

UNIVERSITATEA „DUNĂREA DE JOS” - GALAȚI
FACULTATEA DE INGINERIE
SPECIALIZAREA: MANAGEMENTUL CALITĂȚII ÎN INGIENRIE INDUSTRIALĂ

LUCRARE DE DISERTAȚIE

Coordonator proiect:
S.L. Dr. Ing. SANDU Laurențiu

Absolvent:
BOTEZATU Gh. NICOLETA

GALAȚI – 2020



UNIVERSITATEA „DUNĂREA DE JOS” GALAȚI
FACULTATEA DE INGINERIE
DEPARTAMENTUL: INGINERIA FABRICAȚIEI
SPECIALIZAREA: MANAGEMENTUL CALITĂȚII ÎN
INGINERIE INDUSTRIALĂ



Reciclarea materialelor termoplaste și sistemul de management al deșeurilor

Coordonator proiect:
S.L. Dr. Ing. SANDU Laurențiu

Absolvent:
BOTEZATU Gh. NICOLETA

GALAȚI - 2020

REZUMAT

Proiectul de disertație se intitulează **„Reciclarea materialelor termoplaste și sistemul de management al deșeurilor”** și are ca scop principal prezentarea unor date de actualitate cu privire la reciclarea materialelor plastice, prezentarea sistemului de management al deșeurilor și realizarea unei cercetări experimentale privind impactul reciclării mecanice asupra proprietăților mecanice a unui nanocompozit termoplastic ranforsat cu nanotuburi de carbon. Proiectul de disertație este structurat pe trei capitole:

Capitolul 1: Aspecte privind reciclarea polimerilor

În acest capitol s-au definit și clasificat materialele polimerice, s-au exemplificat domeniile de aplicabilitate a materialelor plastice, s-au descris: procesul de degradare a polimerilor, gestionarea deșeurilor, procedeele de reciclare – mecanică, termică, chimică și aspectele economice privind reciclarea materialelor plastice.

Capitolul 2: Optimizarea sistemului de management al deșeurilor din județul Galați

În al doilea capitol s-a descris pe scurt județul, s-au prezentat obiectivele și țintele sistemului de management al deșeurilor pentru județul Galați, politica de mediu, legislația cu privire la mediu, nivelul taxei de salubritate și infrastructura existentă pentru gestionarea deșeurilor, adică infrastructura pentru colectarea, transportarea, sortarea, compostarea și depozitarea deșeurilor și aspectele care trebuie optimizate pentru a îmbunătăți sistemul actual.

Capitolul 3: Influența procesului de reciclare mecanică multiplă asupra proprietăților mecanice a unui nanocompozit termoplast

În al treilea capitol s-au descris materialele compozite în prima parte, iar în a doua s-a realizat un studiu experimental cu privire la influența procesului de reciclare asupra proprietăților mecanice a unui nanocompozit termoplast cu matrice polimerică.

ABSTRACT

The dissertation project is entitled "***Recycling of thermoplastic materials and the waste management system***" and its main purpose is to present up to date data on plastic recycling, presentation of the waste management system and an experimental research on the impact of mechanical recycling of a thermoplastic nanocomposite reinforced with carbon nanotubes. The dissertation project is structured in three chapters:

Chapter 1: Aspects regarding the recycling of polymers

In this chapter, polymeric materials have been defined and classified, the fields of applicability of plastics have been exemplified, the degradation process of polymers, waste management, recycling processes - mechanical, thermal, chemical and economic aspects regarding the recycling of plastics have been described.

Chapter 2: The optimizing of the waste management system in Galati county

In the second chapter the county have been briefly described, the objectives and targets of the waste management system for Galati county, the environmental policy, the environmental legislation, the level of sanitation tax and the existing infrastructure for waste management - infrastructure for waste collection, transportation, sorting, composting and storage of waste and aspects that need to be optimized to improve the current system have been presented.

Chapter 3: Influence of the multiple mechanical recycling process on the mechanical properties of a thermoplastic nanocomposite

In the third chapter, the composite materials have been described in the first part, and in the second part, an experimental study have been performed on the influence of the recycling process on the mechanical properties of a thermoplastic nanocomposite with polymer matrix.

CUPRINS

Rezumat	1
Abstract	2
Cuprins	3
CAP. 1. Aspecte privind reciclarea polimerilor	4
1.1. Materiale polimerice	4
1.1.1. Definiții. Scurt istoric. Tipuri de polimeri	4
1.1.2. Caracteristicile polimerilor	5
1.1.3. Domeniile de aplicabilitate a materialelor polimerice	8
1.2. Reciclarea materialelor polimerice	10
1.2.1. Degradarea polimerilor	10
1.2.2. Gestionarea deșeurilor polimerice	11
1.2.3. Procedee de reciclare	15
1.2.4. Optimizarea aspectelor economice și a calității reciclării materialelor polimerice	18
1.3. Concluzii	23
CAP. 2. Optimizarea sistemului de management al deșeurilor din județul Galați	24
2.1. Descrierea județului și principalii generatori de deșeuri.....	24
2.2. Obiectivele și țintele sistemului de management al deșeurilor	24
2.3. Politica de mediu	25
2.3.1. Legislația cu privire la deșeuri	25
2.4. Infrastructura existentă pentru gestionarea deșeurilor	26
2.4.1. Serviciul de salubritate	27
2.4.2. Infrastructura existentă pentru colectare și transport	29
2.4.3. Infrastructura existentă pentru sortare	30
2.4.4. Infrastructura existentă pentru compostare	31
2.4.5. Infrastructura existentă pentru depozitare	32
2.5. Capacități de reciclare.....	33
2.6. Aspecte care necesită îmbunătățire în sistemul de management al deșeurilor...	33
2.6.1. Alternative tehnologice	33
2.7. Concluzii	38
CAP. 3. Influența procesului de reciclare mecanică multiplă asupra proprietăților mecanice a unui nanocompozit termoplast	39
3.1. Scurtă descriere a materialelor compozite	39
3.2. Cercetări experimentale privind influența procesului de reciclare asupra proprietăților mecanice a unui nanocompozit termoplast cu matrice polimerică	44
3.2.1. Interpretarea rezultatelor experimentale	48
3.3. Concluzii	54
Concluzii finale	55
Opis de figuri	57
Opis de tabele	59
Bibliografie	60

CAPITOLUL 1.

ASPECTE PRIVIND RECICLAREA POLIMERILOR

1.1. Materiale polimerice

1.1.1. Definiții. Scurt istoric. Tipuri de polimeri.

Materialele plastice sunt produse sintetice macromoleculare ce se pot prelucra mecanic sau termic, obținându-se obiecte de forme diferite, cu utilizări în diferite domenii. Acestea sunt materiale produse pe bază de polimeri de natură organică ce conțin și alți aditivi, care la încălzire li se pot da orice formă, iar după răcire își păstrează forma respectivă. Majoritatea lor sunt sintetice, dar există și materiale plastice realizate din regenerabile. Deși inițial materialele plastice proveneau din derivate celulozice, în prezent materia primă folosită pentru obținerea materialelor plastice provine în mare parte din produse petrochimice [1].

Polimerii sunt substanțe compuse din mai mulți meri (sau monomeri – molecule mici identice), urmând un principiu repetitiv, în care unitatea structurală sau de bază este merul. Unitățile de bază formează prin legături chimice covalente un lanț, numit și scheletul polimerului. Gradul de polimerizare este numărul unităților de bază ce se repetă într-un lanț [1].

Monomerii sunt molecule organice simple ce conțin o legătură dublă sau cel puțin două grupe funcționale active. Prezența grupărilor funcționale active sau a legăturii duble acționează ca o forță ce adaugă o moleculă de monomer peste o altă moleculă, pentru a se forma o moleculă de polimer, procesul poartă denumirea de polimerizare [1].

Primul material plastic a fost produs din transformarea materialelor naturale și anume în anul 1859 au apărut fibrele vulcanizate, în anul 1869 celulozoidul, iar în 1897 galitul. Primul material plastic sintetic apărut a fost bachelita în 1908 în New York. Fritz Klatte în anul 1913 brevetează polimerizarea clorurii de vinil obținând policlorura de vinil (PVC) [1], [2].

Polietilena de joasă densitate LDPE a fost obținută în anul 1935 de Fawcett și Gobson. În anul 1954 Karl Ziegler a descoperit că tetraclorura de titan și amestecul de combinații organo-aluminice catalizează polimerizarea etilenei la presiuni joase. Procedul Ziegler a permis obținerea industrială a polietilenei la presiuni de câteva atmosfere. Polietilena este formată în principal din macromolecule liniare cu ramificații foarte puține, lucru ce permite o împachetare ușoară a macromoleculelor. Prin urmare crește conținutul până la 94% în faza cristalină și proprietățile termo-mecanice ale materialului plastic sunt îmbunătățite considerabil. Polietena obținută prin acest procedeu poartă numele de polietilena de înaltă densitate HDPE cu o densitate de $0,97 \text{ g/cm}^3$ sau polietilena dură [1].

Giulio Natta a dezvoltat descoperirea lui Karl Ziegler și în anul 1955 pune bazele polimerizării stereospecifice ce permite realizarea polimerilor stereoregulați, folosind compuși materialelor tradiționale cu produșii de reacție a combinațiilor organo-aluminice drept catalizator de polimerizare numiți și catalizatori Ziegler-Natta. Cu ajutorul acestor catalizatori au fost polimerizați diverși monomeri, astfel obținându-se materiale plastice cu noi proprietăți, una din aceste proprietăți de bază fiind posibilitatea materialelor de a cristaliza, lucru datorat aranjamentului spațial regulat al substituenților și monomerilor acestora, oferind o rezistență termică și mecanică superioară față de materialele plastice nestereoregulate. Lucrarea lui Paul Flory din 1974 include cinetica polimerizării în detaliu și a adității polimerizării [2].

În 1978 a fost comercializată pentru prima dată sticla de doi litri din material plastic, iar din 1981 au început să se înlocuiască treptat sticlele reutilizabile din sticlă, care până în acest an au dominat piața, cu veselă din material plastic de unică folosință [2].

Din anii 1960 a început utilizarea intensivă a materialelor plastice, în special a ambalajelor, datorită introducerii petrolului ieftin, a produselor chimice și tehnologiilor noi. În ultimii 50 de ani,

importanța plasticului a crescut constant în economie, ducând la o producere globală de 30 de ori mai mare față de anii 1960 și se anticipează ca aceasta se va dubla în următorii 20 de ani [2].

Clasificarea polimerilor se poate face după următoarele criterii [2]:

- După proveniență:
 - polimeri naturali – proteinele;
 - polimeri sintetici - obținuți prin reacții chimice;
 - polimeri artificiali - obținuți prin modificarea polimerilor naturali – vâscoza;
- După tipul de monomeri:
 - homopolimeri – polimeri cu un singur tip de monomeri;
 - copolimeri – din două/mai multe tipuri de monomeri;
- După forma geometrică:
 - polimeri liniari;
 - polimeri ramificați;
 - polimeri cu structură bidimensională;
 - polimeri cu structură tridimensională sau reticulați;
- După structura catenei principale macromoleculare:
 - polimeri de adiție;
 - polimeri de condensare;
- După mecanismul de polimerizare:
 - polimeri obținuți prin mecanism în lanț;
 - polimeri obținuți prin mecanism în trepte;
- După comportamentul la încălzire:
 - polimeri termoplastici – la încălzire devin moi și își pot schimba forma, iar la răcire păstrează forma respectivă; acești polimeri pot fi reîncălziți din nou iar procesul se repetă – de exemplu polietilena, polipropilena, policlorura de vinil, polistiren, poliamidă, policarbonați;
 - polimeri termoreactivi sau termorezistenți – aceștia la încălzire devin plastici iar apoi își pierd plasticitatea devenind insolubili; polimerii termorezistenți nu pot fi supuși pentru a doua oară prelucrării – de exemplu polimeri fenolici.

Tabelul 1.1.

Termoplaste vs. Termorezistente [2]

Termoplaste	Termorezistente
• Are legături covalente între monomeri și interacțiunea lui van der Waal între lanțurile de monomeri este slabă • Procesate prin turnare prin injecție, extrudare, turnare prin suflare, termoformare și turnare prin rotație • Greutate moleculară scăzută • Punct de topire scăzut, rezistență redusă la tracțiune, fragilitate, rigiditate și durabilitate • Solubili în unii solvenți organici	• Are legături încrucișate puternice și o rețea 3D de atomi legați covalent • Procesat prin turnare prin comprimare și turnare prin injecție de reacție • Greutate moleculară ridicată • Punct de topire ridicat, rezistență ridicată la tracțiune, fragilitate, rigiditate și durabilitate • Insolubili în solvenți organici

1.1.2. Caracteristicile polimerilor

Proprietățile ce caracterizează materialele polimerice depind de forma și structura moleculelor, de capacitatea lor de formare și de forțele intramoleculare. Avantajele principale ale materialelor polimerice sintetice sunt următoarele [2], [3]:

- Densitate mică față de metale –variază între 0,9 și 2,2 g/cm³;

- Rezistența mecanică variază de la rigide, la elasticitate redusă (cum sunt materialele din lemn sau ceramice), până la flexibile și extensibile (cum sunt cauciucul și pielea);
- Stabilitate chimică mare comparativ cu metalele;
- Proprietăți dielectrice bune;
- Proprietăți de antifricțiune – multe dintre aceste materiale sunt caracterizate de o uzură redusă și de un coeficient mic de frecare;
- Proprietăți optice – sunt caracterizate de transparență și opacitate și spre deosebire de sticlele obișnuite, acestea lasă razele ultraviolete să treacă;
- Longevitate;
- Mod de fabricare ușor;
- Consum redus de energie pentru fabricare;
- Preț redus.

Materialele termoplaste sunt limitate de anumite dezavantaje, acestea fiind [2], [3]:

- Duritate mică comparativ cu metalele și sticla obișnuită;
- Stabilitate termică scăzută – doar câteva pot fi folosite la temperaturi înalte, restul pot fi utilizate la temperaturi de 70 – 200°C;
- Coeficient de dilatare termică mare – dacă sunt expuși la variații bruște de temperatură se pot produce fisuri din cauza tensiuni interne;
- Conductibilitate termică redusă;
- Grad mare de poluare la incinerare;
- Majoritatea nu sunt biodegradabile;
- Mod dificil de reciclare;
- ”Îmbătrânirea” – manifestată prin procese lente de absorbție a umidității, de oxidare, de închidere a culorii, de reducere a durității etc.

În tabelul 1.2. sunt prezentate proprietățile și aspectele toxicologice a unor polimeri.

Tabelul 1.2.

Proprietățile și aspectele toxicologice a celor mai utilizate materiale polimerice [4]

Polietilena PE	
Proprietăți	Densitate de 920 – 960 kg/m ³ , temperatura de topire între 120 – 180°C; Rezistență bună la șoc, la întindere, lovire, spargere și rupere; Este izolator electric; LDPE sensibilă la grăsimi și hidrocarburi; LDPE are proprietăți inferioare HDPE
Aspecte toxicologice	Polietilena cu adaos de antioxidanți (ce nu sunt toxici) nu se folosește pentru a confecționa ambalaje pentru produsele alimentare, în rest materialul nu e periculos.
Polipropilena PP	
Proprietăți	Produs incolor, cristalin, cu densitate de 900 - 910 kg/m ³ și punctul de topire ridicat, cuprins între 165 și 170°C; Mai fragilă decât HDPE; Rezistența la șoc scade în jurul temperaturii de 0°C.
Aspecte toxicologice	Materialul nu este periculos pentru sănătatea omului.
Policlorura de vinil PVC	
Proprietăți	Densitatea de 1400 kg/m ³ , insolubilă în majoritatea solvenților organici; În stare pură este dură, având o rezistență foarte bună la baze, acizi concentrați, la grăsimi și uleiuri; Permeabilitate la gaze mai mică și permeabilitate la vapori de apă mai mare față de poliolefine.
Aspecte toxicologice	Netoxică în stare pură.

Poliacetatul de vinil PAV	
Proprietăți	Sensibil la apă datorită caracterului hidrofil al grupărilor acetil.
Aspecte toxicologice	Netoxic
Polistirenul PS	
Proprietăți	Material complet amorf, cu densitatea de 1 050 kg/m ³ ; Se poate colora foarte ușor și are un miros slab; Rezistență limitată la căldură cuprinsă între 70 și 80° C; Fragilitatea este mai redusă decât sticla; Rezistent la acțiunea bazelor și acizilor.
Aspecte toxicologice	Netoxic
Etilena - acetat de vinil EVA	
Proprietăți	Flexibilitate și duritate bună la temperaturi scăzute; Rezistență mai mică la solvenți; Elasticitatea crește și cristalinitatea scade odată cu creșterea procentului de acetat de vinil, determinând creșterea permeabilității la umiditate, gaze, uleiuri și grăsimi.
Aspecte toxicologice	Material netoxic, folosindu-se mult în industria alimentară.
Poliamide PA	
Proprietăți	Stabilitate termică excelentă, fără miros; Rezistente la acizi diluați și baze, reacționează cu agenții de oxidare și acizii puternici; Când filmul este uscat, permeabilitatea la oxigen și la alte gaze este scăzută; La încălzire trece brusc de la faza solidă la cea lichidă, netrecând printr-o zonă de plasticitate, motiv pentru care prelucrarea sub formă de tuburi sau folii este dificilă.
Aspecte toxicologice	Nu este toxică.
Poliacrilonitril PAN	
Proprietăți	Polimer transparent și amorf; Nu se poate prelucra prin topire; Elasticitate mare, izolație termică bună și o stabilitate bună la lumină; Rezistență bună la o mare varietate de agenți; Se usucă ușor.
Aspecte toxicologice	Monomerul acrilonitril (AN) este carcinogenic.
Acrilonitril butadiena - stiren ABS	
Proprietăți	Sunt dure, rigide, cu o rezistență la întindere, proprietăți chimice, termice și electrice bune; Material opac
Aspecte toxicologice	Nu este toxic – folosit la jucării.
Poliacrilați	
Proprietăți	Masă dură, transparentă care poate fi prelucrată ușor; Solubil în acetonă, esteri, hidrocarburi aromatice clorurate; Rezistent la grăsimi și uleiuri.
Aspecte toxicologice	Netoxic
Policarbonați	
Proprietăți	Material solid amorf cu o rezistență mecanică bună; Nu își modifică proprietățile mecanice în funcție de temperatură, astfel își păstrează stabilitatea dimensională, rigiditatea și duritatea până la 130°C; Nerezistent la amine și baze;

	Permeabilitate ridicată la vapori de apă și gaze; Rezistă la acizii organici diluați și acizii minerali, la soluții de săruri neutre și acide, la uleiuri și grăsimi.
Aspecte toxicologice	Netoxic
Polietilen tereftalat PET	
Proprietăți	Rezistă la acțiunea acizilor și a apei; Sub formă cristalină este opac, iar sub formă amorfă este clar dar nu dur; Sub formă de film are rezistență chimică foarte bună, rezistență la întindere mare;
Aspecte toxicologice	Netoxic
Bachelita	
Proprietăți	Bachelita A la răcire trece într-o masă sticloasă, ușor fuzibilă, galben-brună și solubilă în acetonă, alcool și fenol; Rezistentă la acțiunea grăsimilor și uleiurilor; Bachelita B este termoplastică și nu se dizolvă; Bachelita C este insolubilă, nu se poate prelucra mecanic și termic.
Aspecte toxicologice	Material netoxic.
Siliconi	
Proprietăți	Rezistență la agenții chimici; Tensiune superficială foarte slabă.
Aspecte toxicologice	Netoxici, dar poate apărea o iritație a mucoasei oculare.

1.1.3. Domeniile de aplicabilitate a materialelor polimerice

Datorită proprietăților lor unice amintite mai sus (rezistență mecanică și termică, densitate mică, rezistența la coroziune, conductivitate termică și electrică reduse, prelucrabilitate ușoară) materialele polimerice pot fi utilizate în condiții în care materialele clasice nu fac față. Aceste materiale au rezolvarea unor probleme importante pentru domenii de vârf ale tehnicii: electrotehnică și electrică, în construcțiile aerospațiale. Față de metale, materialele termoplaste sunt mai rezistente la agenții acvatici, atmosferici și chimici, mult mai ușoare și pot egala rezistența mecanică a materialele metalice; sunt la fel de transparente ca sticla, dar incasabile; sunt rezistente la bacterii și umezeală și permit transportul razelor. Mai departe în figura 1.1. se poate observa producția unor materiale polimerice la nivel mondial, iar în figura 1.2. au fost exemplificate câteva utilizări a materialelor polimerice termoplaste în diferite domenii de vârf [5].

