

# EVALUAREA CICLULUI DE VIAȚĂ CA INSTRUMENT PENTRU DETERMINAREA IMPACTULUI ASUPRA MEDIULUI ÎN CONTEXTUL ECONOMIEI CIRCULARE

CS II, dr.ing. Ion Răzvan RĂDULESCU<sup>1</sup>, CS I, dr.ing. Emilia VISILEANU<sup>1</sup>,  
CS II, dr.ing. Raluca Maria AILENI<sup>1</sup>, CS III, ing. Laura CHIRIAC<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INCDTP, București, România

**REZUMAT.** Evaluarea Ciclului de Viata reprezinta un instrument adecvat cuantificarii impactului asupra mediului pentru procesele tehnologice industriale. Printre aplicatiile directe putem enumera analiza comparativa între un proces clasic și un proces inovativ, pentru a dovedi din punct de vedere stiintific caracterul prietenos cu mediul. Ca studiu de caz ECV, propunem analiza comparativa între doua procese pentru obtinerea de ecrane electromagnetice textile: tratarea preliminara cu plasma de oxigen și acoperirea cu strat de cupru, respectiv tratarea prin fierbere-albire și acoperirea cu strat de cupru. Studiul comparativ ECV ofera Informatii relevante cu privire la impactul asupra mediului pentru procesele de tratare preliminara inovative in mediu de plasma.

**Cuvinte cheie:** plasma, oxigen, fierbere – albire, ecrane textile, cupru.

**ABSTRACT.** Life Cycle Assessment represents an adequate instrument of quantifying the environmental impact for technological industrial processes. The comparative analysis between a classical and an innovative process is one of the most important direct applications for scientifically proving the eco-friendly character. As LCA case study, we propose the comparative analysis between two processes for manufacturing textile electromagnetic shields: preliminary finishing by Oxygen plasma and coating with Copper layer and classical bleaching and coating with Copper layer. The comparative LCA study offers relevant insight related to the environmental impact of innovative preliminary textile finishing by plasma technology.

**Keywords:** plasma, Oxygen, bleaching, textile shields, Copper.

## 1. INTRODUCERE

Studiile pentru Evaluarea Ciclului de Viață (Life Cycle Assessment) reprezintă o abordare științifică pentru elaborarea politicilor moderne și deciziilor manageriale în domeniul Consumului și Producției Sustenabile [1]. Evaluarea Ciclului de Viață este la ora actuală o metodă structurată, cuprinzătoare și standardizată la nivel internațional, fiind reglementată în baza standardului ISO 14040 [2]. Prin aceasta metodă se cuantifică toate intrările și ieșirile din sistem pentru un produs sau un proces industrial, în vederea determinării impactului asupra sănătății umane respectiv asupra deprecierii resurselor naturale. Se oferă astfel un instrument adecvat pentru implementarea eficientă a unor soluții fezabile și robuste pentru managementul mediului în întreprinderile din sectorul manufacturier, cum este sectorul textil.

Sprrijinul decizional pentru managementul de mediu în întreprinderi, poate fi clasificat pe trei

categorii, în funcție de influența și complexitatea deciziilor [1]:

- Sprrijin decizional la nivel micro: se realizează în mod special pentru aspecte legate de produse / procese industriale, fără consecințe structurale, prin urmare nu implică modificarea capacităților de producție;

- Sprrijin decizional la nivel mezo / macro: se referă la strategiile de utilizare a materiilor prime, la scenariile de implementare a unor noi tehnologii de producție, respectiv la opțiunile strategice de dezvoltare;

- Sprrijin analitic: reprezintă o abordare descriptivă a sistemului analizat, fără implicații în alte zone economice.

Se pot distinge diferite tipuri de aplicații directe ale studiilor ECV, raportat la soluțiile care vin în sprrijinul întreprinderilor. Enumeram câteva dintre cele mai importante aplicații ECV [3]:

- Identificarea Indicatorilor Cheie de Performanță a Mediului (KEPI) pentru un grup de produse

## ECONOMIA CIRCULARĂ

în vederea eco-proiectării produselor și proceselor industriale;

- Analiza de benchmarking pentru un produs specific raportat la media grupului de produse;
- Argumentarea / documentarea achizițiilor verzi publice sau private (GPP);
- Monitorizarea impactului asupra mediului în cazul unei națiuni, a unui sector industrial, grup de produse sau a unor produse individuale;
- Argumentarea strategiilor de marketing / piață pentru promovarea unor produse ecologice;
- Analiza comparativă a unor produse sau procese industriale. În general, se compară o tehnologie clasică cu o tehnologie inovativă, prietenoasă cu mediul.

