl.

Capitolul 1.

STADIUL INIȚIATIVELOR ȘI REALIZĂRILOR PRIN ECO-INOVARĂ ȘI ECO-PROIECTARE PENTRU CONSERVAREA RESURSELOR ÎN CONTEXTUL ECONOMIEI CIRCULARE

1.1. Scopul și importanța cercetării

Utilizarea actuală a resurselor naturale, în special a resurselor neregenerabile, nu este sustenabilă pentru mediu, în special în ceea ce privește schimbările climatice, pierderea biodiversității și degradarea resurselor naturale. Provocarea majoră a societății contemporane este tranziția către un model economic și o societate eficientă din punctul de vedere al utilizării resurselor, în care resursele sunt produse eficiente; utilizate în mod corespunzător, reutilizate, reprocesate și reciclate; și eliminate în siguranță - fără a pierde locuri de muncă, diminuând calitatea vieții sau transferând problemele de mediu între componente.

Conceptul de economie circulară nu este nou, ci a apărut cu mult timp în urmă. Încă din anul 1848, August Wilhelm von Hofmann, primul președinte al Societății Regale de Chimie din Anglia, a declarat: *într-o fabrică chimică ideală nu există, strict vorbind, deșeurile, ci numai produse. Cu cât o fabrică utilizează mai bine deșeurile, cu atât va fi mai aproape de idealul ei, cu atât este mai mare profitul* (Lancaster 2002; Murray et al., 2015). Kenneth Boulding (1966) a fost considerat inițiatorul conceptului de economie circulară (Greyson, 2007). În acord cu Pearce și Turner (1990) termenul "economie circulară" a fost folosit pentru prima dată în literatura occidentală în anii 1980 pentru a descrie un sistem închis de interacțiuni economie-mediu. Stahel și Reday-Mulvey (1976) au fost primii care s-au referit la o economie cu buclă închisă. Un promotor al conceptului de economie circulară a fost Robert (1991), care afirma că *cele mai multe probleme de mediu se bazează pe aceeași eroare sistemică, procesarea liniară a materialelor; până când resursele nu vor fi prelucrate în cicluri, fie de societate, fie prin procese biogeochimice, economia globală și sănătatea publică vor continua să se deterioreze*.

Mai recent, Mathews și Tan (2011) au considerat că *obiectivul inițiativelor ecologice este de a stabili în cele din urmă o așa-numită economie circulară sau ceea ce este altfel cunoscut sub numele de economie în buclă închisă*. Yang și Feng (2008) au numit economia circulară o *abreviere a economiei ciclurilor închise de materiale sau o economie a resurselor recirculate*.

Prin urmare, conceptul de economie circulară a fost asimilat ca o cale economică promițătoare pentru abordarea problemelor actuale de mediu și socio-economice și crearea unei societăți mai durabile (Witjes și Lozano, 2016).

În acest capitol se realizează analiza de ansamblu a conceptului de economie circulară și a contextului european în care principiile economiei circulare se aplică și constituie obiectul unor politici și programe la nivelul UE și al statelor membre, precum și al unor reglementări prin directive specifice. De asemenea se analizează în mod critic relația dintre economia circulară și unele dintre instrumentele folosite pentru dezvoltarea și aplicarea principiilor economiei circulare în procesele de producție, pentru realizarea unor produse și servicii: eco-inovarea, eco-proiectarea, evaluarea ciclului de viață, eco-eficiența.

În acest context alegerea temei de cercetare care constituie subiectul tezei de doctorat intitulate *Eco-proiectarea și producția durabilă a unor componente și ansamble din materiale reciclabile* și obiectivele propuse sunt pe deplin justificate, întrucât se elaborează o analiză complexă a durabilității și oportunității dezvoltării unui sistem circular de producție și afaceri prin reutilizarea unor materiale reciclabile de hârtie, carton și alte deșeurile reciclabile ca materii prime pentru producerea unor componente și ansamble destinate construcției unor case

ecologice eco-eficiente, a unor produse de ambalare, cu un ciclu de viață extins, aplicând principiile eco-inovării, eco-proiectării și producției durabile.

De asemenea, alegerea și analiza se argumentează prin evidențierea performanțelor economice și de mediu ale acestor produse și compararea cu variantele convenționale, pe baza unui suport științific construit prin aplicarea unor instrumente de evaluare dedicate și consacrate.

Capitolul 2.

RECICLAREA, REUTILIZAREA ȘI RECUPERAREA DEȘEURILOR CA RESURSE ÎN CONTEXTUL ECONOMIEI CIRCULARE

2.1. Scopul și importanța cercetării

Activitățile economice liniare, adică acelea unde resursele sunt consumate rapid și procesele de producție nu țin seama de exploatarea lor nesustenabilă și nici de recuperarea lor, au drept consecință reducerea rezervelor de resurse naturale ale pământului și impun riscuri potențiale pe termen lung pentru societate (Milios, 2018). Deșeurile generate în cantități din ce în ce mai mari în Europa, în special în zonele urbane, reprezintă un cost pentru societate și o sarcină pentru mediu dar, în același timp, un stoc valoros de resurse care pot fi exploatate. Prin creșterea ciclului de viață a produselor în condiții eficiente de fabricație și întreținere, precum și prin multiplicarea ciclului de viață rata de înlocuire scade, astfel încât se reduce intensitatea utilizării resurselor naturale. Drept consecință, transformarea deșeurilor în resurse în care subprodusele și deșeurile dintr-un proces industrial sunt utilizate ca materii prime într-un alt proces industrial prin reutilizare, reciclare, recuperare a devenit elementul central al conceptului de economie circulară (Chertow, 2000; COM 398, 2014; Murray et al., 2015).

Plecând de la aceste realități, în acest capitol se analizează critic relația dintre economia circulară și managementul deșeurilor, în particular al deșeurilor reciclabile – cu accentul pe deșeurile de hârtie și carton, a căror utilizare durabilă în construcții, arhitectură și industria manufacturieră în contextul eco-proiectării se discută în capitolele 3-5 ale tezei de doctorat. Prezenta analiză constituie suportul pentru dezvoltarea studiilor și cercetărilor din teză ce privesc eco-proiectarea unor sisteme și subansamble utilizând deșeuri reciclabile.

Capitolul 3.

UTILIZĂRI ALTERNATIVE ALE HÂRTIEI ȘI CARTONULUI ÎN ARHITECTURĂ ȘI CONSTRUCȚII

3.1. Scopul și importanța cercetării

Utilizarea hârtiei și cartonului în construcții și arhitectură datează încă din perioada revoluției industriale, cunoscând o largă arie de răspândire, dacă ne referim, cel puțin, la tapetele decorative în relief sau desenele florale acoperite cu ipsos din occidentul etapei Victoriene, până la transperentele și delicatele shoji din orientul Japoniei (Eekhout et al., 2008; McNeil, 1992). Astăzi produsele din hârtie și carton sunt utilizate în construcții, mai puțin în scop decorativ, cât pentru miezuri de uși cu structura în fagure, panouri de gips carton, membrane de bitum hidroizolatoare sau materiale compozite laminate pentru mobilă, suprafețe de bucătărie și panouri de circuite imprimate (Addis, 2006). La ora actuală există încă potențial pentru a dezvolta noi metode și produse de construcție din hârtie, domeniu provocator și interesant.

Marele avantaj al hârtiei și subproduselor ei și, în primul rând al cartonului constau în faptul că sunt ieftine, ușoare și rezistente, flexibile ca formă și culoare, reciclabile și “diferite” (Latka, 2017; Schonwalder, 2016). Descoperirea unor oportunități pentru utilizarea eficientă în construcții a materialelor de această natură, regenerabile și reciclabile într-o mare măsură, poate reprezenta un pas înainte în demersul către o dezvoltare durabilă. Ca element de construcție structural, cartonul ondulat are multe avantaje. Pe lângă faptul că este un material cu preț relativ scăzut, are proprietăți de izolat (termic și acustic) semnificative, este ușor reciclabil și poate fi fabricat din surse regenerabile. Cea mai importantă proprietate a cartonului ondulat, ca element de construcție constă în aceea că are un grad ridicat de rezistență structurală și rigiditate (Russ et al., 2013; Secchi et al., 2016).

În pofida acestor avantaje dovedite, creșterea popularității cartonului ondulat ca material de construcție a rămas relativ stagnantă de-a lungul anilor, în principal datorită percepției unor limitări care includ vulnerabilitatea la umiditate, foc și temperatură, precum și sensibilitatea sa la lumina ultravioletă și diferite substanțe chimice. Soluțiile pentru multe dintre aceste probleme sunt în prezent abordate și testate de cercetători în domeniu.

Prin urmare, datele din literatura de specialitate demonstrează că este posibil ca produse de carton cu o rezistență suficientă la compresiune să poată suporta sarcini structurale, oferind astfel o alternativă la utilizarea materialelor tradiționale de construcție (beton și oțel), în domeniul construcțiilor și în arhitectură. Există, de asemenea, potențialul de utilizare a cartonului ca material în realizarea unor ansamble ca elemente de construcție, cum ar fi panouri pentru pereți, acoperișuri și podele, precum și dezvoltarea unor clădiri cu durată scurtă de viață sau temporare. Totuși sunt puține studii care folosesc deșeurile de carton în aceste scopuri.

În acest context, în acest capitol s-a elaborat o analiză a utilizărilor relevante ale hârtiei și cartonului în construcții și arhitectură, ca bază de informații pentru studiile și cercetările originale dezvoltate în capitolele următoare ale tezei de doctorat.

3.2. Potențialul hârtiei și cartonului ca material de construcție și termoizolant

Cartonul a fost analizat și cercetat în primul rând pentru scopul principal pentru care este produs: ca material pentru producția de ambalaje, dar potențialul și atractivitatea acestui material pentru utilizare în domeniul arhitecturii și construcțiilor au determinat și necesitatea efectuării unor studii orientate spre un astfel de demers alternativ (Cripps, 2002; Lyons, 2014). În cele ce urmează, lăsând la o parte hârtia (se consideră că dacă aceasta depășește masa de 200 g/cm^3 este considerată carton), se realizează o scurtă prezentare a investigațiilor efectuate privind utilizarea celor patru tipuri principale de carton: **cartonul solid, cartonul ondulat, cartonul ondulat cu structură în fagure și tuburile de carton**, în arhitectură și construcții. Astfel de cercetări au fost realizate în Europa – preponderent în Olanda, la Universitatea Tehnică din Delft (TU Delft) și în Elveția, la Institutul Federal de Tehnologie din Zurich (ETH Zurich).

Pe baza investigațiilor anterioare s-au luat în discuție 5 tipuri de variante de pereți din panouri compozite cu miez de carton ondulat utilizabile în construcție.

Există o preferință pentru procese sau materialele inspirate de natură, cum este și cartonul ondulat cu structura în fagure și această tendință a devenit și mai evidentă după lansarea în anul 1997 a cărții *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature* (Benyus, 2002). În acest context se remarcă o altă lucrare realizată la ETH (*Cartonul ondulat cu structura în fagure întărit pentru aplicații în elementele structurale*) (Pohl, 2009). La fel ca și la cartonul ondulat obișnuit și aici rezultă că impregnarea cu beton mărește proprietățile mecanice, în schimb diminuează calitatea de termoizolator a cartonului.

Tuburile sunt cel mai des tip de carton utilizat în construcții, deși sunt relativ puține lucrări cu această temă. Bank și Gerhard (2016) arată în lucrarea lor că tuburile de carton sunt utilizate în principal la nivel global ca support pentru rularea unor materiale, fie că e vorba de hârtie, filme, textile, metale sau altele. Ca aplicație în construcții se indică utilizarea tuburilor de carton pentru

cofrarea betonului în coloane circulare, mai mult decât pentru structurile arhitecturale concepute așa cum am văzut în primul rând de arhitectul Shigeru Ban (<http://www.shigerubanarchitects.com/works.html#paper-tube-structure>). În aceste proiecte Ban a colaborat cu ingineri structurali, mari firme structurale internaționale și mari universități din Europa și Japonia (Hill, 2014; Meynert, 2008). Bank și Gerhard (2016) analizează utilizarea tuburilor de carton în ingineria construcțiilor în cofraje pentru coloane circulare. Tuburile utilizate în acest scop sunt adesea denumite *sonotuburi* deoarece patentul pentru realizarea și utilizarea lor a fost obținut de firma americană Sonoco în anul 1954. O serie de lucrări abordează utilizarea cartonului ondulat ca termoizolator (Asdrubali et al., 2015; Foss et al., 2003; Shi et al., 2013).

Un aspect deosebit de important în contextul tezei de doctorat se referă la utilizarea cartonului ondulat vechi reciclat (deșeu fără potențial papetar, *ambalaje uzate din carton ondulat (Old Corrugated Containers - OCC)*) ca termoizolant în construcții, în legătură cu care s-au găsit puține publicații. Russ et al. (2013), preocupați de problema deșeurilor de hârtie din carton ondulat cu care se confruntă țara lor, Slovacia, analizează posibilitatea utilizării panourilor structurale de această proveniență la fabricarea mobilei sau în construcții, la producerea unor panouri termoizolatoare sau panouri constructive pentru pereți de separare. Au fost realizate diverse tipuri de panouri dintre care unele din carton ondulat vechi asupra cărora au fost efectuate teste privind conductivitatea termică și rezistența flexurală.

3.3. Aplicații ale hârtiei și cartonului în construcții și arhitectură

Cercetările care privesc sporirea gradului de reciclare și dezvoltă materiale ecologice ca alternative la multe dintre cele utilizate în prezent în diverse domenii aplicative, în particular în construcții și arhitectură sunt relativ intense, în special pentru a minimiza gradul de utilizare a materialelor nedurabile sau nocive (vată minerală), care au performanțe bune și costuri reduse, fosili (polistirenul expandat) și încorporează o cantitate mare de energie (Asdrubali et al., 2015; Pargana et al., 2014). Directiva europeană 2010/31/CE solicită realizarea unor clădiri cu aproape zero energie până în anul 2020, recunoscând astfel că strategiile de construcție ecologică pot fi extrem de eficiente în ceea ce privește economiile de combustibili fosili și reducerea gazelor cu efect de seră (EC Directive 31, 2010). Izolarea termică este recunoscută ca fiind una dintre cele mai eficiente modalități de a asigura economii de energie (Battista et al., 2014; Walker și Pavia, 2015), însă un material de izolație competitiv nu trebuie să îndeplinească numai performanțe termice bune, ci și caracteristici acustice bune în ceea ce privește izolația fonică și un nivel scăzut al impactului asupra mediului și costurilor de producție (Papadopoulos, 2005). Analiza evoluției utilizării produselor provenite din hârtie și carton în construcții și arhitectură a relevat faptul că se poate vorbi despre o istorie a construcțiilor pe bază de hârtie și carton. Istoria dezvoltării construcțiilor pe bază de carton se poate împărți în următoarele trei perioade distincte (Ayan, 2009):

1. Nașterea prototipurilor de construcții de carton, din 1944 până la începutul anilor 1990;
2. Opera arhitectului japonez Shigeru Ban;
3. Dezvoltarea prototipurilor contemporane în ultimele decenii.

Prima casă realizată din hârtie poate fi admirată și astăzi la Muzeul casei de hârtie din Rockport la nord de Boston în Massachusetts (SUA) (fig. 3.3, a) (Dugger, 2009; <https://www.paperhouserockport.com/>). Casa a fost construită de inginerul mecanic Elis F. Stenman care s-a ocupat de proiectarea mașinilor pentru agrafe de birou și era pasionat de hârtie (<https://www.atlasobscura.com/places/paper-house>).

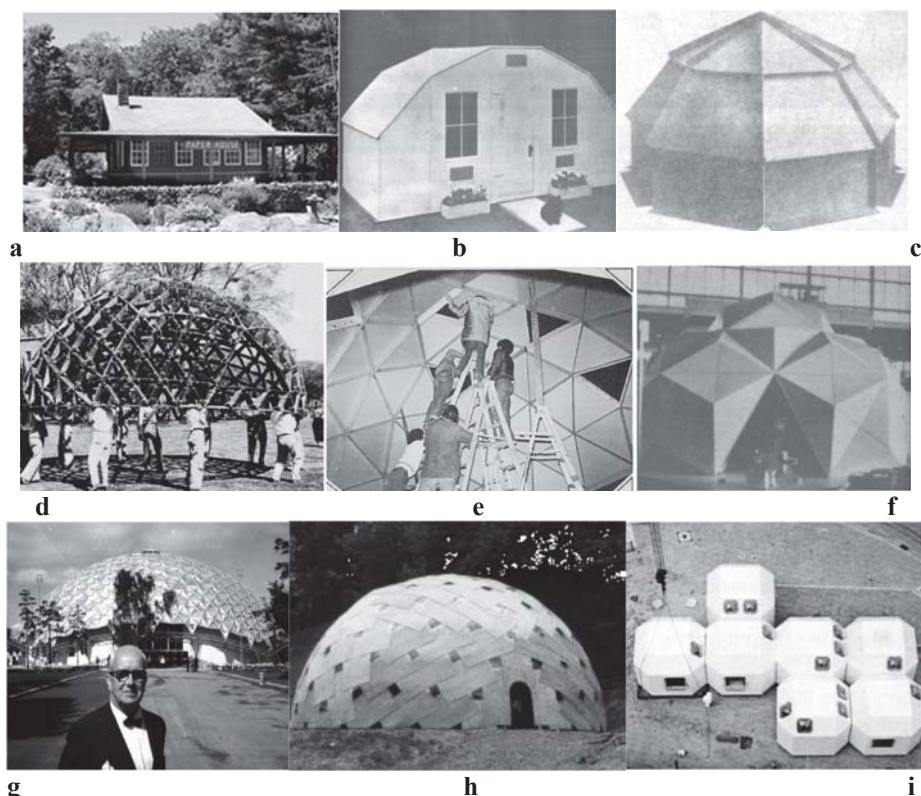


Fig. 3.3. Exemple ale unor prime construcții din carton (Ayan, 2009): a. Muzeul casei de carton Rockport (1922-1924); b. Casa de carton din 1944; c. adăpost pentru situații de urgență construit de Container corporation (SUA, 1954); d. Domul geodezic de hârtie placat cu rășină de polistiren construit de Buckminster Fuller (Universitatea Tulane, 1954); e. Proiectul Charas asistat de Michael Ben Eli (New York, 1970); f. Domul stereometric de D.G. Emmerich&Jungmann (expoziția de arhitectură Wegwerf, Paris 1970); g. Fotografia lui Buckminster Fuller în fața domului geodezic construit ca pavilionul S.U.A la American Exchange Exhibit (Moscova 1959); h. Domul de generație nouă construit de S. Miller (1994); i. Proiectul Casa-Nova construit de 3 H Architects (Jocurile Olimpice de la Munchen, 1972)

În a doua etapă începută la mijlocul anilor 1990, cartonul cunoaște o nouă înflorire ca material folosit în arhitectură și construcții datorită realizărilor arhitectului de origine japoneză Shigeru Ban (n. 1957). Cartonul poate părea un material impropriu pentru a construi în zone în care forțele naturale au distrus locuințele permanente, însă arhitectul japonez Ban a arătat, în întreaga lume, că materiale precum cutiile de carton și hârtia pot fi folosite pentru a crea locuințe temporare și structuri sociale care au rol de protecție și pot fi ridicate rapid (Anon, 2014). În proiectele sale, Ban a folosit preponderent tuburile de carton ca element structural al construcției, completat adesea cu multe materiale inedite, dar disponibile la costuri reduse în zona de amplasament. În fig. 3.4 au fost selectate 25 dintre lucrările în care arhitectul a folosit astfel de materiale de construcție.

Pentru meritele sale profesionale deosebite Shigeru Ban a fost răsplătit în anul 2014 cu premiul Pritzker, cea mai prestigioasă distincție în domeniul arhitecturii moderne (Reuters, 2014). În motivație, juriul a explicat că acest premiu i-a fost acordat pentru utilizarea inovativă a materialelor și implicării sale în acțiuni cu scop umanitar pe tot globul. Alți arhitecți au abordat, de asemenea, cartonul ca material de construcție, unii dintre ei renunțând în proiectele lor la tuburile de carton. O casa de acest tip a fost construită în Australia în anul 2004 de către arhitecții Stutchbury și Pape. Această realizare este, de fapt, rezultatul unui parteneriat între firma celor doi arhitecți și o unitate de cercetare de la universitatea din Sidney (Paolella și Quattrone, 2007).

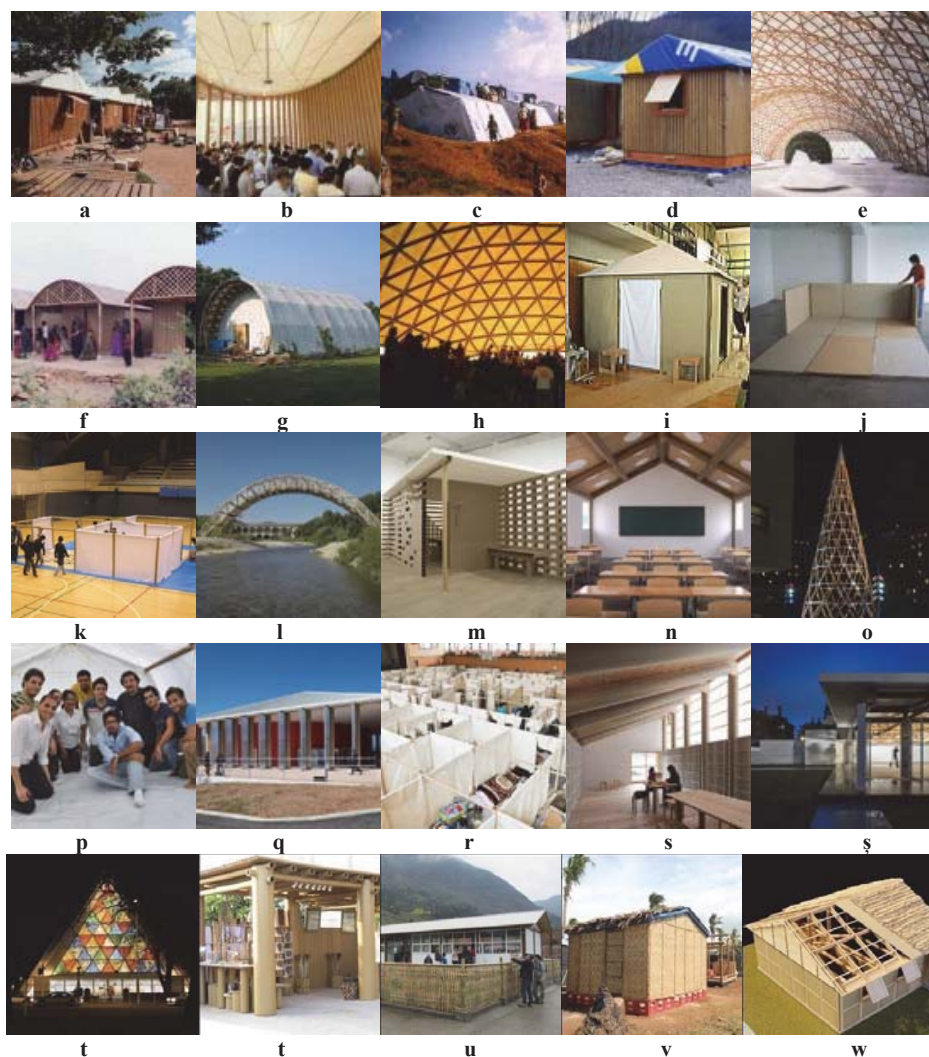


Fig. 3.4. Construcții proiectate de arhitectul japonez Shigeru Ban folosind ca materiale principale tuburile de carton și hârtia (fotografii preluate de pe site-ul <http://www.shigerubanarchitects.com/works.html> la data de 15.03.2017) a. Casa de bărne și hârtie (Kobe, 1995); b. biserica de hârtie (Kobe, 1995); c. adăpost de urgență din hârtie (Rwuanda, 1999); d. Casa de bărne și hârtie (Turcia, 2000); e. Pavilionul japonez (Expoziția Hannovra, 2000) f. Casa de bărne și hârtie (India, 2001); g. Studioul de hârtie (Japonia, 2003); h. Teatrul de hârtie (Amsterdam/Utrecht, 2003); i. casa de hârtie-Sistem de separare din hârtie în adăposturi colective de urgență-(varianta 1 -2004); j Sistem de separare din hârtie în adăposturi colective (varianta 2-2005); k. Sistem de separare în adăposturi colective (varianta 3, 2006); l. Podul de hârtie (Franța, 2006); m. casa de hârtie pentru ceai (2008); n. Școala elementară temporară Hualin (China, 2008); o. Turnul de hârtie, (Londra, 2009); p. adăposturi de hârtie (Haiti, 2010); q. Sala de concert de hârtie (L'Aquila, 2011); r. Sistem de separare din hârtie în adăposturi colective (varianta 4); s Atelierul de hârtie Omagawa (2011); ș. Pavilionul de hârtie din Madrid (2011); t. Catedrala de carton Cristchurch, (Noua Zeelandă, 2013); ț. Pavilionul de artă din Abu Dhabi, (2013); u. Școala de asistente din Yaan (2014); v. Casa de bărne și hârtie (Filipine, 2014); w. Proiectul Nepal (2015)

Pentru prezentarea etapei a treia au fost selectate numai două proiecte care au depășit stadiul de prototip și au intrat pe piață. Este vorba, în primul rând, de modelul olandez al așa numitei *Wikkellhouse* ("wikkell" în limba olandeză înseamnă a împacheta astfel încât, acest nume s-ar putea traduce în limba română "casa pachet") (<https://www.fictionfactory.nl/en/wikkellhouse/>). Acesta este, de fapt, un concept flexibil în care module individuale asemănătoare sunt interconectate pentru a forma o casă, o clădire pentru comerț, un showroom sau birou (fig. 3.7, fotografiile și informații

preluate de pe siturile <http://www.fictionfactory.nl/en/wikkelhouse/> și <http://www.wikkelhouse.com/> accesate la data de 18.03.2017). Proiectul a fost realizat de Fiction Factory, o companie din Amsterdam, în anul 2015.