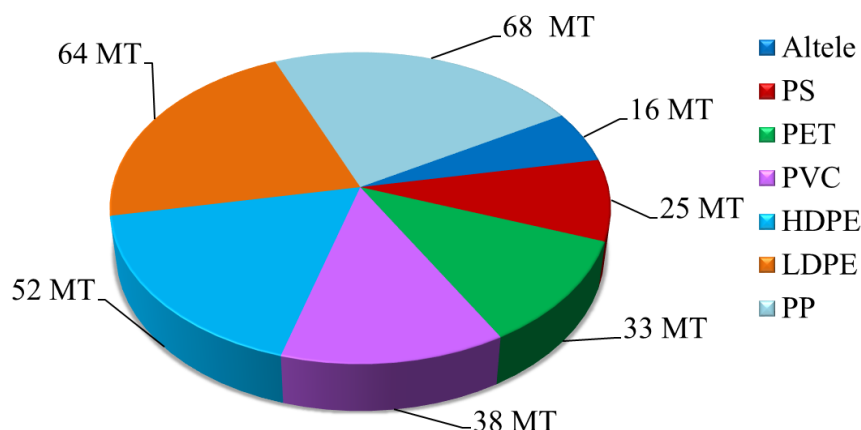


Figura 1.1. Producția diferitelor tipuri de materiale polimerice la nivel mondial [5]

Producția totală de materiale polimerice este de peste 230 milioane de tone pe an și se estimează că va ajunge la 400 de milioane de tone în 2020. Materialele termoplaste reprezintă mai mult de 12% din fluxul de deșeuri solide municipale, având o creștere dramatică din 1960, când materialele plastice reprezentau doar 1% din fluxul deșeurilor [6]. La nivel mondial producția pentru principalele materiale termoplaste este de milioane de tone, observându-se în figura 1.1. că PP – polipropilena este cel mai utilizat material plastic, fiind produse 68 de milioane de tone, din polipropilenă se pot realiza găleți, mânere pentru periute de dinți etc. Mai departe în clasament avem LDPE polietilenă de joasă densitate cu 64 milioane de tone, folosită la fabricarea ambalajelor din plastic și HDPE polietilenă de înaltă densitate cu 52 milioane tone, folosită pentru saci, pentru înălțitor/sticle de șampon. Din PVC policlorură de vinil se fabrică mobilier ușor, jucării și se produce 38 de milioane de tone, PET: polietilen tereftalat este utilizat la fabricarea sticlelor de apă, ulei, iar PS polistirenul la cutii, vase de unică folosință, producându-se 33 respectiv 25 milioane de tone [5], [6].

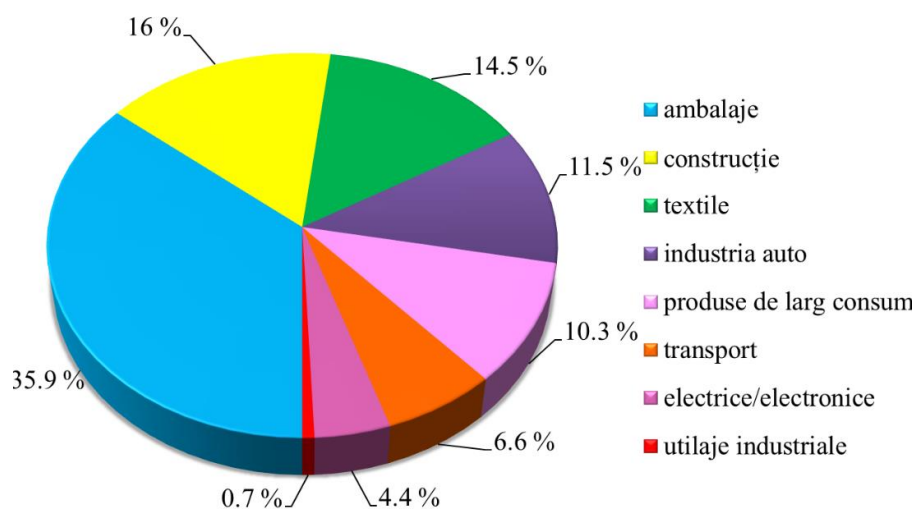


Figura 1.2. Utilizarea materialelor termoplaste [5]

Industria ambalajelor – la nivel mondial peste 30% din producția de materiale termoplaste este utilizată în industria ambalajelor – figura 1.2., care a generat și cea mai mare cantitate de deșeuri plastice. Ambalajele din materiale plastice păstrează calitățile alimentelor și împiedică bacteriile să pătrundă în acestea, polistirenul ajută la menținerea căldurii preparatelor, politetrafluoroetilena denumită și "teflon" face ca mâncarea să nu se lipească de recipient, iar din polietilenă se fac pungă, saci, folii pentru îmbrăcăminte și alimente [7].

Industria chimică – materialele plastice se folosesc la conducte, la piesele componente ale compresoarelor și pompelor ce lucrează în medii corozive [7].

Industria electronică și electrotehnică – această industrie a cunoscut o pondere din ce în ce mai ridicată în utilizarea maselor termoplaste, în special a polimerilor tradiționali cum ar fi: polietilena, polistirenul, policlorura de vinil, dar și a altor mase plastice ca de exemplu policarbonații, poliaceții etc. Polimerii sintetici au proprietăți electroizolante motiv pentru care sunt utilizați pentru izolarea cablurilor electrice, tot din materiale termoplaste sunt confecționate și obiectele de uz casnic, prizele, ștehere, materiale izolante [7].

Industria construcțiilor de mașini – aceasta a înregistrat un ritm foarte ridicat de utilizare a materialelor termoplaste pentru a reduce greutatea autovehiculelor și pentru a scădea consumul de combustibil, principalii polimeri folosiți fiind polimerii sintetici, poliolefinele, policlorura de vinil, iar cu ajutorul acestora sunt realizate pompe, ventilatoare, filtre, recipiente, șuruburi, roți dințate, volane etc. Se estimează că 16% din greutatea unui automobil mediu este reprezentată de componentele sale plastice [7].

Industria aerospațială – pentru a reduce greutatea avioanelor și elicopterelor sunt folosite componente din materiale polimerice. Dea lungul timpului au fost realizate progrese importante cu privire la stabilitatea termică ridicată a polimerilor, astfel politetrafluoretilena (teflonul) poate fi utilizată până la temperaturi aproape de 300°C și a fost folosită pentru realizarea primelor aparate de zbor cu motoare cu reacție, pentru transformatoarele cu funcționare la temperaturi ridicate. Polimerii silico-organici sunt stabili la temperaturi de peste 400-500°C și permit reducerea gabaritului motoarelor electrice, obținându-se economii importante în greutate. În aeronautică este recomandată utilizarea materialelor plastice deoarece acestea pot avea o densitate de 5 – 9 ori mai mică față de cea a metalelor. Pentru vârful de atac al rachetelor și ajutorul prin care ies gazele de combustie la motoare se folosește un strat de polimer fenolic, acesta având un coeficient de dilatare termică mic și o stabilitate termică bună [7].

În agricultură – cea mai mare pondere este deținută de filmele de polietilenă de joasă densitate, care sunt utilizate pentru a menține umiditatea solului și pentru a proteja culturile în solarii și sere [5], [7].

Industria nucleară – datorită rezistenței la compuşii fluorurați agresivi, politetrafluoretilena este utilizată la instalațiile destinate separării izotopice a uraniului, ca element de legătură între conducte și pompe [7].

Materiale de construcție – 16% din producția mondială de materiale polimerice este utilizată în această industrie – figura 1.2. Principalele produse sunt elementele prefabricate cu izolație fonică și termică din spume poliuretanică, profilele din materiale plastice ca înlocuitor a profilelor metalice și a tablelor ondulate, țevi, plăci, acoperișuri, mobilier etc [5], [7].

Industria farmaceutică și medicină – în industria farmaceutică materialele termoplaste sunt folosite pentru realizarea seringilor de unică folosință, capsulelor etc, iar în medicină acestea sunt utilizate pentru: proteze, înlocuirea articulațiilor cartilaginoase, lentile de contact, implanturi dentare, dispozitive pentru căile respiratorii, căile digestive și căile urinare, inimi artificiale, valvule, instrumente chirurgicale etc [7].

Industria textilă – la nivel mondial sunt utilizate 14,5% materiale termoplaste în această industrie – figura 1.2, conform statisticilor în prezent cumpărăm cu 60% mai multe haine decât în urmă cu 15 ani și le păstrăm o perioadă mai scurtă [7].

1.2. Reciclarea materialelor polimerice

1.2.1. Degradarea polimerilor

Materialele polimerice au un impact semnificativ asupra mediului nu doar la sfârșitul vieții produsului dar și de-a lungul ciclului lor de viață, generând deșeuri solide care ajung la gropile de gunoi și epuizând resursele naturale în mod direct. Majoritatea produselor pe bază de polimeri nu au un ciclu de viață de utilizare fără sfârșit, la un moment dat vor deveni deșeuri pe bază de plastic. Având în vedere că majoritatea polimerilor au o stabilitate chimică extraordinară, odată ce durata lor de utilizare ajunge la final, produsele realizate din aceste materiale devin deșeuri care afectează în mod negativ mediul, excepție fac cazurile în care acest lucru este folosit în beneficiul omului, iar aceste deșeuri sunt reciclate pentru a fi reutilizate în alte aplicații, astfel stabilitatea chimică ridicată care e considerată un aspect negativ pentru mediu este transformată într-un aspect pozitiv pentru produsul nou [7].

Degradarea polimerilor reprezintă totalitatea proceselor, reacțiilor și modificărilor care au loc în proprietățile, morfologia și structura chimică a acestora, sub acțiunea unor agenți degradativi. În urma procesului de degradare rezultă produși ce își mențin caracterul macromolecular dar își modifică proprietățile chimice și fizice. După o perioadă de timp, numită și perioada de inducție apar efectele degradării ce constau în modificarea proprietăților macroscopice, iar la final fiind urmată de dezintegrare. Timpul de viață al materialului coincide cu perioada de inducție, reprezentând timpul scurs până se pierde 50% din proprietățile inițiale. Acțiunea combinată a mai multor agenți de stres duce la creșterea vitezei de îmbătrânire prin urmare și timpul de viață este mai scurt. Atunci când se evaluează gradul de degradare un factor important este structura chimică a polimerilor. Degradarea polimerilor este influențată de factorii următori: căldura, lumina (energia

radiațiilor ultraviolete poate să rupă legăturile chimice), umiditatea și oxigenul (poate cauza degradarea chimică prin hidroliză și prin oxidare), expunerea la gaze agresive precum ozonul și dioxidul de sulf (poate cauza degradarea chimică prin sulfatare și prin oxonoliză) și organismele bio-active (polimerii naturali sunt biodegradabili prin urmare sensibili la atacul fungic, iar polimerii sintetici nu sunt biodegradabili). După factorul care le determină procesele de degradare pot fi: degradare termică, biologică, oxidativă, hidrolitică, fotolitică. Formarea produșilor de degradare depinde de tipul aditivului prezent în material, tipul polimerului și mecanismul de dezintegrare [7].

Importanța mecanismului de degradare [3]:

- prevenirea compușilor ce se formează în urma degradării și pot polua mediul;
- prevenirea compușilor ce se formează în urma degradării și pot modifica proprietățile materialului de bază:
 - modificarea culorii și a luciului – decolorare și matizare;
 - modificarea formei – deformare;
 - modificarea transparenței – opacizare;
 - modificarea conductibilității electrice – pierderea capacității izolatoare;
 - modificarea rezistenței mecanice – rigidizare.

Mecanismul de degradare este influențat de factorii următori [3]:

- tipul polimerului;
- caracteristicile fizice ale materialului;
- factorii de mediu în care materialele sunt folosite.

Consecințele degradării polimerilor [3]:

- reducerea rezistenței la tracțiune odată cu descreșterea gradului de polimerizare;
- rigidizarea polimerilor datorată reticulărilor secundare;
- îngălbenirea polimerilor datorată formării structurilor cu legături duble conjugate;
- transparență diminuată ca urmare a scăderii gradului de cristalinitate.

Depolimerizarea: este un mecanism al radicalilor liberi în care polimerul este degradat la monomer sau copolimer. Formarea radicalilor liberi pe coloana vertebrală a polimerului determină ca acesta să fie supus unei scindări pentru a forma molecule mici nesaturate și să se propageze la radicalul liber pe coloana vertebrală a polimerului [3].

Polimerii pot fi stabiliizați sau destabilizați cu ajutorul aditivilor, aceștia fiind substanțe adăugate în materialul plastic cu scopul de a se obține un efect tehnic favorabil polimerizării. Aditivii pot fi de proces – aceștia îmbunătățesc procesabilitatea polimerului, aditivi antioxidanți – reduc oxidarea, materiale anorganice de umplură – au rolul de a reduce cantitatea de polimer, modificatori de impact – fibrele cresc rezistența la impact, compatibilizatori – aceștia îmbunătățesc amestecarea polimerilor, agenți ignifuganți – care au rolul de a inhiba arderea [3].

1.2.2. Gestionarea deșeurilor polimerice

În viața modernă o problemă substanțială este managementul deșeurilor plastice. Începând cu mijlocul anilor 1980, utilizarea crescută a materialelor plastice, împreună cu preocupările crescânde legate de eliminarea deșeurilor de materiale plastice, au condus la un interes sporit față de reciclare. Deși majoritatea materialelor termoplaste ard curat în sistemele de incinerare proiectate și funcționale, publicul asociază arderea materialelor plastice cu poluarea. Reciclarea, în schimb, este, în general, considerată pozitivă [8].

Primele eforturi majore de reciclare a materialelor termoplaste, la mijlocul anilor 1970, au fost alimentate de creșterea prețurilor petrolului. Pentru ca orice sistem de reciclare să aibă succes, materialul care trebuie reciclat trebuie colectat, transformat în forme utile și utilizat în produse, toate într-un mod viabil din punct de vedere economic. Succesul programelor de reciclare se măsoară în mod obișnuit în două moduri: *rata de participare*, procentul de persoane sau de familii care recurg la reciclarea unei baze brute și *rata de deviere*, adică procentul din materialul colectat pentru reciclare. Odată ce materialele termoplaste au fost colectate pentru reciclare, ele trebuie transformate într-o formă utilizabilă. Obiectivele majore sunt separarea materialelor plastice de contaminanții neplastici. Dacă materialele termoplaste colectate sunt amestecate cu alte materiale

reciclabile, prima etapă este separarea materialelor de diferite tipuri. Sortarea materialelor termoplaste pe tipuri de rășini și culori oferă posibilitatea de a îmbunătăți semnificativ valoarea materialului [8].

Producția în masă și utilizarea polimerilor au condus, de asemenea, la cantități masive de deșeuri polimerice în ultimii 60 de ani. Cele mai multe tipuri de polimeri nu sunt ecologici și nu se degradează în mod natural, în consecință, cantități considerabile de deșeuri polimerice se adună în gropile de gunoi și ca deșeuri în mediul natural, cauzând daune mediului. În timp ce reciclarea polimerilor puri a fost implementată cu succes în întreaga lume, reciclarea tuturor tipurilor de compozite polimerice rămâne o mare provocare. Deoarece compozitele polimerice reprezintă un sistem mai complex decât un polimer net, procesele de reciclare care implică compozite sunt, de asemenea, complexe. Există o serie de strategii reușite de gestionare a deșeurilor, cum ar fi gropile de gunoi, reutilizarea și reciclarea, care au fost deja implementate pentru reciclarea și reutilizarea resturilor [8].

Eliminarea deșeurilor polimerice prin gropile de gunoi poate duce la contaminarea apei și a solului pe termen lung datorită diferiților aditivi dăunători și produselor secundare de degradare din materialele termoplaste. Un alt aspect important care trebuie luat în considerare este durabilitatea, deoarece materialele termoplaste se biodegradează destul de lent [8].

Reutilizarea materialelor compozite din materiale poluate este cea mai simplă cale de a recicla, fără a utiliza prea multă energie sau bani. Această metodă implică utilizarea materialelor utilizate în același tip de aplicare sau în alte aplicații fără a se schimba mult fizic sau chimic. De exemplu, sticlele și recipientele din sticlă utilizate pentru umplerea laptelui, a apei și a băuturilor sunt trimise înapoi pentru spălare, curățare și reutilizare în cadrul aceleiași aplicații. Reutilizarea este considerată cea mai bună formă de reciclare și are o serie de avantaje, inclusiv faptul că refolosirea împiedică mărfurile și materialele să intre în fluxul de deșeuri; conservă energia care a fost inițial utilizată în fabricarea produsului; reduce utilizarea combustibilului, a pădurilor și a aprovizionării cu apă; contribuie la protejarea habitatelor faunei sălbatice și reduce poluarea aerului și a apei cu alte deșeuri periculoase rezultate din fabricarea unui nou obiect sau reciclarea acestuia. Tehnicile de reutilizare nu sunt practicate pe scară largă pentru compozitele polimerice, deoarece aceste produse sunt în mod obișnuit aruncate după prima lor utilizare din cauza problemelor de siguranță și de igienă, în special în ceea ce privește ambalarea produselor alimentare [9].

Motive pentru care materialele termoplaste ar trebui reciclate [10], [11]:

- se economisesc resurse naturale – producția materialelor termoplaste utilizează un procent semnificativ din producția de petrol a globului;
- se reduce consumul de energie – o singură sticlă de plastic reciclată ajută la salvarea energiei ce ar putea să țină un bec aprins timp de 6 ore;
- se reduce cantitatea de gunoi ajunsă în gropile de gunoi;
- se reduc emisiile de substanțe chimice nocive.

Etapele gestionării deșeurilor din materiale termoplaste [7], [11]:

A. Colectarea deșeurilor din materiale termoplaste și stocarea temporară a acestora

Colectarea înseamnă strângerea, sortarea, depozitarea temporară a deșeurilor plastice, urmând apoi a fi transportate. În gestionarea deșeurilor prima etapă este colectarea separată a materialelor plastice rezultate din activități industriale și umane. Aceste deșeuri trebuie să fie colectate selectiv în pubele, apoi puse în containere depozitate în spații special amenajate și la urmă evacuate periodic [7], [11].

Deșeurile aduse în unitățile de procesare sunt contaminate cu materiale străine care uzează granulatorii și alte echipamente utilizate la sortarea și reciclarea materialelor plastice. Centrele de colectare pot asigura o balotare și o compactare a deșeurilor plastice pentru a reduce costurile de transport. De asemenea, aceste centre mai pot oferi și o sortare în funcție de cerințele cerute de unitățile de procesare și o balotare și compactare a deșeurilor gata sortate. Evoluția pietei de desfacere a obiectelor din materiale plastice ajută la dezvoltarea prelucrărilor menționate anterior. Produsele obținute din plastic reciclat au costul de fabricație mai ieftin decât cele realizate din materie primă [7], [11].

Compactarea deșeurilor este realizată pentru a reduce volumul de deșeuri, pentru a fi transportate și stocate mai eficient, reducându-se costurile de transport și dimensiunile necesare pentru spațiul de stocare. Pentru deșeurile din ambalaje din plastic se pot folosi mașini de presare, dar înainte se vor găuri deșeurile sau se va îndepărta dopul pentru a se elimina lichidul sau deșeul. Se mai pot folosi tamburii cu țepi, aceștia perforază deșeurile și ușurează compactarea lor [7], [11].

Sortarea este procesul în care se separă și se clasează deșeurile în funcție de diferențele dintre caracteristicile lor fizice. Sortarea materialelor termoplastice poate să se facă în funcție de tipul polimerului (termoplastic sau termorigid), în funcție de produs (foi de plastic, sticle), de culoare, etc. Există mai multe *metode de sortare* și anume sortare dimensională, densimetrică, optică, magnetică și manuală [7], [11].

La sortarea densimetrică se folosește instalația de aspirare, în care componentele ușoare din deșeurile plastice, care pot fi bucăți de hârtie, bucăți de plastic, pungi de plastic etc, sunt aspirate de pe o sită cu vibrație sau de pe o bandă transportoare, iar apoi eliminate printr-un ciclon [7], [11].

La sortarea optică materialele sunt valorificate în funcție de culori, cu ajutorul echipamentelor cu infraroșu sortarea se poate face și în funcție de tipul materialului din care este confecționat. Cu ajutorul acestor echipamente este realizată forma curbei caracteristice fiecărui tip de material termoplastic, sunt evaluate cu ajutorul unui program, iar apoi se activează mecanismul de comandă al clapelor de evacuare, astfel vor fi eliminate din circuit deșeurile ale căror curbe nu sunt recunoscute.

Prin separarea electrostatică poate fi separat cauciucul de PVC, acesta putând fi reutilizat în domenii mai puțin pretențioase. Acest tip de separare fi aplicată atunci când la intervale de timp diferite materialele încărcate electrostatic cedează sarcinile cu care sunt încărcate [7], [11].



a.



b.



c.

Figura 1.3. Echipamente și instalații pentru sortarea materialelor termoplastice:
a. Pubele pentru colectarea deșeurilor; b. Sortarea manuală; c. Mecanism de sortare optică¹

¹ Preluat din <https://jurnalulverde.info/>

„Societatea Industriei de Materiale Plastice,, din SUA, în anul 1988 a stabilit un sistem de codare pentru materialele termoplastice, ce a rămas și astăzi în vigoare. El a fost menit să ușureze diferențierea diferitelor tipuri de materiale termoplastice de către consumatori și reciclatori. Sistemul cuprinde numere de la 1 la 7 și poate fi observat în figura 1.4. și în tabelul 1.3. [10].