În cadrul studiului elaborat s-a avut în vedere aplicația de ecranare electromagnetică, asigurată prin materiale textile flexibile. Este necesar ca aceste tipuri de materiale textile să fie caracterizate printr-o bună conductivitate electrică de suprafață pentru formarea curenților turbionari, care se opun câmpului electromagnetic incident și asigură atenuarea acestuia [4]. Conductivitate electrică se poate conferi materialelor textile prin două metode [5-7]:

- Inserarea de fire metalice în structura materialului textil;
- Acoperirea structurii textile cu straturi conductive electrice.

În aplicația studiată s-a depus prin raclare un strat din particule de cupru, care a necesitat un tratament preliminar de finisare a substratului textil, efectuat în două moduri, prin:

- Fierbere-albire
- Curățare în plasmă de oxigen cu rezultate similare.

Astfel, în cadrul studiului ECV s-au evaluat comparativ cele două procese de finisare preliminară, cu unitatea funcțională de 1 kg material textil finisat pentru ecranare electromagnetică.

## 2. STANDARDUL 14040 – FAZELE ECV

Standardul ISO 14040 prevede delimitarea în patru faze a studiilor LCA și este destinat unei structurări riguroase, care să permită însă flexibilitate în funcție de aplicația studiului [2]. Cele patru faze ale standardului sunt ilustrate în figura 1.1.

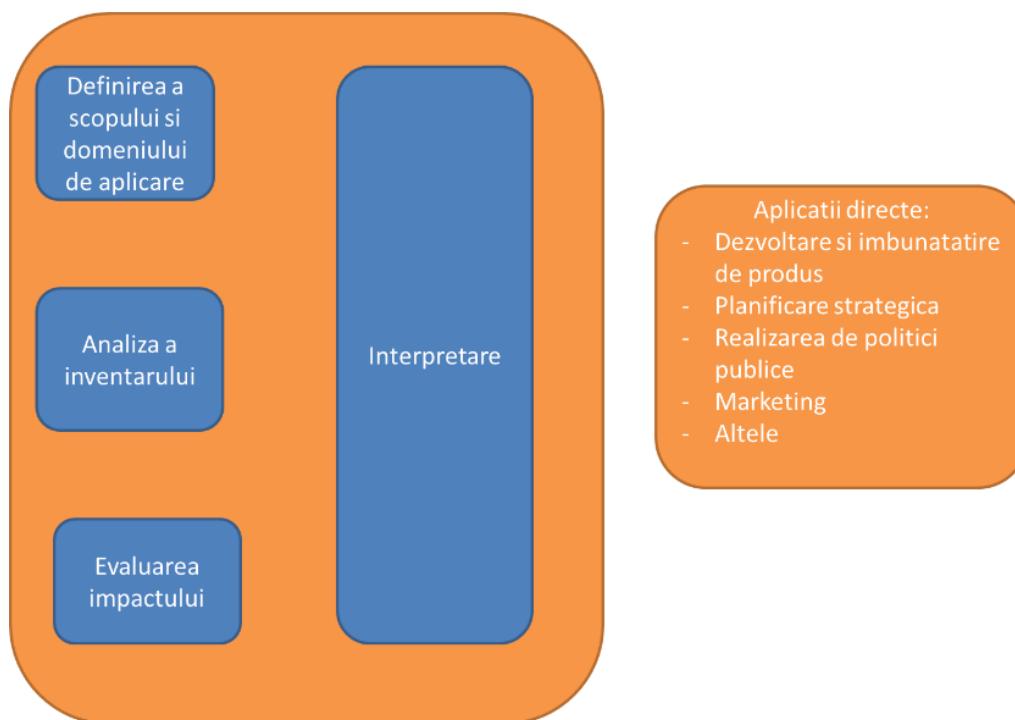


Fig. 1. Cele patru faze LCA conform standardului ISO 14040 [2].