Fig. 3.7. Wikkellhouse (casa pachet) realizată din 24 de straturi de carton ondulat

Materialul principal utilizat în acest concept este cartonul ondulat prelucrat din fibră celulozică virgină obținută din arbori din Scandinavia. Placajul la partea interioară provine din Chile, de la coniferul cu creștere rapidă Arauco, iar la exterior este format din lamele de pin. Grosimea totală a peretelui este de 14 cm. Fiecare modul are o înălțime de 3,5 m, o lățime de 4,5 m și o adâncime în lungul căreia se face joncțiunea între module de 1,2 m.

O altă poveste de succes a cartonului în construcții este cea a companiei elvețiene Ecocell, o companie privată cu sediul la Uttwil în cantonul Thurgau care se ocupă de planificarea și construcția unor proprietăți rezidențiale, cuprinzând și case modulare eco-solare bazate pe implementarea elementelor de construcție ale sistemului inovativ Ecocell®. Fondatorul companiei este antreprenorul și inventatorul Fredy Iseli, care a realizat în lungul carierei lui peste 250

de proprietăți și complexe de clădiri. În anul 1989 a preluat compania de ambalaje Victor Traber AG, care a devenit punctul de start pentru dezvoltarea și fabricarea unor produse inovative bazate pe hârtia reciclată. Experiența acumulată a permis dezvoltarea și implementarea sistemului modular de construcție Ecocell® și brevetarea tehnologiei Ecocell® (<https://www.detail-online.com/article/modular-homes-in-recycled-paper-28157/>).

Din cele prezentate rezultă potențialul cartonului de a contribui la realizarea de construcții mai durabile. Casa este realizată din deșeuri de hârtie și carton și poate fi reciclată pentru fabricarea cartonului. Aceste procese de reciclare implică mai puțină energie și, în mod clar, mai puține materii prime decât producția multor alte materiale. Prin urmare, cartonul folosit în construcții și arhitectură poate avea performanțe mai bune decât cele scontate, în termeni structurali și de rezistență incendiu, și este relativ ieftin în forma sa brută. În ceea ce privește impactul asupra mediului, dezideratul major este să se utilizeze, pe cât posibil, materiale reciclate și reciclabile. Marea provocare pentru carton este de a depăși dublul impact negativ al rezistenței la foc și apă, fără utilizarea altor materiale sau aditivi care compromit beneficiile de mediu care provin din natura reciclată a cartonului ca materie primă. Opțiunile pentru a realiza acest lucru sunt discutate în continuare.

Capitolul 4.

IMPACTUL ECOLOGIC ȘI ECONOMIC AL UNEI CASE REZIDENȚIALE CARE UTILIZEAZĂ DEȘEURI DE CARTON CA MATERIAL DE CONSTRUCȚIE

4.1. Scopul și importanța cercetării

Informațiile prezentate și analizate în capitolele anterioare au demonstrat faptul că există potențial pentru utilizarea cartonului ondulat ca material de construcție. În acest capitol al tezei de doctorat se propune, în primul rând, să se analizeze care este metoda fezabilă prin care **o casă rezidențială poate fi eco-proiectată și construită** utilizând **deșeuri de carton ondulat ca material de construcție** și, în al doilea rând se realizează o comparație între o astfel de casă și una obișnuită, construită din materiale tradiționale. Comparația are în vedere atât **analiza impactului asupra mediului**, prin aplicarea metodologiei evaluării ciclului de viață, cât și **analiza impactului economic** prin evaluarea costului ciclului de viață.

Pentru că există deja construită o casă din carton ondulat, respectiv casa olandeză *Wikkelhouse*, pe baza datelor publice existente și a unui caiet de sarcini tradus din limba olandeză și prezentat în **Anexa 1**, în comparație a fost inclusă și această casă.

Prin urmare, în acest capitol s-a realizat evaluarea ciclului de viață și a costului ciclului de viață pentru:

- o casă rezidențială eco-proiectată, care folosește deșeuri de carton ondulat ca materiale de construcție (**CEP**);
- o casă rezidențială tradițională, construită din materiale tradiționale (casa de referință, **CR**);
- o casă construită din placă de carton ondulat (casa olandeză *Wikkelhouse*, **CW**).

Datele obținute reprezintă un valoros suport științific pentru luarea deciziilor în vederea construirii unor case rezidențiale ecologice, cu impact redus din punctul de vedere al mediului, proiectate și construite folosind materiale și tehnologii care reduc amprenta de carbon și consumurile de energie.

4.2. Elemente privind concepția constructivă a caselor comparate

O casă concepută respectând cerințele eco-proiectării ar trebui să consume cât mai puține resurse materiale, cât mai puțină energie și să contribuie la reducerea impactului asupra mediului. McDonough și Braungart (1998) afirmă dacă ne-am putea imagina clădirile ca niște arbori, iar orașele ca păduri, atunci acestea ar produce mai multă energie decât consumă și și-ar purifica propriile ape uzate. Astfel, o proiectare corespunzătoare a locuințelor și sistemelor lor auxiliare poate aduce beneficii comunității, contribuind la funcții eco-eficiente ale clădirii (incluzând infrastructura înconjurătoare, generarea de energie și căldură, epurarea apelor uzate, managementul deșeurilor etc.) și un mediu mai curat și cu resurse. În același timp, mediul mai bun al comunității poate aduce beneficii clădirilor, prin îmbunătățirea condițiilor de locuire.

Casa rezidențială eco-proiectată avută în vedere, **CEP**, nu este o casă temporară, ci una al cărei ciclu de viață este prevăzut să dureze la fel de mult ca acela al unei case tradiționale, respectiv **50 de ani. Din acest motiv s-a exclus din start utilizarea cartonului, sub orice formă, ca material structural.** În paralel, s-a realizat o evaluare din punctul de vedere al protecției mediului a casei olandeze **Wikkellhouse (CW)**, care utilizează cartonul ondulat ca element structural și este prevăzută să dureze 50 de ani.

Din aplicațiile și studiile prezentate anterior rezultă că, în majoritatea cazurilor, cartonul este utilizat pentru structuri temporare, fie că este vorba despre tuburi din carton sau carton ondulat. Ca material structural s-a ales în mod natural lemnul, cel mai apropiat de hârtie. Din punct de vedere al dimensiunilor s-a ales o **casă cu dimensiuni relativ mici, cu o suprafață utilă de 86,1 m² și regim de înălțime parter.**

Casa convențională de referință (CR) are aceeași suprafață utilă. Pentru echivalență, ținând cont de faptul că **CW** este modulară, iar un modul are numai 5,275 m², a fost nevoie de un număr total de 16 module pentru a obține o suprafață comparabilă cu a celorlate două ($16 \times 5,275 = 84,4 \text{ m}^2$ – **Anexa 1**). În realitate este foarte puțin probabil ca cineva care ar fi interesat de casa olandeză să achiziționeze 16 module ale unei astfel de case, edificiul rezultat arătând probabil în acest caz, asemenea unui tren. Pentru comparație însă a fost nevoie de echivalența suprafeței interioare luată, în primul rând în calculul termotehnic. Pentru condiții climaterice identice, s-a presupus că toate cele trei case analizate vor fi amplasate în țara noastră, în localitatea Cluj-Napoca.

Clădirea principală analizată (CEP) este o casă construită pe structură de lemn, cu pereții exteriori alcătuiți în principal din **panouri**, în care:

- miezul este constituit din **deșeuri de carton ondulat (DCO)**, cu rol termoizolant,
- **fața exterioară** - din **panou de aşchii de lemn orientate (OSB)**, tratat special pentru a corespunde condițiilor din mediul exterior (**OSB3**),
- **fața interioară** - **din gips carton.**

Deșeul de carton ondulat (DCO) este preluat ca atare de la centrele de reciclare și respectiv de la fabricile de hârtie ca deșeu nereciclabil. Acesta formează miezul panourilor și este neimpregnat, pentru asigurarea unei eficiențe cât mai bune a termoizolării. Din acest carton se pot realiza panouri simple cum, care sunt amplasate între elementele structurii de rezistență și dulapii de lemn pe cât posibil cu undulația perpendiculară pe sol. Pentru a feri acest miez al panourilor de umiditate, panourile din **DCO** sunt protejate, atât la partea interioară cât și la exterior cu două folii cu rol diferit, care au de obicei și culori diferite, pentru o mai bună identificare în construcții:

- la partea interioară, cartonul ondulat este protejat de o **folie barieră de vapori**, care nu permite vaporilor rezultați din interior să-l penetreze;
- la partea exterioară cartonul ondulat este protejat de o **folie de difuzie**, care, pe de o parte, permite umidității care totuși mai ajunge în stratul de carton să iasă la exterior, iar pe de altă parte, constituie o barieră pentru vaporii din exterior.

În afară de stratul izolant de **DCO**, performanța termică a pereților și tavanului acestei clădiri este îmbunătățită prin realizarea unui strat de aer dispus între gips carton și cartonul ondulat (de fapt bariera de vapori), având o grosime echivalentă cu cea a profilelor metalice care asigură suportul gips cartonului. La exteriorul pereților, între placa OSB3 și lambriul exterior este prevăzut un alt strat de aer cu grosimea echivalentă cu cea a lamelelor de lemn care asigură suportul lambriului, pentru că, după cum este cunoscut aerul este un termoizolator foarte bun.

În schimb, casa de referință (**CR**) este construită din cărămidă plină, termoizolată spre exterior cu polistiren expandat și placată la interior cu gips carton. După cum am văzut, casa olandeză **CW** are o structură uniformă pe toată suprafața ei, fiind alcătuită dintr-un miez de 24 de straturi suprapuse de carton ondulat impregnate cu un adeziv special ecologic (despre proprietățile cărui nu s-au găsit detalii). Miezul de carton ondulat este placat la exterior cu lemn de pin din Scandinavia, iar la interior cu lemn provenit de la coniferul Arauca din Chile. La casa **CW** cartonul ondulat este protejat numai la partea exterioară prin amplasarea foliei de difuzie între acest strat și lambriul exterior.

Structura ușoară a lemnului în cazul **CEP** a permis adoptarea unei fundații mai ușoare realizată din piloni de beton turnați în sonotuburi cu rol de cofraje. Adoptarea fundației de acest tip s-a bazat pe un studiu în care este comparată o casă construită din paie (material apropiat cartonului și lemnului) cu o casă convențională din cărămidă, din punct de vedere al impactului asupra mediului (Gonthier-Gignac și Jensen, 2007). Casa convențională analizată alternativ (**CR**) are o fundație de beton în bandă obișnuită, peste care se suprapune placa de bază. În cazul casei **CW**, structura mai ușoară nu a necesitat amplasarea ei pe o fundație, ci pe un șasiu construit din picioare de beton și grinzi, asemenea unei linii de cale ferată (fig. 3.7). Acolo unde a fost posibil, unele elemente ale clădirilor comparate sunt identice precum: tâmplăria (ferestrele și ușa exterioară) și podul (la **CEP** și **CR**). Pentru **CW**, datele luate în considerare au fost considerate baza schiței prezentate în fig. 3.7. Cu excepția fațadei deschise, geamurile au fost reduse la niște hublouri pentru a evita cât mai mult pierderile de căldură semnificative prin tâmplărie.

Pentru toate clădirile analizate nu au fost luați în calcul pereții interiori despărțitori. Cum **CEP** și **CR** sunt împărțite identic, se poate considera că pereții interiori sunt alcătuiți din aceleași material, iar această omisiune nu afectează comparația. **CW** nu are pereți interiori.

În cazul **CEP**, pe pilonii fundației este prinsă, cu brățări metalice, o structură de grinzi orizontale de lemn dispusă în eşichier, peste care este amplasată placa OSB3 care constituie baza pardoselii. Din punct de vedere energetic, **CEP** și **CR** sunt proiectate să respecte normele în vigoare prevăzute în România în acest domeniu și anume Ordinul 2513 (2010) cu următoarele prevederi privind valorile rezistenței termice, R :

- pereți exteriori, $R = 1,8 \text{ m}^2\text{K/W}$;
- tâmplărie exterioară, $R = 0,77 \text{ m}^2\text{K/W}$;
- planșee peste ultimul nivel sub terase sau poduri, $R = 5 \text{ m}^2\text{K/W}$;
- planșee care delimitează clădirea la partea inferioară de exterior (bowindouri), $R = 4.5 \text{ m}^2\text{K/W}$;
- plăci pe sol, $R = 4.5 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Din acest motiv, un rol important a fost acordat izolării termice care este realizată continuu, cu un strat termoizolant de grosime uniformă pentru toată suprafața anvelopei la ambele clădiri, CEP și CR, pentru evitarea formării punților termice. Ca termoizolatori s-a utilizat deșeurile de carton ondulat pentru CEP și polistirenul expandat pentru CR. Pentru CW caietul de sarcini menționează valoarea rezistenței termice corectate, $RC = 3,5$. Cartonul ondulat fibră virgină impregnat și dispus în 24 de straturi cu o grosime totală a peretelui de 141,5 mm asigură atât stabilitatea structurală, cât și termoizolarea acestei clădiri. Tabelul 4.1 cuprinde caracteristicile constructive ale caselor analizate. Elementele constructive ale caselor comparate sunt prezentate în detaliu în anexele 1 și 2, precum și în tabelul 4.3 (din cadrul etapei de construcții), în care sunt incluse și greutatea caselor comparate. Astfel, greutatea CW reprezintă numai 27,6% din cele circa 41,5 tone

pe care le cântărește, cu tot cu fundație, **CEP**, care la rândul ei, reprezintă numai 25,39% din greutatea **CR**.

Tabelul 4.1. Elemente constructive ale celor trei case comparate

Element al clădirii	Casa eco-proiectată (CEP)	Casa de referință (CR)	Wikkellhouse (WH)
Suprafața construită (m ²)	105,1	106,6	91,23
Suprafața utilă (m ²)	86,1	86,1	84,4
Volum util (m ³)	216,11	216,11	228,2
Fundație	Fundație pe piloni: S=14,8028x6952,8=102,9 m ² D=200mm, H=1300mm Număr piloni: 72 Adâncime fundare: 1m	Fundație bandă: S=14.97x7.12=106.6 m ² L=485 mm, H=1300mm Adâncime fundare=1m	Șasiu în loc de fundație 4.6x0,3x0,15=0,207x5buc=1,035 m ³ lemn 18x0,15x0,15=0,405x2=0,81 m ³
Structura de susținere	Grinzi de lemn peste piloni Placa OSB3: 18 mm grosime Stâlpi grinzi alte elemente lemn	Placa de bază beton: 150 mm Stâlpi și grinzi din beton armat	Placaj Arauca Chile: 11,7mm Cartonondulat C: 105,6mm Folie de difuzie: 0,2 mm Lambriu pin: 24 mm TOTAL: 141,5 mm
Pardoseala	Parchet: 7mm Folie egalizare: 3 mm OSB3: 15 mm Aer: 40 mm Folie barieră vapor: 0,2 mm Carton ondulat: 350 mm Folie difuzie: 0,2 mm TOTAL: 415,4mm	Parchet: 7 mm Folie egalizare: 3 mm OSB3: 15 mm Aer: 40 mm Folie barieră vapor: 0,2 mm Polistiren expandat: PSE 200 mm Folie difuzie: 0,2 mm TOTAL: 265,4mm	
Perete exterior	Gips carton: 15 mm Aer: 20 mm Folie barieră vapor: 0,2 mm Carton ondulat: 350 mm Folie difuzie: 0,2 mm Placă OSB 3: 15 mm Aer slab ventilat: 30 mm Lambriu exterior pin: 21 mm TOTAL: 451,4mm	Gips carton: 15 mm Aer: 20 mm Cărmidă plină: 240 mm PSE: 200 mm Tencuială mortar: 10 mm TOTAL: 485 mm	
Tâmplărie	Ferestre sud (S): Suprafața, S = 21,22m ² Fereastră nord (N): S=2,63m ² Ușă N: S=1,6m ²	Ferestre S: S = 21,22 m ² Fereastră N: S = 2,63 m ² Ușă N: S=1,6 m ²	S _{fațadă} = 12.66925 m ² S _{ferestre} = 0,8792 m ²

Tavan	Gips carton: 15 mm Aer: 25 mm Folie barieră vapori: 0,2 mm Carton ondulat: 350 mm Folie difuzie: 0,2 mm Placă OSB 3: 15 mm TOTAL: 405,4 mm	Gips carton: 15 mm Aer: 25 mm Folie barieră vapori: 0,2 mm PSE: 200 mm Folie difuzie: 0,2 mm Placă OSB3: 15 mm TOTAL: 255,4 mm	Placaj Arauca Chile: 11,7mm Cartonondulat C: 105,6mm Folie de difuzie: 0,2 mm Lambriu pin: 24 mm TOTAL: 141,5 mm
Acoperiș	Structură lemn pentru susținere Placă OSB 3: 15 mm Plăci oțel zincat: 0,4mm	Structură lemn susținere Placă OSB3: 15 mm Plăci oțel zincat: 0,4mm	

4.3. Elemente specifice ale evaluării ciclului de viață (ECV)

Compararea performanțelor de mediu ale celor trei tipuri de case luate în analiză s-a realizat cu instrumentul **evaluarea ciclului de viață** a produselor (ECV). În paralel a fost efectuată și o cuantificare a costurilor.

4.3.1. Metodologia evaluării ciclului de viață

În fig. 4.1 (din teză) este prezentat sistemul unui produs generic și etapele care constituie ciclul lui de viață. ECV nu se limitează numai la investigarea intrărilor și ieșirilor din sistemul produs, ci încearcă să cuantifice și solicitările sau efectele asupra mediului rezultate din aceste intrări și ieșiri care se manifestă sub forma impacturilor asupra mediului. Deoarece impacturile asupra mediului sunt investigate într-o dublă integrare (*integrare spațială* pe etapele ciclului de viață și *integrare temporală* pe durata ciclului de viață a produsului) și în această integrare nu se ține cont, pentru un amplasament, de fondul local de poluare se consideră că **impacturile analizate de ECV reprezintă impacturi potențiale și nu reale**.

4.3.2. Metode de evaluare a ciclului de viață

În metodologia globală ECV sunt incluse o serie de metode aplicate pentru evaluarea impactelor induse în mediu pe durata ciclului de viață de diferite produse, în funcție de scopul pentru care se utilizează datele obținute, de deciziile ce trebuie luate pentru reducerea impactelor din mediu, de nevoia conștientizării publicului. Dintre aceste metode se pot menționa (Ghinea, 2012; Ghinea et al., 2012; ILCD, 2010; PE Internațional, 2012a, b): CML 2001, CML 1996, EcoIndicator 95 (EI95), EcoIndicator 99 (EI99), EDIP 1997, EDIP 2003, Impact 2002+, Ecological Footprint etc. În continuare sunt prezentate două dintre metodele de evaluare a impactului aplicate în studiul prezentat în teza de doctorat.

- **Metoda ReCiPe 2008**

Această metodologie a fost aleasă pentru că este una combinată, **putând oferi rezultate atât la nivel de punct de mijloc, cât și la nivel de punct final**. ReCiPe 2008 reprezintă de fapt o combinație între metodele CML 2001, pentru punctul de mijloc și Eco Indicator 99 pentru ariile de protecție de punct final. Metoda cuprinde 18 categorii de impact la nivel de punct de mijloc și 3 categorii de impact la nivel de punct final.

- **Metoda EICV CML 2001**

Metoda CML 2001 a fost elaborată de către Institutul de Științe al Mediului de la Universitatea din Leiden Olanda și este prezentată în ghidul CML. CML 2001 este o metodologie clasică orientată asupra problemei, care ia în considerare următoarele categorii de impact: *epuizarea resurselor abiotice, modificarea climatului, epuizarea ozonului stratosferic, toxicitatea umană, ecotoxicitatea,*

formarea de fotooxidanți, acidifierea, eutrofizarea, mirosul dezagreabil, căldura reziduală, zgomotul, radiațiile ionizante și rănirile.

4.4. Evaluarea ciclului de viață a caselor CEP, CR, CW

4.4.1. Stabilirea unității funcționale și a limitelor sistemului

Unitatea funcțională a studiului comparativ este **construirea, utilizarea de către o familie de patru persoane și eliminarea finală, după o perioadă de 50 de ani, a unei case în regim parter cu o suprafață de circa 85 m²** pe baza regulilor de calcul stabilite în standardul ISO EN 15978 (2011). În fig. 4.4 sunt prezentate principalele etape ale ciclului de viață ale unei clădiri cu modulele care le compun în conformitate cu acest standard și limitele sistemului clădirilor analizate, unde sunt trasate și limitele obiectului de studiu, sistemul analizat fiind inclus în sistemul mediului. Dintre cele patru etape care constituie ciclul de viață al unei clădiri și anume: (i) stadiul de producere a materialelor de construcție, (ii) procesul de construcție, (iii) utilizarea (întreținere, reparații, utilizarea energiei), (iv) eliminarea finală sau sfârșitul ciclului de viață (demolare, transport, procesare deșeuri și eliminare finală a acestora), am exclus din start etapa de producție a materiilor prime care cuprinde, conform standardului ISO EN 15978 (2011), modulele A1-A3, dar care va fi discutată în continuare, întrucât influențează sistemul ale cărui limite sunt trasate în fig. 4.4.

4.4.2. Etapa de prelucrare materii prime și producția materialelor de construcție

Producția materialelor de construcție începe cu modulul A1 (fig. 4.4), reprezentând o primă operație: *extracția de materii prime din zăcămint*. Prin această operație materialele ies din circuitul natural intrând în circuitul economic analizat și astfel este trasată o primă limită a sistemului construcțiilor analizate, care le delimitează de sistemul mediului. Urmează, în aceeași etapă, modulul A2 reprezentând primul *transport către locul de producție* a materialelor de construcție și modulul A3 reprezentând *procesul de fabricare a materialelor de construcție*.

Această etapă, de producție a materialelor de construcție iese în afara sferei de influență a evaluării din această lucrare. Totuși, aceasta este o etapă importantă pentru că aici se poate face o analiză din start asupra calității materialelor constructive din punct de vedere al protecției mediului și pot fi experimentate și evaluate noi materiale de construcție.

Pentru această etapă am utilizat ECV pentru a face două comparații:

1) Prima dintre ele încearcă, utilizând o metodologie clasică de evaluare a impactului asupra mediului cunoscută sub numele de **cererea cumulată de energie**, o ierarhizare a tuturor energiilor cumulate necesare pentru producerea aceleiași cantități (**1 kg**) din cea mai mare parte a materialelor utilizate în toate cele trei clădiri comparate. Deci unitatea funcțională a studiului comparativ este în acest caz **1 kg de material de construcție**. Din această comparație rezultă că cea mai mare cantitate de energie totală necesară pentru producerea a 1 kg din diversele materiale de construcție analizate este consumată pentru polistiren expandat (EPS), urmat în ordine descrescătoare de polistirenul extrudat (XPS), apoi lambriul exterior, urmat de lambriul interior, cartonul ondulat-fibră virgină și OSB3. Necesită cantități cumulate de energie mai reduse pentru producerea lor, lemnul de esență moale, apoi cel de esență tare, gips cartonul, cărămida, betonul, iar cantitatea cea mai mică de energie este necesară în cazul **deșeului de carton ondulat (DCO)**.

2) O a doua comparație realizată în această etapă este mai selectivă: aceasta se limitează numai la materialele termoizolante pentru a identifica cum se comportă cartonul ondulat din punctul de vedere al protecției mediului comparativ cu alte materiale termoizolante. Unitatea funcțională aleasă în acest caz este mai specifică: se compară între ele panouri termoizolante de o anumită suprafață (**1m²**, adică **1m lungime x 1m lățime**) amplasate vertical, din diverse materiale termoizolante, dar cu o grosime stabilită în așa fel încât să asigure o creștere a rezistenței termice în câmp cu 1 m²K/W. Pentru **DCO**, conductivitatea termică luată în considerare a fost $\lambda = 0,05$ (W/(mK)). Pentru cartonul ondulat fibră virgină utilizat pentru construcția casei **CW**, din calculele efectuate luând în considerare rezistența termică totală a peretelui acestei case (conform caietului de

sarcini), $RC = 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$, a rezultat o conductivitate termică mult mai mică de $\lambda = 0,03 \text{ [(W/(mK))]$ (calculule sunt detaliate în **Anexa 3**). În fig. 4.6 este prezentat rezultatul comparației celor nouă materiale termoizolatoare analizate. Dintre metodologiile de evaluare a impactului asupra mediului am ales metoda **ReCiPe Punct final, Scor total, versiunea ierarhistă (H)**.