Figura 1.4. Codurile de reciclare a celor mai întâlniți polimeri ²

Tabelul 1.3.

Codurile de reciclare și rata de reciclare a materialelor termoplastice [10]:

Cod reciclare	Nume	Rata reciclare	Utilizare generală după reciclare
1	PET: polietilen tereftalat	27%	Covoare, îmbrăcăminte, sticle de sifon
2	HDPE: polietilenă de înaltă densitate	31%	Bănci de parc, cutii, țevi
3	PVC: clorură de polivinil	3%	Bunuri de uz casnic, umerase
4	LDPE: polietilenă de joasă densitate	7%	Saci de gunoi
5	PP: polipropilenă	18%	Cutii de vopsea, mânere pentru periute de dinți
6	PS: polistiren	2%	Rame de poze, ghivece de flori, obiecte staționare
7	Altele (excepție 1-6). PC: policarbonat, PU: poliuretan	2%	Piese auto, piese electronice

Tipul 1 – PET este cel mai ușor material termoplastic de reciclat, acesta odată processat poate să devină fibră sintetică folosită la hainele de iarnă, veste de salvare, saci de dormit, bare de mașină, casete, sfoară etc. Din cauza nivelului scăzut de reciclabilitate materialele termoplastice care se reciclează mai rar sunt cele de tipul 3, 4, 5, iar cel mai dificil de reciclat sunt cele de tipul 7, acestea fiind făcute dintr-o combinație a celor de tip 1-6 sau din formule de plastic rar folosite, motiv pentru care acestea pot fi returnate producătorilor pentru a nu se umple gropile de gunoi [7], [11].

B. Măcinarea deșeurilor termoplastice

Mărunțirea materialelor termoplastice solide se realizează prin operații tehnologice de tăiere, granulare, concasare și măcinare. Tăierea este operația de desprindere sau detașare a unei porțiuni dintr-un material prin forfecare, despicare, strivire locală, sau așchiere. Granularea este operația de sfărâmare în care materialul dur este transformat în bucăți mărunte cu forme geometrice rotunjite.

² Preluat din <http://www.polimeri.ro/>

Concasarea este operația în care materialul dur sfărâmițat cu ajutorul concasoarelor în bucăți mici. Măcinarea este o operație de mărunțire fină a materialelor, efectuată cu ajutorul morilor cu cicloane[7].

Curățarea se poate realiza cu sau fără apă, purificarea fiind mecanică, iar spălarea în tamburi speciali. Prin purificarea mecanică a deșeurilor plastice se îndepărtează deșeurilor de carton, hârtie și alte reziduuri fără apă. Pentru eliminarea conținutului rămas în ambalajele colectate, acestea sunt presate mai apoi tocate sub formă de fulgi, iar materialul rezultat din tocare este supus unor acțiuni și deformări într-o centrifugă. În urma centrifugării hârtia este descompusă în celuloză, iar celelalte reziduuri aderente aluminiului și gulșilor de plastic sunt îndepărtate pneumatic și mecanic. Impuritățile sunt împinse printr-o sită de jeturi de aer aflate sub forțe mecanice ridicate. Absorbția umidității și a grăsimilor este realizată cu ajutorul hârtiei, iar materialul obținut în urma procesului de purificare mecanică are o calitate ridicată [7].

1.2.3. Procedee de reciclare

Principalul scop al reciclării este acela de reducere a cantității de deșuri prin reintroducerea în circuitul economico-industrial al materialelor termoplastice reciclate și utilizarea în alte domenii a materiilor prime din care sunt realizate produsele din mase termoplastice. Majoritatea materialelor polimerice aruncate sunt incinerate (pentru a produce energie) sau sunt depozitate în gropile de gunoi. Aceste metode de eliminare necesită un cost ridicat social și de mediu, datorită emisiei de gaze toxice și de gaze cu efect de seră care pot dăuna sănătății umane, speciilor sălbatice și speciilor marine [12].

Reciclarea materialelor termoplastice se dezvoltă constant și se realizează în multe țări, însă există probleme tehnice, structurale și economice de depășit. Deși unele mase plastice par a fi identice, de fapt sunt materiale diferite ce au o structură moleculară diferită, reciclarea lor depinzând de procesul de separare; aceasta poate fi realizată eficient în fabrici în care materialele reciclabile obținute în procesul de producție sunt ușor de separat [12].

Reciclarea deșeurilor de ambalaje și a produselor uzate plastice are un rol important în conservarea resurselor de petrol. Colectarea deșeurilor de ambalaje din plastic trebuie făcută separat în containere și conform legislației, se pot amesteca doar cu deșuri de ambalaje metalice [12].

După ce au fost colectate, separate și compactate, deșeurile de ambalaje plastice sunt transportate pentru a fi procesate și reciclate. Acestea urmând să fie sortate pe compoziții și culori, iar apoi măcinate, spălate, uscate și transformate în granule sau fulgi. Tehnicile utilizate pentru curățare și sortare depind de tipul de deșuri colectate și amploarea operațiunii [12].

Problemele întâlnite în reciclarea polimerilor sunt [12]:

1. structura polimerului se degradează după mai multe cicluri de prelucrare;
2. sortarea – tipul de material plastic se determină printr-un sistem de codificare numerică care se găsește la baza ambalajelor plastice;
3. costul colectării, separării și sortării deșeurilor plastice;
4. dacă s-au folosit cantități mari de aditivi în polimer, atunci energia necesară purificării polimerului este mult mai mare decât energia necesară producerii materialului plastic din țitei;
5. termorigidele sunt mai dificil de reciclat.

Utilizarea materialelor termoplastice întâmpină probleme de contaminare, separare și identificare. Unde sunt cantități suficiente de materiale reciclabile clasificabile, spre exemplu ambalaje de saci sau paleți utilizați în agricultură sau industrie, reciclarea este realizată cu succes. Produsele din plastic ce provin din calculatoare și dintr-o gamă largă de echipamente electronice similare sunt foarte solicitate [12], [13].

O problemă întâlnită la reciclarea unor materiale termoplastice este incompatibilitatea polimerilor. Introducerea "compatibilizatorilor" facilitează utilizarea de combinații, aceștia ajută la crearea stabilității polimerice între legăturile dintre structura diferită a moleculelor. Compatibilizatorii ajută la producerea unui tip de aliaje din material termoplastic din materiale ce au o calitate inferioară [12].

Rata de reciclare a diferitelor tipuri de plastic variază semnificativ, ceea ce duce la o rată globală de reciclare de numai 8%. Există câteva probleme principale pentru reciclarea polimerului, cum ar fi separarea. De exemplu, sticlele din PVC sunt greu identificate de cele din PET. Pentru ușurarea separării, majoritatea producătorilor determină tipul de materiale plastice prin sistemul de codificare numerică creat de „Societatea Industriei Plastice”, în anii 1980. Codurile de identificare pot fi găsite la baza celor mai multe ambalaje din plastic. Cu toate acestea țevile, jucăriile și o multitudine de alte produse nu se încadrează în sistemul de numerotare. Mai mult decât atât, după mai multe cicluri de prelucrare, structura polimerului este degradată, iar proprietățile mecanice ale acestuia devin mai slabe decât a unui polimer virgin. Pentru a depăși aceste limitări cea mai ușoară cale de a recicla plasticul rezidual este dezvoltarea amestecurilor și compozitelor [13].

Majoritatea materialelor termoplastice aruncate sunt incinerate (pentru a produce energie) sau sunt depozitate în gropile de gunoi. Aceste metode de eliminare necesită un cost ridicat social și de mediu, datorită emisiei de gaze toxice și de gaze cu efect de seră care pot dăuna sănătății umane, speciilor sălbatice și speciilor marine [13].

Există trei tipuri de procedee de reciclare, acestea fiind trecute în figura 1.5., în tabelul 1.4 sunt exemplificați termenii echivalenți pentru aceste procedee, în sistemul american ASTM D5033, cel european ISO 15270, dar și alți termeni [14].

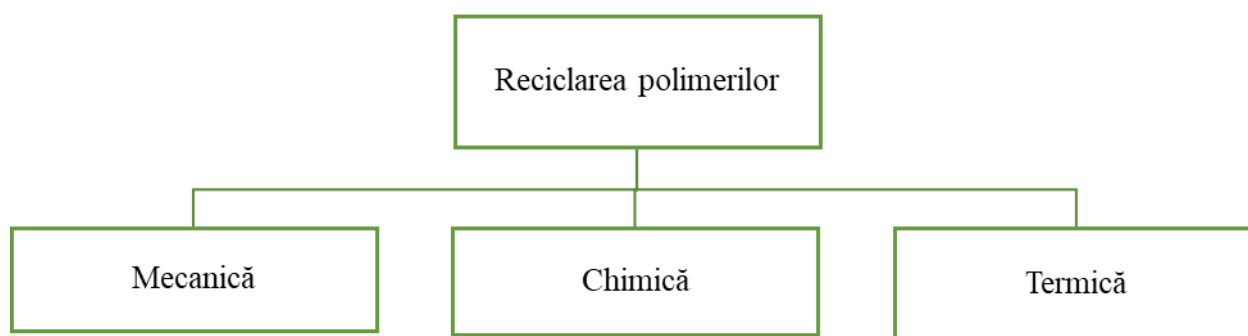


Figura 1.5. Procese de reciclare

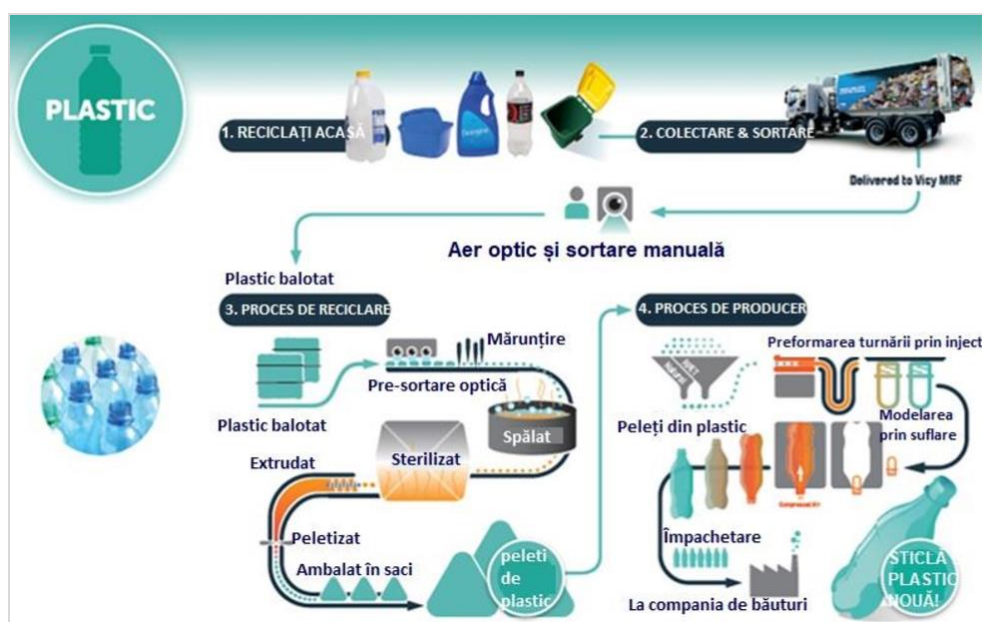


Figura 1.6. Ciclul de viață al unui polimer supus procedurii de reciclare mecanică³

³ Preluat din <https://advances.sciencemag.org/>

Ciclul de viață al unui polimer reciclat mecanic – figura 1.6. are următorii pași: produsul trebuie reciclat de către consumatori, colectat și sortat prin diferite metode și balotat. După balotare acestea vor trece printr-un proces de reciclare care include o pre-sortare, mărunțire, spălare, sterilizare, apoi este extrudat, peletizat și ambalat. După procesul de reciclare urmează procesul de producere în care peleții din plasticul reciclat sunt transformați într-un nou produs [14].

Tabelul 1.4.

Termeni echivalenți pentru procesele de reciclare [14]

ASTM D5033	ISO 15270	Alți termeni echivalenți
Reciclarea primară	Reciclarea mecanică	Reciclare în buclă închisă
Reciclarea secundară	Reciclarea mecanică	Declasare/Casare
Reciclarea terțiară	Reciclarea chimică	Reciclarea materiilor prime
Reciclare cuaternară	Recuperarea energiei	Valorificare

Reciclarea mecanică poate fi viabilă din punct de vedere economic, deși are unele neajunsuri, cum ar fi materialele plastice post-consum trebuie să fie relativ curate, tehnologia de separare trebuie să fie eficientă pentru a se obține rășină pură și un proces intens de muncă. Acest tip de reciclare este relativ ieftin și cel mai simplu și presupune etapele următoare [14]:

- separarea și sortarea – separarea deșeurilor se face pe categorii de polimeri, în separatoare ciclonice;
- tăierea și tocarea – cu ajutorul foarfecelor deșeurile din plastic sunt tăiate, iar apoi tocate în fulgi pentru a se prelucra ulterior;
- spălarea și uscarea – fulgii de materiale plastice sunt separați în funcție de densitate, urmând a fi spălați cu apă și substanțe de curățare, cum este detergentul și uscați;
- extrudarea – fulgii de material polimeric sunt introduși în extrudere, dacă acestea sunt încălzite, atunci are loc topirea și transformarea lor în produs polimeric continuu (fire);
- peletizare – firele rezultate la extrudare sunt răcite cu apă și taiate în pelete/granule, pentru a se utiliza la fabricarea de noi produse polimerice.

Cea mai simplă și mai curată procedură de reciclare a polimerilor este procesul de **reciclare mecanică primară**, care se aplică pe piese curate (turnate prin injecție) din polimeri termoplastici și necesită în primul rând dezintegrarea piesei originale (frezare, șlefuire sau sfărâmare) și apoi extrudare, pentru a pregăti materialul să fie utilizat din nou. Acest polimer reciclat are de obicei aproape aceleași proprietăți și poate fi adăugat la polimeri virgini pentru a obține noi produse. Această metodă are dezavantaje legate de costurile ridicate de colectare, sortare și curățare, motiv pentru care reciclarea mecanică nu este întotdeauna eficientă din punct de vedere economic, produsele care pot fi reciclate mecanic sunt recipientele colorate sau transparente de HDPE și de PET și deșeuri de PVC [14], [15].

Procesul de **reciclare mecanică secundară** este destul de complex și depinde de disponibilitatea deșeurilor termoplastice. Sunt necesare etapele de colectare, transport, separare, curățare, șlefuire și depozitare înainte de re prelucrarea polimerilor. La această metodă se utilizează deșeurile amestecate cu materialele termoplastice virgine, obținându-se astfel un produs de tip sandwich, în care materialul reciclat este în totalitate acoperit de materialul nou. Ea se aplică doar dacă aspectul materialului reciclat sau impuritățile nu sunt importante pentru produsul rezultat. Unele dezbinări ale lanțurilor pot să apară în polimer în timpul re integrării, în funcție de structura sa chimică. Încălzirea, prezența apei sau a agenților chimici eliberați în urma degradării pot duce la scăderea masei moleculare, afectând în principal performanța mecanică [14], [15].

O altă opțiune de reciclare a polimerului se numește **reciclare terțiară**, cunoscută și sub denumirea de reciclare chimică și se bazează pe procese chimice în care polimerul este transformat în elementele sale constitutive – monomeri, aceștia fiind utilizați ca materie primă pentru fabricarea unui nou polimer, procesul chimic este cunoscut drept depolimerizare. Față de reciclarea mecanică cea chimică necesită costuri mai mari, dar produsele obținute au proprietăți asemănătoare cu cele originale [14], [15]. Metode chimice de reciclare [15]:

1. Piroliza – în absența oxigenului polimerii se descompun termo-chimic;
2. Hidroliza – în prezența apei și altor reactivi polimerii se descompun chimic – prin această metodă PET (polietilen - tereftalatul) poate fi transformat în dimetil tereftalat și etilen glicol, materia primă utilizată în producția de PET;
3. Hidrogenarea – deșeurile polimerice reactionează cu hidrogenul (H₂);
4. Gazeificarea – deșeurile polimerice sunt transformate, la temperaturi de peste 10000°C, într-un amestec de hidrogen (H₂) și monoxid de carbon (CO), această metodă are loc în prezența anumitor substanțe.

Ultimul tip de recuperare a polimerului este denumit **reciclare cuaternară** sau recuperare energetică și este, în principiu, incinerarea deșeurilor polimerice. Conceptul acestui proces este transformarea energiei existente în polimer în alte forme de energie (căldură, energie electrică) și, de asemenea, reducerea volumului de deșeurii plastice. Este potrivit pentru deșeurile polimerice eterogene și la polimerii îmbibați cu substanțe chimice toxice, contagioase și periculoase [14], [15].

1.2.4. Optimizarea aspectelor economice și a calității reciclării materialelor polimerice

Un management ecologic de lungă durată constă în compatibilitatea economică, ecologică și socială, astfel investiția care se face asupra deșeurilor plastice este avantajoasă din punct de vedere economic, ecologic și social [10].

Din punct de vedere economic [10]:

- se pot diminua cantitățile de deșeurii plastice depozitate recuperând deșeurilor valorificabile;
- prin recuperarea deșeurilor plastice valorificabile se poate reduce și taxa de salubritate în funcție de cantitatea deșeurilor diminuate;
- reducând nivelul taxei sunt aduse venituri beneficiarului;
- cantitățile de gaz metan extrase pot fi folosite pe viitor, după ce au fost tratate în prealabil, în scopuri energetice.

Din punct de vedere ecologic [10]:

- se micșorează efectele negative asupra calității solului, apei și aerului;
- se elimină inconfortul creat cetățenilor;
- se micșorează răspândirea haotică a deșeurilor plastice.

Din punct de vedere social [10]:

- sunt create locuri noi de muncă;
- este îmbunătățită calitatea serviciilor de salubritate;
- taxa de habitat este redusă.

Producerea deșeurilor de materiale plastice poate fi evitată dacă [10]:

- se folosește o sacoșă reutilizabilă în locul celor din material termoplastice;
- se renunță la folosirea paielor de plastic pentru băuturi;
- nu se folosesc tacâmuri de plastic;
- în locul produselor cu ambalaje din plastic se cumpără produse ambalate în cutii reciclabile, spre exemplu detergentul;
- se cumpără produse vrac și se refolosesc cât mai mult recipientele reutilizabile;
- se folosesc brichetele reîncărcabile din metal în defavoarea celor din plastic;
- renunțați la gumă – aceasta inițial a fost obținută din cauciuc natural, dar odată cu apariția cauciucului sintetic, acetatului de polivinil și polietilenei, cauciucul natural din gumă a fost înlocuit. Acetatul de polivinil este fabricat cu ajutorul acetatului de vinil, produs chimic care poate provoca tumori șobolanilor de laborator;
- se aleg produse ambalate în recipiente reutilizabile din sticlă.

Cei doi factori economici cheie care influențează viabilitatea reciclării polimerilor sunt prețul polimerului reciclat în comparație cu cel al polimerului virgin și costul reciclării comparativ cu costul formelor alternative de eliminare acceptabile. Costurile de depozitare a deșeurilor variază considerabil între regiuni în funcție de geologia și modul de utilizare a terenurilor și pot influența

viabilitatea reciclării ca o cale alternativă de eliminare, în Japonia, de exemplu, săpăturile care sunt necesare pentru depozitarea deșeurilor sunt scumpe datorită caracterului dur al pietrei vulcanice. Prețul plasticului virgin este influențat de prețul petrolului, care este principala materie primă pentru producția de plastic. Prețul petrolului a crescut semnificativ în ultimii ani, de la aproximativ 25 USD/baril până la o bandă de prețuri cuprinsă între 50 și 150 USD începând din 2005. Astfel, deși prețurile ridicate ale petrolului măresc și într-o oarecare măsură costul colectării și reprelucrării, reciclarea a devenit relativ mai atractivă din punct de vedere financiar [15].

Promovarea reciclării materialelor termoplaste poate să aducă beneficii semnificative pentru mediu și economie. Pentru atingerea unor grade ridicate de reciclare a polimerilor este necesar să se îmbunătățească modul în care sunt produse materialele termoplaste. Este necesară și o cooperare din partea industriei, producătorilor, prelucrătorilor de materiale termoplaste, întreprinderilor publice și private de gestionare a deșeurilor. Aceștia trebuie să colaboreze la [10], [15].

- sprijinirea inovării și îmbunătățirea concepției pentru a face ca materialele termoplaste și produsele din plastic să fie mai ușor de reciclat;
- îmbunătățirea și extinderea colectării selective și sortării deșeurilor plastice, pentru a îmbunătății procesul de reciclare;
- crearea piețelor viabile pentru materialele plastice regenerabile și reciclate.