Faza de definire a scopului și domeniului de aplicare urmărește stabilirea de date precum: utilizarea studiului, grupul țintă / audiența, limitele și nivelul de detaliere. În faza de analiză a inventarului se vor colecta date asupra: resurselor naturale, materiilor prime, energiei și substanțelor auxiliare care intră în sistem, cât și emisiile în apă, aer și sol, care ies din sistemul studiat. Această fază (ICV)

presupune colectarea unei serii întregi de date, pentru care adeseori se utilizează chestionare dedicate, care sunt distribuite către companii sau unitățile producătoare. Faza de evaluare a impactului (EICV) presupune calcularea impactului relativ asupra mediului pentru toate intrările și ieșirile din sistem. Dat fiind numărul mare de componente și subcomponente ale unui produs, cât și impactul

## EVALUAREA CICLULUI DE VIAȚĂ CA INSTRUMENT PENTRU DETERMINAREA IMPACTULUI

diferit al fiecărei dintre acestea asupra mediului, se recomandă utilizarea unui program software specializat. Faza de interpretare conține analizarea datelor de impact rezultate în urma studiului EICV, o eventuala analiză de incertitudine, cât și concluziile raportate la scopul studiului.

### 3. CARACTERISTICI ALE STUDIILOR ECV

Pentru a putea cuantifica impactul asupra mediului pentru un produs sau proces se definește mai întâi unitatea funcțională, la care se vor raporta toate consumurile (intrările) și emisiile (ieșirile) și care va sta totodată la baza studiilor comparative. Mai mult, impactul asupra mediului este caracterizat prin categorii de impact, iar acestea sunt cuprinse în metode. Exemple de categorii de impact sunt: producerea de substanțe cancerigene, respiratorii organice și anorganice, schimbări climatice, radiații, deprecierea stratului de ozon, Eco-toxicitate, utilizarea terenurilor, minerale și combustibili fosili. Aceste categorii de impact sunt cuprinse în metoda EcoIndicator 99E. Exemple de alte metode sunt: CML baseline 2000, IMPACT 2002+, ReCiPe Endpoint.

Pentru faza de Evaluare a Impactului Ciclului de Viață (EICV) este necesară utilizarea unor programe software [8]. Programul software calculează unitățile elementare de impact ale produsului / procesului și le asociază la categoriile de impact specifice metodei. Programele software generează diferite tipuri de diagrame pentru Evaluarea Impactului Ciclului de Viață, conform următoarelor criterii:

- Caracterizarea - calcularea nivelului pentru indicatorii de impact, se realizează prin utilizarea factorilor de caracterizare pentru substanțe (exemplu la acidificare – HCl are factorul de caracterizare 0,88).

- Normalizarea: Raportarea categoriilor de impact la o referință comună.

- Ponderarea: Raportarea categoriilor de impact în funcție de relevanța specifică.

- Single score: Prezintă categoriile de impact pe o singură coloană și este util pentru studiile comparative [8].

### 4. STUDIUL DE CAZ

Ecranarea electromagnetică reprezintă o soluție adecvată pentru protecția sănătății ființelor vii și a asigurării compatibilității electromagnetice pentru echipamentele electronice, față de radiațiile ne-ionizante. În cadrul INCDTP – București s-au realizat

o serie de cercetări cu privire la obținerea de ecrane EM flexibile din materiale textile cu proprietăți de conductivitate electrică. Studiul de caz ECV are în vedere o analiză comparativă a impactului asupra mediului pentru două procese de realizare a ecranelor textile:

- în procesul de pregătire preliminară a materialelor textile din 100% BBC pentru aplicarea mecanică prin raclare a unui strat de Cupru, se pot aplica două procese complementare:

- fierberea-albirea- uscarea și
- tratamentul în plasmă de oxigen;

- ambele procese preliminare au un efect similar asupra materialului textil și pregătesc substratul pentru aplicarea mecanică prin raclare, a unui strat de Cupru, bun conductor electric;

- procesul de tratament în plasmă de oxigen este un tratament nou, inovativ, care este considerat mai ecologic, pentru că nu utilizează cantități mari de apă și substanțe auxiliare;

- prin urmare, obiectivul studiului este reprezentat de evaluarea comparativă a celor două procese, clasic și inovativ, cu scopul de a analiza caracterul ecologic al tratamentului preliminar în plasmă.