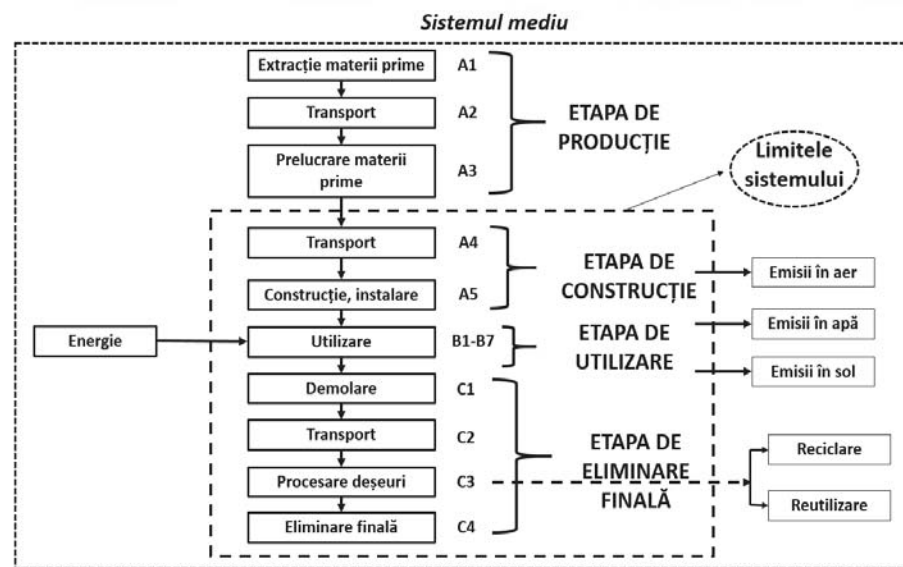


Fig. 4.4. Principalele etape ale ciclului de viață a unei clădiri și limitele sistemului clădirilor analizate

Rezultatele arată următoarea ordine descrescătoare din punctul de vedere al impactului asupra mediului:

cartonul ondulat fibră virgină >> XPS (polistirenul extrudat) > sticla multicelulară > PUR (spuma poliuretanică) > EPS (polistirenul expandat) > vata minerală > vata de sticlă > fibra de celuloză > deșeu de cartonul ondulat (DCO)

Rezultatele obținute arată că, dacă este realizat din fibră virgină, panoul de cartonul ondulat este materialul termoizolant a cărui producție pune cea mai mare presiune (impact) asupra mediului. Pe de altă parte panoul realizat din deșeu de carton ondulat reciclat are cea mai bună performanță de mediu.

4.4.3 Etapa de construcție

Construcția este una dintre etapele importante la ciclului de viață a unei clădiri, deși nu cea mai importantă. Această etapă este, desigur, precedată de proiectare, unde sunt puse la punct toate detaliile tehnice ale viitorului imobil. Conform ISO EN 15978 (2011) această etapă cuprinde următoarele două module (fig. 4.4.): A4: modulul de transport al materiei prime de la locul de producție către locul de construcție; A5: modul de construcție propriu-zisă.

Figura 4.7 prezintă o comparație a impactului asupra mediului produs în etapa de construcție a celor trei case, utilizând metodologia de evaluare a impactului **ReCiPe Punct final, Scor total versiunea ierarhistă (H)**. Datele arată că impactul asupra mediului nu este proporțional cu cantitatea de materiale utilizate. Astfel, **impactul cel mai mare cel mai mare rezultă în cazul casei olandeze (CW), urmată, în ordine descrescândă, de casa convențională (CR) și apoi casa eco-proiectată (CEP).**

Pe baza acestor elemente introduse în program se obține necesarul de energie electrică și termică pentru încălzire, apă caldă menajeră și ventilație și se face **notarea energetică a clădirii**. Dintre materialele utilizate în **CW** ponderea cea mai mare pentru impactul de mediu este dată de

lambriul exterior (51%) și cel interior (23,5%) și apoi cartonul ondulat fibră virgină (19,2%). În cazul casei convenționale (CR) materialele de construcție cu cel mai important rol în determinarea impactului sunt: cărămizile (23%), polistirenul expandat (16,1%) și cheresteaua (utilizată în primul rând în infrastructura podului, dar și la cofraje) în proporție de 14,4%. Pentru CEP, impactul cel mai mare asupra mediului este determinat de lemnul pentru structură (46,2%), urmat de lambriul exterior (19,4%).

Tabelul 4.3. Principalele materiale de construcție ale caselor analizate

Material de construcție	Casa lemn/deșeu carton ondulat reciclat (CEP)		Casa de referință (CR)		Wikkelhouse (CW)	
	Greutate (kg)	Distanță (km)	Greutate (kg)	Distanță (km)	Greutate (kg)	Distanță (km)
Beton	7014,3	10	104986,7*	10	2468,5	1820,3 (Amsterdam)
Armătură beton	403,61	421,1	2084,27*	421,1	130,83	
Brățări metalice	584	520,5				
Lemn tare	379,9	43	379,9	43		
Lemn moale	12402	43	4077,8	43	283,5	
Cărămidă			42379,8	56,1		
Mortar			1762,2	27,9		
Carton reciclat 350 mm	10916,6	10				
Carton fibra virgină 24					2956,92	
OSB (plăci)	4972,2	300	2922,6	300		
Gips carton	2236,98	349	2236,52	349		
PSE (200 mm)			1158,4	33,6		
Folie bariera vapor	61,6	158,8	40,58	158,8		
Folie difuzie	32,6	158,8	22,06	158,8	31,63	
Folie egalizare parchet	79,64	158,8	79,64	158,8		
Lambriu exterior pin	1091,8	102,9			3502,38	
sticla	715,2	183	715,2	183	308,34	
Lemn stratificat tamplarie	206,305	183	206,305	183	107,91	
Plăci oțel zincat	411,84	520,5	411,84	520,5		
Placaj interior Arauca Chile					1696,75	
Total	41508,575	3162,4	163463,815	2636,9	11486,76	1820,3

4.4.4. Etapa de utilizare/întreținere

Această etapă – de utilizare/întreținere este etapa cea mai lungă și cea mai importantă din întreg ciclul de viață al clădirilor analizate (fig. 4.4). În conformitate cu standardul ISO EN 15978 (2011) această etapă cuprinde următoarele 7 module (B1-7): **B1 - Utilizarea; B2 - Întreținerea; B3 - Reparații; B4 - Înlocuiri; B5 - Renovare; B6 - Utilizarea energiei operaționale; B7 - Utilizarea apei.** Cel mai important dintre aceste module este **B6 - al energiei operaționale utilizate.** Pentru stabilirea energiei necesare pentru încălzire, apa caldă menajeră și electricitate a fost nevoie de un calcul termotehnic. În acest scop am folosit un program românesc de certificare energetică a clădirilor realizat de ATH energ SRL – consultanță energetică (accesibil pe pagina web: <http://www.certificat-energetic.com/inregistrare.html>). În scopul uniformizării unor condiții climaterice luate în calculul necesarului de energie pentru încălzire, toate cele trei case au fost considerate amplasate în Cluj-Napoca. Algoritmul de calcul implică următoarele etape:

1. determinarea rezistenței termice în câmp, pe baza materialelor de construcție care intră în compoziția clădirii: pardoseală, pereți exteriori, tavan, tâmplărie, ținând cont de coeficienții de izolare termică a materialelor și grosimea lor în anvelopa clădirii

2. determinarea rezistenței termice corectate cu influențele punților termice.

În tabelul 4.4 este prezentat un sumar al acestor calcule cuprinzând notele privind performanțele energetice ale clădirilor analizate, rezistențele termice medii ale anvelopelor lor, precum și consumurile necesare de energie pentru căldură, apă caldă menajeră și electricitate.

Tabelul 4.4. Rezultate ale calculului termotehnic al clădirilor analizate

<i>Element calcul termotehnic</i>	<i>CEP</i>	<i>CR</i>	<i>CW</i>
Nota energetică	99,615	98,6	96,4
Clasa energetică	B	B	B
Suprafața anvelopei (m ²)	272,37	272,37	286,54
Volum încălzit (m ³)	216,11	216,11	228,2
Rezistența medie anvelopă (m ² K/W)	4,49	3,98	3,5
Coeficient global de izolare termică (W/m ² K)	0,45	0,487	0,529
Consum anual de energie specific total (kWh/m ² *an) din care:	128,664	138,554	159,854
Consum încălzire	67,262	77,479	97,822
Consum apă caldă menajeră	49,282	48,975	49,932
Consum electricitate	12,1	12,1	12,1

În afară de consumul de energie și apă este necesar să se ia în considerare faptul că, deoarece durata de 50 de ani a acestei etape depășește ciclul de viață a unor elemente constructive ale clădirilor, se impune înlocuirea lor. S-au prevăzut următoarele operații: înlocuirea tâmplăriei la 30 de ani, a acoperișului la 20 și 40 de ani, a foliilor barieră de vapori și difuzie la 30 de ani, precum și vopsirea exterioară, la fiecare 5 ani și cea interioară la 10 ani, pentru primele două clădiri comparate, respectiv **CEP** și **CR** (tabelul 4.5). În fig. 4.11 este prezentată comparația din punct de vedere al impactului asupra mediului a celor trei case analizate **în etapa de utilizare**. Deși **CW** consumă mai multă energie pentru încălzire față de celelalte două case analizate, aceasta are performanțe mai bune din punctul de vedere al protecției mediului față de casa convențională, **CR**.

Explicația constă în faptul că ponderea materialelor de construcție înlocuite în impact depășește, în această etapă, în cazul casei convenționale **CR**, impactul generat de consumul energetic mai mic față de cel al **CW**. În cazul casei eco-proiectate din **DCO**, deși materialele înlocuite au cam aceeași pondere ca și în cazul case convenționale, cantitatea mult mai mică de energie utilizată față de **CW** determină ca performanțele **CEP** din punct de vedere al protecției mediului să fie mai bune decât cele ale **CW**. Deci impactul cel mai mic asupra mediului îl induce casa din **DCO (CEP)**, **cu cele mai bune performanțe termoeconomice**. Comparația s-a făcut pe baza aceleiași metodologii, ReCiPe Endpoint varianta ierarhistă (H), Scor total.

4.4.5. Etapa finală a ciclului de viață

Finalul ciclului de viață este etapa pentru cuantificarea căreia se întâmpină dificultățile cele mai mari din cauza incertitudinii evoluției scenariilor și tehnologiilor de management al deșeurilor rezultate din construcții și demolări, având în vedere distanța în timp de 50 de ani față de perioada preconizată de demolare a clădirilor. Conform standardului ISO EN 15978, (2011), această etapă cuprinde următoarele patru module: **C1 - Demolarea**; **C2 - Transportul** (către locul de procesare a deșeurilor); **C3 - Procesarea deșeurilor** și **C4 - Eliminarea finală a deșeurilor**.

După rularea programului SimaPro versiunea 8.2.0.0 se ajunge la următoarea pondere a acestei etape pe întregul ciclul de viață al caselor comparate: 0.41% pentru **CEP**, 1,45% pentru **CR** și doar 0,087% pentru **CW**. În fig. 4.12 este prezentată comparația celor trei case în această ultimă etapă a ciclului lor de viață folosind aceeași metodologie de Evaluare a Impactului Ciclului de Viață ReCiPe Endpoint varianta ierarhistă (H)-Scor total. Rezultă că, **în etapa de eliminare finală, pe primul loc cu impactul cel mai mare asupra mediului se situează casa convențională, urmată**

de casa din carton ondulat reciclat, iar impactul cel mai mic asupra mediului îl generează edificiul care a înglobat pe parcursul ciclului lui de viață cele mai mici cantități de materiale: casa Wikkellhouse.

Tabelul 4.5. Energia și materialele necesare pentru cele trei case analizate în etapa de utilizare

Energie și materiale /50 ani	Tipul de casă		
	CEP	CR	CW
Energie pentru:			
a. Încălzire (MJ)	1042426,8	1200769,2	1486111,82
b. apă caldă men. (MJ)	763772,4	759015	758566,94
c. electricitate (KWh)	52090,5	52090,5	51062
Materiale înlocuire acoperiș (la 20 și 40 de ani)			
a. lemn structură (kg)	5024,4	5024,4	-
b. placă OSB3	2377,2	2377,2	-
c. plăci oțel zincat	823,68	823,68	-
Materiale înlocuire tâmplărie (30 de ani)			
a. sticlă	715,2	715,2	616,8
b. lemn stratificat	206,3	206,3	107,9
Înlocuire folii (30 ani):			
a. barieră vapori	61,6	40,58	
b. difuzie	32,6	22,065	31,63
Întreținere exterioară /5 ani			
a. impregnant /tencuială	115,6 Kober Ecolasure Impregnant		323,6 Kober Ecolasure Impregnant
b. vopsea	163,8 Kober Ecolasure	Kober Fassade 150 l 240 kg	458,4 Kober Ecolasure
Întreținere interioară/10 ani			
a. impregnant	0	0	321,91Kober Ecolasure
b. vopsea	161,9 Kober lavabilă acrilică	161,9 Kober lavabilă	456,0 Kober Ecolasure
Total materiale	9682,28	9611,325	2316,24

4.4.6. Analiza întregului ciclu de viață al caselor comparate

În fig. 4.13 este prezentată comparația celor trei case pe întreg ciclul lor de viață cuprinzând toate cele trei etape analizate: **construcția, utilizarea și eliminarea finală**. Și aici se utilizează aceeași metodologie de evaluare a impactului **ReCiPe Endpoint varianta ierarhistă (H), Scor total**. Impactul cel mai mare din punct de vedere al protecției mediului pe întregul ciclu de viață analizat îl are casa **CW**, urmată cu rezultate apropiate dar un pic mai bune de **CR**, iar performanțele cele mai bune le obține **CEP**. Se constată că:

- în cazul casei **CEP**, performanțele cele mai bune pentru mediu sunt obținute la următoarele categorii de impact: *modificarea climatului, toxicitatea umană, oxidarea fotochimică, particule în suspensie, radiația ionizantă, eutrofizarea de apă dulce, ecotoxicitatea de apă dulce, ecotoxicitatea marină, acidifierea terestră și epuizarea resurselor de combustibili fosili*;

- în cazul casei **CW**, performanțele cele mai bune se obțin la *epuizarea stratului de ozon, și epuizarea metalelor*;

- în cazul casei **CR**, impactul cel mai redus este în cazul categoriilor *ecotoxicitate terestră, precum și ocuparea terenului agricol și urban*.

În fig. 4.15 este prezentată **diagrama de flux** (arborele de proces) al *casei eco-proiectate CEP*. A fost aleasă în acest caz **o rezoluție de 0,29%** (procesele cu o pondere mai mică decât acest procent sunt excluse din analiză). Diagrama cuprinde **24 de procese din 2117 analizate**. Această rezoluție permite nu numai prezentarea tuturor celor trei etape ale ciclului de viață al clădirii (construcție, utilizare, eliminare finală), dar și a unor module precum transportul din etapa de construcție. Din diagrama de flux constatăm că **etapa de construcție are o pondere de 15,7 % din totalul ciclului de viață**, iar în cadrul acestei etape **modulul de transport reprezintă numai 0,293%** restul fiind reprezentat de modulul de construcție. Locul cel mai important în ciclul de viață îl ocupă **etapa de utilizare cu o pondere totală de 84,0%**, din care se distinge *energia necesară pentru încălzire reprezentând 57,3% din total și electricitatea cu 19,4% din total*. În sfârșit, **etapa de eliminare finală nu reprezintă decât 0,318% din impactul total**.

În fig. 4.18 este prezentată **o comparație a celor trei case analizate utilizând metodologia de evaluare a impactului clasică CML 2000**, în **faza de caracterizare**, cu factorii de normalizare globali la nivelul anului 2005. Această metodologie nu parcurge și elementele opționale de grupare sau ponderare și nu permite obținerea rezultatului sub forma unui scor total. Pentru majoritatea categoriilor de impact clasice luate în considerare în această metodologie, casa **CEP obține cele mai bune performanțe de mediu**. În schimb casa **CW are valorile cele mai reduse ale impactului asupra mediului pentru epuizarea stratului de ozon**. Casa **CR** ocupă din punct de vedere al impactului pentru toate aceste categorii de impact menționate **ultimul loc**, cu excepția eutrofizării în cazul căreia se situează pe locul secund.

4.5. Analiza costului ciclului de viață

În paralel cu evaluarea ciclului de viață (ECV) a fost efectuată și o analiză economică axată asupra costurilor necesare în principalele etape ale ciclului de viață ale sistemelor clădirilor analizate. De data aceasta, analiza costurilor a fost orientată numai **asupra etapei de construcție și a etapei de utilizare**, deoarece după cum am văzut, asupra etapei finale a ciclului de viață planează prea multe incertitudini și ar fi nerealist să facem o evaluare de acest fel pentru o etapă care urmează să se desfășoare într-un interval de timp de peste cincizeci de ani.

Costurile evaluate în etapa de construcție pentru fiecare dintre elementele constructive ale casei **CEP** și ale casei **CR** (fundatie, pardoseală, pereți exteriori, tavan, tâmplărie și acoperiș) sunt prezentate în **Anexa 2** iar în tabelul 4.6 este prezentat un sumar al acestor costuri.

Costurile construcției fundației și anvelopei casei **CEP** reprezintă circa 71% din costurile necesare pentru construcția casei **CR**. Pentru casa **CW** costurile în această etapă au fost apreciate după informațiile preluate din caietul de sarcini (Anexa 1). Dacă pentru 7 module varianta completă este indicat un preț de 75000€, luând în calcul pentru restul de 9 module un preț de 4000€/modul, rezultă o sumă totală pentru cele **16 module de 111000 €**. Pentru etapa de utilizare a fost necesar calculul separat atât al costului energiei operaționale pentru încălzire și prepararea apei menajere, cât și al costurilor necesare întreținerii și înlocuirii unor elemente ale construcției. Se observă că în această etapă predomină **costurile energiei**, acestea reprezentând **67,8% pentru CEP, 69,7% pentru CW și 83,4% pentru CW**. Din cauza cheltuielilor mai mari necesare pentru energia operațională, **CW atinge cheltuielile cele mai mari în această etapă, urmată de CR**, iar cele mai mici costuri sunt necesare pentru casa **CEP** cu cele mai bune performanțe termice.

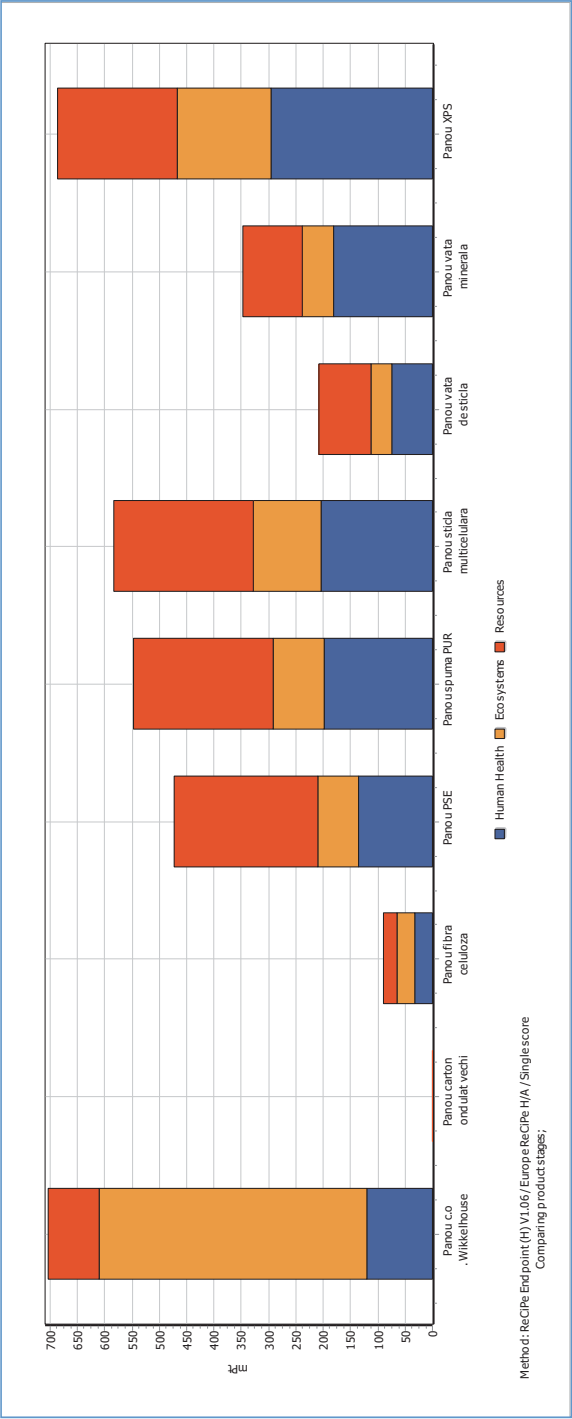


Fig. 4.6. Comparatie a impactului asupra mediului a unor materiale termoizolante (panouri cu suprafata de 1 m² și grosimea stabilită pentru reducerea rezistenței termice în câmp cu o valoare de 1 m²K/W

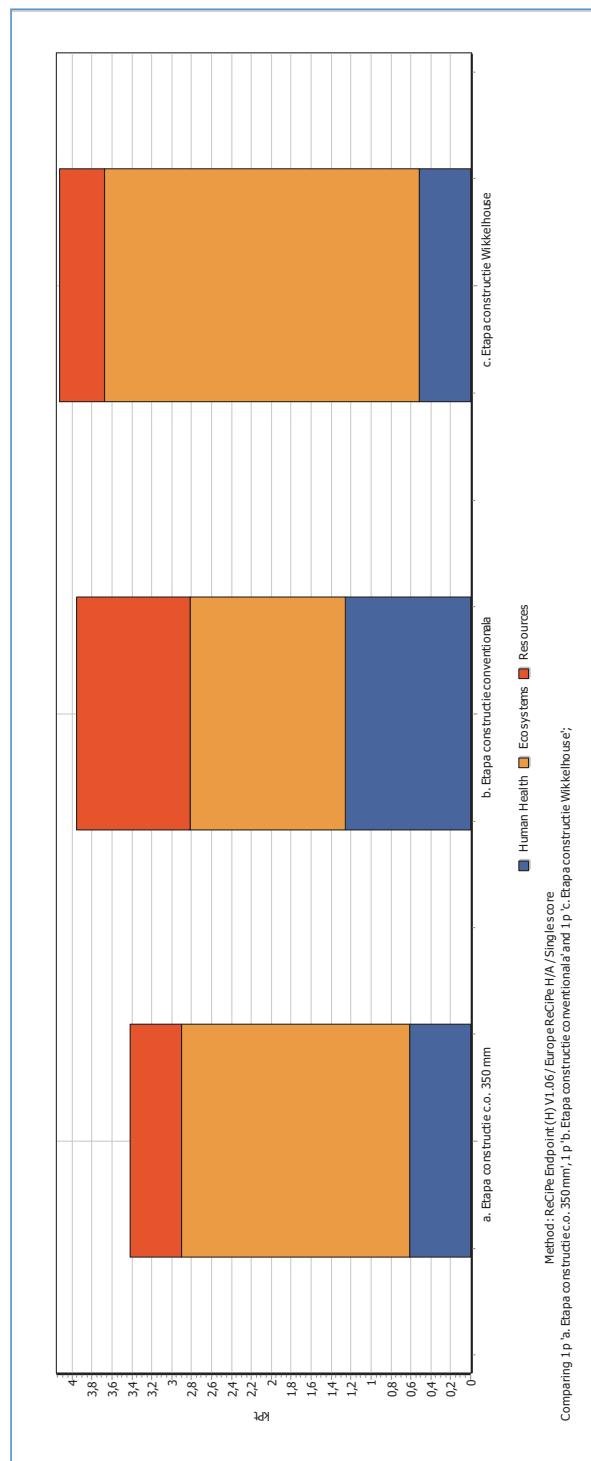


Fig. 4.7.- Comparatie a impactului produs în etapa de constructie a celor trei case (Metodologie ReCiPe End point versiunea ierarhista, H) a. Casa eco-proiectată (CEP) b. Casa convențională, de referință (CR) c. Casa Wikkellhouse (CW)

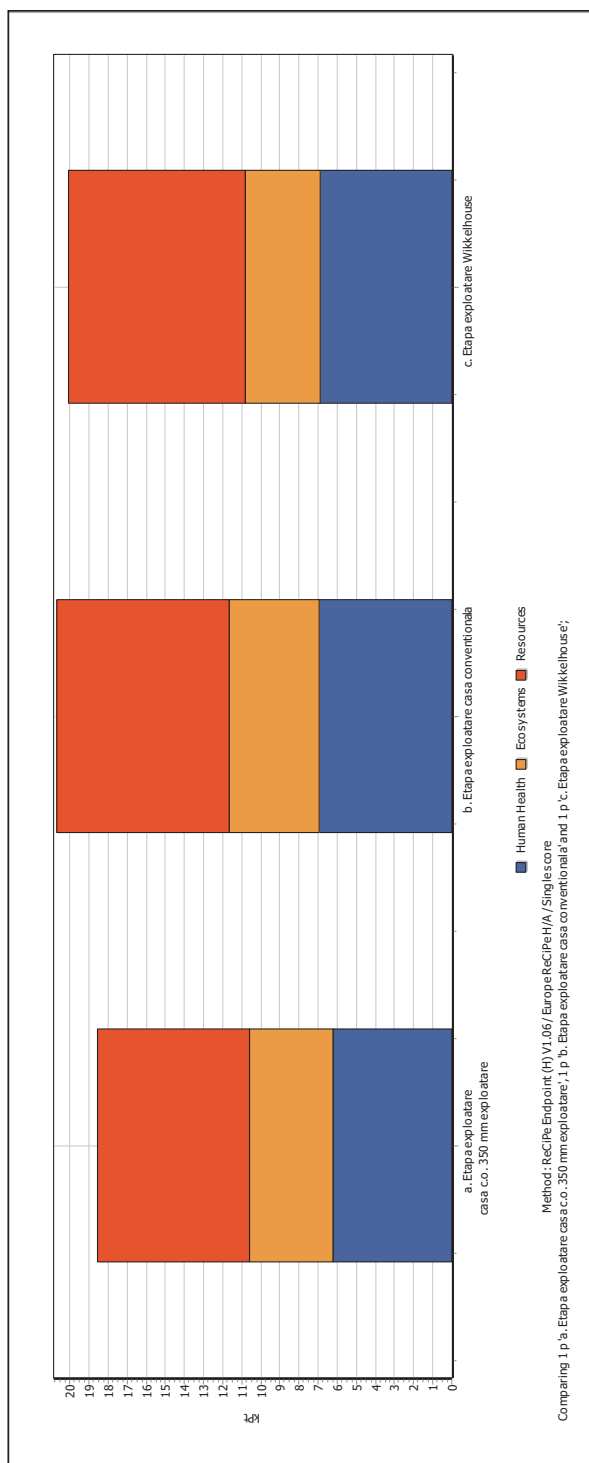


Fig. 4.11. Comparatie a impactului produs în etapa de utilizare a celor trei case (Metodologie ReCiPe End point versiunea ierarhista (H))
a. Casa din **DCO (CEP)**; b. Casa convențională (**CR**) c. Wikkellhouse (**CW**)