În zilele noastre în UE, ambalajele din materiale plastice reprezintă aproximativ 60% din deșeurile de plastic „post-consum”, iar proiectarea produsului este un element cheie pentru a îmbunătăți gradul de reciclare, îmbunătățirile aduse de proiectare ar putea să reducă la jumătate costurile de reciclare a deșeurilor provenite de la ambalaje [11].

În 2018 conform figurii 1.7. ratele de reciclare a ambalajelor din plastic în Europa au fost de peste 45% în țări precum Germania, Suedia și Spania, între 40 și 45% în Marea Britanie, Finlanda, Portugalia și Italia, între 30 și 40% în România, Bulgaria, Polonia și mai puțin de 30% în Grecia, Ungaria. S-a propus obiectivul ca, până în anul 2025 în UE, cel puțin 55% din ambalajele provenite de la materialele plastice să fie reciclate. Pentru atingerea unor grade ridicate de reciclare de o calitate superioară, aspectele legate de proiectare trebuie abordate mai sistematic [11].

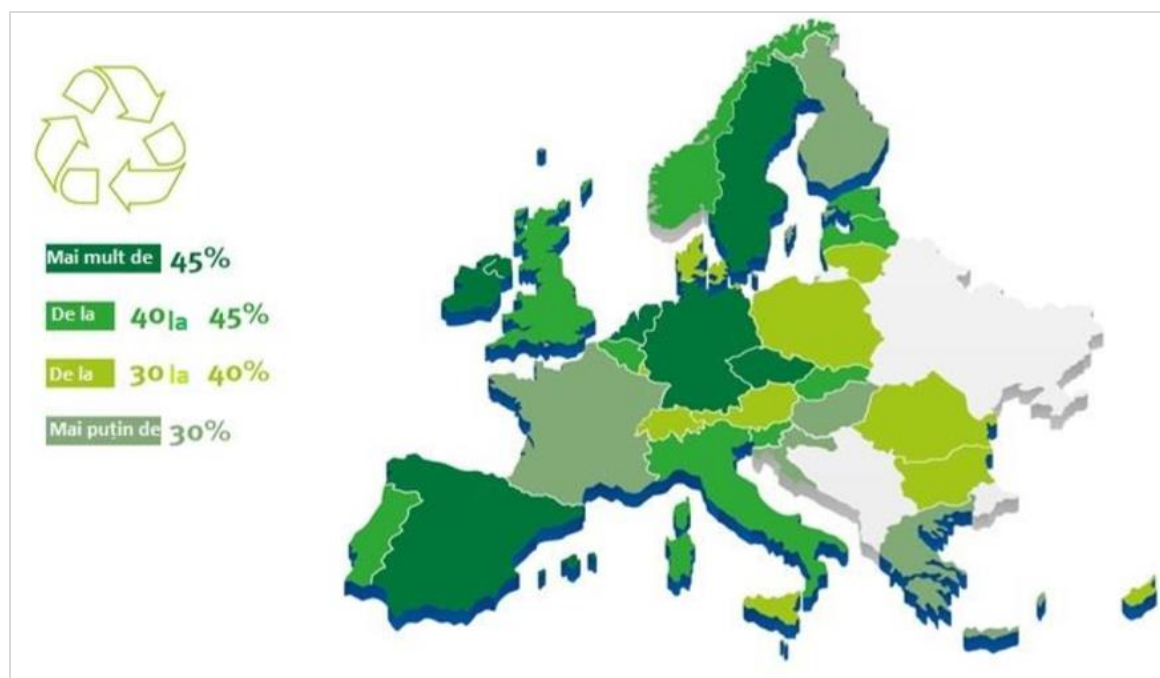


Figura 1.7. Ratele de reciclare a ambalajelor din plastic în Europa conform plasticseurope ⁴

⁴ Preluat din <https://www.plasticseurope.org/>

În sectoarele autovehiculelor, produselor electronice, mobilei și construcțiilor se utilizează foarte mult materialele termoplaste și sunt o sursă importantă de astfel de deșeuri care ar putea fi reciclate. În aceste domenii, lipsa informațiilor privind posibila prezență a produselor chimice poate să creeze un obstacol semnificativ pentru realizarea unor rate mai ridicate de reciclare. Pentru a se depista mai ușor produsele chimice în fluxurile reciclate, comisia europeană care se ocupă cu aceste aspecte propune să se accelereze eforturile de identificare a unor modalități mai eficiente în depistarea acestora. Obiectivul fiind facilitarea prelucrării sau eliminarea substanțelor chimice în timpul reciclării, asigurându-se un nivel mai ridicat de protecție a mediului și sănătății [11].

Un alt obstacol major întâlnit este cererea redusă a materialelor termoplaste reciclate. În UE, utilizarea în produse noi a materialelor termoplaste reciclate este scăzută și este limitată la aplicații cu valoare mică sau de nișă. Dezvoltările recente din comerțul internațional, restrâng rutele de export principale pentru deșeurile de materiale plastice colectate pentru reciclare, fac ca dezvoltarea pieței europene pentru materialele plastice reciclate să fie mai urgentă [11].

Un motiv pentru care rata de utilizare a materialelor termoplaste reciclate este scăzută îl reprezintă ezitarea multor producători și mărci de produse, care se tem că materialele termoplaste reciclate nu o să corespundă cu nevoile lor de furnizare de materiale fiabile și cu specificațiile de calitate constante. În general materialele plastice sunt reciclate de instalații mici, de cele mai multe ori regionale, trecerea la o scară mai largă și la o standardizare mai mare ar contribui la funcționarea mai bună a pieței [11].

Experiența tehnologică a producătorilor de materiale termoplaste din industria chimică poate să contribuie la atingerea unor standarde de calitate superioară. Exemple bune de parteneriate comerciale între întreprinderi și producători de reciclare a materialelor plastice sunt în domeniul autovehiculelor, în care s-a demonstrat că aspectele legate de calitate și cantitate se pot depăși dacă se fac investițiile necesare [10], [11].

Pentru a se lua în considerare posibilitatea unor inițiative legislative, comisia propune o campanie în care, până în 2025, firmele din domeniu se angajează ca zece milioane de tone de plastic reciclat să se găsească în noile produse de pe piața UE. Pentru a se obține rezultate rapide, această campanie este adresată atât firmelor publice cât și celor private, aceștia a trebuit să prezinte oferte concrete până în iunie 2018 [10], [11], [15].

Alt motiv care ține pe loc o reciclare mai performantă îl reprezintă calitatea și volumele insuficiente ale colectării selective și sortării, fiind esențiale pentru a nu se contamina fluxurile de reciclare și pentru a se menține standarde ridicate de siguranță pentru materialele reciclate. Un factor esențial în asigurarea unei colectări selective de calitate și sensibilizarea opiniei publice cu privire la acest subiect, îl au autoritățile locale, regionale și naționale în cooperare cu firmele, operatorii ce se ocupă cu gestionarea deșeurilor. De asemenea, un rol important în atingerea unui grad ridicat de reciclare îl au și sistemele de returnare a garanțiilor pentru ambalaje reutilizabile [11].

O atenție deosebită o are economia circulară, în care valoarea resurselor, materialelor și produselor este menținută în economie un timp mai îndelungat, astfel producerea de deșeuri reducându-se considerabil. Această tranziție către economia circulară începe să se regăsească în agenda autorităților publice, a instituțiilor de cercetare, a mediului de afaceri și a organizațiilor non-guvernamentale, cunoscând în ultima perioadă o dezvoltare esențială prin implicarea activă a factorilor interesați. O analiză a economiei circulare din trei puncte de vedere este oferită de McKinsey Center for Business and Environment (2016) [11]:

1. Consolidarea și conservarea capitalului natural – sunt controlate stocurile finite și se realizează o abordare mai echilibrată a fluxului de resurse regenerabile;
2. Se eficientizează sistemul, eliminându-se externalitățile negative;
3. Se optimizează randamentele de utilizare a resurselor prin circularitatea materialelor, componentelor și produselor folosite până la cele mai înalt nivel posibil.

Conform Comisiei Europene definiția economiei circulare presupune ca valoarea materialelor și produselor să fie menținută un timp mai îndelungat, utilizarea resurselor și deșeurile să fie cât mai reduse, iar la sfârșitul duratei de viață a unui produs, acesta este reutilizat pentru a crea o valoare

suplimentară, lucru ce aduce beneficii economice majore, contribuind la creștere economică, la inovarea și la crearea de noi locuri de muncă [11].

Provocările economiei circulare necesită un angajament politic în această direcție, un angajament de dezvoltare a standardelor de folosire eficientă a resurselor pe toate fluxurile de deșeuri sau alte tipuri de resurse, un angajament de finanțare a cercetării și inovației în dezvoltarea de tehnologii noi, dar și un angajament de promovare a inițiativelor din zona tehnologiei informației [16]. S-a propus o listă de asociere a economiei circulare din zona agriculturii și a apelor, a deșeurilor miniere, a prevenirii și reducerii deșeurilor alimentare, a sănătății umane, a eficienței energetice, a energiei regenerabile, ce necesită o analiză amănunțită în termeni de costuri și beneficii [11], [16].

În această privință, Fundația Ellen MacArthur, vine cu ideea de „Economie a Plasticului”, bazată pe trei puncte de acțiune [16]:

1. Fondarea unei economii eficiente a plasticului după utilizarea acestuia. În această direcție, resursele plastice și procesele tehnologice trebuie să confere o calitate și o performanță economică crescută. Acest model are ca scop creșterea reutilizării, reciclării și compostării. De asemenea, fundația vine cu ideea unui Protocol Global al Plasticului, cu un rol inovativ, prin care statele trebuie să ralieze și să ia parte în promovarea economiei plasticului.
2. Impunerea unor standarde companiilor din domeniul industriei plastice, standarde conform cărora trebuie reduse toate emisiile negative, inclusiv poluarea cu deșeuri marine. Totodată, companiile trebuie să ia parte activ în operațiunile de reciclare în țările aflate în proces de dezvoltare.
3. Detașarea producției materialelor plastice de utilizarea combustibililor fosili și căutarea unor alternative de materii prime bazate pe resurse regenerabile. În ceea ce privește spațiul european, s-a început impunerea unor măsuri concrete prin taxarea pungilor din plastic (România a început această taxare de pe 1 ianuarie 2019), apariția alternativelor biodegradabile și cel mai important, informarea maselor în ceea ce privește acest subiect.

Ca urmare, au fost sugerate și anumite inovații în ceea ce privește [16]:

- Reducerea consumului: statele participante vor reduce utilizarea recipientelor din plastic pentru mâncăruri și a paharelor pentru băuturi, prin obiective la nivel național de reducere, prin prezentarea unor alternative la locul de vânzare, precum și interzicerea utilizării produselor de unică folosință din plastic.
- Colectare: statele participante sunt însărcinate cu colectarea până în 2025 a 90% din peturile de unică folosință.
- Responsabilitatea producătorilor: ei vor trebui să ia parte în acoperirea costurilor de depoluare precum și gestioare a deșeurilor, vor trebui să ia măsuri în ceea ce privesc recipientele produselor alimentare, ambalajelor, foliilor, a recipientelor pentru băuturi, a produselor din tutun cu filtru, pungilor din materiale plastice, șervețelele umede și baloanelor.
- Etichetarea produsului: eticheta produselor trebuie să conțină informații clare, cu instrucțiuni privind modalitatea de debarasare a deșeurilor, informații privind efectul acestor asupra mediului, precum și componenta plastică din produse. Aceasta vizează compresele igienice, șervețelele umede și baloanele.
- Senzibilizarea maselor privind efectul negativ al poluării cu deșeuri din materiale termoplastice de unică folosință și echipamentele de pescuit etc.

Conform statisticilor făcute de Plastics Europe în anul 2016 au fost 27,1 milioane de tone de deșeuri plastice colectate prin sistemele din UE pentru a fi tratate. Cantitatea de energie recuperată a fost de 41,6% și pentru prima dată cantitatea de deșeuri plastice reciclată – 31,1% a fost mai mare decât cantitatea depozitată – 27,3%. Se poate observa că mai puțin de 30% din deșeurile plastice sunt colectate pentru a fi reciclate, iar ratele de incinerare și de depozitare a acestora sunt de 39% respectiv 31%, observându-se o creștere ușoară a incinerării față de depozitare [11].

Potrivit studiilor după un ciclu de utilizare se pierd pentru economie aproximativ 70 și 105 miliarde de euro anual, adică se poate spune că 95% din valoarea ambalajelor din materiale termoplaste. Se estimează că o cantitate de 75 – 300 de tone de microparticule de plastic se găsesc anual în mediul înconjurător în Uniunea Europeană. O cantitate semnificativă de deșeuri sunt aruncate în întregime în mediu, de asemenea o mare parte din microplasticele întâlnite sunt obținute din fragmentarea unor bucăți mai mari de deșeuri de plastic, acest lucru ducând la o identificare și o prevenție mai grea. Oportunități noi dar și riscuri o reprezintă creșterea pe piață a materialelor termoplaste ce au proprietăți biodegradabile. Cei doi factori ce pot agrava răspândirea materialelor termoplaste și crea obstacole pentru reciclarea mecanică este absența unei etichetări clare pentru consumatori și a unui nivel corespunzător de colectare și tratare a deșeurilor, totuși materialele termoplaste cu proprietăți biodegradabile pot avea o importanță semnificativă într-o serie de aplicații, iar inovațiile cu privire la acest domeniu sunt întotdeauna binevenite [11].

În România s-a estimat o creștere a producției materialelor termoplaste de la 151 kt în 2018 la 164 de kt în 2020, iar consumul de materiale termoplaste a crescut din 2018 de la 698 kt la 748 kt în 2020, astfel avem o rată anuală de creștere pentru 2018 de 4% și pentru 2020 de 3,5%. Capacitatea de reciclare a acestor deșeuri în România, potrivit Planului Național de Gestionare a Deșeurilor, este de aproximativ 284 kt/an, din care pentru deșeurile PET 134 kt/an și pentru alte deșeuri de mase plastice 150 kt/an. În cazul României marea problemă o reprezintă identificarea de modalități noi de reutilizare, compostare și reciclare care să aibă un nivel egal cu deșeurile generate. Principalele firme existente în piața materialelor termoplaste în România sunt [16]:

1. *Reciclatori* – Greentech SA este o companie mare de reciclare din sud-estul Europei ce oferă servicii de colectare și reciclare a fulgilor PET, benzilor PET și granulelor rPET. Pe lângă aceasta mai sunt înregistrate în cadrul Directorului european alte 57 de companii care se ocupă cu reciclarea deșeurilor plastice.
2. *Producători* – Greenfiber International este singura companie din România care se ocupă cu producerea de fibre sintetice din fibre de poliester și PET și a doua firmă europeană ce produce sinteză poliesterică fibră, produsele obținute de Greenfiber sunt în concentrații de 100% fulgi PET reciclați. De asemenea firma a lansat o aplicație pentru mobil – SIGUREC pentru a facilita serviciul de preluare a deșeurilor direct de acasă. O altă companie prelucrătoare de mase plastice cunoscută pe piața autohtonă și internațională este Harplast înființată în 1977. Potrivit Anuarului Statistic al României numărul mediu al salariaților din sectorul de fabricare de mase plastice și a produselor din cauciuc este de aproximativ 52 de mii de persoane și se află în continuă creștere.
3. *Asociații de profil* – Asociația Patronală a Prelucrătorilor de Mase Plastice este un membru Plastics Europe dar și unul din membrii asociației ai Confederației Prelucrătorilor de Mase Plastice în Europa, pe scurt EUPC.

Economia circulară mai are în vedere și aspectul privind poluarea plajelor/apelor cu deșeuri plastice, astfel într-un studiu de cercetare realizat la marea Neagră în 2017 s-au investigat mai multe locuri pentru a se observa nivelul de poluare cu deșeuri, concluziile studiului fiind următoarele [11]:

- în perioada 2014 – 2017 – au fost identificate aproximativ 13 mii de articole din care mai mult de 80% au reprezentat ținuturile și filtrele, iar restul fiind articole din polistiren, din anul 2015 având loc o creștere a deșeurilor plastice;
- în perioada 2016 – 2017 rezultatele obținute pe plajele Tuzla, Mangalia și Eforie Sud nu au înregistrat diferențe semnificative cu privire la cantitatea de deșeuri.

De asemenea Uniunea Europeană și-a propus următoarele obiective privind reciclarea [11]:

- reciclarea a 65% din deșeurile de ambalaje până în 2025 și 70% până în 2030;
- reciclarea a 50% din deșeurile de materiale plastice până în 2025 și 55% până în 2030.

În cazul în care una din statele membre ale UE nu va atinge aceste obiective, aceasta va suferi amenzi semnificative, România fiind una din statele expuse acestui risc.

1.3. Concluzii

Scopul acestui capitol este acela de a prezenta date de actualitate referitoare la reciclarea materialelor polimerice, iar obiectivul fiind acela de conștientizare a populației privind importanța reciclării. Scopul principal al reciclării este acela de a reduce cantitatea de deșeuri prin reintroducerea în circuitul economico-industrial al materialelor termoplaste reciclate și utilizarea în alte domenii a materiilor prime din care sunt rezultate produsele din mase plastice.

În ultimii ani producția de mase plastice a înregistrat o creștere semnificativă la nivel mondial, cele mai utilizate fiind polipropilena –PP, polietilena – LDPE și HDPE, policlorura de vinil – PVC și polietilen tereftalat – PET. Datorită proprietăților lor unice cum ar fi rezistență termică și mecanică bune, densitate mică, rezistență la coroziune, conductivitate termică și electrică bune și prelucrabilitate ușoară, materialele plastice pot fi utilizate în condiții în care materialele clasice precum metalele și lemnul nu fac față. Aceste materiale au rezolvarea unor probleme în diferite domenii de vârf ale tehnicii precum: industria electronică și electrotehnică, industria construcțiilor de mașini, aerospațială, ambalajelor, chimică, nucleară, textilă, în agricultură, în medicină și industria farmaceutică și la materialele de construcții.

Creșterea producției de materiale plastice are un impact direct asupra mediului, materia primă pentru majoritatea acestora fiind resursele naturale neregenerabile. Un alt impact semnificativ este generarea de deșeuri solide care ajung la gropile de gunoi, în apă și sol. Având în vedere că majoritatea polimerilor au o durată de viață destul de lungă și o stabilitate chimică extraordinară, odată cu pătrunderea lor în mediu natural acestea devin deșeuri ce afectează negativ apa și solul. Degradarea polimerilor depinde de o serie de factori cum ar fi: căldura, lumina, umiditatea, oxigenul, expunerea la gaze agresive și organismele bio-active.

O altă problemă o reprezintă gestionarea deșeurilor generate de materialele termoplaste, gestionare ce cuprinde anumite etape: colectarea, sortarea și stocarea temporară a deșeurilor, măcinarea și curățarea deșeurilor. Există mai multe metode de sortare și anume: sortare dimensională, densimetrică, optică, magnetică și manuală.

Majoritatea materialelor termoplaste aruncate sunt incinerate sau depozitate în gropile de gunoi, aceste metode de eliminare necesită un cost ridicat social și de mediu, din cauza emisiilor de gaze toxice și de gaze cu efect de seră ce pot dăuna sănătății umane și mediului. Pentru rezolvarea acestor probleme reciclarea capătă un rol din ce în ce mai important. Există trei metode de reciclare: mecanică, chimică și termică. Reciclarea mecanică este relativ ieftină și simplă și presupune următoarele etape: tăierea, tocarea, separarea, sortarea, spălarea, uscarea, extrudarea, peletizarea. Reciclarea chimică se bazează pe procese chimice în care polimerul este transformat în elementele sale constructive – monomerii, aceștia devenind materia primă pentru fabricarea altui polimer. Reciclarea termică presupune incinerarea polimerilor pentru a recupera energia existentă în aceștia și pentru a o transforma în alt timp de energie – electrică, căldură.

Un management al deșeurilor plastice de lungă durată constă în compatibilitate economică, ecologică și socială. Factorii economici care influențează viabilitatea reciclării sunt costul reciclării comparativ cu costul formelor alternative de eliminare acceptabile și prețul polimerilor reciclați comparativ cu cel al polimerului virgin.

România este una din țările fruntașe în clasamentul celor mai murdare state ale UE, având o rată de reciclare destul de scăzută comparativ cu țări precum Germania, Suedia și Olanda. La fel ca celelalte membre ale UE, România trebuie să atingă obiectivele privind reciclarea maselor termoplaste până în 2025, respectiv 2030, altfel va fi expusă riscului de a primi amenzi semnificative.

CAPITOLUL 2. OPTIMIZAREA SISTEMUL DE MANAGEMENT AL DEȘEURILOR DIN JUDEȚUL GALAȚI

2.1. Descrierea județului și principalii generatori de deșeuri

Județul Galați face parte din regiunea Moldova din România și alături de județele Brăila, Buzău, Constanța, Tulcea și Vrancea, aparține de regiunea de dezvoltare sud-est. Suprafața județului este de 4 466 km² și reprezintă 1,9% din suprafața țării. Din punct de vedere administrativ județul include două municipii – Galați și Tecuci, două orașe – Berești și Tg. Bujor, 61 de comune și 180 de sate. Populația stabilită la recensământul din 2011 a fost de 536 167 locuitori, din care 43,8% persoane în mediul rural și 56,2% în mediul urban [17].