Fig. 2. Echipamentul de plasmă de joasă presiune a INCDTP - București.

Unitatea funcțională la care s-au raportat intrările și ieșirile din sistem a fost de 1 kg de țesătură finisată. Limitările au avut în vedere luarea în calcul a:

- consumului de materii prime ;
- consumului de resurse naturale ;
- consumului de produse auxiliare chimice ;
- consumului de energie electrică pe echipamente;

și excluderii:

- consumului de căldură (gaze/cărbune), echivalent în ambele modalități de tratament;
- transportului materialelor, considerat nerelevant pentru cazul de față

Metoda de caracterizare utilizată a fost EcoIndicator 99 (E) versiunea 2.08.

S-au inventariat toate intrările și ieșirile din sistem pentru cele două procese, în principal, diferența fiind realizată de consumul de energie electrică și oxigen

## ECONOMIA CIRCULARĂ

pentru tratamentul în plasmă și de consumul de energie electrică pe jigher și pe rama de uscare, respectiv substanțele auxiliare (hidroxid de sodiu, carbonat de sodiu, acid acetic, fosfat trisodic) pentru

tratamentul de fierbere-albire-uscare. În figurile 3 și 4 sunt reprezentate diagramele de ponderare pe categorii de impact pentru cele două procese. Pentru studiul EICV s-a utilizat softul SIMAPRO7 [9].

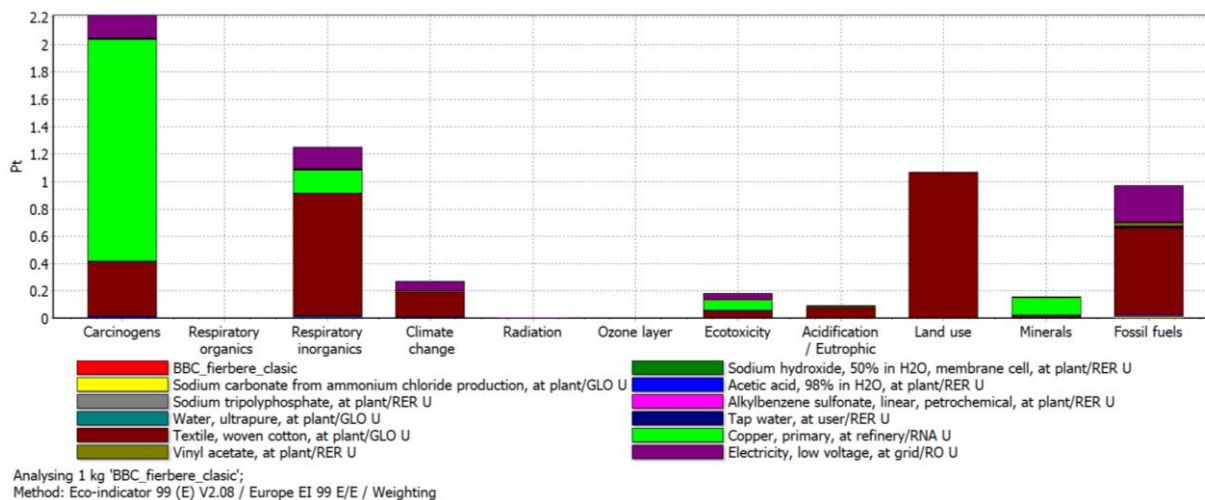


Fig. 3. Impactul procesului de obținere ecran textil cupru prin tratament preliminar de fierbere-albire.