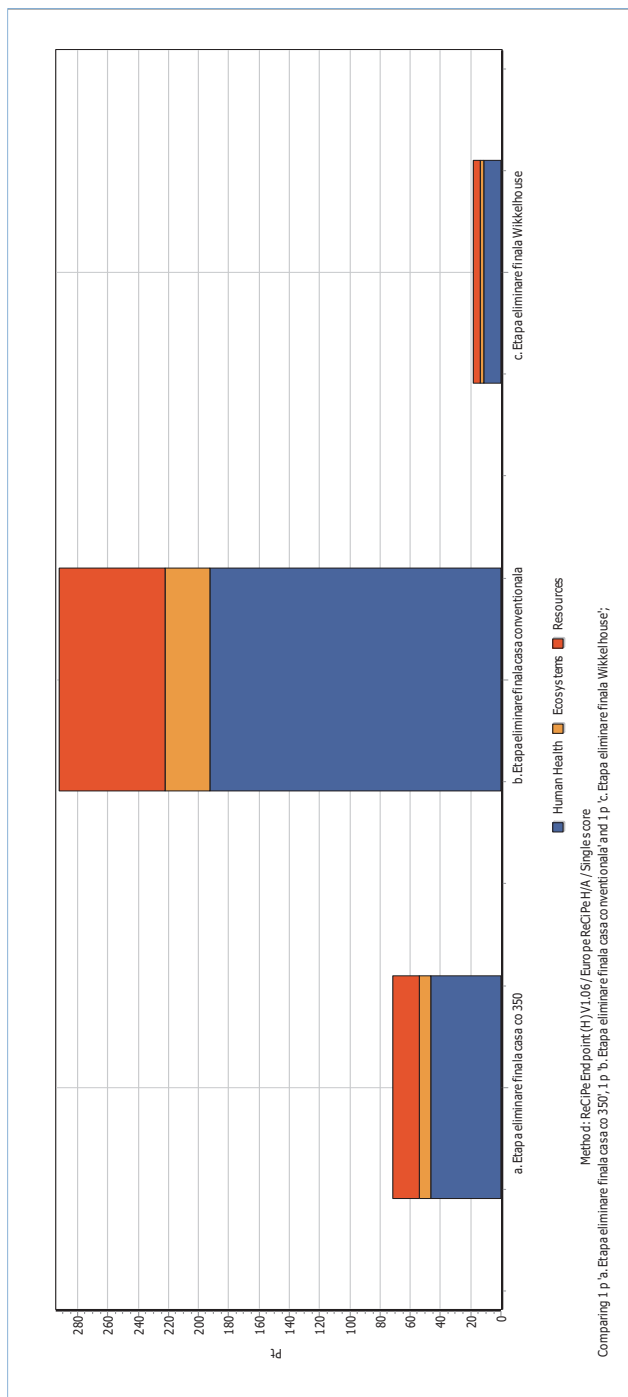


Fig. 4.12. Comparatie a impactului produs de cele trei case analizate în etapa finală a ciclului lor de viață (demolare, eliminare finală a deșeurilor)

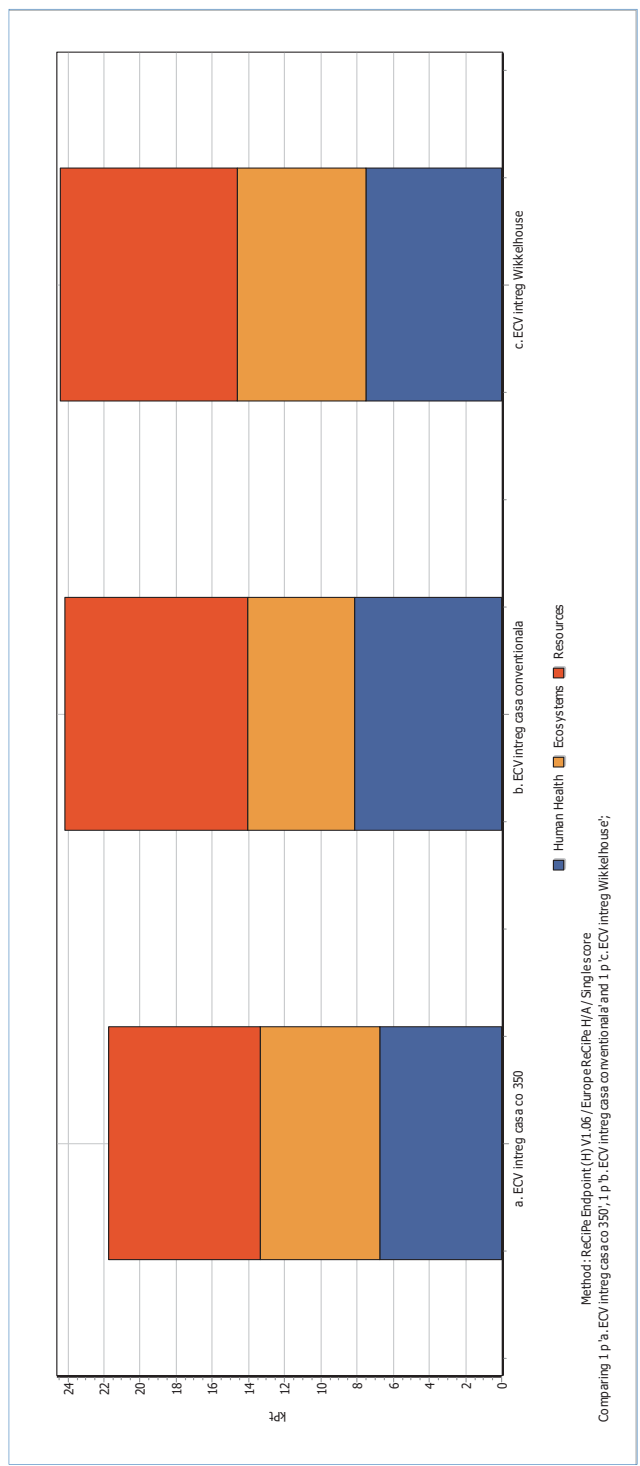


Fig. 4.13. Comparație a impactului produs de cele trei case pe întregul lor ciclu de viață analizat

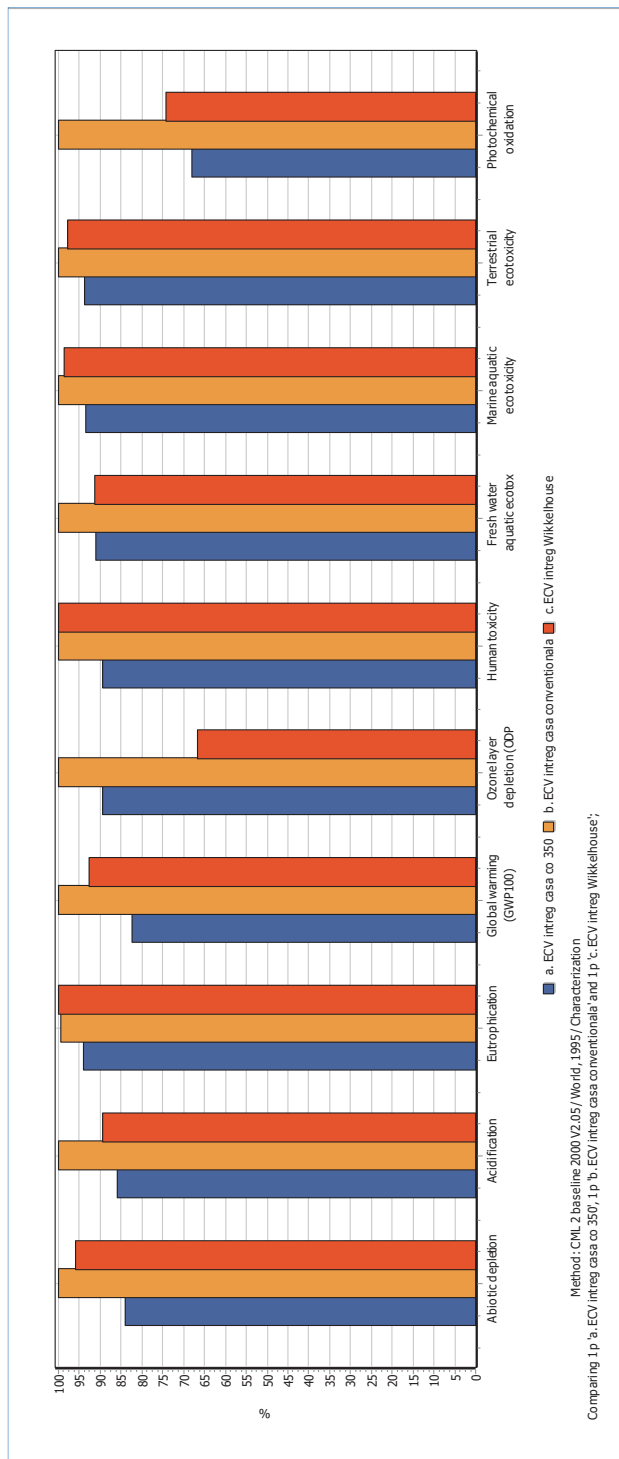


Fig. 4.18. Comparație a celor trei clădiri analizate utilizând metodologia clasică CML 2000, faza de caracterizare

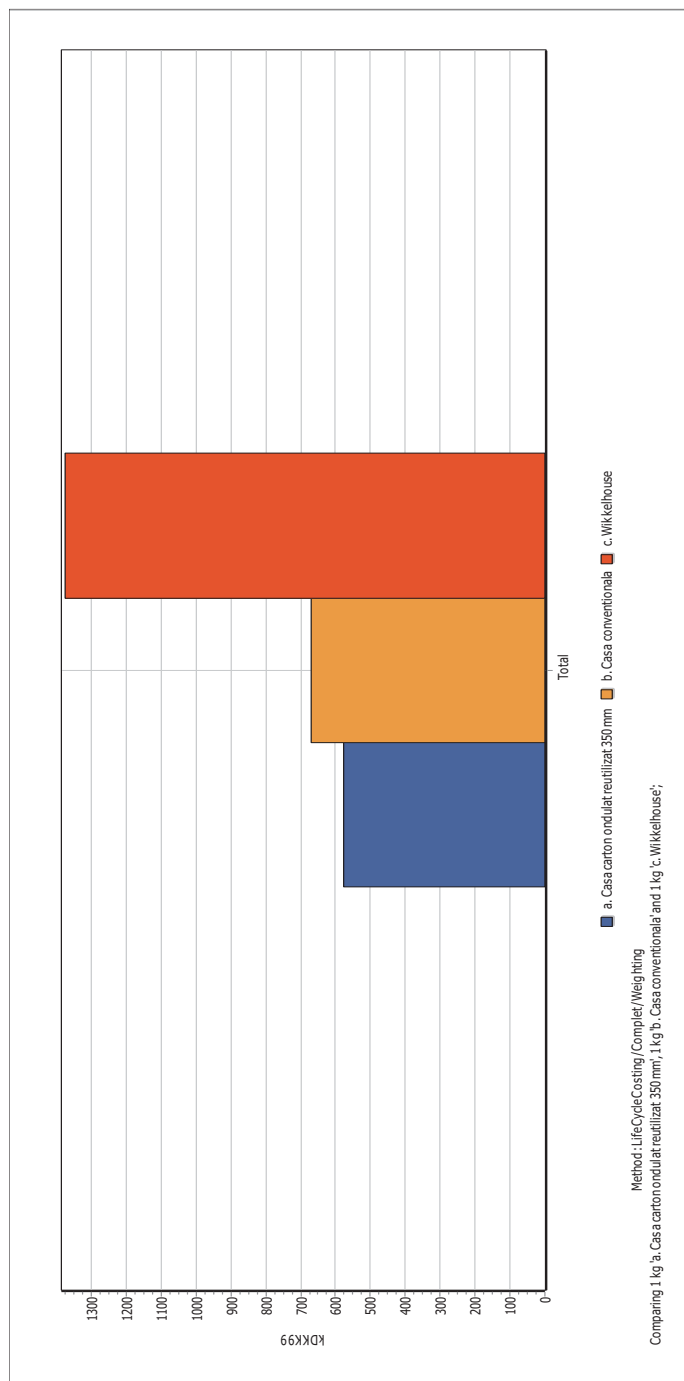


Fig. 4.19. Comparația Costului Ciclului de Viață a celor trei case analizate utilizând instrumentul software Sima Pro: a. CEP; b. CR; c. CW

Tabelul 4.6. Costurile în etapa de construcție a casei CEP și a casei CR

Element	CEP				CR			
	Materiale	Transport	Manoperă	Total (€)	Materiale	Transport	Manoperă	Total (€)
Fundație	2388,18	136,2	308,11	2832,5	3946,35	395,12	1584,18	5925,65
Pardoseală	2307,41	130	1145,13	3582,54	2919,33	110	2101,7	5131,03
Per. Exter.	4890,12	459	941,95	6291,07	6521,04	327	2701,1	9549,14
Tavan	1001,58	128	628,93	1758,51	1688,97	108	1765,93	3562,9
Tâmplărie	5976,4	58	0	6034,4	5976,4	58	0	6034,4
Acoperiș	2074,18	161	1028,125	3263,3	2074,18	161	1028,125	3263,31
TOTAL	18637,87	1072,2	4052,25	23762,32	23126,27	1159,12	9181,035	33466,43

În fig. 4.19 este prezentat rezultatul final al **analizei Costului Ciclului de Viață pe ambele etape de construcție și utilizare ale tuturor celor trei case analizate** folosind ca și pentru ECV, instrumentul software **Sima Pro**. Datorită cheltuielilor mai mari atât în etapa de construcție cât și în cea de utilizare, costul cel mai mare pe etapele ciclului de viață analizate îl are casa **CW**, urmată de casa **CR**, iar casa **CEP** necesită cheltuielile cele mai mici. Diferențele sunt semnificative astfel: cheltuielile casei **CR** reprezintă 49,4% din cheltuielile casei **CW**, iar cheltuielile casei **CEP** reprezintă 85% din cheltuielile casei **CR**.

Prin urmare, casa eco-proiectată, **CEP** realizată cu izolație din deșeu de carton ondulat **obține performanțele cele mai bune, atât din punctul de vedere al protecției mediului cât și economic**. Casa **CW** a fost realizată inițial probabil în ideea unei case de vacanțe, iar performanțele de mediu ca și cele economice nu o recomandă drept o locuință rezidențială locuibilă permanent. Casa **CR** obține rezultate apropiate din punct de vedere al protecției mediului de cele ale casei **CW**, dar meritorii din punct de vedere economic, necesitând chltuieli mai reduse față de **CW**.

Capitolul 5.

ECO-PROIECTAREA UNOR PRODUSE ȘI ANSAMBLE DIN MATERIALE RECICLABILE

5.1. Scopul și importanța cercetării

O posibilă strategie de proiectare pentru reciclare constă în proiectarea de produse reciclabile și utilizarea materialelor reciclate (adesea sub formă de deșeuri) pentru înlocuirea materialelor virgine, în acord cu principiile economiei circulare (Gavrilescu et al., 2018; Maris et al., 2014). Reciclarea deșeurilor s-a aplicat pentru doar 42% din întreaga cantitate de deșeuri în 2004, dar procentul a crescut la aproape 47% în 2006; 49% în 2008; 47% în 2010; 46% în 2012; 50% în 2014. Prin urmare, ponderea acestei alternative de management a deșeurilor din totalul deșeurilor generate a crescut de la 42% în 2004 la aproape 50% în 2014. Prin urmare, aplicarea unei alternative durabile de reciclare și reutilizare în procesul de management al deșeurilor având ca finalitate valorificarea lor în procesul de producție poate aduce beneficii, atât pentru economie cât și pentru mediu prin închiderea ciclului de producție și extinderea ciclului de viață (Ghisellini et al., 2016).

În sectorul de fabricație a cartonului ondulat și a ambalajelor din carton ondulat, economia circulară reprezintă mai mult decât simpla reciclare, deoarece se au în vedere aproape toate etapele ciclului de viață a produselor: inovația, proiectarea, producția, distribuția produselor, utilizarea, recuperarea/reciclarea/reutilizarea (CNE, 2014; Gavrilescu et al., 2018; FEFCO, 2017).

În acest context, în acest capitol se descriu diverse configurații și construcții eco-proiectate de paleți de ambalare și transport al mărfurilor, astfel încât:

- (i) să se asigure posibilitatea de utilizarea a unor resurse reciclabile ca materii prime;
- (ii) să se asigure reciclabilitatea produselor;

(iii) să se asigure costuri reduse de fabricație, asamblare și dezasamblare foarte ușoară, costuri reduse de depozitare și transport;

(iv) să se genereze o buclă închisă care să permită o recuperare și reutilizare mai eficientă a produselor eco-proiectate, precum și o mai bună gestionare la sfârșitul duratei de viață.

Toate produsele prezentate sunt brevetate la nivel național sau/și european sau sunt în curs de brevetare. Pentru produsele eco-proiectate s-a realizat o analiză cost-beneficiu care să evidențieze impactul tehnico-economic pozitiv al aplicării principiilor eco-proiectării pentru închiderea buclei de producție prin valorificarea deșeurilor generate în procesul de producție a cartonului ondulat și a ambalajelor din carton ondulat.

5.2. Paleții – descriere, cerințe, fabricație

Un palet este un ambalaj omologat internațional care asigură manipularea mai ușoară a mărfurilor cu ajutorul mijloacelor mecanizate pentru realizarea operațiilor de încărcare, descărcare, depozitare a mărfurilor (Câmpean, 2015a, b). Acest produs este o structură de transport tip platformă, care susține mărfurile într-un mod stabil, în timp ce este ridicată de un stivuitor, un cilindru de paleți, un încărcător frontal sau o macara. În fapt, un palet este fundația structurală a unei încărcături unitare și permite manipularea și depozitarea eficiente (Twede et al., 2015). Paleții sunt o formă de transport și ambalare proiectați să fie utilizați de mai multe ori, dar există și paleți, cu greutate redusă, proiectați, pentru o singură utilizare. Organizația Internațională pentru Standardizare (ISO) a stabilit dimensiuni pentru 6 tipuri de paleți, detaliate în standardul ISO 6780 (2003).

5.2.2. Materiale pentru paleți

5.2.2.1. Paleți din lemn

Paleții cei mai ieftini sunt fabricați din lemn de esență moale și sunt adesea considerați ca fiind materiale consumabile, care ar urma să fie scoase din uz împreună cu alte elemente de susținere a mărfii la sfârșitul transportului. Paleții au o construcție simplă, cu posibilitate de ridicare din două laturi (spre deosebire de paleții simpli din lemn de esență tare, paleții din plastic și paleții metalici care pot fi ridicați din toate cele patru laturi, fiind denumiți paleți "cu patru căi") (fig. 5.2 a).

5.2.2.2. Paleți din metal

Paleții din metal sunt robusți și sunt utilizați pentru încărcături grele, încărcături înalte, depozitare pe termen lung. (fig. 5.2 b) Acești paleți reprezintă mai puțin de 1% din piața paleților. Materialele de construcție sunt oțelul carbon, oțelul inoxidabil și aluminiul. Dintre acestea, oțelul carbon oferă o rezistență excelentă la cel mai mic cost. Paleții din oțel au masă ridicată, ceea ce mărește cheltuielile de transport. Pe termen lung însă, costurile cu paleții metalici pot fi mai mici decât cele cu paleții din lemn datorită creșterii, paractic nelimitate, a numărului de reciclări.

5.2.2.3. Paleți din plastic

Paleții din plastic sunt fabricați din polietilenă de înaltă densitate sau din polietilen tereftalat reciclat (fig. 5.2 c). Paleții din plastic pot fi modelați termic sau turnați prin injecție, ori turnați din spumă structurală (Twede et al., 2015). Acești paleți sunt, de obicei, extrem de robusți și rezistă la peste o sută de tranșe de transport, la intemperii, degradare, acțiunea chimicalelor și coroziune (Wyler et al., 1999). Dezavantajele se referă la faptul că paleții din plastic nu pot fi reparați cu ușurință și pot fi chiar de zece ori mai scumpi decât cei din lemn de esență tare.

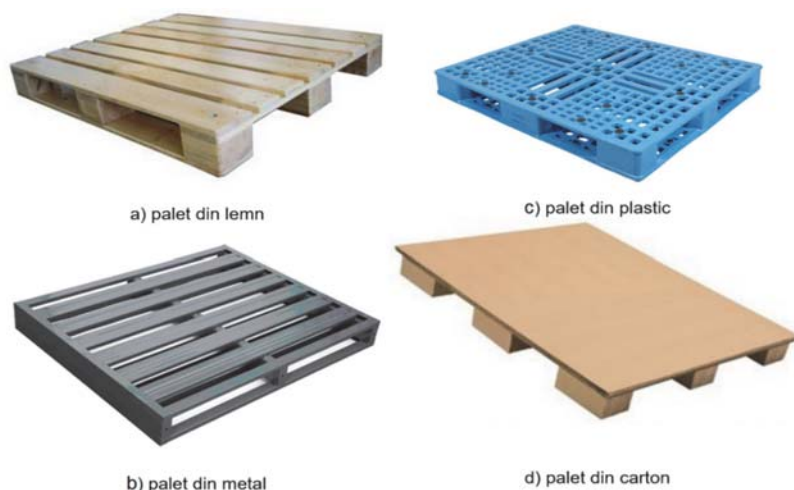


Fig. 5.2. Tipuri de paleți, în funcție de materialul din care sunt realizați (Ali, 2011; <http://www.sainiksawmills.com/wooden-pallets.htm>; <https://www.tranpak.com/plastic-pallets>; <http://www.cnrack.com/steel-pallet-china.html>; <https://www.litco.com/corrugated-cardboard-pallets/>)

5.2.2.4. Paleți din carton

Paleții din carton (compact și carton ondulat), denumiți și *eco-paleți* sunt de obicei folosiți pentru încărcături ușoare, însă sunt din ce în ce mai mult utilizați și pentru încărcături similare ca cele pentru paleții de lemn (fig. 5.2 d). Cartonul compact și cartonul ondulat se pot folosi pentru a fabrica paleți. Paleții din carton sunt utilizați și în cazul în care reciclarea sau eliminarea lor ușoară din circuit sunt importante (Bengtsson și Logie, 2015).

5.2.3. Anticiparea și testarea performanțelor paleților

Indiferent de material, s-a constatat că una dintre modalitățile prin care un palet este apreciat ca prietenos pentru mediu este posibilitatea de a fi reutilizat într-un număr cât mai mare de cicluri. Paleții din lemn sunt reciclați de mai multe ori și când nu mai pot fi folosiți, diferite părți pot fi utilizate pentru a repara alți paleți sau pentru a fabrica alte produse. Paleții din plastic pot fi utilizați într-un număr mai mare de cicluri decât cei din lemn, sau pot fi reciclați ca materie primă pentru aceeași paleți sau alte produse din material plastic (Baumesiter și Beaulieu, 2009; Twede et al., 2015).

Utilizarea paleților are loc în *buclă deschisă (liniară)* sau în *buclă închisă*, iar alegerea paleților și managementul acestora depind de tipul de produs și de configurația lanțului de aprovizionare. Câteva dintre problemele-cheie care trebuie luate în considerare se referă la (Vergheșe și Lewis, 2007): *cât de ecologică este materia primă?*, *câtă energie este consumată în fabricarea paletului?*, *cât de rezistent este paletul?*, *cât de mult cântărește?*, *paletul poate fi reparat?*, *paletul poate fi reutilizat și de câte ori?* *paletul poate fi reciclat și cu ce eficiență?* *există opțiuni ecologice pentru eliminare?*. Principiile eco-proiectării pot răspunde la aceste întrebări și în cazul fabricării și utilizării paleților din carton.

5.3. Eco-proiectarea unor paleți din carton ondulat și din deșeu reciclabil de carton ondulat

Costurile pentru depozitarea și transportul paleților pot fi reduse prin utilizarea paleților demontabili, realizați din componente asamblabile și ușor de demontat care prezintă și avantajul că fac posibilă înlocuirea componentelor avariate, prelungind ciclul de viață al paleților.