Riscurile naturale la care este supus Galațiul sunt: inundațiile, seceta și furtunile, cutremurele, incendiile și alunecările de teren [17].

Principalele ramuri economice ale județului sunt: 43% industrie și construcții, 38% servicii și 19% exploatarea forestieră, agricultură și silvicultură. Totodată, ramurile menționate anterior generează și foarte multe deșeuri, pe lângă acestea mai sunt și deșeurile generate de gospodăria și de locuitori în spațiile publice [17].

2.2. Obiectivele și țintele sistemului de management al deșeurilor

Sistemul de management este definit ca ansamblul elementelor cu caracter informațional, motivațional, decizional și organizatoric prin care este realizat procesul de management și are drept scop asigurarea unui nivel de performanță cât mai ridicat [18].

Sistemul de management al deșeurilor este definit ca un sistem care cuprinde totalitatea activităților de management al deșeurilor (colectarea și transportul, sortarea, reciclarea, compostarea, tratarea și depozitarea) și are drept scop atingerea anumitor ținte prestabilite [19].

Obiectivele privind gestionarea deșeurilor în județul Galați s-au stabilit pe baza [20]:

- Prevederilor legislative naționale și europene în vigoare;
- Prevederilor publicate de către Comisia Europeană în Pachetului Economiei Circulare;
- Prevederilor PNGD (Planului Național de Gestionare a Deșeurilor) perioada 2014-2025;
- Problemelor principale întâlnite în actuala gestionare a deșeurilor municipale.

Deoarece obiectivele și țintele cu privire la deșeuri pentru județul Galați s-au stabilit pe baza prevederilor amintite mai sus, în cazul nerespectării acestora se vor aplica amenzi.

Tabelul 2.1.

Obiective și ținte cu privire la deșeuri pentru județul Galați [19]

Nr. Crt.	Obiectiv	Ținta
1.	Întreaga populație din mediul rural și urban este conectată la serviciul de salubritate.	Un grad de acoperire cu serviciu de salubritate de 100% până în 2021.
2.	O creștere a gradului de pregătire pentru reciclare și reutilizare.	50%, 55%, 60% din întreaga cantitate generată de deșeuri municipale, până în 2027, 2030, respectiv 2035.
3.	Reducerea cantității de deșeuri municipale biodegradabile depozitate.	La 35% din cantitatea produsă în 1995, termenul fiind 2023.

Nr. Crt.	Obiectiv	Ținta
4.	Depozitarea deșeurilor doar în depozite conforme.	Începând cu iulie 2017.
6.	Depozitarea deșeurilor municipale colectate separat să fie interzisă.	Pe termen permanent.
7.	Depozitarea doar a deșeurilor care au fost supuse în prealabil operațiilor de tratare.	Termenul fiind până în 2023.
8.	Deșeurile să fie colectate separat, pregătite pentru reutilizare sau tratate, în funcție de caz.	Până în 2021.
9.	Reducerea deșeurilor din plastic și a aruncării acestora în mediul public.	Pe termen permanent.

2.3. Politica de mediu

Politica de mediu este o formă a politicii generale și are drept scop stabilirea obiectivelor, strategiilor, metodelor și mijloacelor ce sunt implicate în acțiunile realizate pe plan național pentru a preveni și combate poluarea și pentru o dezvoltare durabilă a mediului. De asemenea, politica de mediu evaluează situațiile reale legate de mediu, stabilește influențele negative asupra mediului, măsurile de protejare și conservare a mediului și sistemele de sancționare în cazul poluării [21].

În România politica de mediu se bazează pe anumite principii și anume [22]:

- principiul precauției în ceea ce privesc activitățile cu un impact semnificativ asupra mediului;
- principiul prevenirii poluării;
- principiul conservării biodiversității;
- principiul potrivit căruia utilizatorul resurselor naturale și poluatorul mediului ”plătește”, adică are obligația de a plăti direct;
- principiul stimulării activităților (prin acordarea de credite, subvenții etc) de îndreptare a mediului.

Cei de la conducerea județului Galați se angajează [22]:

- să asigure un nivel de performanță ridicat în ceea ce privește calitatea, mediul, sănătatea și securitatea;
- să implementeze, mențină și să îmbunătățească continuu politica și sistemele de management de la toate nivelele;
- să ia măsurile necesare legate de prevenirea poluării;
- să asigure respectarea cerințelor prevederilor aflate în vigoare;
- să analizeze periodic politica, pentru a o schimba și adapta continuu în funcție de activitățile desfășurate și modificările legislative.

2.3.1. Legislația cu privire la deșeuri

La nivelul Uniunii Europene există următoarea legislație cu privire la deșeuri [23]:

- Directiva nr. 851/2018 cu privire la deșeuri;
- Decizia 2014/955/UE care stabilește lista cu deșeurile periculoase;
- Directiva nr. 850/2018 privind la depozitarea deșeurilor;
- Directiva 2010/75/UE cu privire la emisiile industriale;
- Directiva nr. 852/2018 privind ambalaje și deșeurile acestora;
- Directiva 86/278/CEE cu privire la protecția mediului.

Strategia europeană pentru materialele termoplaste într-o economie circulară are drept obiectiv punerea bazei unei economii noi a termoplasticelor, în care proiectarea și prelucrarea acestor materiale și a produselor fabricate din acestea să asigure îndeplinirea nevoilor de reutilizare, reparare și reciclare, iar materialele mai durabile să fie promovate și dezvoltate [23].

Prioritățile strategiei privind colectarea și sortarea deșeurilor termoplaste, adecvate sistemului de management al deșeurilor din județul Galați, sunt [11]:

- Schimbările la nivel de producție permit rate mai mari de reciclare a termoplasticelor pentru toate aplicațiile-cheie – vor fi reciclate în Europa, în 2030, peste jumătate din deșeurile din materiale termoplaste generate, colectarea selectivă a acestora o să atingă un nivel foarte ridicat, iar reciclarea deșeurilor din ambalaje plastice o să atingă un nivel asemănător cu cele ale altor ambalaje;
- Capacitatea de reciclare a Uniunii Europe în ceea ce privește materialele termoplaste se va extinde și moderniza semnificativ – în anul 2030, capacitatea de reciclare și sortare o să crească de patru ori față de anul 2015.

Pentru a atinge prioritățile stabile mai sus, se propun următoarele măsuri [22], [23]:

- Îmbunătățirea calității reciclării materialelor termoplaste și a aspectelor economice prin:
 - proiectarea cu potențial de reciclare;
 - stimularea cererii materialelor termoplaste reciclate;
 - tehnici mai bune de colectare separată și sortare.
- Reducerea deșeurilor plastice și a aruncării acestora pe domeniul public;
- Orientarea investițiilor și a inovării către soluții circulare.

La nivel național există următoarele legi cu privire la deșeuri [23]:

- Legea nr. 211/2011 cu privire la regimul deșeurilor;
- HG nr. 1061/2008 cu privire la transportul deșeurilor nepericuloase și periculoase pe teritoriul țării;
- HG nr. 349/2005 privind depozitarea deșeurilor;
- Legea nr. 278/2013 cu privire la emisiile industriale;
- Legea nr. 101/2006 privește serviciul de salubritate a localităților;
- Legea nr. 249/2015 cu privire la modalitatea de gestionare a ambalajelor și deșeurilor acestora;
- Ordinul nr. 344/2004 privind aprobarea Normelor tehnice legate de protecția mediului.

2.4. Infrastructura existentă pentru gestionarea deșeurilor

Cu ajutorul fondurilor europene sau prin sursele proprii ale autorităților publice locale s-au făcut investiții în ceea ce privesc instalațiile de deșeuri. Instalațiile existente la nivelul anului 2018 în județul Galați sunt trecute în tabelul 2.2. [22].

Tabelul 2.2.

Instalațiile pentru deșeuri din județul Galați la nivelul anului 2018 [23]

Denumire	Funcționare	Finanțare
Stație sortare Galați	Din 2012	ISPA
Stație sortare Tecuci	Nu este în operare	Phare
Stație compostare Galați	Din 2012	ISPA
Stație de compostare Tg. Bujor	Nu mai funcționează din 2014	Phare
Depozit neconform pentru deșeuri nepericuloase Tecuci	1950- iulie 2017	Primăria Tecuci
Două puncte verzi pentru stocarea deșeurilor menajere periculoase, voluminoase și deșeuri din construcții	Din 2012	ISPA
Depozit conform pentru deșeuri nepericuloase Tirighina	Din 2011	ISPA

2.4.1. Serviciul de salubritate

Majoritatea teritoriilor din județ beneficiază de serviciu de salubritate sub diverse forme. Modalitatea de plată a acestui serviciu se realizează sub forme diferite și anume [24]:

- taxă plătită de persoanele fizice și juridice autorităților publice locale;
- tarif plătit direct operatorilor de salubritate;
- sistem mixt:
 - taxă plătită de persoanele fizice autorităților locale;
 - tarif plătit de persoanele juridice operatorilor de salubritate.

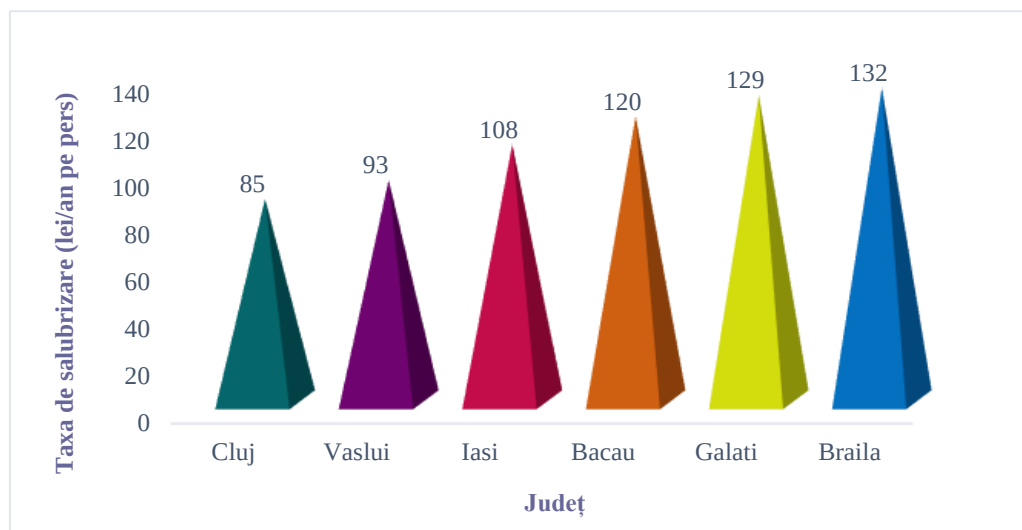


Figura 2.1. Taxa de salubritate în diferite județe în anul 2019

În figura 2.1. este reprezentată taxa de salubritate pentru diferite județe în anul 2019. Putem observa că județul Galați are o taxă de salubritate destul de ridicată față de alte județe, aflându-se pe penultimul loc cu o valoare a taxei de 129 lei/an pe persoană în 2019, urmând să crească în 2020 conform primăriei gălățene. Pe ultimul loc în comparația din grafic se situează județul Brăila cu o taxă de 130 lei/an pe persoană, iar la polul opus se află județele Cluj și Vaslui, cu o taxă de 85, respectiv 93 lei/an pe persoană.

Tabelul 2.3.

Nivelul taxelor/tarifelor de salubritate în județul Galați în mediul urban și rural în anul 2018 [24]

Localitate	Operator	Taxa/tarif pentru populație (lei/luna pe pers.)
Mediu urban		
Mun. Galați	Serviciul public ECOSAL	7
Mun. Tecuci	CUP Tecuci	4
Oraș Tg. Bujor	S.C. BUJOR PRESTSERV SRL	3,25
Oraș Berești	SC LEONMAR SRL	3
Mediu rural		
Bălăsești	Serviciu public	3
Buciumeni	SC COSMESIRET SRL	6
Costache Negri	SC LEONMAR SRL	2
Liești	Serviciu public	5
Pechea	SC LEONMAR SRL	2
Șendreni	SC Salubritate Șendreni SRL	3
Vlădești	Gemina Servexim SRL	1

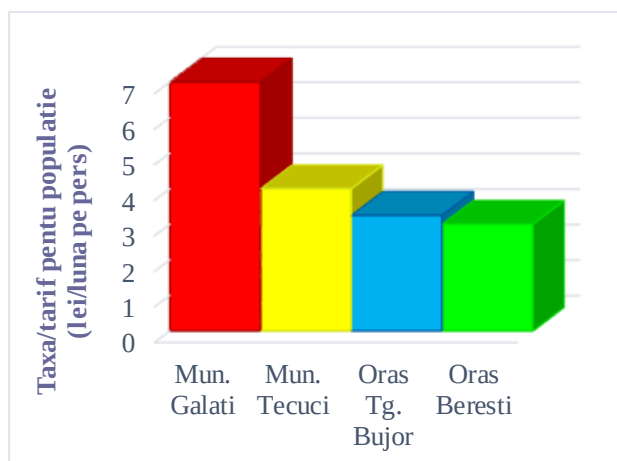


Figura 2.2. Nivelul taxelor/tarifelor de salubritate în mediul urban anul 2018

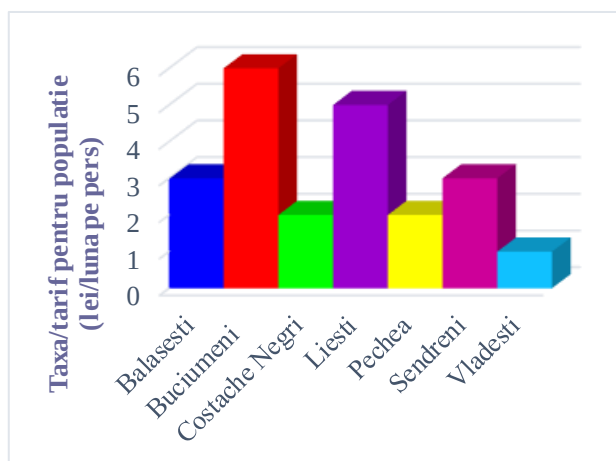


Figura 2.3. Nivelul taxelor/tarifelor de salubritate în mediul rural anul 2018

În figurile 2.2. și 2.3. este reprezentat nivelul taxelor/tarifelor de salubritate în anul 2018, atât în mediul urban cât și cel rural. Dacă se face o comparație între cele două figuri, se observă că per total valoarea taxei de salubritate este puțin mai scăzută în mediul rural, față de mediul urban, unde cantitatea de deșuri generată este mai mare. În primul grafic se remarcă faptul că municipiul Galați are cea mai mare taxă/tarif de salubritate din toate orașele/municipiile județului, iar orașul Berești cea mai mică taxă, valoarea acesteia fiind foarte apropiată de cea a orașului Tg. Bujor. Municipiul Galați are o taxă mai mare de 2,3 ori față de orașul Berești, de 2,15 ori față de Tg. Bujor și de 1,75 ori față de municipiul Tecuci. În mediul rural taxele sunt puțin mai scăzute, în exemplul dat s-au ales 7 localități din județ și s-a constatat că cea mai mare taxă o are comuna Buciumeni, cu 6 lei/lună pe persoană, urmată de comuna Liești cu 5 lei/lună pe persoană. La capătul opus cu cea mai mică taxă de salubritate se află comuna Vlădești, cu doar 1 leu/lună pe persoană, urmată de comunele Costache Negri și Pechea, cu 2 lei/lună pe persoană.

Pentru perioada 2018 – 2047 s-a estimat în tabelul 2.4. proiecția deșeurilor menajere și similare pe baza evoluției indicatorului de generare a deșeurilor menajere și a evoluției populației[24]:

Tabelul 2.4.

Estimarea proiecției deșeurilor menajere și similare pentru perioada 2018 – 2047 [24]

Deșuri	2018	2022	2027	2030	2035	2040	2047
Menajere	107136	111336	110931	110689	110287	109887	109331
Similare	27921	28525	28406	28335	28217	28100	27936
Din piețe	845	845	845	845	845	845	845
Din parcuri și grădini	3980	3980	3980	3980	3980	3980	3980
Stradale	3410	3410	3410	3410	3410	3410	3410
Total deșuri municipale generate și colectate	143291	148096	147572	147259	146739	146222	145502
Necollectate/neraportate	4525	0	0	0	0	0	0
Reciclabile generate în mun. Galați și predate direct colectorilor	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
Total	151816	152096	151572	151259	150739	150222	149502

Compoziția deșeurilor menajere și similare a fost determinată în cadrul unui proiect de către serviciul public Ecosal, doar pentru municipiul Galați. În figura 2.4. fiind trecute rezultatele analizei realizate pe probe de 500 kg preluate din zone diferite [25]:

- Zona 1 reprezintă zona centrală a municipiului;
- Zona 2 – zona aflată între periferie și centru;
- Zona 3 – zona periferiei.

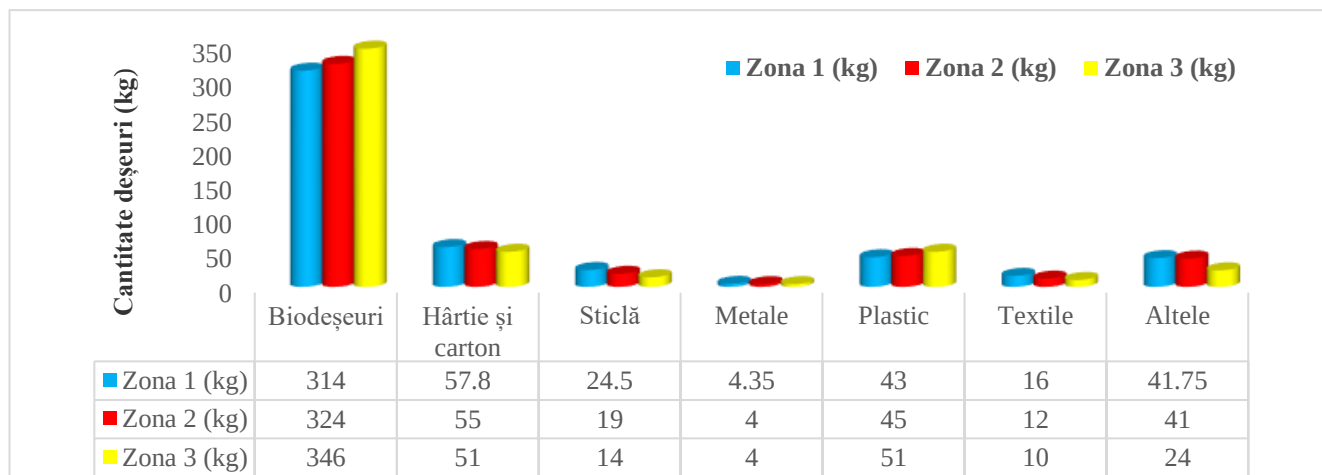


Figura 2.4. Compoziția deșeurilor menajere și similare pentru municipiul Galați

În urma studiului realizat se poate observa că deșeurile din materiale termoplastice ocupă locul trei în zona centrală a municipiului și în zona aflată între periferie și centru și sunt la egalitate cu deșeurile din hârtie și carton în zona periferiei. De asemenea, putem spune că deșeurile termoplastice au fost generate cel mai mult în zona periferiei, cu 51 kg și cel mai puțin în zona centrală, cu 43 kg. Pe primul loc în toate cele trei zone se află biodeșeurile, iar pe al doilea loc hârtia și cartonul. Ultimele două locuri fiind ocupate de deșeurile textile și deșeurile metalice.

În continuare este descrisă infrastructura existentă în județul Galați pentru toate componentele sistemului de gestionare a deșeurilor și anume: colectare și transport, sortare, compostare și depozitare [24], [25].

2.4.2. Infrastructura existentă pentru colectare și transport

A. Colectarea și transportul deșeurilor menajere similare

Colectarea acestor deșeuri se face în prezent în mare parte în amestec, motivul fiind cantitățile mici de deșeuri reciclabile colectate separat. Sistemul de colectare a deșeurilor similare și menajere este prezentat în continuare la nivelul mediului rural și urban [20].