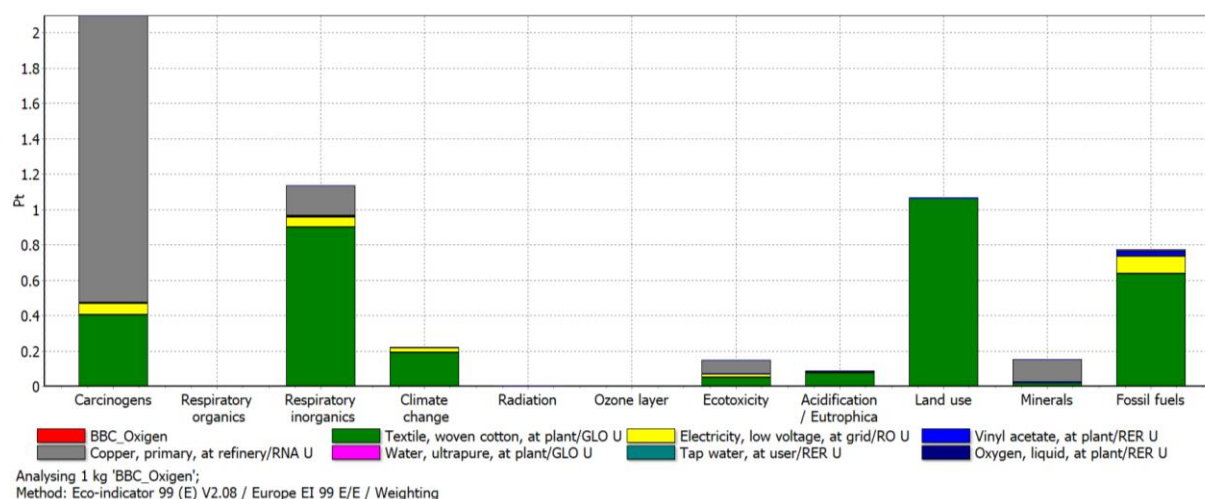


Fig. 4. Impactul procesului de obținere ecran textil cupru prin tratament preliminar în plasmă de oxigen.

Așa cum se poate vedea din figurile 3 și 4 un impact substanțial este dat de substanțele cancerigene care provin în principal de la consumul de cupru. Un alt impact este dat de respiratoriile anorganice, datorat în principal cultivării și obținerii materialului țesut din 100% BBC. Același material textil implică utilizarea solului și combustibilii fosili. Energia electrică consumată în cele două procese are de asemenea impact asupra deprecierei combustibililor fosili.

În figura 5 este reprezentată diagrama de tip single score, care ilustrează impactul celor două procese în mod comparativ.

Diagrama de tip single score prezintă un impact asupra mediului mai redus pentru procesul de tratament preliminar în plasmă de oxigen față de procesul de fierbere-albire, datorat în primul rând

consumului de energie electrică redusă a instalației de plasmă față de fierbere și albire pe jigher și rama de uscat (4,5 kWh față de 12,25 kWh) și de substanțele auxiliare utilizate în procesul umed.

Astfel se poate observa faptul că tratamentul preliminar în plasmă de oxigen are un caracter mai prietenos cu mediul. Trebuie menționat totodată faptul că ambele procese sunt la scară de laborator și nu la scara industrială, în acest ultim caz putând apărea diferențe în impactul asupra mediului. Se menționează de asemenea calculul mediu al consumului de energie electrică pe instalații, raportat la timpul de tratament și la suprafața utilă de material textil procesată pe echipamente. Limitările studiului presupun includerea substanțelor chimice auxiliare, resurselor naturale (apă, oxigen) și energiei electrice pentru cele două procese, cu excluderea altor factori

## EVALUAREA CICLULUI DE VIAȚĂ CA INSTRUMENT PENTRU DETERMINAREA IMPACTULUI

de influență, precum transportul materialelor sau energia termică pentru încălzirea spațiilor etc. Studiul este util pentru implementarea unei tehnologii noi cu

un caracter ecologic pentru finisarea preliminară a materialelor textile în obținerea de ecrane electromagnetice flexibile.