Pe piață există paleți fabricați din carton, dar dezavantajul acestora constă în construcția complicată și asamblarea dificilă, fiabilitatea redusă și preluarea necorespunzătoare a forțelor pe palet, fapt ce determină uzura și degradarea prematură a elementelor paletului cu consecințe nefavorabile asupra ciclului de viață. **În lucrarea de față au fost aplicate principiile eco-proiectării pentru a găsi soluții tehnice prin care să se obțină structuri de palet rezistente, durabile și eco-eficiente. În cadrul acestei activități s-au folosit principiile eco-proiectării și dezvoltării durabile, ca un set de procese care transformă cerințele în caracteristicile specificate ale unui produs, proces sau sistem.** Metodologia practică a îmbinat eco-inovarea și eco-proiectarea și s-a bazat pe experiența existentă în cadrul producătorului de carton ondulat și ambalaje din carton ondulat SC Rondocarton srl Cluj-Napoca, vizând următoarele două direcții:

- planificarea celor mai bune strategii pentru regândirea produselor existente, cu arhitectură convențională, fabricate din diverse materii prime;
- dezvoltarea unor arhitecturi originale similare sau noi, care aplică strategii operaționale pentru extinderea ciclului de viață al cartonului – în particular a deșeurilor reciclabile și asigură reciclabilitatea produsului eco-proiectat.

Planificarea etapei de eco-proiectare a implicat două categorii diferite de analize:

- (1) analiza arhitecturii convenționale pentru definirea corectă a celor mai potrivite intervenții pentru produsele preexistente și o evaluare a problemelor critice de mediu;
- (2) restructurarea arhitecturii pentru îmbunătățirea performanțelor de mediu și dezvoltarea de produse ecologice.

Planificarea și realizarea produsului ecologic a constat în stabilirea modularității și modelului geometric (proiectare) și identificarea conexiunilor între unitățile, subansamblele sau modulele principale.

Au fost luate în considerare două faze succesive de proiectare:

- (1) proiectarea modulelor și schemei de montaj;
- (2) proiectarea modului de dispunere a componentelor și subansamblelor.

5.3.2. Descrierea produselor eco-proiectate

5.3.2.1. Palet asamblabil și dezasamblabil, varianta 1

Paletul asamblabil și dezasamblabil (varianta 1), care constituie obiectul unei cereri de brevet de invenție (Campean, 2018) este menit să înlăture unele dezavantaje ale paletelor existenți pe piață. Produsul este fabricat din carton ondulat/multistrat sau din carton întărit cu silicat de sodiu. Paletul este constituit dintr-o bază cu elemente de susținere paralele, cu picior și îmbinare tip ”mușcătură” în care se îmbină prin glisare elemente transversale de susținere paralele cu picior și îmbinări tip ”mușcătură” (fig. 5.6a).

5.3.2.2. Palet asamblabil și dezasamblabil, varianta 2

Paletul asamblabil și dezasamblabil (varianta 2) este conceput pentru a asigura manipularea mai ușoară a mărfurilor cu ajutorul mijloacelor mecanice (Campean, 2015a). Produsul este construit din elemente de îmbinare orizontale de tip șină culisantă care glisează perpendicular pe cadrele de susținere verticale (fig. 5.7).

5.3.2.3. Palet asamblabil și dezasamblabil, varianta 3

Paletul este construit dintr-o parte inferioară alcătuită din cel puțin două elemente de susținere, fiecare cu câte două orificii marginale superioare, în legătură cu o parte superioară alcătuită din cel puțin două elemente de susținere transversale, așezate pe elementele părții inferioare, fiecare cu câte două orificii marginale inferioare (Campean, 2017) (fig. 5.8).

5.3.2.4. Palet, europalet asamblabil și dezasamblabil

Paletul este fabricat din elemente componente confecționate din hârtie/carton virgin sau carton reciclat sau din mase plastice. Asamblarea unui palet poate fi făcută utilizând elemente componente

din hârtie sau mase plastice, ori în combinație (Câmpean, 2015b). Testele au arătat că acești paleți au aceeași rezistență ca și paleții din lemn, dar costurile sunt cu circa 20% mai mici, iar transportul se poate face pe părți componente, ambalate individual, care ocupă un volum mai mic (fig. 5.9).



Fig. 5.6. a) Palet asamblabil și dezasamblabil (Câmpean, 2018): 1-elemente de susținere, 2-picioare, 3-îmbinări tip "mușcătură", 4-elemente transversale de susținere, 5-picioare ale elementelor transversale de susținere, 6-îmbinări tip "mușcătură" ale elementelor de susținere b) Element de susținere de bază

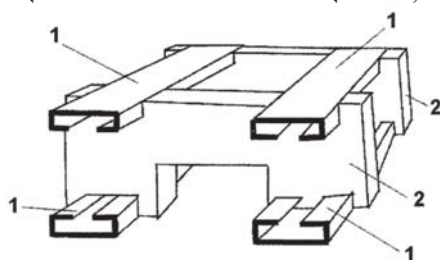


Fig. 5.7. Palet asamblabil și dezasamblabil: 1-elementele orizontale de îmbinare tip șină culisantă, 2- elementelor de susținere verticală (Campean, 2015a)

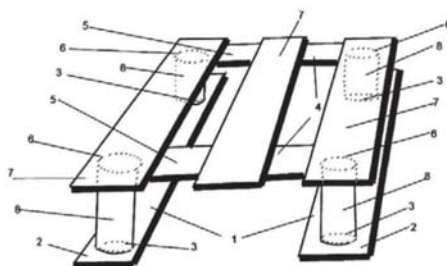


Fig. 5.8. Palet asamblabil și dezasamblabil (Câmpean, 2017): 1-partea inferioară a paletului, 2-element de susținere, 3-orificii marginale superioare, 4-partea superioară a paletului, 5-elemente de susținere transversale superioare, 6-orificii marginale inferioare, 7- elemente de susținere transversale superioare, 8- elemente cilindrice de susținere, 9-tuburi concentrice încastrate în orificiile părții inferioare, 10-tuburi concentrice încastrate în orificiile părții superioare

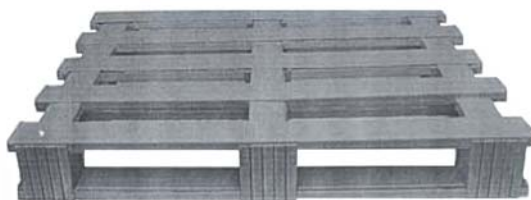


Fig. 5.9. Palet din hârtie/carton virgin sau reciclat, sau mase plastice asamblabil și dezasamblabil (Câmpean, 2015b)

5.4. Evaluarea performanțelor de mediu și economice ale paleților din carton virgin sau reciclat prin aplicarea metodologiei evaluării ciclului de viață (ECV)

Paleții eco-proiectați în forma unor produse reciclabile folosind ca materie primă materiale reciclabile – carton ondulat virgin sau deșeuri de carton ondulat, au fost analizați, într-o primă etapă, pentru a evalua impactul asupra mediului comparativ cu alte produse similare. Posibilele alternative conceptuale ale paleților au fost considerate ca scenarii, prin aplicarea metodologiei Evaluării Ciclului de Viață (ECV). În literatura de specialitate există studii în care se realizează evaluări ale ciclului de viață (ECV) a unor tipuri de paleți utilizați într-un singur ciclu (de unică folosință) (*cradle to grave*) sau colectați și reintroduși în circuitul de ambalare și transport (reutilizabili) (*cradle to cradle*, *cradle to gate*) (fig. 5.10).

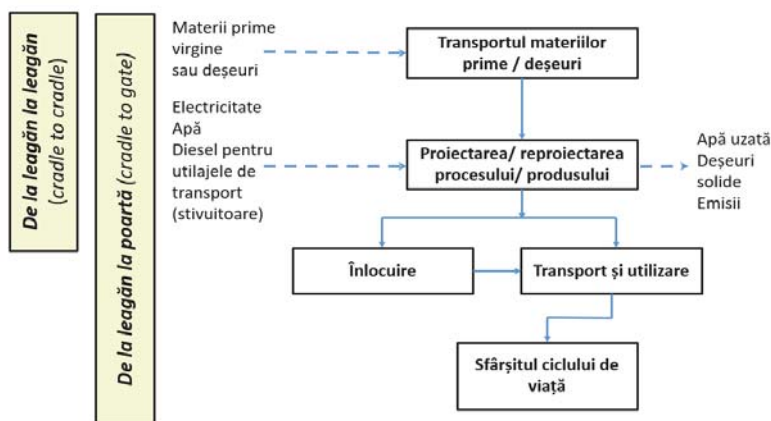


Fig. 5.10. Diagrama producției și utilizării paleților și a domeniilor ECV corespunzătoare (adaptat după EDGE, 2017)

5.4.1.2. Evaluarea impacturilor de mediu a paleților prin aplicarea metodei CML

Toate datele din etapa de inventariere împreună cu cele din baza de date GaBi (PE International, 2009) au sprijinit cuantificarea categoriilor de impact asociate fiecărui scenariu elaborat pentru diverse categorii de paleți. În continuare se descriu și se compară ciclul de viață și impactul asupra mediului al paleților fabricați din diverse materiale: lemn, plastic, metal și carton ondulat. Având în vedere abordarea *de la leagăn până la mormânt (cradle to grave)*, comparația se realizează prin includerea următoarelor etape ale ciclului de viață: *sursa materiilor prime, producția, transportul, utilizarea, întreținerea și sfârșitul duratei de viață (reutilizare, reciclare, incinerare sau depozitare)* (fig. 5.11).

Unitatea funcțională aleasă pentru acest studiu este reprezentată de 1000 de paleți.

Rezultatele au arătat că principalul contribuabil la *potențialul de încălzire globală (GWP)* este reprezentat de paleții din plastic, urmat de paleții din carton și apoi paleții din lemn (fig. 5.12). În fig. 5.15 este ilustrată contribuția diferitelor faze din ciclul de viață al paleților, precum depozitarea finală, incinerarea, reciclarea la impactul asupra mediului. Se constată că *potențialul de încălzire globală GWP* este categoria de impact cu ponderea cea mai mare în cazul incinerării paleților din plastic, a depozitării paleților din lemn ca deșeuri, a reciclării paleților de lemn și a depozitării paleților din carton ondulat. Opțiunea de reciclare este asociată cu valori importante ale *potențialului de acidifiere*. *Potențialul de generare a ozonului fotochimic* este semnificativ în cazul depozitării și, respectiv al reciclării paleților din lemn, precum și al depozitării finale a paleților din carton ondulat.

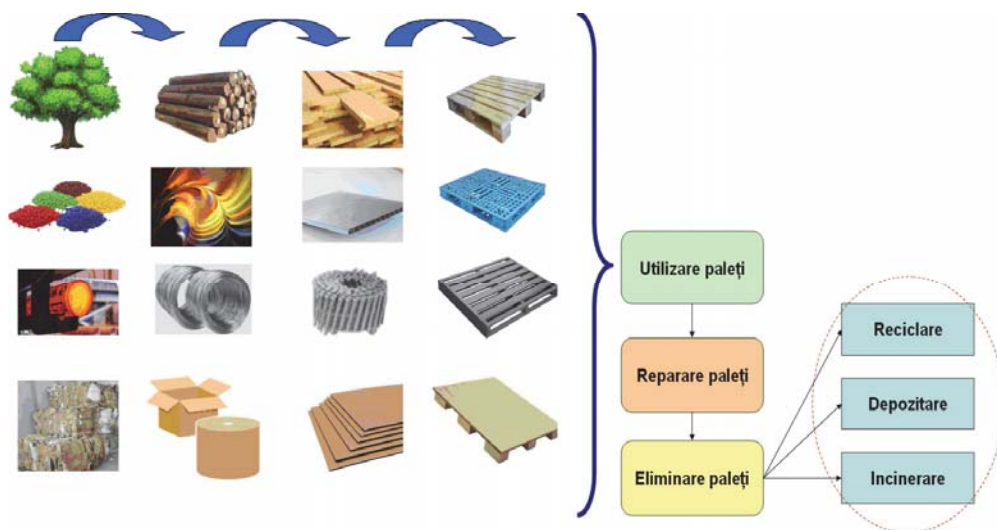


Fig. 5.11. Limitele sistemului (ciclul de viață al paletilor)

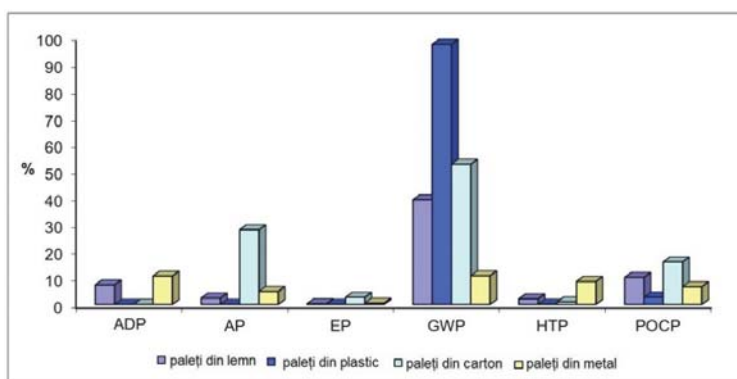


Fig. 5.12. Impacturi generate în mediu de palet realizati din diverse materiale (lemn, carton, plastic, metal)

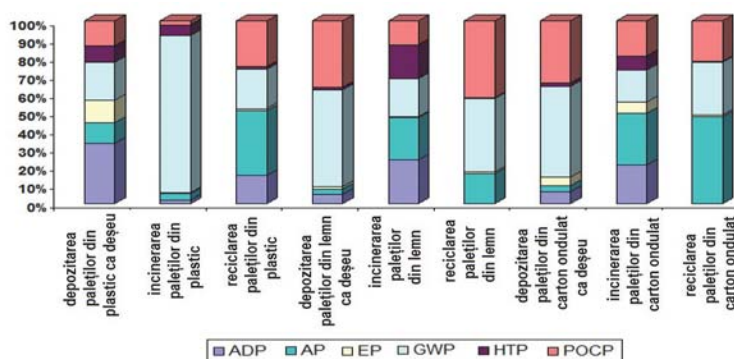


Fig. 5.15. Contribuția reciclării, incinerării și depozitării paletilor la categoriile de impact ADP, AP, EP, GWP, HTP, POCP

Consumul de energie electrică are o contribuție importantă în producția de paleți din lemn, în timp ce fabricarea paleților din plastic implică consumuri de resurse neregenerabile și sunt mai dificil de fabricat decât paleții din lemn. Condițiile de încărcare și manipulare influențează în mod semnificativ durata de viață utilă a paleților. Paleții din carton ondulat se deteriorează mai ușor, motiv pentru care sunt apți doar pentru câteva transporturi și au emisii de carbon și consumuri de energie semnificative. Impactul asupra mediului al paleților ar trebui să scadă dacă se utilizează deșeuri din carton ondulat ca materie primă.

5.4.1.3. Eco-eficiența fabricării paleților din carton ondulat, comparativ cu paleții din lemn, în raport cu mediul înconjurător

O analiză a producției de paleți din carton ondulat la nivelul de 100000 eco-paleți/an comparativ cu producția aceleiași cantități de paleți din lemn pune în evidență avantajele paleților din carton ondulat din punctul de vedere al impactului asupra mediului înconjurător. Dacă paleții se fabrică din carton ondulat (4,7 kg/eco-palet), pentru o producție anuală de 100000 paleți ar fi necesare 470 t plăci de carton ondulat, care se produc din 470 t lemn de molid decojit/an, pentru care ar fi necesare 783 t bușteni de molid (Gavrilescu și Toth, 2001), (randament mediu de prelucrare: 0,6 echivalent cu 493 arbori de molid (fig. 5.16). Dacă paleții s-ar fabrica din lemn (25 kg lemn/euro-palet), pentru 100000 de paleți ar fi necesare 2500 t lemn decojit/an. Pentru a obține această cantitate prin prelucrarea buștenilor de molid, ar fi necesare 4160 t lemn (randament mediu de prelucrare: 0,6 (Gavrilescu și Toth, 2001)), echivalentul a 2620 arbori de molid (fig. 5.16).

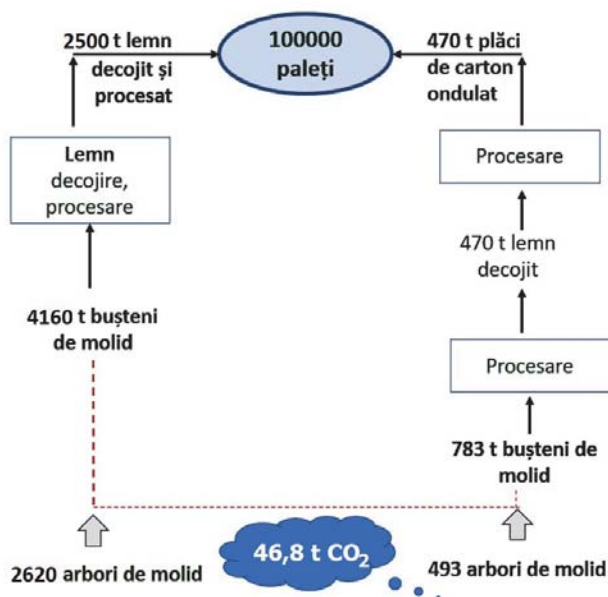


Fig. 5.16. Diminuarea efectului de seră, potențial de realizat la fabricarea paleților din carton ondulat, comparativ cu situația fabricării paleților din lemn (adaptat după Gavrilescu et al., 2018)

Un arbore matur poate absorbi cca. 22kg CO₂/an (AEA, 2016), acționând ca un filtru natural; astfel se poate estima că arborii salvați (2127) pot absorbi cca. **47 t CO₂/an, diminuându-se impactul de mediu asociat cu schimbările climatice, alături de alte impacturi pozitive pentru mediu. Eco-paleții sunt 100% reciclabili, biodegradabili, respectă reglementările legale.** Durata de viață este extinsă deoarece, după reutilizare produsul poate reveni în lanțul de reciclare a hârtiei (conform conceptului *cradle-to-gate*). **Se diminuează și taxele de mediu cu circa 3 euro/eco-palet.** Efectele economice cumulate (vânzarea eco-paleților la un cost de circa 4euro/eco-palet comparativ cu 7 euro/

palet din lemn + diminuarea taxelor de mediu ~7 euro/palet) rezultă anual într-un *impact economic pozitiv pentru agentul economic* de cca. 700000 Euro/an, raportat la 100000 de paleți din carton care se pot confectiona anual (Gavrilescu et al., 2018) (fig. 5.16).

5.4.2. Analiza cost-beneficiu

Obiectivul aplicării ACB în prezentul studiu constă în evaluarea viabilității și impactului economic a procesului de fabricație a paleților din carton ondulat, comparativ cu paleții din lemn. În acest context ACB poate oferi o imagine de ansamblu asupra tuturor efectelor importante ale diferitelor scenarii de realizare a paleților, deoarece aceste efecte pot fi comparate prin utilizarea unei unități comune reprezentată de unitățile monetare (Hojer et al., 2008; Lombrano, 2009). În acest scop, am identificat și am asociat valori monetare pentru toate impacturile posibile ale proceselor incluse în scenariile propuse pentru evaluare. Toate datele necesare inventarului ciclului de viață au fost colectate din literatură, statistici, baze de date, evidențe contabile ale Rondocarton SRL etc. Pentru o evaluare eficientă a impactului economic s-au parcurs toate cele patru etape de analiză economică:

- A. definirea obiectivelor eco-proiectării,
- B. analiza cost-beneficiu,
- C. analiza de sensibilitate,
- D. analiza și interpretarea rezultatelor

În esență, ACB este un instrument de decizie care permite evaluarea proiectelor pe baza unei comparații între costurile și beneficiile lor. Parcurgerea celor 4 etape ale analizei cost-beneficiu implică derularea mai multor activități.

5.4.2.2. Analiza cost-beneficiu pentru procesul de obținere a paleților din lemn

Unitatea funcțională aleasă pentru evaluarea performanțelor economice, în procesul de obținere a paleților din lemn a fost 1000 de paleți cu dimensiune de 1200x800x145 mm și greutatea de 25 kg. Limita proceselor care stau la baza efectuării analizei cost beneficiu sunt reprezentate în fig. 5.18.

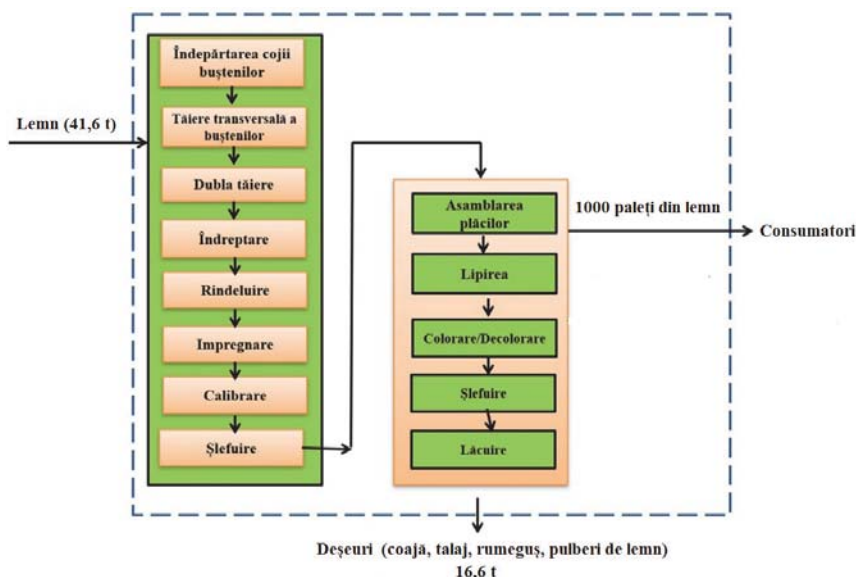


Fig. 5.18. Limitele procesului de producție a paleților din lemn

✓ Determinarea costurilor

Având în vedere cele menționate, în analiza cost-beneficiu au fost identificate următoarele categorii de costuri:

- *costuri necesare realizării și implementării proiectului*: costuri pentru echipamente moderne și pentru management organizational;
- *costuri după implementarea proiectului (costuri de exploatare)*: costuri de exploatare și întreținere a lanțului de producție, costuri pentru utilități; costuri de operare și mentenanță, costuri pentru personal.

Costurile privind amplasamentul au fost considerate nule, deoarece s-a pornit de la ipoteza că se va utiliza un amplasament existent (tabelul 5.2).

Tabelul 5.2. Costurile directe asociate instalației de obținere a paleților din lemn

	<i>Tipul de cost**</i>	<i>Valoare costuri instalație de obținere a paleților din lemn (lei)</i>
Costuri directe*	Costuri pentru amplasament	0
	Costuri pentru lucrări de construcții – montaj	1789567
	Costuri pentru exploatarea și întreținerea instalației	986347
	Cheltuieli pentru personal	1297864
	Cheltuieli pentru utilități	897354
	Cheltuieli pentru închiderea și monitorizarea instalației	52000
Total costuri		5023132

✓ *Evaluarea beneficiilor*

Pentru procesul de obținere a paleților din lemn au fost identificate *trei categorii de beneficii: economice, de mediu și sociale*. Cele trei categorii de beneficii nu se referă doar la indicatorii fizici și ecologici (ca de exemplu, cantitatea de deșeuri din carton valorificată, emisii rezultate din procesul de producție), ci și la variabilele socio-economice care pot fi evaluate din punct de vedere cantitativ. Beneficiile directe au fost calculate din punct de vedere economic ca fiind 5% din totalul costurilor. Valoarea actualizată netă a beneficiilor se determină folosind rata de actualizare egală cu rata inflației și perioada de actualizare de 10 ani (tabelul 5.4).

Tabelul 5.4. Valori estimate ale beneficiilor identificate pentru procesul de obținere a paleților din lemn*

<i>Nr. crt.</i>	<i>Tip beneficiu</i>	<i>Valoare, lei</i>
1	Beneficii economice	986943
2	Beneficii sociale	799462
3	Beneficii de mediu	459823
Total beneficii pentru procesul de obținere a paleților din lemn		2246228

*calcul conform recomandărilor din Ghinea, 2012; Comăniță, 2016

✓ *Determinarea și analiza rapoartelor cost-beneficiu și beneficiu-cost*

Rapoartele cost-beneficiu (C/B) și beneficiu-cost (B/C) sunt rezultatul raportului valorilor actualizate ale costurilor totale la beneficiile actualizate. Rapoartele C/B și B/C se pot calcula cu relațiile (5.2) și (5.3) (Noel și McCormack, 2014):

$$C/B = \text{costuri totale actualizate} / \text{beneficii totale actualizate} \quad (5.2)$$

$$B/C = \text{beneficii totale actualizate} / \text{costuri totale actualizate} \quad (5.3)$$

În cazul procesului de obținere a paleților din lemn valorile obținute pentru rapoartele C/B și B/C sunt următoarele:

$$C/B = 32245609.23 / 13816548.4 = \mathbf{2,33} \text{ lei cheltuiți la 1 leu beneficiu}$$

$$B/C = 13816548.4 / 32245609.23 = \mathbf{0,42} \text{ lei beneficii la 1 leu cheltuit}$$

Raportul cost-beneficiu este de 2,33 pentru proiectul de obținere a paleților din lemn, iar raportul beneficiu-cost este 0,42 de unde rezultă că proiectul nu aduce beneficii semnificative, iar implementarea acestuia necesită costuri mai mari decât beneficiile (fig. 5.19). Dezavantajul principal

constă în faptul că procesul nu generează produse prietenoase mediului. De asemenea, acest proces nu aduce beneficii sociale și de mediu deoarece necesită un consum mare de lemn, fapt care prezintă la un impact negativ asupra pădurilor și mediului înconjurător (fig. 5.16).