Colectarea și transportul deșeurilor menajere la nivelul municipiului Galați se face astfel [20]:

- Deșeurile în amestec [20]:
 - În zona blocurilor sunt colectate în puncte de colectare stradală prin aport voluntar. În anul 2018, conform informațiilor celor de la Ecosal, au fost raportate 1433 containere de 1100 l și 329 puncte de colectare;
 - În zona caselor colectarea se realizează din poartă în poartă în pubele de 120 l;
 - Ecosal deține 31 de vehicule pentru a transporta deșeurile reziduale, fiecare având un volum de 6 – 12 m³.
- Deșeurile reciclabile colectate – sticlă, hârtie/carton, plastic/metal [20]:
 - În zona blocurilor deșeurile sunt colectate în puncte de colectare stradală tot prin aport voluntar ca în primul caz, acestea aflându-se în vecinătatea sau în același amplasament cu punctele de colectare a deșeurilor reziduale. Colectarea se face separat (plastic/metal, hârtie/carton, sticlă) în containere igloo ce au o capacitate de 2,5 m³. Conform datelor oferite de Ecosal în municipiul Galați există 170 de puncte

pentru colectarea deșeurilor reciclabile, fiecare având trei igloo-uri, pentru fiecare tip de deșeu câte unu;

- Pentru zona caselor colectarea acestor deșeuri se face prin aport voluntar, punctele de colectare fiind situate în zona blocurilor;
- Pentru transportarea deșeurilor Ecosal deține 22 de containere de tip plasă, 468 recipiente de tip igloo și 4 mașini de colectare și transport.

Municipiul Tecuci deține în prezent 4201 pubele de 240 l, 3390 pubele de 120 l și 310 containere de 1100 l [20].

La sfârșitul anului 2016, în localitatea Tg. Bujor existau 90 pubele de 120 l pentru colectarea deșeurilor reciclabile și 800 pubele de 120 l pentru colectarea deșeurilor reziduale [20].

În mediul rural colectarea este de tip ”din poartă în poartă”, aceasta făcându-se în amestec. În localitățile Bălășești, Ivești și Schela există echipamente de colectare și transport a deșeurilor în amestec și reciclabile, respectiv pubele de 120 l și containere de 1100 l [20].

B. Colectarea și transportul deșeurilor menajere periculoase și voluminoase

Sistemul de colectare pentru transportul acestor deșeuri în municipiul Galați este prin aport voluntar, existând două puncte verzi pentru stocarea temporară, acestea începându-și activitatea în anul 2012. În restul județului colectarea deșeurilor menajere periculoase și voluminoase nu se realizează separat [20].

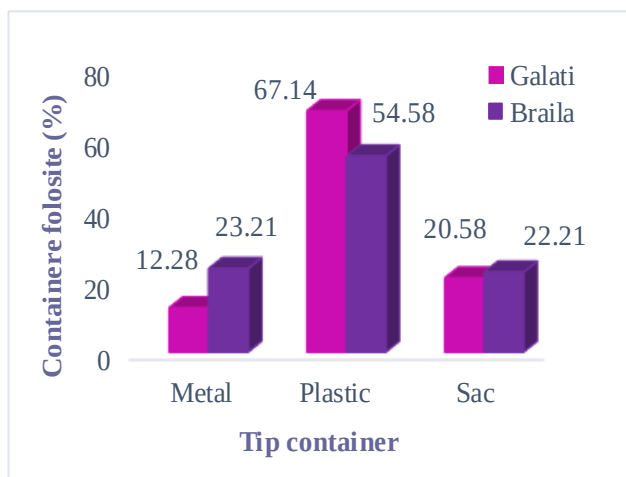


Figura 2.5. Containere utilizate individual pentru colectarea selectivă

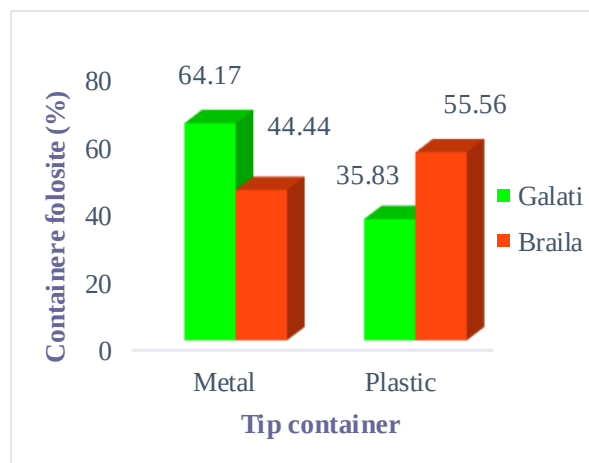


Figura 2.6. Containere utilizate în uz comunal pentru colectarea selectivă

În graficele din figurile 2.5. și 2.6. este reprezentată o comparație a tipurilor de containere utilizate în gospodării sau instituții și în uz comunal sau stradal, pentru colectarea selectivă a deșeurilor, în județele Galați și Brăila. Putem remarca, în figura 2.5., că în județul Galați, containerele din plastic, folosite în gospodării sau firme, pentru colectarea selectivă sunt utilizate de 1,23 ori mai mult față de județul Brăila. Tot pentru uz individual sunt folosite și containerele din metal și sacii, în aceste cazuri județul Brăila, cu 23,21% pentru containerele metalice și 22,21% pentru sacii, se situează în fața județului Galați. Pentru uz stradal se observă în figura 2.6. că sunt utilizate doar containere din metal și din plastic. Containerele metalice pentru colectarea selectivă sunt folosite mai mult în județul Galați, în proporție de 64,17% și mai puțin în județul Brăila, în proporție de 44,44%. Pe de altă parte, containerele din material plastic sunt întâlnite mai des în Brăila, mai exact, sunt utilizate de 1,55 ori mai mult față de județul Galați.

2.4.3. Infrastructura existentă pentru sortare

Stația de sortare Galați a intrat în operare în anul 2012, se află în același amplasament cu stația de compostare, este operată de firma Ecosal și autorizația de mediu pe baza căreia aceasta

funcționează este valabilă până pe 29.03.2022. Stația de sortare Galați are o capacitate de 6000t/an[24].

Stația de sortare a deșeurilor Tecuci nu a putut fi operată niciodată din cauza nefuncționării corespunzătoare a ansamblului de echipamente achiziționate. În această stație au fost recepționate în medie cantități de 20 t/an pentru a fi ulterior presate și valorificate [24].



Figura 2.7. Stația de sortare Galați⁵



Figura 2.8. Stația de sortare Tecuci⁶

2.4.4. Infrastructura existentă pentru compostare

Județul Galați dispune de două stații de compostare, una situată la Galați și cea de a doua aflată la Târgu Bujor [20], [24].

Stația de compostare de la Galați are o capacitate proiectată de 10000t/an, se află pe același amplasament cu stația de sortare și este operată de firma Ecosal a cărei autorizație de mediu pentru funcționarea stației expiră pe 29.03.2022. În această stație sunt procesate deșeuri de natură vegetală provenite din parcuri, grădini și spații verzi. Tehnica de compostare se numește compostare aerobă în brazde, iar platforma betonată a liniei de compostare are o suprafață de 6000 m². După ce sunt mărunțite într-un tocător, deșeurile sunt așezate în brazde în hala de compostare, brazdele având o înălțime de 1,5 m, urmând să fie întoarse și umezite ușor de către un utilaj specializat. Compostul obținut după o perioadă de aproximativ 12 – 14 săptămâni este utilizat ca pământ vegetal pentru spațiile verzi. Stația de la Galați este dotată cu echipamentele următoare [20], [24]:

- Tocător de deșeuri pentru compost;
- Utilajul care întoarce compostul;
- Tamburul de irigare;
- Încărcătorul frontal;
- Sita rotativă

Stația de compostare de la Târgu Bujor cu o capacitate proiectată de 1000 t/an, a fost prevăzută să trateze deșeuri stradale, din piețe, menajere și similare în amestec etc. Stația este dotată cu [24]:

- Hală de compostare ce are o suprafață betonată de 1134 m;
- Cântar rutier de tip basculă;
- Stație de tratare cu o capacitate de 40 m³ și stație de epurare cu o capacitate de 4 m³/zi;
- Un separator de produse petroliere și unul de metale;
- Benzi transportoare;

⁵ Preluate de pe <https://www.viata-libera.ro/>

⁶ Preluate de pe <https://www.viata-libera.ro/>

- Sită rotativă;
- Un utilaj destinat întoarcerii compostului;
- Încărcătorul frontal;
- Tocător de crengi;
- Presă de balotat.



Figura 2.9. Stația de compostare Galați⁷



Figura 2.10. Stația de compostare Târgu Bujor⁸

2.4.5. Infrastructura existentă pentru depozitare

În județul Galați, depozitul Tirighina este singurul depozit conform care se află în funcțiune. De asemenea, deșeurile colectate din județ au început să fie depozitate începând cu 25 septembrie 2018 la depozitul Roșiești din județul Vaslui [20], [24].



Figura 2.11. Depozitul de deșeuri Tirighina⁹

⁷ Preluat de pe <https://www.descopera.ro/>

⁸ Preluat de pe <https://www.descopera.ro/>

⁹ Preluat de pe <https://adevarul.ro/>

2.5. Capacități de reciclare

Numărul firmelor pentru reciclare are un rol foarte important în ceea ce privește capacitatea de reciclare a județului. În județul Galați, potrivit informațiilor oferite de Ministerul Mediului – Agenția Națională pentru Protecția Mediului, Galați, există 17 operatori care au autorizație de mediu pentru a colecta deșeurile de ambalaje conform prevederilor legii 249/2015 cu privire la modalitatea de gestionare a deșeurilor de ambalaje și a ambalajelor. În tabelul 2.5. sunt trecuți operatorii economici care au autorizație pentru a valorifica deșeurile reciclabile ce au colectate separat [20], [24].

Tabelul 2.5.

Operatorii economici autorizați pentru a valorifica deșeurile reciclabile colectate separat [24]

Nume	Operații realizate	Capacitate de reciclare proiectată (t/an)
Asplastic	Fabricare chedere, furtun de grădină etc utilizând granule din PVC	Mașini de extrudat cu 12 t/an
Eco-metal production	Măcinarea și granulara deșeurilor din plastic și fabricarea de tuburi, benzi, folii, saci/pungi etc	Instalație de granulare și măcinare cu 100 kg/h, instalație de spălare și de injectie
Furtuntec	Fabricarea de mobiliere sau produse din PVC utilizând granule din deșeuri PVC și măcinarea și granulara deșeurilor din plastic și extrudarea țevilor din PVC	34 t/lună de granule din plastic și mașini de extrudat țevi din PVC cu 437 t/an și tocător cu 285 kg/h
Galtexmed	Destrămarea și procesarea deșeurilor textile	1800 t/an
Matt ecoinvest	Măcinarea sau granulara plasticului, demontarea deșeurilor din lemn	Moară de măcinat cu 300 kg/h, presă de balotat, linie de spălat

2.6. Aspecte care necesită îmbunătățire în sistemul de management al deșeurilor

Sistemul actual de gestionare a deșeurilor are câteva probleme în ceea ce privește [20], [24]:

A. Colectarea și transportul deșeurilor

- Doar o parte din deșeurile municipale generate este colectată;
- Doar 7% din toată cantitatea de deșeuri municipale strânse este colectată separat pentru a fi mai departe reciclată;
- Infrastructura pentru colectarea și transportul deșeurilor reciclabile lipsește în unele localități din județ.

B. Tratarea deșeurilor

- Aproximativ 93% din deșeurile municipale colectate sunt depozitate fără a fi pretratate în prealabil conform prevederilor legale;
- Lipsa instalațiilor de sortare care permit tratarea deșeurilor colectate separat;
- Lipsa instalațiilor de compostare care permit tratarea deșeurilor verzi.

C. Depozitarea deșeurilor

Depozitul de la Tirighina este singurul depozit conform, acesta deserving exclusiv municipiului Galați și alte 5 comune din apropiere, neexistând o soluție definitivă pentru restul localităților în ceea ce privește depozitarea deșeurilor.

2.6.1. Alternative tehnologice

Pentru a atinge obiectivele propuse la punctul 2.2. cu privire la materialele termoplaste, autoritățile naționale și regionale trebuie [20], [24]:

- Să favorizeze reutilizarea și reciclarea deșeurilor față de depozitarea și incinerarea acestora;
- Să îmbunătățească și să intensifice colectarea selectivă a deșeurilor din plastic;

- Să aplice amenzi în cazul aruncării de gunoarie în domeniul public și să promoveze activitățile de curățare a plajelor;
- Să elimine depozitele neconforme;
- Să asigure tratarea deșeurilor plastice conform Regulamentul UE privind tratarea deșeurilor plastice.

În continuare au fost propuse alternative tehnologice pentru a îmbunătăți sistemul actual de management al deșeurilor pentru județul Galați [20], [24]:

A. Colectarea și transportul deșeurilor reziduale menajere

Obiectiv – întreaga populație a județului, până în anul 2021, să fie conectată la serviciul de salubritate. Au fost analizate următoarele opțiuni pentru colectarea deșeurilor menajere [20], [24]:

1. Colectarea din poartă în poartă în saci – sacii umpluți cu deșeuri pre-colectate sunt amplasați la stradă, în fața clădirilor, la momentul colectării, mai apoi sunt luați de către muncitori și puși în cuva mașinii de colectare.
2. Colectarea din poartă în poartă în pubele individuale – în acest caz fiecărei gospodării i se atribuie o pubelă pentru deșeurile reziduale. Proprietarul containerelor sau pubelelor poate să fie proprietarul gospodăriei, operatorul colectării deșeurilor sau municipalitatea.
3. Colectarea în puncte de colectare stradale prin aport voluntar (propriu) – în acest caz, sunt amplasate containere în zonele de colectare, iar generatorii de deșeuri va trebui să își aducă singuri deșeurile.

Tabelul 2.6.

Evaluarea opțiunilor pentru colectarea și transportul deșeurilor reziduale menajere [24]:

Parametrii	Opțiunea 1	Opțiunea 2	Opțiunea 3
Aspecte privind colectarea	Frecvență mare de colectare, efort fizic ridicat la încărcare.	Este nevoie de o frecvență mare de colectare, probleme cu privire la spațiu de depozitării pubelelor.	Frecvența de colectare este mică, probleme cu privire la spațiu pentru containere și efort fizic la încărcare.
Confortul utilizatorului	Confort sporit cu privire la colectare deoarece deșeurile sunt luate direct de la fiecare casă, confort scăzut din punct de vedere al spațiului de depozitare.	Confort sporit în ceea ce privește colectarea deoarece deșeurile sunt colectate de la fiecare casă, confort mediu din punct de vedere al spațiului de depozitare.	La blocuri confortul este redus deoarece deșeurile trebuie duse la container, iar în zona caselor confortul lipsește din cauza distanțelor mari până la container, confort sporit din punct de vedere al spațiului.
Aspecte de mediu	Sacii cu deșeuri pot fi răscoliți de animale dacă sunt depozitați la colțul străzii mult prea devreme de ora colectării.	Administratorul trebuie să vorbească cu locatarii pentru a alege locul potrivit pentru depunerea deșeurilor.	După o perioadă de timp containerele se deteriorează, deșeurile pot fi puse pe lângă container.
Costul cu vehiculele de colectare	Datorită frecvenței mari de colectare, e nevoie de un număr mare de vehicule de colectare.	Cost redus, datorită frecvenței scăzute de colectare.	Cost foarte scăzut, datorită numărului mic de puncte de colectare și a frecvenței scăzute de colectare.

Costul cu pubelele sau containerele	Sacii sunt achiziționați direct de generatorii de deșeuri prin urmare costurile de investiție nu există.	30-60 €/pubelă, 120 €/container din plastic și 350 €/container din metal.	120 €/container din plastic și 350 €/container din metal.
Aplicabilitatea pentru mediul urban			
Blocuri	Nu este practică pentru blocuri.	Nu este practică pentru blocuri.	Este practică pentru blocuri.
Case	Este potrivită pentru case, dar animalele ar putea să rupă sacii și să împrăstie deșeurile.	Este fezabilă pentru case datorită spațiului suficient pentru amplasarea pubelei.	Este potrivită pentru case dar există disconfort din cauza distanței mari până la containere.
Aplicabilitatea pentru mediul rural	Este potrivită pentru mediul rural, dar scump datorită greutatea redusă a deșeurilor reziduale generate.	Este fezabilă doar pentru localitățile rurale unde drumurile de acces sunt în stare bună.	Este potrivită pentru mediul rural, deoarece containerul poate fi amplasat la marginea drumului/străzii.

Având în vedere criteriile mai sus amintite, nu se poate recomanda o alternativă standard de colectare a deșeurilor pentru tot județul, motiv pentru care se propune sistemul următor [24]:

Mediul urban:

- Pentru zona caselor se recomandă opțiunea 2 în care fiecare gospodărie este dotată cu pubele pentru deșeurile reziduale;
- Pentru zona blocurilor se recomandă opțiunea 3 în care colectarea se face prin intermediul punctelor de colectare aflate în zona blocurilor.

Mediul rural:

În acest caz se recomandă implementarea a două sisteme, astfel:

- Colectarea prin opțiunea 2, fiecare gospodărie va fi dotată cu pubelă individuală;
- Pentru casele unde accesul este mai dificil la drum se recomandă opțiunea 3, în care vor fi amplasate puncte de precollectare dotate cu containere la cea mai apropiată intersecție cu drumul.

B. Colectarea și transportul deșeurilor reciclabile menajere

Obiectiv – să se extindă sistemul de colectare separată a deșeurilor reciclabile pe întreg județul. Pentru atingerea obiectivului au fost analizate trei opțiuni tehnice, acestea fiind [20], [24]:

1. Colectarea separată din poartă în poartă – presupune ca gospodăriile să aibă fiecare câte 3 saci/pubele pentru a colecta deșeurile astfel: hârtie/carton, plastic/metal și sticlă.
2. Colectarea în puncte de colectare stradale prin aport voluntar, dotate cu câte 3 containere pentru hârtie/carton, plastic/metal și sticlă.
3. Un amestec între primele două opțiuni – pentru deșeurile de hârtie/carton, plastic/metal colectarea se va face în pubele din poartă în poartă, iar pentru deșeurile de sticlă colectarea se va face în containere/igloo-uri în puncte de colectare stradale prin aport voluntar.

Tabelul 2.7.

Evaluarea opțiunilor pentru colectarea și transportul deșeurilor reciclabile menajere [24]

Parametrii	Opțiunea 1	Opțiunea 2	Opțiunea 3
Aspecte privind colectarea	În ceea ce privește frecvența colectării, flexibilitatea este mare, probleme cu privire la spațiu deoarece e nevoie de 3 saci/pubele în incinta gospodăriei.	În ceea ce privește frecvența colectării, flexibilitatea este medie, probleme cu privire la spațiu din cauza amplasării a 3 containere în spațiul public.	Flexibilitate mare cu privire la frecvența colectării, probleme cu privire la spațiu din cauza amplasării a 2 saci/pubele în gospodărie și un container în puncte stradale.
Rata de reciclabilitate	Foarte mare	Mare	Mare
Confortul utilizatorului	Confort ridicat datorită faptului că deșeurile reciclabile sunt luate direct de la case.	Confort scăzut din cauza deplasării până la containere.	Confort ridicat în cazul deșeurilor din plastic/metal și hârtie/carton și scăzut în cazul sticlei.
Aspecte de mediu	Problemele legate de mediu sunt minime.	Containerele pot fi distruse pentru a recupera materialele, deșeuri puse pe lângă container.	Probleme cu privire la mediu sunt minime
Costuri cu vehiculele de colectare	Investiții mari din cauza numărului mare de vehicule utilizate pentru sticlă, hârtie/carton și plastic/metal.	Investiții mici datorită numărului mic de vehicule utilizate, ca urmare a numărului scăzut de puncte de colectare.	Investiții medii datorită faptului că vehiculele se deplasează de două ori – gospodării și punctele stradale.
Costurile cu saci/container	Dacă sacii/pubelele sunt cumpărate direct de generatorii de deșeuri atunci costurile de investiție sunt nule, în caz contrar costul va fi 30 – 60 €/pubelă.	30-60 €/pubelă, 350 €/container din metal și 120 €/container din plastic.	Costurile implică un mixt între costurile opțiunilor 1 și 2.
Costuri de sortare	Costuri mici de sortare datorită pubelelor folosite pentru fiecare tip de deșeu – hârtie/carton, plastic/metal și sticlă.	Costuri mai mari de sortare față de prima opțiune din cauza problemelor de mediu ce pot apărea.	Costurile de sortare sunt similare cu cele de la opțiunea 1.
Aplicabilitatea pentru mediul urban			
Blocuri	Nu este potrivită pentru blocuri.	Este potrivită pentru blocuri.	Nu este potrivită pentru blocuri.
Case	Este potrivită pentru case.	Este potrivită pentru case.	Este potrivită pentru case.

Aplicabilitatea pentru mediul rural	Este potrivită doar dacă drumurile permit accesul utilajelor.	Este potrivită pentru mediul rural deoarece containerele pot fi amplasate la marginea străzii, iar utilajele le pot descărca în timp scurt.	Este potrivită doar dacă drumurile permit accesul utilajelor speciale.
-------------------------------------	---	---	--

În urma analizării opțiunilor amintite mai sus, s-a stabilit un sistem adecvat pentru județul Galați pentru colectarea separată a deșeurilor reciclabile. Sistemul presupune [24]:

Mediul urban:

- Pentru zona caselor este recomandată opțiunea 3 în care fiecare gospodărie va avea câte un sac pentru deșeurile din hârtie/carton și câte o pubeză pentru deșeurile din plastic/metal, pentru acestea colectarea se va face din poartă în poartă, iar pentru deșeurile din sticlă colectarea se va face în mod voluntar, punctele de colectare fiind dotate cu un container.
- Pentru zona blocurilor este recomandată opțiunea 2 în care colectarea se face prin aport voluntar, punctele de colectare fiind echipate cu 3 containere, câte unu pentru hârtie/carton, plastic/metal și sticlă.