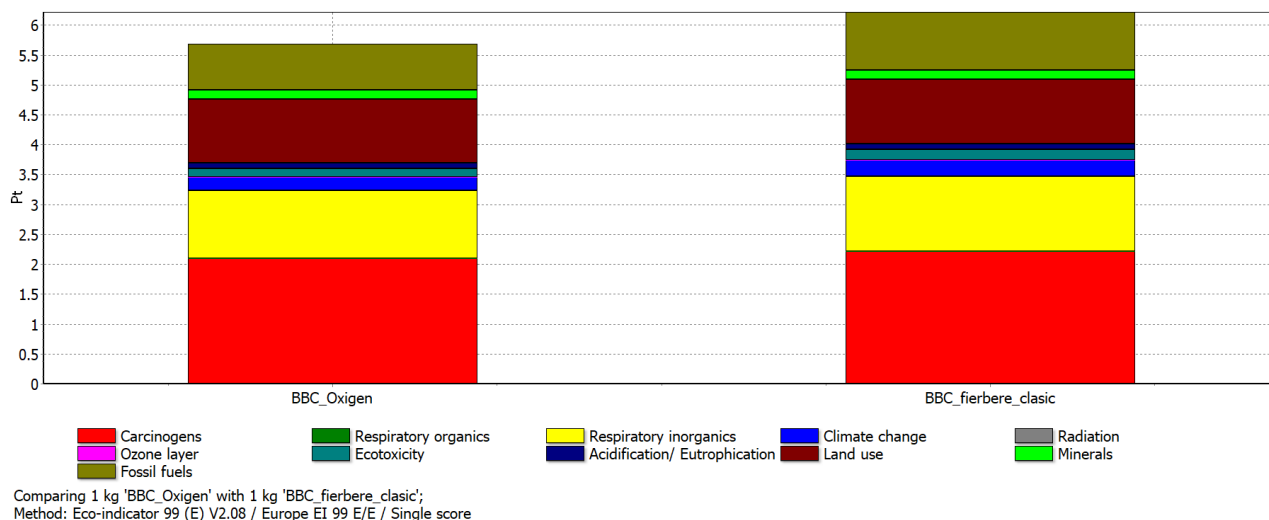


Fig. 5. Analiza comparativă a celor două procese în diagrama de tip single score.

## 5. CONCLUZII

Această contribuție științifică se înscrie ca tematică pe linia simpozionului SINGRO 2021 – Economia Circulară. S-a dorit conturarea domeniului studiilor de tip ECV, ca instrument științific pentru cuantificarea impactului asupra mediului. Una dintre aplicațiile utilizate în sfera de cercetare este studiul comparativ, util în evidențierea unei noi tehnologii, prietenoase cu mediul, față de o tehnologie clasică. În studiul de caz s-a prezentat o analiză comparativă pentru procesul de tratament preliminar al țesăturii de 100% BBC, prin fierbere-albire, respectiv prin plasmă de oxigen. Acest tratament preliminar este necesar raclării ulterioare a materialului textil cu strat de cupru și face parte din procesul general de obținere al unor ecrane electromagnetice flexibile. Ecranele EM flexibile sunt utile la ora actuală pentru protecția față de radiațiile ne-ionizante și au o multitudine de aplicații.

Analiza comparativă ECV a aratat faptul că procesul inovativ de tratament preliminar în plasmă de oxigen are un impact mai redus asupra mediului, cu luarea în considerare a factorilor principali de intrare și ieșire din sistem și cu utilizarea unor echipamente de tratament de laborator.

## Acknowledgement

Lucrările de cercetare prezentate în acest articol au fost realizate în laboratoarele INCDTP. Fondurile