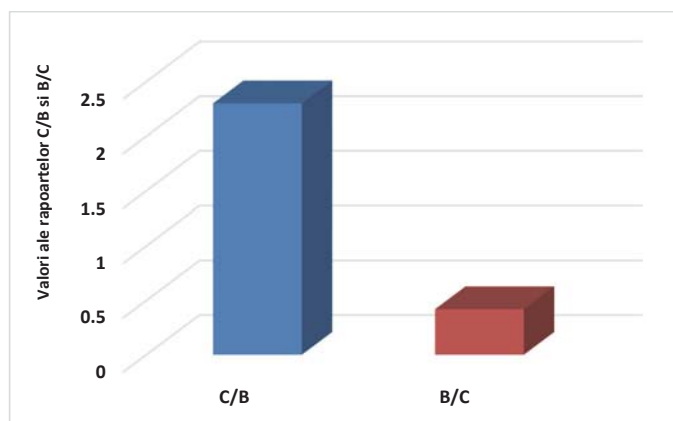


Fig. 5.19. Analiza rapoartelor cost-beneficiu (C/B) și beneficiu-cost (B/C)

✓ Analiza de sensibilitate

Analiza de sensibilitate vine ca o completare a Analizei Cost-Beneficiu în vederea identificării impactului modificării factorilor sau variabilelor pe parcursul implementării unui proiect. Etapele parcurse în efectuarea analizei de sensibilitate sunt:

- (i) identificarea valorilor critice,
- (ii) calculul valorilor de comutare,
- (iii) analiza alternativelor.

Pentru procesul de obținere a paleților din lemn au fost analizați parametrii principali utilizați în analiza costurilor și beneficiilor precum: costurile implicate în procesul de obținere, achiziția materiei prime, costurilor de investiții, beneficiile rezultate din vânzarea produselor finite și beneficiile de mediu. Investiția inițială calculată pentru procesul de obținere a paleților din lemn în etapa de analiză cost-beneficiu este de 32245609,23 lei. În calcule s-au folosit date și informații din unele evidențe contabile ale Rondocarton SRL. Analiza de sensibilitate a fost efectuată după variația investiției. În cadrul analizei cost - beneficiu s-au obținut următorii indicatori de eficiență ai procesului de fabricație a **paleților din lemn**:

- ✓ rata internă de rentabilitate economică (RIR): **2,33 %**
- ✓ venitul net actualizat (VNA): **32245609,23**
- ✓ raportul beneficii actualizate/costuri actualizate: **0,4**

S-au considerat valorile RIR și VNA pentru două situații (tabelul 5.6):

- *varianta pesimistă* - cazul cel mai nefavorabil;
- *varianta optimistă* – cazul cel mai favorabil.

Valoarea pozitivă a ratei de rentabilitate conduce la concluzia că tehnologia de obținere a paleților din lemn nu este rentabilă din punct de vedere economic, deoarece beneficiile rezultate sunt mai mici decât cheltuielile necesare investiției. Prin urmare investiția nu este rentabilă deoarece prezintă un grad de sensibilitate scăzut în ceea ce privește variabilele cheie selectate pentru analiză.

5.4.2.3. Evaluarea impactului economic al procesului de obținere a paleților din carton ondulat

Unitatea funcțională aleasă pentru evaluarea performanțelor economice, în procesul de obținere a paleților din carton ondulat a fost 1000 de paleți cu dimensiunea de 1200x800x145 mm și greutatea 4,7 kg. Limitele procesului pentru care s-a efectuat analiza cost- beneficiu sunt reprezentate în fig. 5.21. **Costurile** privind amplasamentul nu au fost considerate, deoarece s-a plecat de la ipoteza că se va utiliza un amplasament pe care se află amplasată o altă instalație.

Costurile directe privind proiectul de implementare și funcționare a instalației de obținere a paleților din carton ondulat sunt prezentate în tabelul 5.7. Se consideră că durata de actualizare pentru ambele procese este de 10 ani, iar rata de actualizare este de 5%. Pentru efectuarea calculului factorului de actualizare s-a utilizat relația (5.1). Actualizarea costurilor pentru implementarea instalației de obținere a paleților din carton ondulat se realizează prin înmulțirea factorului de actualizare cu valoarea costurilor.

Tabelul 5.6. Scenariile pesimist-optimiste pentru procesul de obținere a paleților din lemn*

Variabilele selectate în cadrul analizei de sensibilitate	Scenariul pesimist			Scenariul optimist		
	RIR (%)	VNP (lei)	Indicele de sensibilitate	RIR (%)	VNP (lei)	Indicele de sensibilitate
Media absolută	9.8	0.4		8.92	0.4	
V1	-8.49	0.38	2.09	-8.53	0.39	2,15
V2	-7.93	0.35	2.41	-8.72	0.395	2,25
V3	-8.37	0.28	1.19	-7.47	0.384	1,49

*calcul conform recomandărilor din Ghinea, 2012; Comăniță, 2016

Tabelul 5.7. Costurile directe asociate instalației de obținere a a paleților din carton ondulat

Costuri directe*	Tipul de cost**	Valoare costuri instalație de obținere a paleților din carton ondulat (lei)
	Costuri pentru amplasament	0
	Costuri pentru lucrări de construcții – montaj	1389241
	Costuri pentru exploatarea și întreținerea instalației	873476
	Cheltuieli pentru personal	1294530
	Cheltuieli pentru utilități	575000
	Cheltuieli pentru închiderea și monitorizarea instalației	47500
Total costuri		4179747

*calcul conform recomandărilor din Ghinea, 2012; Comăniță, 2016; **pe baza datelor contabile de la Rondocarton SRL

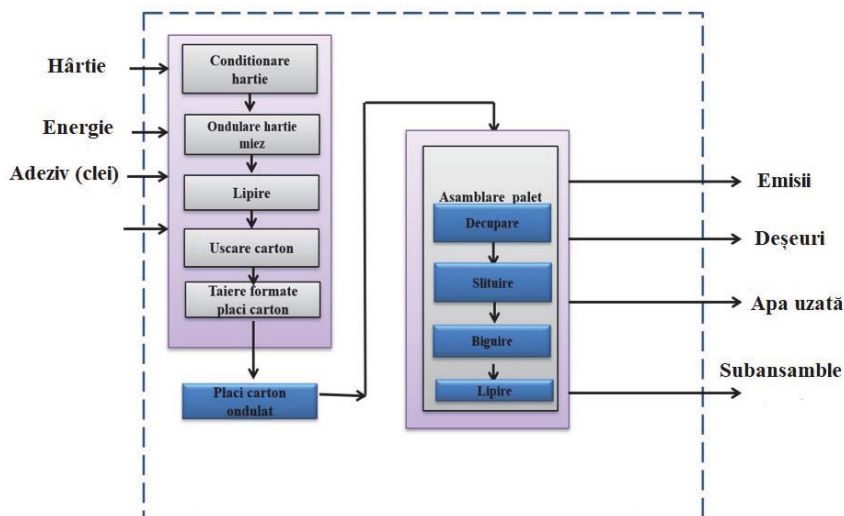


Fig. 5.21. Limitele procesului de producție a paleților din carton ondulat

✓ **Determinarea și evaluarea beneficiilor**

Ca și în cazul paleților din lemn, identificarea beneficiilor în procesul de obținere a paleților din plăci de carton au fost structurate pe trei domenii: economic, ecologic și social. Cele trei tipuri de beneficii specifice proiectelor nu se referă doar la indicatorii fizici și ecologici (de exemplu: cantitatea de deșeuri din carton valorificată, emisii rezultate din procesul de producție), ci și la variabilele socio-economice care pot fi evaluate din punct de vedere cantitativ. Beneficiile directe au fost calculate din punct de vedere economic ca fiind 5% din totalul costurilor. Valoarea actualizată netă a beneficiilor se determină folosind rata de actualizare egală cu rata inflației și perioada de actualizare de 10 ani (tabelul 5.9).

✓ **Determinarea și analiza rapoartelor cost-beneficiu și beneficiu-cost**

În cazul procesului de obținere a paleților din plăci de carton valorile obținute pentru rapoartele C/B și B/C sunt determinate aplicând relațiile (5.2) și (5.3):

$C/B = 25687974 / 15987943 = 1,6$ lei cheltuiți la 1 leu beneficiu

$B/C = 15987943 / 25687974 = 0,62$ lei beneficii la 1 leu cheltuit

Raportul cost - beneficiu pentru proiectul de obținere a paleților din plăci de carton este de 1,6 iar raportul beneficiu-cost este 0,62 de unde rezultă că proiectul este mai avantajos decât cel care implică paleții din lemn, dar este relativ puțin viabil, având în vedere valoarea raportului cost-beneficiu și, respectiv beneficiu-cost, iar implementarea acestuia nu aduce suficiente beneficii de mediu, economice și sociale (fig. 5.22). Factorul agravant constă în faptul că procesul generează emisii în aer și sol cu impacturile asociate (fig. 5.11, 5.12, 5.15).

Tabelul 5.9. Valori estimate ale beneficiilor identificate*

Nr.crt.	Tip beneficiu	Beneficii identificate	Valoare, lei
1	Beneficii economice	Beneficii directe (5% din costurile totale)	208987
2	Beneficii sociale	Creșterea numărului de locuri de muncă, atât în perioada de implementare a proiectului, cât și ulterior pentru întreținerea instalației Produce versatile și durabile la solicitările mecanice, cât și sub influența agenților externi Creșterea valorii bunurilor	1240553
3	Beneficii de mediu	Oferă prelungirea duratei de viață a produselor din carton prin reciclare Oferă posibilitatea reciclării produselor din carton în vederea reducerii volumului de deșeuri din carton	813543
Total beneficii proces obținere a paleților din plăci de carton			2263083.35

✓ **Determinarea gradului de sensibilitate a ratei de actualizare interne (RIR) și a valorii net actualizate (VNA)**

Variabilele selectate în cadrul analizei de sensibilitate, pentru cele patru categorii de produse sunt: reducerea costurilor de exploatare (V1); valoarea investiției de reciclare sau costul tehnologiei folosite la tratarea și/sau reciclarea deșeurilor din carton (V2); reducerea costurilor pentru materia primă (V3). Analiza cost-beneficiu a condus la obținerea următorilor indicatori de eficiență ai procesului de fabricație a paleților din carton ondulat:

- ✓ rata internă de rentabilitate economică (RIR): 1,6%;
- ✓ venitul net actualizat (VNA): 25687974 lei
- ✓ raportul beneficii actualizate/costuri actualizate: 0,62.

S-au considerat valorile RIR și VNA pentru două situații (tabelul 5.11):

- *varianta pesimistă* - cazul cel mai nefavorabil;
- *varianta optimistă* - cazul cel mai favorabil.

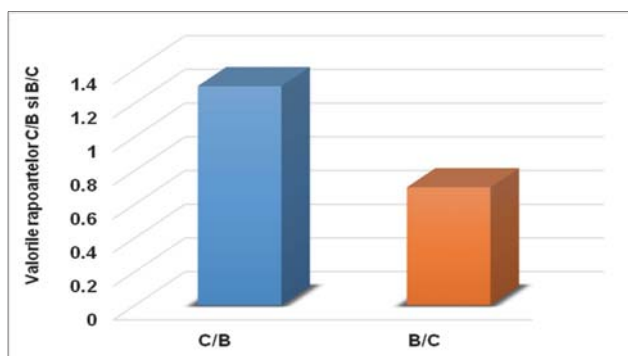


Fig. 5.22. Analiza rapoartelor cost-beneficiu (C/B) și beneficiu-cost (B/C) pentru procesul de obținere a paleților din plăci de carton ondulat

Valoarea negativă a ratei de rentabilitate conduce la concluzia că tehnologia de obținere a paleților din carton ondulat este mai puțin rentabilă, deoarece beneficiile rezultate sunt mai mici decât cheltuielile necesare investiției. Prin urmare, investiția nu este rentabilă din punct de vedere economic deoarece prezintă un grad de sensibilitate scăzut în ceea ce privește variabilele cheie.

5.4.2.4. Evaluarea comparativă a performanțelor economice pentru procesul de obținere a paleților din lemn și a paleților din carton ondulat

În vederea realizării obiectivului propus în ceea ce privește analiza performanței economice a procesului de fabricație a paleților din diverse materiale, s-a realizat un studiu comparativ al performanțelor economice ale procesului de obținere a paleților din lemn cu cele ale procesului de obținere a paleților din carton ondulat, prin aplicarea metodologiei ACB.

Tabelul 5.11. Scenariile pesimist-optimiste pentru procesul de obținere a paleților din carton ondulat*

Variabilele selectate în cadrul analizei de sensibilitate	Scenariul pesimist			Scenariul optimist		
	RIR (%)	VNP (lei)	Indicele de sensibilitate	RIR (%)	VNP (lei)	Indicele de sensibilitate
Media absolută	16,2	0,62	-	16,2	0,62	-
V1	-9,23	0,59	3,13	-9,39	0,56	4,48
V2	-9,18	0,54	5,09	-9,52	0,46	3,35
	-8,85	0,35	2,58	-8,53	0,53	3,48

* calcul conform recomandărilor din Ghinea, 2012; Comanita, 2016

• Evaluarea comparativă a costurilor

În analiza cost-beneficiu, au fost identificate costuri pentru echipamente moderne și pentru management organizațional, costuri de exploatare și întreținere a lanțului de producție, costuri pentru utilități; costuri de operare și mentenanță, costuri pentru personal. Costurile privind amplasamentul au fost considerate nule, deoarece s-a pornit de la ipoteza că se va utiliza un amplasament pe care se află amplasată o altă instalație. Costurile directe privind proiectul de implementare și funcționare a instalației de obținere a paleților din lemn și a paleților din carton ondulat sunt prezentate în tabelul 5.12. În fig. 5.25 sunt reprezentate rezultatele comparative ale costurilor actualizate pentru procesul de obținere a paleților din lemn și procesul de producție de obținere a paleților din carton ondulat. Se poate observa că, în cazul procesului de obținere a paleților din lemn, costurile sunt mai mari cu 13% față de costurile pentru obținerea paleților din carton ondulat. Aceste rezultate evidențiază faptul că materia primă necesară în cazul obținerii paleților din lemn este mai costisitoare, comparativ cu materia primă necesară pentru obținerea paleților din carton ondulat.

Tabelul 5.12. Costurile directe asociate instalației de obținere a a paleților din lemn și instalației de obținere a paleților din carton ondulat*

	<i>Tipul de cost**</i>	<i>Valoare costuri instalație de obținere a paleților din lemn (lei)</i>	<i>Valoare costuri instalație de obținere a paleților din carton ondulat (lei)</i>
Costuri directe	Costuri pentru amplasament	0	0
	Costuri pentru lucrări de construcții – montaj	1789567	1389241
	Costuri pentru exploatarea și întreținerea instalației	986347	873476
	Cheltuieli pentru personal	1297864	1294530
	Cheltuieli pentru utilități	897354	575000
	Cheltuieli pentru închiderea și monitorizarea instalației	52000	47500
Total costuri		5023132	4179747

*calcul conform recomandărilor din Ghinea, 2012; Comanita, 2016; **pe baza datelor contabile de la Rondocarton SRL

De asemenea, diferența de 13% relevă faptul că instalația de obținere a paleților din lemn necesită investiții mai mari pentru montajul, întreținerea și exploatarea instalației, decât în cazul instalației de obținere a paleților din carton ondulat.

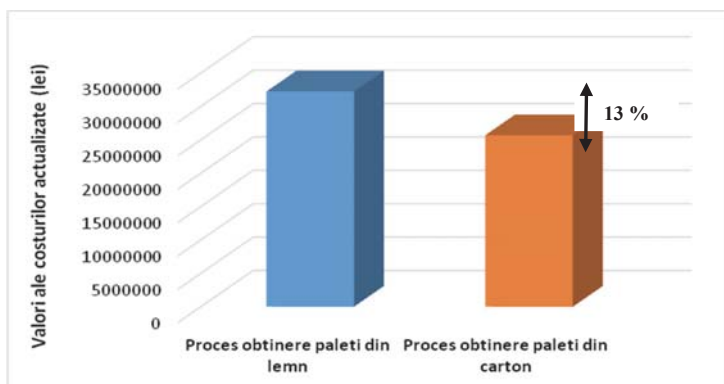


Fig. 5.25. Valori ale costurilor actualizate pentru implementarea instalației de obținere a paleților din lemn și a paleților din carton ondulat

- **Evaluarea comparativă a beneficiilor**

Atât în cazul procesului de obținere a paleților din lemn, cât și în cazul paleților din carton ondulat au fost identificate trei categorii de beneficii: economice, de mediu și sociale. Beneficiile directe au fost calculate ca fiind 5% din totalul costurilor. Valoarea actualizată netă a beneficiilor s-a determinat folosind rata de actualizare egală cu rata inflației și perioada de actualizare de 10 ani. Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 5.13.

- **Evaluarea comparativă a rapoartelor cost-beneficiu și beneficiu-cost**

În cazul procesului de obținere a paleților din lemn, valorile obținute pentru rapoartele C/B și B/C sunt:

$C/B = 32245609.23 / 13816548.4 = 2,33$ lei cheltuiți la 1 leu beneficiu

$B/C = 13816548.4 / 32245609.23 = 0,42$ lei beneficii la 1 leu cheltuit

Raportul cost-beneficiu este de **2,33** pentru proiectul de obținere a paleților din lemn iar raportul beneficiu-cost este **0,42** de unde rezultă că proiectul nu este viabil, iar implementarea acestuia necesită costuri mai mari decât beneficiile (fig. 5.26).

Tabelul 5.13. Valori estimate ale beneficiilor identificate pentru procesul de obținere a paleților din carton ondulat și a paleților din lemn*

<i>Nr.crt.</i>	<i>Tip beneficiu</i>	<i>Valoare (lei)</i>
1	Beneficii economice	208987
2	Beneficii sociale	1240553
3	Beneficii de mediu	813543
Total beneficii proces obținere a paleților din plăci de carton ondulat		2263083
<i>Nr. crt.</i>	<i>Tip beneficiu</i>	<i>Valoare (lei)</i>
1	Beneficii economice	986943
2	Beneficii sociale	799462
3	Beneficii de mediu	459823
Total beneficii pentru procesul de obținere a paleților din lemn		2246228

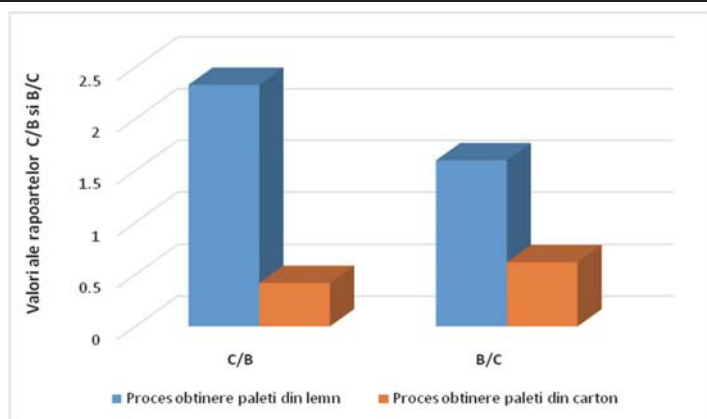


Fig. 5.26. Analiza rapoartelor cost-beneficiu (C/B) și beneficiu-cost (B/C) pentru implementarea instalației de obținere a paleților din lemn și a paleților din carton ondulat

Pentru procesul de obținere a paleților din carton ondulat valorile obținute pentru rapoartele C/B și B/C sunt:

C/B = 25687974/ 15987943= **1,6** lei cheltuiți la 1 leu beneficiu

B/C = 15987943/25687974= **0,62** lei beneficii la 1 leu cheltuit

Analiza comparativă a rapoartelor cost-beneficiu și beneficiu-cost pentru cele două procese a evidențiat valori mai mari ale raportului B/C în cazul procesului de obținere a paleților din carton ondulat.

- **Analiza de sensibilitate**

Valoarea negativă a ratei de rentabilitate conduce la concluzia că tehnologia de obținere a paleților din lemn nu este rentabilă din punct de vedere economic, deoarece beneficiile rezultate sunt mai mici decât cheltuielile necesare investiției. Conform aceluiași raționament, valoarea negativă a ratei de rentabilitate conduce la concluzia că tehnologia de obținere a paleților din carton ondulat este mai puțin rentabilă deoarece beneficiile rezultate sunt mai mici decât cheltuielile necesare investiției (fig. 5.27). Prin urmare investiția nu este rentabilă din punct de vedere economic deoarece prezintă un grad de sensibilitate scăzut în ceea ce privește variabilele cheie.

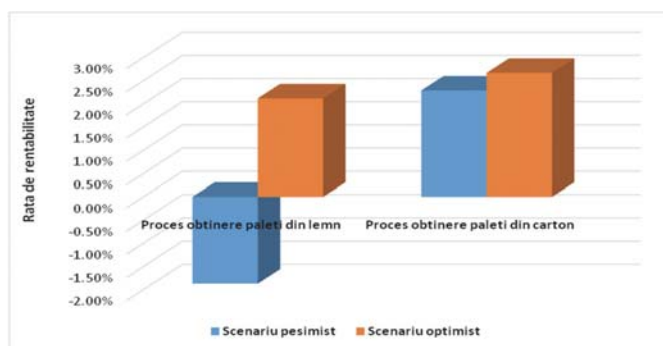


Fig. 5.27. Valori ale ratei de rentabilitate pentru procesele analizate

În fig. 5.28 sunt prezentate rezultatele analizei variației indicelui de sensibilitate pentru procesul de obținere a paleților din lemn și a paleților din carton ondulat. Se poate observa că în scenariul pesimist, variabila 2 evidențiază faptul că bugetul investiției crește în urma implementării proiectului, deoarece lemnul reprezintă o materie primă care se achiziționează la un preț ridicat, iar deșeurile rezultate din procesul de obținere a paleților din lemn nu pot fi valorificate decât într-un procent redus (8%).

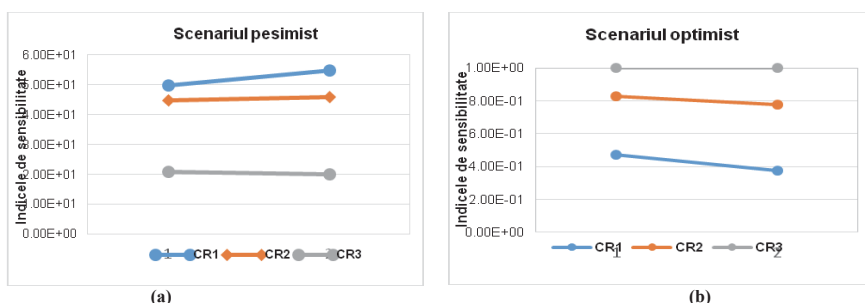


Fig. 5.28. Variația indicelui de sensibilitate pentru variabile cheie considerate în cadrul analizei de sensibilitate pentru procesul de obținere a paleților din lemn

CONCLUZII GENERALE

Teza de doctorat "*Eco-proiectarea și producția durabilă a unor componente și ansamble din materiale reciclabile*" este elaborată în contextul în care, la ora actuală este incontestabil faptul că omenirea consumă mai multe resurse naturale decât poate oferi planeta, iar rata de consum reprezintă o amenințare la adresa prosperității viitoare a omenirii.

În lucrare se remarcă faptul că una dintre cauzele acestei situații derivă din aceea că procesele de producție se caracterizează prin utilizarea de materii prime naturale în fabricația produselor destinate consumului, într-o dinamică operațională numită economie liniară, care tinde tot mai mult să contribuie la epuizarea continuă a resurselor naturale ale planetei, iar majoritatea deșeurilor generate ajung în depozite de deșeuri. De asemenea, se evidențiază ideea din literatura de specialitate și din documentele legislative europene că, spre deosebire de modelul liniar, economia circulară are în vedere dezvoltarea durabilă prin sporirea eficienței producției și valorificarea deșeurilor solide, contribuind astfel la preîntâmpinarea epuizării resurselor naturale ale planetei. Prin urmare, prin aplicarea conceptului de economie circulară deșeurile sunt transformate în materii prime, valoarea produselor și a materialelor este menținută cât mai mult timp posibil, generând beneficii economice, ecologice și sociale majore, depozitarea deșeurilor și utilizarea resurselor sunt minimizate.

Pornind de la realitatea că economia circulară este un model pentru o economie care funcționează în armonie cu mediul, în care materialele biologice sunt concepute astfel încât să se întoarcă în siguranță în ciclurile ecologice, iar materialele tehnice sunt proiectate să circule în mod continuu în sistemul economic, scopul final este de a decupla creșterea economică de consumul nerațional de resurse. Aceasta presupune că va fi posibilă o creștere economică continuă în contextul constrângerilor legate de resurse, evitând prejudiciile aduse mediului prin reducerea considerabilă a extracției materialelor virgine, eliminarea deșeurilor inutile și/sau toxice, economii substanțiale cu costurile materiilor prime și energiei.

Pentru a atinge aceste deziderate se are în vedere semnificația dezvoltării durabile pentru evoluția societății umane, care impune luarea în considerare a criteriilor de mediu încă din etapa de concepție și proiectare a oricărui portofoliu de produse, care să aibă un impact pozitiv asupra dezvoltării produselor durabile din punctul de vedere al mediului înconjurător. În acest sens, literatura de specialitate a demonstrat în nenumărate rânduri importanța eco-inovării și necesitatea integrării eco-proiectării în dezvoltarea de produse, pentru a ghida și încuraja proiectanții de produse (în sensul oricărui bun/produs, proces sau serviciu) să aplice principiile dezvoltării durabile și ale economiei circulare în concepție și proiectare, integrând, alături de considerentele tehnico-economice, performanțele în raport cu mediului înconjurător.