Mediul rural:

- Pentru zona rurală se propune opțiunea 3 în care, la fel ca în mediul urban, gospodăriile vor avea pubele pentru deșeurile din hârtie/carton, plastic/metal, în acest caz colectarea se va face din poartă în poartă, iar pentru deșeurile din sticlă vor fi echipate punctele de colectare stradală cu containere, caz în care colectarea va fi realizată voluntar.

C. Tratarea deșeurilor reziduale

Obiectiv – să fie depozitate doar deșeurile care au fost supuse dinainte la operații de tratare. Pentru a atinge obiectivul au fost analizate două opțiuni, anume [20], [24]:

- Tratarea mecano – biologică;
- Incinerare.

În urma unor studii s-a ales opțiunea de tratare mecano – biologică a deșeurilor, aceasta fiind cea mai favorabilă pentru județul Galați. Tehnologia aleasă trebuie să fie flexibilă la cantitățile de deșeuri tratate, deoarece odată cu creșterea ratei de colectare a biodeșeurilor și a deșeurilor reciclabile, scade cantitatea de reziduuri. Astfel, pentru a se evita realizarea unei instalații de capacitate mare și care să nu fie folosită la capacitatea ei maximă, s-a propus ca această instalație să permită și tratarea biodeșeurilor menajere similare și a celor colectate separat din piețe [20], [24].

D. Depozitarea deșeurilor

Obiectiv – deșeurile să fie depozitate doar în depozite conforme. Deoarece în județ există un singur depozit conform pentru depozitarea deșeurilor, pentru realizarea acestui obiectiv se va realiza un nou depozit de deșeuri municipale, acesta fiind proiectat în conformitate cu prevederile actuale[24].

Noul depozit va fi din clasa B (depozit pentru deșeurile nepericuloase, potrivit clasificării din H.G. nr. 349/2005 cu privire la depozitarea deșeurilor), se va situa în comuna Valea Mărului și va deservi întreg județului. Depozitul are o capacitate proiectată de 1 000 000 m³, iar durata de exploatare a acestuia va fi de 30 de ani. De asemenea în acest depozit nu se vor accepta următoarele tipuri de deșeuri [24]:

- deșeuri lichide;
- deșeuri corozive, inflamabile, explozive, oxidante;
- deșeuri periculoase medicale sau veterinare;
- anvelope întregi, uzate;
- deșeuri de echipamente electrice sau electronice;
- deșeuri de baterii și acumulatori auto și industriali care nu au fost tratate și reciclate.

2.7. Concluzii

În acest capitol s-a realizat o scurtă descriere a județului Galați, s-au prezentat obiectivele sistemului de management al deșeurilor pentru județ, politica de mediu și legislația națională și europeană cu privire la mediu, nivelul taxei de salubritate și situația actuală cu privire la infrastructura existentă pentru gestionarea deșeurilor, mai exact infrastructura pentru colectare și transport, sortare, compostare și depozitare și aspectele care trebuie îmbunătățite pentru a optimiza sistemul actual.

Principalele obiective ale sistemului de gestionare a deșeurilor se referă la: conectarea întregii populații la serviciul de salubritate, creșterea gradului de reutilizare și reciclare, reducerea deșeurilor plastice și a aruncării acestor deșeuri în mediul public, precum și alte obiective cu privire la depozitare, cum ar fi: reducerea cantității de deșeuri biodegradabile depozitate, depozitarea deșeurilor în depozite conforme, tratarea deșeurilor înainte de a fi depozitate, să nu se mai depoziteze deșeurile municipale colectate separat etc.

În medie putem spune că biodeșeurile reprezintă 65,6% din totalul deșeurilor generate, cele mai multe fiind întâlnite în zona periferiei a municipiului Galați, deșeurile din hârtie/carton reprezintă 10,9% cele mai multe provin din zona centrală a municipiului, termoplastele ocupă locul trei cu 9,2% cele mai multe deșeuri de plastic fiind generate în zona periferiei. În continuare în clasament întâlnim alte deșeuri, deșeurile din sticlă, textilele și pe ultimul loc avem metalele.

În prezent, în județul Galați există două stații de sortare, din care doar una este pusă în operare, două de compostare, din care doar una mai funcționează, două puncte pentru stocarea deșeurilor menajere periculoase, voluminoase și din construcții și două depozite pentru deșeuri nepericuloase – unul conform și unul neconform închis în anul 2017.

Colectarea deșeurilor menajere similare se face în general în amestec din cauza cantităților reduse de deșeuri reciclabile colectate separat. În prezent la nivelul municipiului Galați colectarea acestora se face: în zona blocurilor în puncte de colectare stradală prin aport voluntar și în zona caselor din poartă în poartă în pubele pentru deșeurile în amestec și prin aport voluntar prin puncte de colectare stradală pentru deșeurile reciclabile colectate. În cazul deșeurilor menajere periculoase și voluminoase, colectarea se face separat doar la nivelul municipiului Galați.

Deoarece sistemul de management actual de gestionare a deșeurilor întâmpină câteva probleme în ceea ce privește colectarea, transportul, tratarea și depozitarea deșeurilor, au fost analizate mai multe alternative tehnologice pentru a-l îmbunătăți și pentru a atinge obiectivele amintite la punctul 2.2. În urma analizării opțiunilor tehnice s-a ajuns la următoarele rezultate:

- În mediul urban, deșeurile reziduale menajere se colectează prin intermediul punctelor de colectare stradală prin aport propriu în zona blocurilor și din poartă în poartă în pubele individuale în zona caselor individuale, iar în mediul rural se recomandă implementarea a două sisteme și anume: din poartă în poartă în pubele individuale, iar acolo unde accesul la drum este mai dificil, prin puncte de colectare stradală amplasate la cea mai apropiată intersecție cu drumul.
- În mediul urban, deșeurile reciclabile menajere se colectează prin aport voluntar, în zona blocurilor, iar pentru zona caselor individuale se propune colectarea mixtă care presupune: colectarea din poartă în poartă pentru deșeurile din hârtie/carton și plastic/metal și colectarea în mod voluntar pentru deșeurile din sticlă. Sistemul propus pentru mediul rural este același cu cel din mediul urban zona caselor individuale.
- Pentru tratarea deșeurilor s-a ales opțiunea de tratare mecano – biologică a acestora, iar tehnologia de tratare aleasă trebuie să fie adaptabilă la cantitățile de deșeuri tratate, pentru că cu cât crește rata de colectare a biodeșeurilor și a deșeurilor reciclabile, scade cantitatea de reziduuri.
- Pentru atingerea obiectivelor propuse în cazul depozitării, se va construi un nou depozit conform prevederilor actuale pentru depozitarea deșeurilor municipale. Noul depozit va avea o durată de exploatare 30 de ani.

CAPITOLUL 3.

INFLUENȚA PROCESULUI DE RECICLARE MECANICĂ MULTIPLĂ ASUPRA PROPRIETĂȚILOR MECANICE A UNUI NANOCOMPOZIT TERMOPLAST

3.1. Scurtă descriere a materialelor compozite

Materialele compozite sunt obținute prin combinarea a cel puțin două materiale, de obicei cu proprietăți diferite care se completează reciproc, rezultând astfel un material cu proprietăți mai bune față de componentele sale luate separat. Aceste materiale au fost concepute pentru a înlocui materialele tradiționale cum ar fi metalul și lemnul, care au dezavantaje cu privire la procedeele de prelucrare și obținere, mase, gabarite, domeniile de utilizare, complexitățile geometrice și costuri[26].

Materialele compozite sunt formate dintr-o matrice (ceramică, plastică sau metalică) și elemente de armare (ranforsanți) dispuse în matrice în orientări și proporții diferite, rolul acestor elemente fiind acela de a oferi materialului compozit o rezistență superioară [26].

Materialele compozite prezintă următoarele avantaje [26]:

- au masă volumică mică în comparație cu metalele;
- au o rezistență mare la tracțiune;
- rezistența la șoc este ridicată;
- coeficientul de dilatare este foarte mic comparativ cu cel al metalelor;
- au o durabilitate ridicată;
- capacitate ridicată de amortizare a vibrațiilor;
- consum energetic scăzut în procesul de obținere, în comparație cu metalele;
- rezistență la temperaturi ridicate;
- rezistență chimică bună.

O clasificare după felul materialului ranforsant este prezentată în figura 3.1.

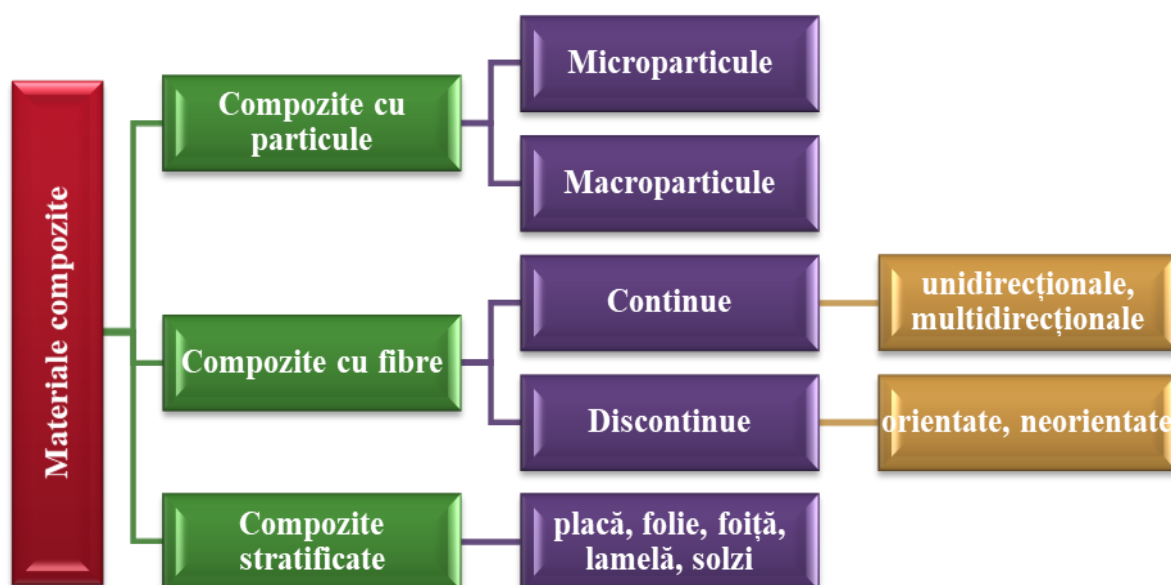


Figura 3.1. Clasificarea materialelor compozite în funcție de materialul ranforsant

O altă clasificare a materialelor compozite se poate face după felul matricei [26]:

- materiale compozite plastice sau polimerice – matricea este formată din polietilenă, polipropilenă, poliuretani etc. Acest tip de materiale compozite au rezistență mare la acțiunea agenților chimici, densitatea redusă, proprietăți electrice, mecanice și termice superioare față de materialele termoplaste;
- materiale compozite ceramice – au matricea formată din substanțe anorganice – carburi, oxizi, siliciuri etc;
- materiale compozite metalice formate dintr-o matrice metalică – Ti, Pb, Mg, Cu, Al etc.

Materialele polimerice de matrice au o rigiditate scăzută și proprietăți vâscoelastice. Rigiditatea și rezistența acestora sunt date de materialele de ranforsare, mai ales de fibre. Un rol important în alegerea matricei îl are temperatura maximă de lucru, știindu-se că caracteristicile polimerilor sunt afectate de creșterea temperaturii, temperatura de tranziție vitroasă (T_g) fiind utilizată pentru a compara diferiți polimeri. Temperatura de tranziție vitroasă este temperatura la care materialul polimeric își pierde rigiditatea. Dea lungul timpului s-au dezvoltat noi polimeri cu temperaturi de tranziție vitroasă din ce în ce mai mari, înlocuind metalele în aplicațiile acestora, spre exemplu, titanul a fost înlocuit de poliamida ranforsată cu fibre de carbon în anumite componente ale motoarelor avioanelor. În alegerea matricei polimerice un alt aspect semnificativ îl reprezintă sensibilitatea sa la umezeală. O caracteristică a rășinilor este de a adsorbi apa, acest lucru duce la modificarea dimensiunii și la scăderea rigidității și rezistenței la temperaturi ridicate [27].

Fibrele lungi și subțiri sunt componentele de bază pentru materialele compozite armate (deunumite și compozite avansate), acestea având rigiditate și rezistență ridicate. Cele mai utilizate tipuri de fibre sunt [27]:

- fibrele de sticlă;
- fibrele de carbon (grafit);
- fibrele de bor;
- fibrele de aramidă (kevlar 49);
- fibrele de silicon carbid (SiC);
- fibrele de alumina;
- fibrele de cuarț, bazalt, tungsten etc.

Fibrele de carbon sunt filamente unidimensionale de carbon care au raportul lungime/diametru mai mare decât 100. Fibrele de carbon și de grafit sunt utilizate datorită rezistenței mecanice mari, respectiv modulul de rigiditate mare. Modulul de rigiditate și rezistența specifică, care reprezintă rezistența/masă, au valori mari datorită proprietăților fibrelor de carbon existente în materialele termoplaste armate cu fibre de carbon. Compozitele polimerice întărite cu carbon sunt folosite la confecționarea echipamentelor sportive precum rachetele de tenis, undițele, crosele de golf etc., componentelor din structura aeronavelor militare și comerciale etc [2], [27].

Datorită presiunii și temperaturii foarte ridicate necesare pentru obținerea fibrelor de carbon din topitură, la scară industrială acestea sunt obținute printr-un proces realizat prin parcurgerea etapelor: stabilizare, carbonizare (piroliza) și grafitizare. În timpul procesului de filare polimerii sunt aduși într-o stare fluid-vâscoasă prin dizolvare sau topire în solvenți corespunzători, în această stare se pot obține prin presarea prin orificiile duzelor (filierelor), filamente ce sunt prelucrate de diferite organe de înfășurare [2].

Metodele de filare existente sunt filarea din soluție și filarea din topitură, în funcție de modul în care este realizată starea lichid – vâscoasă a polimerilor, prin dizolvare sau topire. Filarea din soluție se poate realiza prin două moduri – filare uscată, când trecerea soluției de polimer se face prin filiere, iar la ieșirea acesteia filamentele devin solide prin evaporarea dizolvantului în turnuri adecvate, unde se reglează temperatura de evaporare dar și posibilitatea de recuperare a solventului; – filare umedă, are loc când filamentul este precipitat într-o baie de coagulare, în aceasta aflându-se componente chimice diferite, reacțiile chimice ce au loc în aceasta sunt cu modificarea chimică sau fizică a polimerului. Fibrele de carbon sunt obținute după piroliza în atmosferă inertă, iar prin

procesul de grafitizare, adică tratarea fibrelor de carbon la temperaturi de peste 2500°C în atmosferă inertă se obțin fibrele de grafit. Fibrele de carbon: sunt de trei tipuri [2]:

- pe bază de poliacrilonitril (PAN) etapele procesului de obținere a acestor fibre sunt prezentate în figura 3.2.;
- pe bază de smoală mezofazică;
- obținute din fază de vapori.

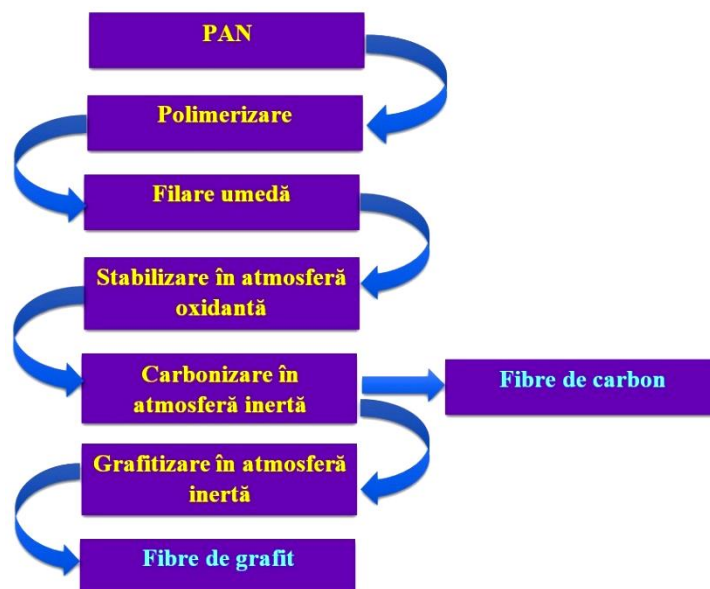


Figura 3.2. Etapele procesului de obținere a fibrelor de carbon din poliacrilonitril (PAN) [2]

Principalele proprietăți fizice și mecanice ale fibrelor sunt densitatea ρ (sau greutatea specifică), rezistența la tracțiune sau tensiunea maximă notată σ_u și modulul de elasticitate longitudinal E . Modulul de elasticitate longitudinal E și rezistența maximă la tracțiune σ_u pentru unele fibre comune utilizate în compozitele armate se determină prin încercarea la tracțiune (la întindere), în urma căreia se obțin curbe caracteristice liniare [2].

Tabelul 3.1.

Proprietățile mecanice ale unor fibre [2]

Fibre	Rezistența la tracțiune σ_u [GPa]	Modulul de elasticitate E [GPa]	Densitatea ρ [g/cm ³]	Diametrul fibrei [μm]
Sticla	3,1 – 5	72 – 95	2,4 – 2,6	3 – 19
Carbon (grafit)	7	300	1,75	5 – 11
de înaltă rezistență	2,5	240	1,9	5 – 11
Carbon (grafit)	2,7	850	1,78	5 – 11
cu modul înalt	2,1	390	1,9	5 – 11
Bor	2,5 – 3,7	390 – 420	2,5 – 2,6	100 – 200
Aramidă	3,5 – 5,5	140 – 180	1,4 – 1,47	12 – 15
Kevlar 49 (polimer aramidă)	2,8	130	1,5	-
Silicon – Carbid	2,7	185	2,4 – 2,7	10 – 15
Alumina	2,4 – 4,1	470 – 530	3,96	20 – 500
Cuarț	6	74	2,2	10
Bazalt	3 – 3,5	90	2,7 – 3	9 – 13
Tungsten	4,2	414	19,3	-
Polietilenă	2,6 – 3,3	120 – 170	0,9	20 – 40

Spre deosebire de materialele tradiționale cum sunt lemnul și metalele, proprietățile materialelor compozite pot fi controlate în proporții ridicate prin alegerea componentelor, orientarea și geometria fibrelor și procentul de fibre în liant. Un atribut foarte important al acestor materiale este faptul că inginerul poate să aleagă proprietățile materialului în timp ce se realizează forma optimă a produsului, în contrast cu materialele convenționale unde produsul trebuie proiectat în conformitate cu proprietățile materialului. Această abilitate a compozitelor este eficientă în fabricație dar complicată pentru încercări, de cele mai multe ori relația dintre proprietățile produsului final și proprietățile probei de încercare (epruvetei) nu este clară, motiv pentru care încercările se efectuează în diferite etape ale fabricației pentru a se măsura proprietățile structurii finale dar și a materialelor constitutive. Materialele compozite trebuie să îndeplinească cerințele aplicative în ceea ce privește rezistența sub diferite încercări, durabilitate, rezistența la impact etc. Proprietățile materialelor se pot schimba din cauza acțiunilor mediului cum ar fi umiditatea, temperatura, prezența agenților chimici, motiv pentru care compozitele sunt proiectate pentru a rezista la diferite încercări [26].

Tracțiune sau întindere – rigiditatea și rezistența fibrelor sunt mai mari față de cele ale materialului de umplură propriu, prin urmare comportarea sub sarcina de tracțiune este dependentă de acestea. În timpul încercării se măsoară alungirea epruvetei și sarcina suportată de aceasta. La această încercare proba este alungită cu o viteză constantă în lungul axei sale principale, până are loc ruperea sau până când sarcina (tensiunea) sau alungirea (deformarea) atinge o valoare prestabilită [26].

Compreiune – în acest caz adezivul și proprietățile de rigiditate a liantului sunt foarte importante pentru a păstra fibrele rectilinii și pentru a preveni pierderea flambajului (stabilității). În timpul acestei încercări proba este comprimată cu o viteză constantă în lungul axei sale principale, până are loc ruperea (spargerea) sau până când deformarea (comprimarea) sau tensiunea (sarcina) atinge o valoare prestabilită [26].

Forfecare – o astfel de forță presupune încercarea de alunecare a straturilor de fibre adiacente unul peste altul. În acest caz liantul trimite tensiunile prin compozit, pe direcție transversală [26].