au fost asigurate de MCID, prin proiectul național „Materiale textile composite electroconductive pe bază de matrici polimerice 3D pentru sisteme senzoriale de monitorizare și de atenuare a undelor electromagnetice (3D ELECTROTEX)”, Contract PN 19 17 01 01.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] Wolf, M-A, Wolf, K, Pant, R. et al., *ILCD Handbook – The International reference Life Cycle Data system*, Joint Research Centre, 2012
- [2] Standardul SR EN ISO 14040: 2007 - Management de mediu. Evaluarea ciclului de viața. Principii și cadru de lucru
- [3] Rădulescu, IR, Surdu, L, Visileanu, E, Mitu B, Morari, C, (26 August 2021). Life Cycle Assessment of Flexible Electromagnetic Shields [Online First], IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.99772. Available from: <https://www.intechopen.com/online-first/78251>
- [4] Schwab, A, Kuerner, W, Compatibilitate Electromagnetică, Editura AGIR, 2013, București, România
- [5] Ziaja, J., Maciej, J, EMI Shielding using Composite Materials with Plasma Layers, Intechopen, 2011, DOI: 10.5772/16553
- [6] Neruda, M, Vojtech, L, Electromagnetic shielding effectiveness of woven fabrics with high electrical conductivity: complete derivation and verification of analytical model, *Materials* 2018, 11, 1657; doi:10.3390/ma11091657
- [7] Radulescu, I.R.; Surdu, L.; Scarlat, R.; Constantin, C.; Mitu, B.; Morari, C.; Costea, M. Modelling the Woven Structures with Inserted Conductive Yarns Coated with Magnetron Plasma and Testing Their Shielding Effectiveness. *Textiles* 2021, 1, 4-20. <https://doi.org/10.3390/textiles1010002>
- [8] SimaPro7 Tutorial, Pre-Consultants, 2010
- [9] Introduction to LCA with SimaPro, Pre-Consultants, 2013



## Despre autori

CS II, Dr. ing. **Ion Răzvan RĂDULESCU**  
INCDTP - București, România

Cercetător științific gradul II în cadrul INCDTP / Departamentul Cercetare-Investigare Materiale, absolvent de doctorat (2018) la Universitatea Politehnica București – Facultatea de Energetică, cu tema asigurării compatibilității electromagnetice prin structuri textile. Specializare în tratamentul materialelor textile în mediu de plasmă, caracterizarea materialelor textile din punct de vedere al confortului termo-fiziologic, determinarea unghiului de contact pentru evidențierea caracteristicilor de suprafață ale materialelor textile. Numeroase aplicații informatice în domeniul textil în limbajul de programare PHP / MySQL (Intranet INCDTP). Proiecte în coordonare pe programul Erasmus+, formare profesională (VET) – Advan2Tex (2014-2016), TexMatrix (2016-2018), Skills4Smartex (2018-2020) și învățământ universitar OptimTex (2020-2022), cu implementarea platformei de e-learning Moodle ([www.advan2tex.eu/portal/](http://www.advan2tex.eu/portal/)).

CS I, Dr. ing. **Emilia VISILEANU**  
INCDTP - București, România

Cercetător științific gr.I, dr.ing., la INCDTP-București, absolventă a Institutului Politehnic „Gh. Asachi”, Iași – Facultatea de Industrie Ușoară cu peste 40 ani experiență în participarea și coordonarea de proiecte de cercetare, derulate în programele naționale și internaționale de CDI și peste 20 ani în managementul organizațional și al activității de cercetare - dezvoltare. Recunoașterea științifică s-a materializat prin publicarea a 16 cărți în calitate de autor și coautor, 56 lucrări științifice publicate în reviste sau proceeding-uri ale unor conferințe, 15 brevete de invenții și peste 95 de premii și medalii ale saloanelor de invenții și inovații. Președinte al SIT-AGIR, SCCR și CT-103 ASRO, vicepreședinte ASRO.

CS II, Dr. ing. **Raluca Maria AILENI**  
INCDTP - București, România

Cercetător științific gradul II, doctor inginer în domeniul tehnologiei informației în inginerie industrială. În anul 2012 a obținut titlul de doctor în Inginerie Industrială la Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași. În prezent este doctorand la Universitatea Politehnică din București, în electronica, telecomunicații și tehnologia informației, tema de cercetare sisteme de monitorizare inteligente bazate pe senzori, cloud, IoT pentru domeniul medical. Este manager/responsabil de proiect (TEXSTRA Erasmus+, 3DElectrotex, Optimitex, FOSTEX, DigiTex) și membru în echipe de cercetare în cadrul proiectelor naționale/internaționale.

CS III, Ing. **Laura CHIRIAC**  
INCDTP - București, România

Cercetător științific gradul III, inginer, cu specializare în domeniul finisării materialelor textile. Deține o vastă expertiză în domeniul finisării materialelor textile atât din punct de vedere al practicii industriale cât și a cercetării științifice. Participare în numeroase proiecte de cercetare pe plan național și european cu o bogată activitate de publicare a rezultatelor științifice.