În contextul economiei circulare, în teza de doctorat se accentuează faptul că eco-proiectarea are în vedere asigurarea și menținerea valorii economice și de mediu a materialelor cât mai mult posibil, păstrându-le în sistemul economic, fie prin prelungirea ciclului de viață, ori prin multiplicarea ciclului de viață prin reluarea lor în sistem, în bucle de reciclare sau reutilizare, ceea ce reduce la minimum cantitatea de deșeuri eliberată în mediu, în depozitele de deșeuri. În acest cadru generos, studiile și cercetările din teza de doctorat s-au focalizat pe aplicarea principiilor eco-proiectării pentru valorificarea unor deșeuri din industria hârtiei, a cartonului și a ambalajelor din hârtie și carton. Pentru aceste categorii de hârtie și carton, în teza de doctorat se prezintă soluții de utilizare sustenabilă, prin aplicarea principiilor economiei circulare și a unor instrumente care să faciliteze punerea în practică a acestor principii, cum ar fi eco-inovarea și eco-proiectarea, pentru:

- produse de carton cu rezistență suficientă la compresiune ca alternativă la materialele tradiționale de construcție (beton și oțel), în domeniul construcțiilor și în arhitectură, precum și a potențialului de utilizare a cartonului recuperat, fără potențial papetar, ca material în realizarea unor ansamble pentru elemente de construcție (panouri pentru pereți, acoperișuri și podele), precum și dezvoltarea unor clădiri cu durată scurtă de viață sau temporare;

- produse și ansamble pentru ambalare din materiale reciclabile, similare europaleților.

În această perspectivă, teza de doctorat "Eco-proiectarea și producția durabilă a unor componente și ansamble din materiale reciclabile" are ca obiectiv fundamental implementarea principiilor eco-proiectării și producției durabile în contextul economiei circulare, cu scopul valorificării unor materiale reciclabile de hârtie și carton, fără potențial papetar, pentru realizarea unor produse, componente și ansamble, profitabile din punct de vedere economic și cu impact redus asupra mediului, pe întreg ciclul de viață al acestora.

Pentru îndeplinirea obiectivului fundamental au fost stabilite o serie de **obiective specifice**:

- analiza critică a datelor și informațiilor privind stadiul inițiativelor și realizărilor prin eco-inovare și eco-proiectare pentru conservarea resurselor în contextul economiei circulare;
- analiza stadiului și contextului în care se realizează reciclarea, reutilizarea și recuperarea deșeurilor ca resurse, în contextul economiei circulare, la nivel mondial, european și național;
- evaluarea capacității de valorificare a unor materiale reciclabile de hârtie și carton, în particular a celor fără potențial papetar, pentru realizarea unor produse, componente și ansamble și reducerii impactului asupra mediului pe întreg ciclului de viață al acestora;
- analiza posibilităților de utilizare a unor produse de carton cu rezistență suficientă la compresiune ca alternativă la materialele tradiționale de construcție (beton și oțel), în domeniul construcțiilor și în arhitectură, precum și a potențialului de utilizare a cartonului recuperat, fără potențial papetar, ca

material în realizarea unor ansamble pentru elemente de construcție (panouri pentru pereți, acoperișuri și podele), precum și dezvoltarea unor clădiri cu durată scurtă de viață sau temporare;

- aplicarea evaluării ciclului de viață și a costului ciclului de viață pentru estimarea impactului ecologic și economic al unei case rezidențiale care utilizează deșeuri de carton ondulat ca material de construcție;
- eco-proiectarea unor produse și ansamble pentru ambalare din materiale reciclabile și evaluarea impacturilor ecologice și economice ale acestora;
- analiza globală a rezultatelor, formularea de concluzii și recomandări pentru luarea deciziilor în vederea valorificării durabile a materialelor reciclabile de hârie și carton.

Teza de doctorat **"Eco-proiectarea și producția durabilă a unor componente și ansamble din materiale reciclabile"** este structurată în două părți cuprinzând 5 capitole care includ și bibliografia aferentă, urmate de concluzii finale și 5 anexe.

Prima parte a lucrării cuprinde 3 capitole, în care se analizează stadiul cercetărilor și realizărilor în asigurarea implementării principiilor economiei circulare în vederea conservării resurselor naturale prin aplicarea ierarhiei managementului deșeurilor, în special reciclarea, reutilizarea, recuperarea acestora ca materii prime secundare, precum și a instrumentelor specifice eco-inovării și eco-proiectării, pentru asigurarea circularității produselor, sustenabilitatea economică, socială și în raport cu mediul înconjurător.

În partea a 2-a a lucrării sunt prezentate studiile și cercetările originale elaborate în legătură cu analiza impacturilor generate în mediu de procesul de valorificare a unor produse de carton, de regulă fără potențial papetar, mai întâi ca alternativă la materialele tradiționale de construcție (beton și oțel), în domeniul construcțiilor și în arhitectură, pentru realizarea unor ansamble pentru elemente de construcție (panouri pentru pereți, acoperișuri și podele), precum și dezvoltarea unor clădiri cu durată scurtă de viață sau temporare, a căror impact economic și ecologic este evaluat comparativ cu o casă tradițională și una realizată din carton virgin (capitolul 4). În continuarea părții a doua a tezei (capitolul 5), studiile și cercetările originale se focalizează pe eco-proiectarea unor produse și ansamble din materiale reciclabile pentru ambalare, constând din diverse configurații și construcții de paleți de ambalare și transport al mărfurilor și evaluarea impacturilor ecologice și economice ale acestora. **Toate produsele prezentate sunt brevetate la nivel național sau/și european sau sunt în curs de brevetare.**

Rezultatele cercetărilor prezentate în partea de contribuții originale a tezei de doctorat, au pus în evidență următoarele aspecte importante:

Cercetările originale prezentate în capitolul 4, **"Impactul ecologic și economic al unei case rezidențiale care utilizează deșeuri de carton ca material de construcție"** au avut drept obiectiv examinarea măsurii în care deșeul de carton ondulat reciclabil este un material promițător pentru eco-proiectarea unei case durabile (CEP), atât din punctul de vedere al performanțelor de mediu cât și al celor economice, precum și al fezabilității utilizării lui în construcția unei case rezidențiale.

Datele din literatura de specialitate demonstrează că este posibil ca produse de carton cu o rezistență suficientă la compresiune să poată suporta sarcini structurale, oferind astfel o alternativă la utilizarea materialelor tradiționale de construcție (beton și oțel), în domeniul construcțiilor și în arhitectură. Există, de asemenea, potențialul de utilizare a cartonului ca material în realizarea unor ansamble ca elemente de construcție, cum ar fi panouri pentru pereți, acoperișuri și podele, precum și dezvoltarea unor clădiri cu durată scurtă de viață sau temporare. Totuși sunt puține studii care folosesc deșeurile de carton în aceste scopuri.

Analiza performanțelor de mediu și a celor economice ale casei CEP s-a realizat comparativ cu două alternative de referință, respectiv casă rezidențială convențională construită din beton și cărămidă (CR), precum și o casă construită din carton ondulat nereciclat (fibră virgină) așa numita "casă ambalaj" (Wikkellhouse) (CW) realizată de firma Fiction Factory (Olanda).

Pentru determinarea performanței de mediu a sistemelor clădirilor analizate a fost utilizată Evaluarea Ciclului de Viață (ECV), instrument bine structurat, standardizat și extensiv utilizat în acest scop cu precădere în Europa, mai ales după lansarea platformei europene privind ECV. Ca software

pentru acest instrument s-a utilizat Sima Pro dezvoltat de firma olandeză PRé, varianta 8.2.0.0. pentru care a fost obținută o licență de către Facultatea de Inginerie Chimică și Protecția Mediului din cadrul Universității Tehnice "Gheorghe Asachi" din Iași.

Unitatea funcțională a studiului a fost procurarea materialelor, construcția, utilizarea și eliminarea finală a unei case rezidențiale având **o perioadă de utilizare de 50 de ani**. ECV a fost orientată asupra tuturor celor patru etape ale ciclului de viață al unei clădiri: **producția, construcția, utilizarea și eliminarea finală**.

În afara limitelor sistemului analizat în etapa de producție, au fost efectuate investigații separate, utilizând ECV, asupra cantităților de energie necesare pentru producția unor materiale de construcție comune în țara noastră față de cartonul ondulat produs din fibră virgină (**CW**) sau deșeu reciclat (**CEP**). Unitatea funcțională aleasă pentru această comparație a fost **1 kg din materialul de construcție analizat**. Cercetările au arătat că materialul reprezentat de cartonul ondulat fibră virgină solicită unul dintre cele mai mari consumuri de energie împreună cu polistirenul extrudat sau cel expandat, ori lemnul utilizat în lambriuri. În schimb deșeul din carton ondulat reciclat (**DCO**) are consumul cel mai redus de energie, ceea ce înseamnă implicit și impactul cel mai redus asupra mediului.

O altă investigație efectuată în aceeași etapă a vizat comparația performanței din punct de vedere al protecției mediului a unor **materiale termoizolante**. Și aici cartonul ondulat fibră virgină și **DCO** au fost incluse în comparație, dar de data aceasta unitatea funcțională a fost aleasă mai selectiv pentru a putea compara între ele cantități de materiale care realizează aceeași performanță: **materialul care intră într-un panou de 1 m² (1 m lungime x 1 m lățime) și cu o grosime care să asigure o reducere a rezistenței termice în câmp cu o valoare de 1 m²K/W**. Rezultatele obținute au arătat că, dacă este realizat din fibră virgină, panoul de carton ondulat este cel mai poluant material termoizolant, iar pe de altă parte, panoul realizat din **DCO** obține cea mai bună performanță de mediu, fiind cel mai puțin poluant;

Comparațiile efectuate separat pentru **etapele de construcție și utilizare** arată că cele mai bune performanțe de mediu pentru fiecare dintre aceste etape sunt obținute de casa **CEP**, urmată de casa **CR**, iar cel mai mare impact asupra mediului îl induce casa cea mai ușoară, casa **CW**. Explicația constă în utilizarea unor materiale cu impact mare în mediu, cum este cartonul ondulat fibră virgină sau lemnul pentru lambriuri în etapa de construcție, pe de o parte și performanța energetică mai slabă, ceea ce impune o cantitate mai mare de energie consumată în etapa de utilizare. Numai în **etapa finală a ciclului de viață** casa **CW** obține cea mai bună performanță de mediu, urmată de casa **CEP** și apoi casa **CR**.

Analiza pe întreg ciclul de viață arată aceeași ordine a performanței de mediu, începând cu casa **CEP**, cu impactul cel mai mic, urmată de casa **CR** și, pe ultimul loc casa **CW**;

Analiza costului ciclului de viață arată surprinzător iarăși cele mai mari costuri pentru casa **CW**, urmată de casa **CR**, iar costurile cele mai mici le solicită casa **CEP**. Din nou contează costurile mai mari pentru consumul de energie din etapa de utilizare, dar nici costurile din etapa de construcție, așa cum sunt ele oferite de firma olandeză constructoare, nu sunt modeste. Trebuie menționat că în această comparație casa **CW** nu a fost defavorizată. Dimpotrivă, am luat în considerare în comparația performanțelor termoeconomice pentru această casă un coeficient de conductivitate termică $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$ mult mai bun decât cel luat în calcul pentru **DCO**, $\lambda = 0,05 \text{ W/(mK)}$;

Investigațiile efectuate arată că performanțele, atât din punctul de vedere al protecției mediului cât și cele economice **recomandă utilizarea deșeului de carton ondulat reciclat ca material de construcție cu performanțe bune în termoizolare**. În această postură pot fi realizate panouri din carton ondulat vechi, nepapetar, fără utilizarea unor adezivi prin includerea lor între elementele structurii portante, de exemplu din lemn. În prezentul studiu nu s-a studiat utilizarea acestui material în elementele structurale ale clădirilor, atunci când rezistența cartonului ondulat este îmbunătățită prin utilizarea unor adezivi sau îmbibarea în beton a cartonului ondulat cu structura în fagure (precum betonul fagure Ecocell®), astfel de cercetări putând face obiectul unor studii viitoare.

Cercetările originale prezentate în capitolul 5, ***"Eco-proiectarea unor produse și ansamble din materiale reciclabile"*** se materializează diverse configurații și construcții eco-proiectate de paleți de ambalare și transport al mărfurilor, astfel încât:

- (i) să se asigure posibilitatea de utilizarea a unor resurse reciclabile ca materii prime;
- (ii) să se asigure reciclabilitatea produselor;
- (iii) să se asigure costuri reduse de fabricație, asamblare și dezasamblare foarte ușoară, costuri reduse de depozitare și transport;
- (iv) să se genereze o buclă închisă care să permită o recuperare și reutilizare mai eficientă a produselor eco-proiectate, precum și o mai bună gestionare la sfârșitul duratei de viață.

Pe piață există paleți fabricați din carton, dar dezavantajul acestora constă în construcția complicată și asamblarea dificilă și fiabilitatea scăzută, cu consecințe nefavorabile asupra ciclului de viață. Noii paleți au fost proiectați și confecționați aplicând principiile eco-proiectării pentru a găsi soluții tehnice prin care să se obțină structuri rezistente, durabile la un preț competitiv. În acest sens, s-au identificat cele mai bune strategii pentru regândirea produselor existente cu arhitectură convențională. De asemenea, s-au dezvoltat arhitecturi originale, care aplică strategii operaționale pentru extinderea ciclului de viață al cartonului și a deșeurilor rezultate la fabricarea cartonului și care asigură reciclabilitatea paleților.

Produsele eco-proiectate au constat din mai multe variante de paleți din carton ondulat:

- palet asamblabil și dezasamblabil (varianta 1) cu geometrie fixă (clasic);
- palet asamblabil și dezasamblabil (varianta 2) cu geometrie variabilă, destinat pentru manipularea mai ușoară cu o mare gamă de mijloace mecanice;
- palet asamblabil și dezasamblabil (varianta 3) cu geometrie fixă și tuburi de susținere;
- europalet asamblabil și dezasamblabil, cu geometrie fixă sau variabilă.

Toate produsele prezentate sunt brevetate la nivel național sau/și european sau sunt în curs de brevetare. Paleții din carton ondulat au aceeași rezistență ca și paleții din lemn, iar transportul se poate face pe părți componente, ambalate individual, care ocupă un volum mai mic. Din punctul de vedere al dimensiunilor, acești paleți se pot realiza la dimensiunile standardizate ale europaletelor sau se pot adapta în momentul încărcării cu marfă în funcție de necesități, având geometrie variabilă. Paleții prezentați își analizați în tez de doctorat constituie obiectul unor brevete de invenție.

Evaluarea impacturilor de mediu a paleților fabricați din diverse materiale (lemn, plastic, metal și carton ondulat) s-a efectuat cu ajutorul metodei CML, aplicând mediul software GaBi. Au fost evaluate următoarele categorii de impact: potențialul de epuizare a resurselor abiotice, potențialul de încălzire globală, potențialul de acidifiere, potențialul de eutrofizare și potențialul de toxicitate umană. Paleții din carton prezintă impactul de mediu cel mai scăzut deoarece sunt fabricați din hârtie reciclată, sunt 100% reciclabili și sunt complet biodegradabili.

Pentru produsele eco-proiectate s-a realizat o analiză cost-beneficiu care să evidențieze impactul tehnico-economic pozitiv al aplicării principiilor eco-proiectării pentru închiderea buclei de producție prin valorificarea deșeurilor generate în procesul de producție a cartonului ondulat și a ambalajelor din carton ondulat. Analiza cost-beneficiu comparativă la fabricarea paleților din lemn și a celor din carton ondulat a arătat că, în cazul procesului de obținere a paleților din lemn, costurile sunt mai mari cu 13% față de costurile fabricării paleților din carton ondulat. Efecte favorabile sunt și utilizarea paleților din carton și se referă la diminuarea taxei de mediu cu circa 3 euro/palet, comparativ cu paletul din lemn. Efectele economice cumulate determină un impact economic pozitiv pentru agentul economic de cca. 700000 euro/an, raportat la o producție 100000 de paleți din carton.

În acest context alegerea temei de cercetare care constituie subiectul tezei de doctorat intitulată *"Eco-proiectarea și producția durabilă a unor componente și ansamble din materiale reciclabile"* și obiectivele propuse sunt pe deplin justificate, iar elemente de originalitate ale tezei de doctorat se referă la următoarele aspecte:

- se aduc contribuții substanțiale, într-un context inter- multi- și transdisciplinar, în domeniul evaluării sustenabilității unor proceselor de valorificare a unor deșeuri resursă de materii prime, prin eco-proiectare, în contextul economiei circulare;

- se elaborează o analiză complexă a sustenabilității și oportunității dezvoltării unui sistem circular de producție și afaceri prin reutilizarea unor materiale reciclabile de hârtie, carton și alte deșeuri reciclabile ca materii prime pentru producerea unor componente și ansamble destinate construcției unor case ecologice eco-eficiente, a unor produse de ambalare, cu un ciclu de viață extins, aplicând principiile eco-inovării, eco-proiectării și producției durabile;

- viabilitatea acestor cercetări originale și a produselor propuse prin eco-proiectare se argumentează prin evidențierea performanțelor economice și de mediu ale acestora și compararea cu variantele convenționale, pe baza unui suport științific construit prin aplicarea unor instrumente de evaluare dedicate și consacrate (ECV, ACB).

- teza de doctorat este primul studiu din România și printre puținele din literatura de specialitate care pune la dispoziția specialiștilor, a părților interesate instrumente pentru luarea deciziilor în utilizarea durabilă a deșeurilor ca resurse materiale, prin aplicarea și demonstrarea principiilor eco-proiectării pentru o economie circulară.

Bibliografie selectivă

- Addis B., (2006), *Building with Reclaimed Components and Materials*, Routledge, London.
- Anon, (2014), Shigeru Ban Architects e Paper Tube Structures, On line la: <http://www.shigerubanarchitects.com/works.html#paper-tube-structure>
- Asdrubali F., Pisello A.L., D'Alessandro F., Bianchi F., Cornicchia M., Fabiani C., (2015a), Innovative cardboard based panels with recycled materials from the packaging industry: thermal and acoustic performance analysis, *Energy Procedia*, **78**, 321-326.
- Ayan O., (2009), *Cardboard in architectural technology and structural engineering: a conceptual approach to cardboard buildings in architecture*, PhD Thesis, ETH Zürich, Switzerland.
- Bank L.C., Gerhardt T.D., (2016), *Paperboard Tubes in Structural and Construction Engineering*, În: *Nonconventional and Vernacular Construction Materials. Characterization, Properties and Applications*, Harries K.A., Sharma B. (Eds.), Elsevier, Amsterdam, 453-477.
- Battista G., Evangelisti L., Guattari C., Basilicata C., de Lieto Vollaro R., (2014), Buildings energy efficiency: interventions analysis under a smart cities approach, *Sustainability*, **6**, 4694-4705.
- Baumesiter R., Beaulieu G., (2009), Pallets trends 09, Markets and attributes trends, On line la: http://www.valuetowood.ca/imports/pdf/en/market_profiles/2009/Palette-Trends2009.pdf
- Bengtsson J., Logie J., (2015), Life cycle assessment of one-way and pooled pallet alternatives, *Procedia CIRP*, **29**, 414-419.
- Benyus J.M., (2002), *Biomimicry: Innovation inspired by Nature*, HarperCollins, New York.
- Björklund A., Finnveden G., (2005), Recycling revisited - life cycle comparisons of global warming impact and total energy use of waste management strategies, *Resources, Conservation and Recycling*, **44**, 309-317.
- Bovea M.D., Pérez-Belis V., (2012), A taxonomy of ecodesign tools for integrating environmental requirements into the product design process, *Journal of Cleaner Production*, **20**, 61-71.
- Braungart M., McDonough W., (2000), A world of abundance, *Interfaces*, **30**, 55-65.
- Brones F., Carvalho M.M., Zancul E.S., (2014), Ecodesign in project management: a missing link for the integration of sustainability in product development?, *Journal of Cleaner Production*, **80**, 106-118.
- Bundgaard A.M., (2016), *Ecodesign for a circular economy*, Teză de doctorat, Universitatea Aalborg, Danemarca.
- Câmpean T., (2015a), Palet asamblabil și dezasamblabil**, Cerere de brevet de invenție, nr. a 2015 00387, *Buletinul Oficial de Proprietate Industrială*, Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci, București, publicată la 27.11.2015.
- Câmpean T., (2015b), Palet, europalet din hârtie sau mase plastice asamblabil și dezasamblabil**, Cerere de brevet de invenție, nr. a 2015 00128, *Buletinul Oficial de Proprietate Industrială*, Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci, București, publicată la 27.11.2015.
- Câmpean T., (2017), Palet asamblabil și dezasamblabil**, Cerere de brevet de invenție, nr. a 2015 00668, *Buletinul Oficial de Proprietate Industrială*, Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci, București, publicată la 30.03.2017.
- Câmpean T., (2018), Palet asamblabil și dezasamblabil**, Cerere de brevet de invenție, nr. a 2016 00509, *Buletinul Oficial de Proprietate Industrială*, Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci, București, publicată la 30.01.2018.
- Chertow M.R., (2000), Industrial symbiosis: Literature and taxonomy, *Annual Review of Energy and the Environment*, **25**, 313-337.
- CNE, (2014), Packaging and Circular Economy: A case study of the circular economy model, Conseil National de l'Emballage, Paris, France, On line la: <http://www.conseil-emballage.org>
- COM 398, (2014), Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe, European Commission, Brussels, On line: <https://eur->

- lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:50edd1fd-01ec-11e4-831f-01aa75ed71a1.0001.01/DOC_1&format=PDF.
- Comăniță E.-D., (2016), *Instrumente pentru luarea deciziilor în utilizarea durabilă a deșeurilor ca resurse materiale și energetice*, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași.
- Cripps A., (2002), Cardboard as a construction material: a case study, *Building Research & Information*, **32**, 207-219.
- Dugger E., (2009), *Massachusetts & Western Connecticut Adventure Guide*, Hunter Publishing, Nashville, USA.
- EC Directive 31, (2010), Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings, *Official Journal of the European Union*, **L153**, 13-35.
- EDGE, (2017), Pallet Life Cycle Assessment and Benchmark, Report for Range International, Edge Environment Pty Ltd., East Sydney, Australia, On line la: <https://www.re-pal.com/wp-content/uploads/Edge-Environment-Pallet-Life-Cycle-Assessment-and-Benchmark-Report.pdf>
- Eekhout M., Verheijen F., Visser R. (Eds.), (2008), *Cardboard in Architecture*, IOS Press Amsterdam.
- Ellen MacArthur Foundation, (2012), Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition, Report vol. 1: On line la: <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/business/reports/ce2012>
- FEFCO, (2017), FEFCO touts cardboard's circular step. European organization says bard packaging is ahead of circular economy goals, *Recycling Today*, Global Edition, On line la: www.recyclingtodayglobal.com/article/feeco-ds-smith-recycling-occ-conversation/.
- Foss W.R., Bronkhorst C.A., Bennet K.A., (2003), Simultaneous heat and mass transport in paper sheets during moisture sorption from humid air, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, **46**, 2875-2886.
- Gavrilescu M., **Campean T.**, Gavrilescu D.-A., (2018), *Extending Production Waste Life Cycle and Energy Saving by Eco-Innovation and Eco-Design: The Case of Packaging Manufacturing*, In: *Nearly Zero Energy Communities. Proceedings of the Conference for Sustainable Energy (CSE) 2017*, Visa I., Duta A., (Eds.), Springer International Publishing, 611-631.
- Gavrilescu D., Toth S., (2001), *Cartonul ondulat*, Editura Gloria, Cluj-Napoca, Romania
- Ghinea C., (2012), Waste management models and their application to sustainable management of recyclable waste, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, Romania.
- Ghinea C., Petraru M., Bressers H. Th. A., Gavrilescu M., (2012), Environmental evaluation of waste management scenarios – Significance of the boundaries, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, **20**, 76–85.
- Gonthier-Gignac F., Jensen M.V., (2007), Environmental impact of passive houses. A comparative analysis of life cycle estimated costs and environmental impacts of two different approaches to 'Passive House' construction, Aalborg University, Denmark, 2007, On line la: <http://www.strawworks.co.uk/wp-content/uploads/2014/11/passivhouseimpact.pdf>
- Greyson J., (2007), An economic instrument for zero waste, economic growth and sustainability, *Journal of Cleaner Production*, **15**, 1382–1390.
- Hill J., (2014), The Materials of Shigeru Ban, On line la: <https://www.world-architects.com/en/pages/insight/materials-shigeru-ban>
- Hojer M., Ahlroth S., Dreborg K.-H., Ekvall T., Finnveden G., Hjelm O., Hochschorner E., Nilsson M., Palm V., (2008), Scenarios in selected tools for environmental systems analysis, *Journal of Cleaner Production*, **16**, 1958-1970.
- Hoornweg D., Bhada-Tata P., (2012), What a Waste - A Global Review of Solid Waste Management, Urban Development & Local Government Unit, World Bank, Washington DC, On line la: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388>.
- ILCD, (2010), Analysis of Existing Environmental Impact Assessment Methodologies for use in Life Cycle Assessment, ILCD Handbook, International Reference Life Cycle Data System, European Commission, Joint Research Center Institute for Environment and Sustainability, Ispra, Italy.

- ISO EN 15978, (2011), Sustainability of construction works. Assessment of environmental performance of buildings. Calculation method, On line la: <https://shop.bsigroup.com/ProductDetail/?pid=000000000030256638>.
- ISO 6780, (2003), Flat pallets for intercontinental materials handling - Principal dimensions and tolerances, International Organization for Standardization, On line la: <https://www.iso.org/standard/30524.html>
- Ji P., Ma X., Li G., (2015), Developing green purchasing relationships for the manufacturing industry: an evolutionary game theory perspective, *International Journal of Production Economics*, **166**, 155-162.
- Lancaster M., (2002), *Principles of Sustainable and Green Chemistry*, In: *Handbook of Green Chemistry and Technology*, Clark J. și Macquarrie D. (Eds.), Blackwell, Oxford, 10-27.
- Latka J.F., (2017), *Paper in architecture. Research by design, engineering and prototyping*, PhD Thesis, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.
- Leblanc R., (2016), Pallet Statistics: Pallet Sizes Becoming More Standardized in the U.S. Market, On line la: <https://packagingrevolution.net/the-2-billion-pallet-man/>
- Lombrano A., (2009), Cost efficiency in the management of solid urban waste, *Resources, Conservation and Recycling*, **53**, 601-611.
- Lyons A., (2014), *Materials for Architects and Builders*, Routledge, Londra-New York.
- Maris E., Froelich D., Aoussat A., Naffrechoux E., (2014), *From Recycling to Eco-design*, In: *Handbook of Recycling*, Worrell E., Reuter M.A. (Eds.), Elsevier, 421-427.
- Mathews J.A., Tan H., (2011), Progress towards a circular economy in China: The drivers (and inhibitors) of eco-industrial initiative, *Journal of Industrial Ecology*, **15**, 435-457.
- McDonough W., Braungart M., (2008), The next Industrial Revolution, *The Atlantic*, On line la: <https://www.theatlantic.com/magazine/archive/1998/10/the-next-industrial-revolution/304695/>
- McNeil P., (1992), Myths of modernism: Japanese architecture, interior design and the west, c. 1920-1940, *Journal of Design History*, **5**, 281-294.
- Meynent C., (2008), Shigeru Ban - cardboard and paper, On line la: <https://rmitallchange.weebly.com/cardboard-and-paper-construction.html>
- Milios L., (2018), Advancing to a Circular Economy: three essential ingredients for a comprehensive policy mix, *Sustainability Science*, **13**, 861-878.
- Murray A., Skene K., Haynes K., (2015), The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context, *Journal of Business Ethics*, **140**, 369-380.
- Noel L., McCormack R., (2014), A cost benefit analysis of a V2G-capable electric school bus compared to a traditional diesel school bus, *Applied Energy*, **126**, 246-265.
- Ordinul 2513, (2010), Ordinul nr. 2513/2010 pentru modificarea Reglementării tehnice Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor, indicativ C 107-2005, aprobată prin Ordinul ministrului transporturilor, construcțiilor și turismului nr. 2.055/2005, *Monitorul Oficial al României*, nr. 820 din 8 decembrie 2010.
- Packaging Europe, (2019), Paper and cardboard recycling reach record high across Europe, On line la: <https://packagingeurope.com/paper-and-cardboard-recycling-have-reached-record-high-across/>
- Paolella A., Quattrone G., (2007), Addressing cultural, social, environmental sustainability in architecture: The approach of five contemporary Australian architects, *Design Principles and Practices: An International Journal*, **1**, 39-51.
- Papadopoulos A.M., (2005), State of the art in thermal insulation materials and aims for future developments, *Energy and Buildings*, **37**, 77-86.
- Pargana N., Duarte Pinheiro M., Dinis Silvestre J., de Brito , (2014), Comparative environmental life cycle assessment of thermal insulation materials of buildings, *Energy and Buildings*, **82**, 466-481.
- Pearce D.W., Turner R.K., (1990), *Economics of Natural Resources and the Environment*, John Hopkins University Press, Baltimore, USA.
- PE International, (2009), *Handbook for Life Cycle Assessment (LCA) Using the GaBi Education Software Package*, Germany.
- PE International, (2012a), *GaBi Handbook and GaBi Modelling Principles*, On line la: www.gabi-software.com.

- PE International (2012b), Gabi Professional Databases, On line la: <http://www.pe-international.com/nw-eu-english/index/>.
- Pigosso D.C., Zanette E.T., Guelere Filho A., Ometto A.R. Rozenfeld H., (2010), Ecodesign methods focused on remanufacturing, *Journal of Cleaner Production*, **18**, 21-31.
- Pigosso D.C.A., Sousa S.R., (2011), Life Cycle Assessment (LCA): *Discussion on Fullscale and Simplified Assessments to Support the Product Development Process*, In: *3rd International Workshop Advances in Cleaner Production*, Sao paulo, Brazil, On line la: http://orbit.dtu.dk/files/58225041/Pigosso_DCA_Paper_5A6.pdf
- Pinheiro M.A.P., Jugend D., Dematte Filho L.C, Armellini F., (2018), Framework proposal for ecodesign integration on product portfolio management, *Journal of Cleaner Production*, **185**, 176-186.
- Reuters, (2014), Japanese architect Shigeru Ban awarded 2014 Pritzker prize, On line la: <https://www.reuters.com/article/us-usa-architecture-pritzker/japanese-architect-shigeru-ban-awarded-2014-pritzker-prize-idUSBREA2N1VA20140324>
- Robert K.-H., (1991), The physician and the environment, *Reviews in Oncology. European Organisation for Research and Treatment of Cancer*, **4**, 1-3.
- Rossi M., Germani M., Zamagni A., (2016), Review of ecodesign methods and tools. Barriers and strategies for an effective implementation in industrial companies, *Journal of Cleaner Production*, **129**, 361-373.
- Russ A., Schwartz J., Bohacek S., Lubke H., Ihnat V., Pazitny A., (2013), Reuse of old corrugated cardboard in constructional and thermal insulating boards, *Wood Science*, **58**, 505-510.
- Schonwalder J., (2016), Cardboard as building material, Tentech BV - Engineering Consultancy of Lightweight structures Utrecht, Faculty of Architecture T.U. Delft, On line la: <http://www.kcpk.nl/algemeen/bijeenkomsten/presentaties/20160202-9-julia-schonwalder>.
- Secchi S., Asdrubali F., Cellai G., Nannipieri E., Rotili A., Vannucchi I., (2016), Experimental and environmental analysis of new sound-absorbing and insulating elements in recycled cardboard, *Journal of Building Engineering*, **5**, 1-12.
- Sihvonen S., Partanen J., (2016), Implementing environmental considerations within product development practices: a survey on employees' perspectives, *Journal of Cleaner Production*, **125**, 189-203.
- Shi J., Lu L., Guo W., Cao Y., (2013), Heat insulation performances, mechanics and hydrophobic modification of cellulose-Si-O₂ composite aerogels, *Carbohydrate Polymers*, **98**, 282-289.
- Smith A.D., Offodile O.F., (2016), Green and sustainability corporate initiatives: a case study of goods and services design, *International Journal of Process Management and Benchmarking*, **6**, 273-299.
- Stahel W.R., Reday-Mulvey G., (1976), *Jobs for Tomorrow: The potential for Substituting Manpower for Energy*, Vantage Press, New York.
- Twede D., Selke S.E.M., Kamdem D.-P., Shires D., (2015), *Cartons, Crates and Corrugated Board*, Second Edition, DEStech Publications, Lancaster, USA.
- Verghese K., Lewis H., (2007), Environmental innovation in industrial packaging: a supply chain approach, *International Journal of Production Research*, **45**, 4381-4401.
- Villanueva A., Wenzel H., (2007), Paper waste – recycling, incineration or landfilling? A review of existing life cycle assessments, *Waste Management*, **27**, 29-46.
- Walker R., Pavia S., (2015), Thermal performance of a selection of insulation materials suitable for historic buildings, *Building and Environment*, **94**, 155-165.
- Witjes S., Lozano R., (2016), Towards a more Circular Economy: proposing a framework linking sustainable public procurement and sustainable business models, *Resource Conservation and Recycling*, **112**, 37-44.
- Wyler C.S., Darst D., Moseman R.L., (1999), Reinforced plastic pallets and methods of fabrication, US Patent 5868080.
- Yang S., Feng N., (2008), A case study of industrial symbiosis: Nanning Sugar Co., Ltd. in China, *Resources, Conservation and Recycling*, **52**, 813-820.

Lista contribuțiilor științifice

PUBLICAȚII – CĂRȚI/CAPITOLE DE CĂRȚI, ARTICOLE ȘTIINȚIFICE

A. Cărți/capitole de cărți

1. Maria Gavrilescu, **Teofil Câmpean**, Dan-Alexandru Gavrilescu, *Extending Production Waste Life Cycle and Energy Saving by Eco-Innovation and Eco-Design: the Case of Packaging Manufacturing*, In: *Nearly Zero Energy Community*, Visa I., Duta A., (Eds.), Springer International Publishing, 611-631, DOI https://doi.org/10.1007/978-3-319-63215-5_42.
2. Maria Gavrilescu (Coordonator), Igor Crețescu, Raluca-Maria Hlihor, Teodor Măluțan, Cristina Ghinea, Adrian Cătălin Puițel, Isabela-Maria Simion, Camelia Smaranda, Diana-Elena Comăniță, Petronela Cozma, Mihaela Roșca, **Teofil Câmpean**, *Strategii și soluții pentru eco-inovarea și eco-proiectarea unor procese și produse din materiale reciclabile în contextul economiei circulare. Ghid de bune practici*, Editura Politehnnium, Iasi, 2018, ISBN 978-973-621-481-3
3. Dan Gavrilescu, Adrian Cătălin Puițel, **Teofil Câmpean**, Florin Grad, *Amidonul: aplicații la fabricarea hârtiei și cartonului ondulat*, Editura Performantica, Iasi, 2014, 180 p. ISBN 978-606-685-203-6
4. Dan Gavrilescu, **Teofil Câmpean**, Florin Grad, *Încercările cartonului ondulat. Abordări fundamentale și aplicații*, Editura Performantica, Iasi, 2015, 167 p. ISBN 978-606-685-267-8

B. Article publicate în jurnale cu factor de impact incluse în Web of Science (ISI)

1. Adrian Catalin Puitel, **Teofil Câmpean**, Florin Grad, Dan Gavrilescu, (2014), Sustainable use of recovered paper in the romanian paper industry. Part II - Environmental impact, *Environmental Engineering and Management Journal*, **13**, 1909-1915 (IF 1.098)
2. Cristina Ghinea, Elena Niculina Dragoi, Elena-Diana Comăniță, Marius Gavrilescu, **Teofil Câmpean**, Silvia Curteanu, Maria Gavrilescu, (2016), Forecasting municipal solid waste generation using prognostic tools and regression analysis, *Journal of Environmental Management*, **182**, 80-93. (IF 4.865)
3. Cristina Ghinea, **Teofil Câmpean**, Maria Gavrilescu, (2017), Integrating sustainability indicators for tracking anthropogenic pressure on the earth – the footprint family, *Environmental Engineering and Management Journal*, **16**, 935-948. (IF 1.098)
4. **Teofil Câmpean**, Florin Grad, Ciprian Gradinariu, Corina Patrascu, Maria Gavrilescu, Dan-Alexandru Gavrilescu, (2017), Eco-friendly corrugated board and sustainable packaging manufacturing, *Environmental Engineering and Management Journal*, **16**, 705-714. (IF 1.098)
5. Petronela Cozma, Camelia Smaranda, Diana Comanita, **Teofil Câmpean**, Maria Gavrilescu, Knowledge transfer in university – industry research collaboration for extending life cycle of materials, *Knowledge Management Research & Practice*, 2019, acceptată pentru publicare (IF 1.485)

C. Articole publicate în volume ISI Proceeding

1. Elena-Diana Comăniță, Isabela Maria Simion, Petronela Cozma, Raluca Maria Hlihor, **Teofil Câmpean**, Maria Gavrilescu, (2017), Application of cost-benefit analysis for an eco-product manufactured from production waste, *International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering (IPCBE)*, 28-35.

D. Articole publicate în reviste incluse în baze de date (BDI)

1. Dan Gavrilescu, Adrian Cătălin Puițel, **Teofil Câmpean**, Florin Grad, (2014), Starch in paper industry. Applicative properties, *Celuloză și Hârtie*, **63**, 5-13.
2. Constantin Chiriac, Dan Gavrilescu, **Teofil Câmpean**, Florin Grad, (2014), Cartonul ondulat - tendințe și provocări, *Celuloză și Hârtie*, **63**, 23-31.
3. Dan Gavrilescu, **Teofil Câmpean**, Florin Grad, (2016), On short-span compressive strength of paper and its importance, *Celuloză și Hârtie*, **65**, 7-13.
4. Dan Gavrilescu, **Teofil Câmpean**, Florin Grad, Ciprian Grădinariu, (2016), Defectele cartonului ondulat. Curbarea, *Celuloză și Hârtie*, **65**, 3-9.

CONFERINȚE, PREZENTĂRI ORALE ȘI POSTERE DE LA MANIFESTĂRI ȘTIINȚIFICE NAȚIONALE ȘI INTERNAȚIONALE

A. Prezentări orale

1. **Petronela Cozma**, **Teofil Câmpean**, Ariadna Negruț, Mihaela Rosca, Isabela Maria Simion, Elena-Diana Comanita, Simona Cecilia Ghiga, Camelia Smaranda, Raluca Maria Hlihor Maria Gavrilescu *Indicators for knowledge transfer from university to industry for life cycle extending in the context of circular economy*, 9th International Conference on Environmental Engineering and Management, Circular Economy and Environmental Sustainability, Bologna, Italia 6 – 9 septembrie 2017.
2. **Isabela Maria Simion**, Elena-Diana Comanita, Petronela Cozma, Cristina Ghinea, **Teofil Câmpean**, Raluca Maria Hlihor, Mihaela Rosca, Simona Cecilia Ghiga, Camelia Smaranda, Maria Gavrilescu, *Life cycle analysis of processes and products manufactured from production waste based on eco-innovation and eco-design principles*, 9th International Conference on Environmental Engineering and Management, Circular Economy and Environmental Sustainability, Bologna, Italia 6 – 9 septembrie 2017.
3. **Teofil Câmpean**, Dan-Alexandru Gavrilescu, **Maria Gavrilescu**, *Extending production waste life cycle and energy saving by eco-innovation and eco-design: The case of packaging manufacturing*, Conference on Sustainable Energy, CSE 2017, 19-21 octombrie 2017, Brașov, România.
4. Petronela Cozma, **Teofil Câmpean**, Mihaela Rosca, Isabela Maria Simion, Diana-Elena Comanita, Camelia Smaranda, Raluca Maria Hlihor, Maria Gavrilescu, *Transferul de cunoaștere -instrument durabil pentru întărirea legăturilor dintre universitate și industrie*, Academy of Romanian Scientists - Autumn Scientific Session, Scientific Research in Support of Sustainable Development, Timisoara, România, 12-14 octombrie 2017.
5. Dan Gavrilescu, **Teofil Câmpean**, Florin Grad, (2013), *Corrugated Board - Trends and Challenges*, Conference, Proceedings, p. 9, The 7th International Symposium on "Advanced Technologies for the Pulp, Paper and Corrugated Board Industry" September 3-6, Brăila-Romania.
6. Dan Gavrilescu, **Teofil Câmpean**, Florin Grad, (2013), Factors affecting stacking strength of corrugated board boxes, Proceedings, p. 15, The 7th International Symposium on "Advanced Technologies for the Pulp, Paper and Corrugated Board Industry" September 3-6, Brăila-Romania.

B. Postere

1. **Teofil Câmpean**, Elena-Diana Comăniță, Isabela Maria Simion, Petronela Cozma, Camelia Smaranda, Cristina Ghinea, Maria Gavrilescu, *Reduction of recyclable waste by promoting product ecodesign*, A 3-a Conferința internațională de Inginerie Chimică, Materiale și Procese Inovative – ICCE2016, Iasi, 9-11

noiembrie 2016.

2. **Elena-Diana Comăniță**, Isabela Maria Simion, Petronela Cozma, Raluca Maria Hlihor, **Teofil Câmpean**, Maria Gavrilăscu, *Evaluation of environmental impacts for an eco-product manufactured by reusing production waste*, 7th International Congress of Energy and Environment Engineering and Management (CIIEM7), Insulele Canare, Spania, 17- 19 iulie 2017.

3. **Elena-Diana Comăniță**, Isabela Maria Simion, Petronela Cozma, Raluca Maria Hlihor, **Teofil Câmpean**, Maria Gavrilăscu, *Eco-efficiency evaluation of alternatives for recycling and reuse of production waste by multi-criteria decision analysis*, 7th International Congress of Energy and Environment Engineering and Management (CIIEM7), Insulele Canare, Spania, 17- 19 iulie 2017.

4. **Teofil Câmpean**, Raluca-Maria Hlihor, Isabela Maria Simion, Elena-Diana Comanita, Petronela Cozma, Camelia Smaranda, Mihaela Rosca, Dan-Alexandru Gavrilăscu, Cristina Ghinea, Maria Gavrilăscu, *Challenges of circular economy: eco-innovation and eco-design in manufacturing sector*, 9th International Conference on Environmental Engineering and Management, Circular Economy and Environmental Sustainability, Bologna, Italia, 6 – 9 septembrie 2017.

5. **Igor Cretescu**, **Teofil Câmpean**, Teodor Constantin Nechita, Adrian Catalin Puitel, Teodor Malutan, Dan-Alexandru Gavrilăscu, Camelia Smaranda, Petronela Cozma, Maria Gavrilăscu, *Dimensional and quantitative analysis of production wastes from packaging industry for their revaluation. The case study of a Romanian manufacturer*, 9th International Conference on Environmental Engineering and Management, Circular Economy and Environmental Sustainability, Bologna, Italia, 6 – 9 septembrie 2017.

6. **Camelia Smaranda**, **Teofil Câmpean**, Cristina Ghinea, Petronela Cozma, Teodor Malutan, Igor Cretescu, Adrian Catalin Puitel, Elena-Diana Comanita, Isabela Maria Simion, Raluca-Maria Hlihor, Dan-Alexandru Gavrilăscu, *Sustainable development appraisal for industrial systems toward circular economy: case study of corrugated board and packaging manufacturing*, 9th International Conference on Environmental Engineering and Management, Circular Economy and Environmental Sustainability, Bologna, Italia, 6 – 9 septembrie 2017.

7. **Elena-Diana Comăniță**, Isabela Maria Simion, Petronela Cozma, Raluca Maria Hlihor, **Teofil Câmpean**, Maria Gavrilăscu, *Application of cost-benefit analysis for an eco-product manufactured from production waste*, 9th International Conference on Chemical, Biological and Environmental Engineering (ICBEE 2017), Atena, Grecia, 25-27 septembrie 2017.

8. **Cristina Ghinea**, Elena Diana Comăniță, Petronela Cozma, **Teofil Câmpean**, Maria Gavrilăscu, *Life Cycle Assessment of different pallet types*, ELSEDDIMA 12TH International Conference, Cluj-Napoca, România, 17 - 19 mai 2018.

9. **Teofil Câmpean**, Elena Diana Comăniță, Isabela Maria Simion, Maria Gavrilăscu, *Closing the loop: reducing the carbon footprint of cardboard packaging manufacturing by eco-innovation and eco-design*, ELSEDDIMA 12TH International Conference, Cluj-Napoca, România, 17 - 19 mai 2018.

10. Elena-Diana Comăniță, **Teofil Câmpean**, Maria Gavrilăscu, *Technical-economic and environmental analysis of re-designed products from recyclable waste in the context of circular economy*, The 4th International Conference on Green Chemistry and Sustainable Engineering, Madrid, Spania, 23-25 iunie, 2018.

BREVETE DE INVENȚIE/CERERI DE BREVET DE INVENȚIE

1. **Câmpean Teofil**, *Paleți, europaleți din hârtie sau mase plastic asamblabili sau dezasamblabili*, RO 130683 A0, Cerere brevet de invenție Nr. a 2015 00128, 23.02.2015.

2. **Câmpean Teofil**, *Palet asamblabil și dezasamblabil*, RO 132341 A2, Cerere brevet de invenție, Nr. A 2016 00509, 18.07.2016.
3. **Câmpean Teofil**, *Palet asamblabil și dezasamblabil*, RO 130682 A0, Cerere brevet de invenție, Nr. a 2015 00387, 08.06.2015.
4. **Câmpean Teofil**, *Palet asamblabil și dezasamblabil*, RO 131724 A2, Cerere brevet de invenție, Nr. a 2015 000668, 17.09.2015.
5. **Câmpean Teofil**, *Cărămidă pentru construcții și procedeu de obținere*, RO 132152 A2, Cerere brevet de invenție, Nr. a 2016 00165, 08. 03.2016.
6. **Câmpean Teofil**, *Compoziție terapeutică și mediu vehiculant*, 131710 A2, Cerere brevet de invenție, Nr. a 2015 00623, 31.08.2015
7. **Câmpean Teofil**, *Metodă de extragere a principiilor active din plante medicinale*, RO 130095 B1, Cerere brevet de invenție Nr. a 2013 00562, 25.07. 2013.
8. **Câmpean Teofil**, *Compoziție cu efect fungicid, bactericid și virucid, și compoziție pentru prevenirea și tratamentul parodontozei*, RO 130097 A2, Cerere brevet de invenție, Nr. a 2013 00636, 26.08.2013.
9. **Câmpean Teofil**, *Pastă de dinți cu plante medicinale*, 129700 A2, Cerere brevet de invenție, Nr. a 2013 00102, 28.01.2013.
10. **Câmpean Teofil**, *Cremă pentru păr*, RO 129979 B1, Cerere brevet de invenție, Nr. a 2013 00416, 29.05. 2013.
11. **Câmpean Teofil**, *Compoziții cosmetice cu acid humic și/sau acid fulvic*, RO 131618 A2, Cerere brevet de invenție, Nr. a 2015 00466.
12. **Câmpean Teofil**, *Propolis cu ioni de argint pentru impregnare*, RO 130915 A0, Cerere brevet de invenție, Nr. a 2015 00182.
13. **Câmpean Teofil**, *Parfumuri îmbogățite cu ioni de argint, aur și platină*, RO 131483 A2, Cerere brevet de invenție, Nr. a 2015 00198.
14. **Câmpean Teofil**, *Compoziție de parfum*, RO 131498 A2, Cerere brevet de invenție, Nr. a 2015 00262.
15. **Câmpean Teofil**, *Metodă de extragere a principiilor active din plante medicinale*, R) 2013 00562, Cerere brevet de invenție, Nr. a 2015
16. **Câmpean Teofil**, *Loțiune de frecție pentru păr*, RO 129978 A2, Cerere brevet de invenție, Nr. a 2013 00415.
17. **Câmpean Teofil**, *Compoziție de uleiuri comestibile pentru îndepărtarea tartrului dentar*, RO 125578 B1, Cerere brevet de invenție, Nr. a 2006 00448 A.
18. **Câmpean Teofil**, *Compoziție pentru îndepărtarea tartrului dentar*, RO 125578 A0, Cerere brevet de invenție, Nr. a 2009 01081.
19. **Câmpean Teofil**, *Ambalaje din plastic sau sticlă*, Cerere brevet de invenție, Nr. f 2016 0067.
20. Maros Desideriu Mihail, Vermesi Gheorghe Ioan, **Câmpean Teofil**, Balint Ludovic Mircea, Crisan Traian, *Procedeu și instalație pentru tăiat elemente poligonale plane din bandă*, RO 104095, Cerere de brevet Nr. 142601, 20.11.1989.

21. **Câmpean Teofil**, *Profile și componente pentru construcții de case, elemente de fereastră, uși, mobilier, din hârtie lipită în straturi*, Cerere brevet de invenție, A 100197, 17.03. 2019.
22. **Câmpean Teofil**, *Cărămidă pentru construcții și procedeu de obținere*, Cerere brevet de invenție, A 100165, 08.03.2016.
23. **Câmpean Teofil**, *Obținere de uleiuri active și utilizare*, Cerere brevet de invenție, A 00181, 11.03.2015
24. **Câmpean Teofil**, *Propolis with silver ions for impregnation*, **Brevet European**, IPC: C09D5/14, 11.03.2015
25. **Câmpean Teofil**, *Pallets, euro-pallets made of paper or plastics, which can be assembled or disassembled*, **Brevet European**, CPC: Y02W30/804, IPC: B65D19/18, B65D19/20, 23.02.2015.
26. **Câmpean Teofil**, *Assemblable and disassemblable pallet*, **Brevet European**, IPC: B65D19/00, B65D19/18, B65D19/34, 08.06.2015.
27. **Câmpean Teofil**, *Composition with fungicidal, bactericidal and virucidal effects and composition for periodontitis prevention and treatment*, **Brevet European**, IPC: A61K8/00 A61Q11/00, 28.03.2013.
28. **Câmpean Teofil**, *Hair cream*, **Brevet European**, IPC: A61K8/06, 29.05.2013.
29. **Câmpean Teofil**, *Hair friction lotion*, **Brevet European**, IPC: A61K8/00, 29.05.2013.
30. **Câmpean Teofil**, *Toothpaste with medicinal plants*, **Brevet European**, IPC: A61K8/00, 28.01.2013.
31. **Câmpean Teofil**, *Composition for removing dental tartar*, **Brevet European**, IPC: A61K6/02, A61P1/02, 24.12.2009.

PREMII

1. **"Commemorative Award"**, pentru invenția *"Composition with Fungicidal, Bactericidal and Virucidal Effect and Composition for Prevention and Treatment of Periodontosis"*, 8th International Exhibition of Inventions, Kunshan, China Association of Inventions, 2014.
2. **"International Order of Merit of the Inventors"**, și **"Officer of the International Order – Invent and Serve"**, Cluj-Napoca, 2014.
3. **"The Invention Laureate"** for the Altruistic Promotion of Technical Creativity in Romania, oferit de Association of Hungarian Inventors, MAFE, The 8th Celebration of Hungarian Inventors Days, 13 iunie 2016, Budapesta, Ungaria.
4. "Silver Medal", pentru invenția *"Construction Brick and its Process of Preparing"*, International Exhibition of Technical Innovations, Patents and Inventions, 16-17 iunie 2016, Werk Arena Trinec, Republica Cehă.