Încovoiere – o astfel de forță presupune abilitatea materialului de a se îndoi. Această solicitare combină solicitările de forfecare, compresiune și tracțiune [26].

Materialele compozite au două mecanisme fundamentale de cedare și anume **rupere casantă** și **rupere ductilă**, acestea fiind direct legate de cantitatea de liant la fibre: cu cât cantitatea de fibre crește cu atât compozitele devin mai puternice, însă, totodată, devin și mai fragile. Încercarea la impact simulează condițiile de impact la care materialul ar trebui să facă față în timpul exploatarei. Inginerul mai întâi trebuie să determine parametrii precum energia, viteza de impact, variațiile de temperatură, pentru a măsura energia necesară ruperii unei epruvete [26].

Rezistența la impact a unui compozit reprezintă o proprietate foarte importantă pe care inginerul trebuie să o ia în considerare în proiectare. Încercarea de tracțiune la oboseală este utilizată pentru caracterizarea duratei de viață la oboseală. Rezistența reziduală, numărul de cicluri până la rupere și modulul sunt măsurate ca funcții de frecvență și de amplitudine a tensiunilor. Frecvența este una dintre variabilele importante pentru materialele compozite polimerice, pentru că polimerii absorb energia cu fiecare ciclu, lucru ce duce la o auto-încălzire a epruvetei încercate și în final comportarea materialului este puternic afectată [26].

Încercările trebuie să fie făcute în condiții standardizate, adică în aceleași condiții, iar formele și dimensiunile probelor să fie identice, pentru a se putea compara modul de comportare a materialelor la diferite acțiuni. În general standardele prevăd toate condițiile care trebuie respectate la controlul și încercarea materialelor cu privire la mărimea, forma, extragerea și modul de prelucrare a epruvetelor dar și condițiile de încercare propriu-zise. Conform standardului SR EN ISO 527-4, există trei tipuri de epruvete utilizate pentru încercările mecanice la tracțiune: de tip 1B, de tip 2 și de tip 3, cele de tipul 1B din figura 3.3. fiind utilizate în cazul determinării proprietăților încercărilor materialelor termoplaste armate cu fibre, dar și pentru încercările materialelor termorigide armate cu fibre, atunci când ruperea are loc în interiorul lungimii de referință, acestea nefiind indicate în cazul materialelor armate multidirecționale pe bază de fibre continue [28], [29].

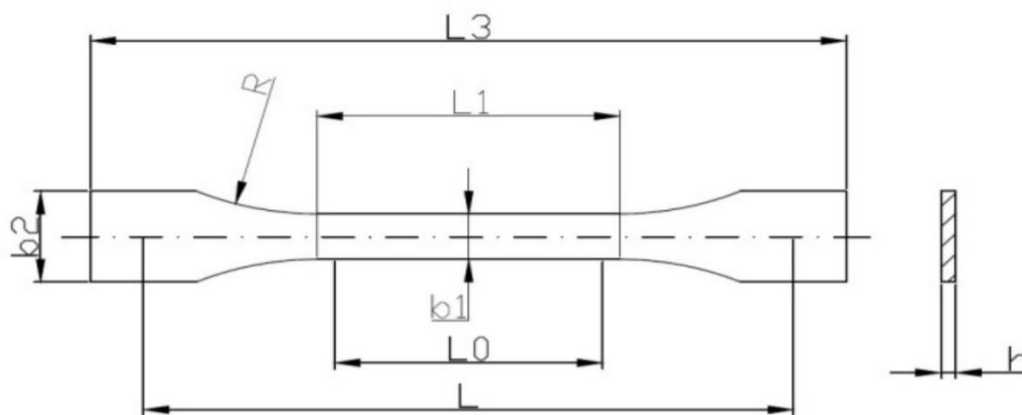


Figura 3.3. Epruvetă de tip 1B (halteră) pentru determinarea încercărilor la tracțiune¹⁰

în care:

L_3	este lungimea totală	≥ 150 (mm);
L_1	– lungimea părții înguste paralele	$60 \pm 0,5$ (mm);
R	– raza	≥ 60 (mm);
b_2	– lățimea la extremități	$20 \pm 0,2$ (mm);
b_1	– lățimea a părții înguste	$10 \pm 0,2$ (mm);
h	– grosimea recomandată	2 până la 10 (mm);
L_0	– lungimea de referință	$50 \pm 0,5$ (mm);
L	– distanța inițială între cleme	115 ± 1 (mm).

În cazul încercării la tracțiune se vor determina următorii parametri: alungirea (alungirea specifică), limita de curgere, rezistența la rupere, modulul lui Young (de elasticitate) [28].

Alungirea (ε) este definită ca fiind raportul dintre deformația liniară și lungimea inițială a probei [28].

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} * 100 \quad (1)$$

în care:

ε este alungirea sau alungirea relativă, (%);

L_0 – lungimea inițială, (mm);

L_u – lungimea după rupere, (mm).

Limita de curgere (σ_c) reprezintă tensiunea minimă, în condițiile în care sarcina rămâne constantă, alungirea crește în continuare și este definită prin sarcina minimă corespunzătoare raportată la aria secțiunii inițiale a probei [28].

$$\sigma_c = \frac{F_c}{S_0} \quad (2)$$

în care:

σ_c este limita de curgere, (MPa);

F_c – forța aplicată la curgere, (N);

S_0 – aria secțiunii inițiale a epruvetei, (mm²).

Rezistența la rupere la tracțiune (σ_r) reprezintă raportul dintre F_{max} – forța maximă de rupere și aria secțiunii transversale inițiale a probei [28].

$$\sigma_r = \frac{F_{max}}{S_0} \quad (3)$$

în care:

σ_r este rezistența la rupere la tracțiune, (MPa);

¹⁰ Preluat din SR EN ISO 527-4 Materiale plastice

$F_{\max}$ – forța maximă de rupere, (N);

S_0 – aria secțiunii transversale inițiale a epruvetei, (mm^2).

Modulul lui Young sau modulul de elasticitate longitudinal (E) este reprezentat de raportul dintre tensiunea normală, în condițiile în care aceasta nu depășește limitele de proporționalitate, și deformația specifică [28].

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (4)$$

în care:

E este modulul de elasticitate, (MPa);

σ – tensiunea normală, (MPa);

ε – deformația (alungirea) specifică, (%).

3.2. Cercetări experimentale privind influența procesului de reciclare asupra proprietăților mecanice a unui nanocompozit termoplast cu matrice polimerică

În cadrul cercetării experimentale s-a utilizat drept material polimeric polietilena de joasă densitate (LDPE), ranforsată cu concentrații diferite de nanotuburi de carbon cu pereți multipli. Au fost folosite 54 de probe de polietilenă de joasă densitate (LDPE) – 18 epruvete virgine, R0, 18 epruvete supuse unui proces de reciclare, R1 și 18 epruvete reciclate de două ori, R2. Probele au fost injectate în trei regimuri de injectare, fiecare regim având diferite concentrații de nanotuburi de carbon, presiuni de injectare, temperaturi de topire, debituri și diferiți timpi de menținere, în tabelul 3.2. fiind trecut planul de experiment privind injectarea nanocompozitului LDPE.

Polietilena de joasă densitate este un polimer termoplast care se obține prin polimerizarea etilenei. Materialele de umplutură folosite pentru a se obține nanocompozitul polimeric sunt nanotuburile de carbon cu pereți multipli (MWCNT). Materialele au fost achiziționate de la firma NANOCYL, Belgia.

Materialele termoplaste au fost introduse în mașina de măcinat/tocat ca în figura 3.4.a. pentru a se obține granule – figura 3.4.b., folosite ulterior pentru realizarea probelor. Reciclarea granulelor colectate selectiv a fost realizată pe o moară de reciclat cu valțuri achiziționate de la firma DEGA, Italia, moara poate fi observată în partea dreaptă în figura 3.5. Sitirea s-a realizat cu site pentru a îndepărta rezidurile ce au un diametru mai mic de 4 mm, ca în figura 3.6. În figura 3.7. sunt trecute granulele nereciclate – R0, reciclate o singură dată – R1 și reciclate de două ori – R2.

Tabelul 3.2

Planul de experiment privind injectarea nanocompozitului LDPE

Nr. crt.	Regim	Reciclarea (-)	Concentratie	Presiunea de injectare (MPa)	Temperatura topiturii (°C)	Timpul de menținere (s)	Debitul (cm^3/s)
1	1	R0	0.1	50	110	20	10
2	2	R0	0.1	70	150	60	30
3	3	R0	0.1	60	145	30	25
4	1	R0	0.3	50	110	20	10
5	2	R0	0.3	70	150	60	30
6	3	R0	0.3	60	145	30	25
7	1	R0	0.5	50	110	20	10
8	2	R0	0.5	70	150	60	30
9	3	R0	0.5	60	145	30	25
10	1	R0	1	50	110	20	10
11	2	R0	1	70	150	60	30
12	3	R0	1	60	145	30	25
13	1	R0	3	50	110	20	10
14	2	R0	3	70	150	60	30
15	3	R0	3	60	145	30	25
16	1	R0	5	50	110	20	10
17	2	R0	5	70	150	60	30
18	3	R0	5	60	145	30	25

Capitolul 3. Influența procesului de reciclare mecanică multiplă asupra proprietăților mecanice a unui nanocompozit termoplast

19	1	R1	0.1	50	110	20	10
20	2	R1	0.1	70	150	60	30
21	3	R1	0.1	60	145	30	25
22	1	R1	0.3	50	110	20	10
23	2	R1	0.3	70	150	60	30
24	3	R1	0.3	60	145	30	25
25	1	R1	0.5	50	110	20	10
26	2	R1	0.5	70	150	60	30
27	3	R1	0.5	60	145	30	25
28	1	R1	1	50	110	20	10
29	2	R1	1	70	150	60	30
30	3	R1	1	60	145	30	25
31	1	R1	3	50	110	20	10
32	2	R1	3	70	150	60	30
33	3	R1	3	60	145	30	25
34	1	R1	5	50	110	20	10
35	2	R1	5	70	150	60	30
36	3	R1	5	60	145	30	25
37	1	R2	0.1	50	110	20	10
38	2	R2	0.1	70	150	60	30
39	3	R2	0.1	60	145	30	25
40	1	R2	0.3	50	110	20	10
41	2	R2	0.3	70	150	60	30
42	3	R2	0.3	60	145	30	25
43	1	R2	0.5	50	110	20	10
44	2	R2	0.5	70	150	60	30
45	3	R2	0.5	60	145	30	25
46	1	R2	1	50	110	20	10
47	2	R2	1	70	150	60	30
48	3	R2	1	60	145	30	25
49	1	R2	3	50	110	20	10
50	2	R2	3	70	150	60	30
51	3	R2	3	60	145	30	25
52	1	R2	5	50	110	20	10
53	2	R2	5	70	150	60	30
54	3	R2	5	60	145	30	25



a.



b.

Figura 3.4. Obținerea granulelor din materialele termoplaste reciclate:

a. Introducerea materialelor termoplaste reciclate în mașina de tocat/măcinat, **b.** Granule din materialele termoplaste reciclate



Figura 3.5. Mașina de injectat, moara de reciclat și colectarea selectivă a granulelor

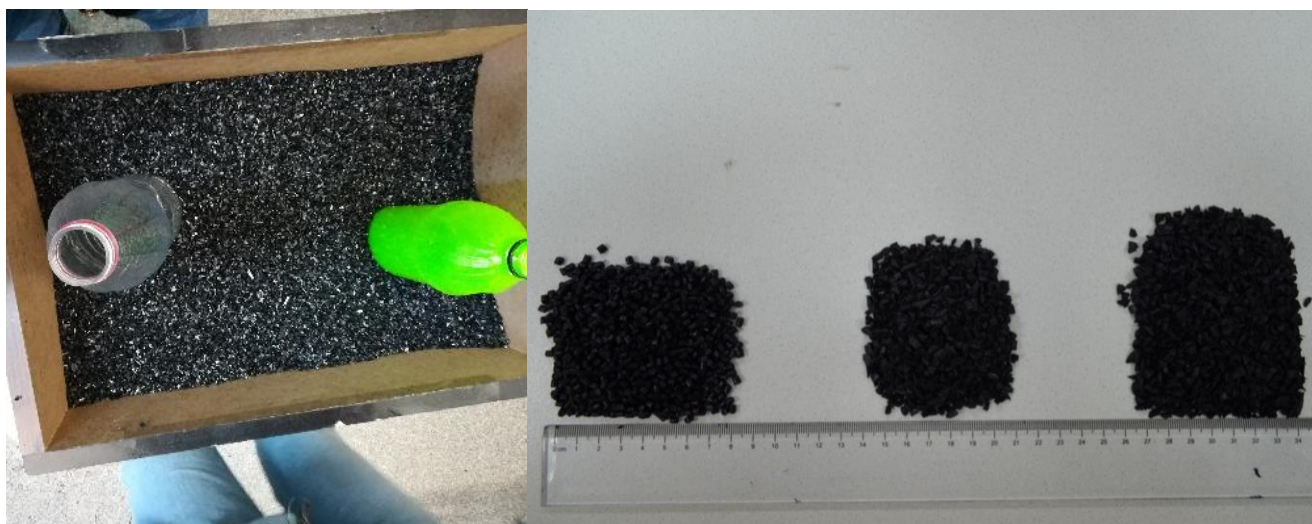


Figura 3.6. Sitirea granulelor

Figura 3.7. Granule nereciclate – R0, reciclate o singură dată – R1 și reciclate de două ori – R2

Injectarea a fost realizată pe o mașină de injecție ARBURG ALLROUNDER 320C ca în figura 3.8., matrița fiind una clasică cu rețea de alimentare, culee, în două cuiburi.

Testarea a fost realizată pe o mașină de testat la tracțiune, TESTOMETRIC M350 – 5AT ca în figura 3.9., cu o viteză de testare de 100 mm/min, iar alegerea epruvetelor și prelucrarea curbelor au fost realizate conform STAS ISO 527/ASTM D638. În figura 3.10. sunt exemplificate probele de LDPE cu o concentrație de 5% de nanotuburi de carbon reciclate de două ori.



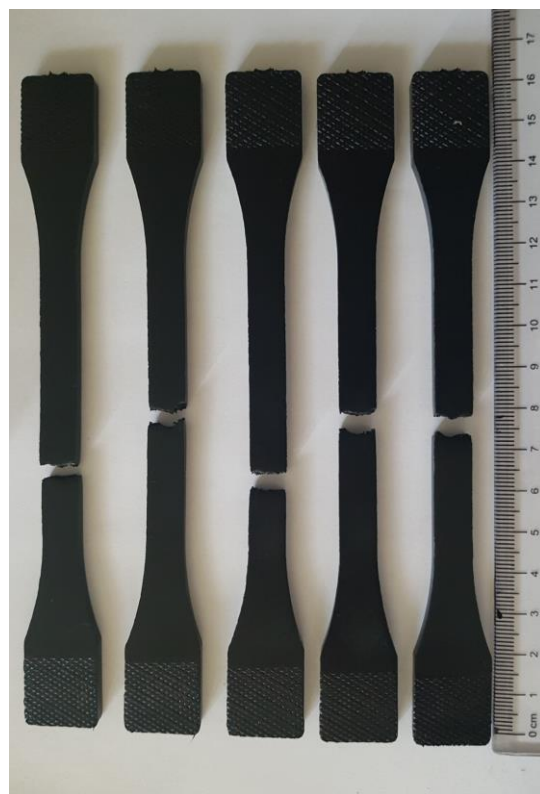
Figura 3.8. Mașina de injectat ARBURG ALLROUNDER 320



Figura 3.9. Mașina de testat la tracțiune TESTOMETRIC M350 – 5AT



a.



b.

Figura 3.10. Probele de LDPE cu concentrație de 5% de nanotuburi de carbon reciclate de două ori: **a.** înainte de testarea la tracțiune, **b.** după testarea la tracțiune.

3.2.1. Interpretarea rezultatelor experimentale

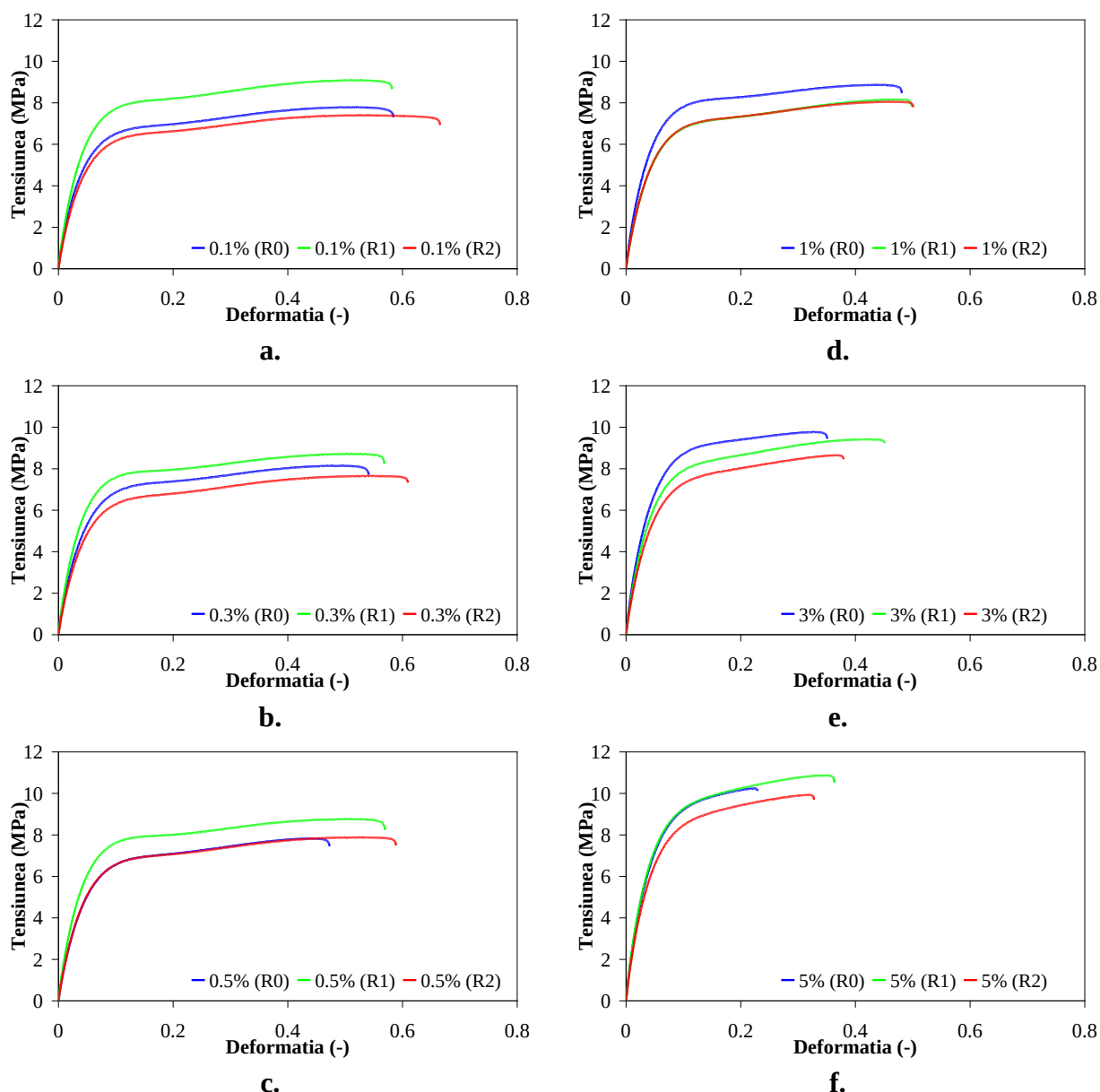


Figura 3.11. Influența procesului de reciclare asupra curbelor tensiune-deformație:
a. LDPE 0.1 wt.% MWCNTs; **b.** LDPE 0.3 wt.% MWCNTs; **c.** LDPE 0.5 wt.% MWCNTs;
d. LDPE 1 wt.% MWCNTs; **e.** LDPE 3 wt.% MWCNTs; **f.** LDPE 5 wt.% MWCNTs.

Analizând curbele de tensiune-deformație din figura 3.11. putem spune că rezistența la tracțiune a nanocompoziului LDPE/MWCNT crește direct proporțional cu creșterea conținutului de nanotuburi de carbon. Putem observa că procesul de reciclare influențează și valoarea tensiunii, această valoare scade odată cu creșterea numărului de reciclări. Comparativ cu celelalte tipuri de epruvete, cele reciclate de două ori, R2, au cea mai slabă rezistență la tracțiune indiferent de concentrația de nanotuburi de carbon. La concentrații de 0,1; 0,3 și 0,5 wt.% MWCNT, probele reciclate o dată, R1, au rezistența mecanică mai mare decât a epruvetelor virgine, R0. La concentrații de 1% și 3% rezistența la tracțiune a probelor R1 începe să scadă, urmând să fie egală cu rezistența probelor nereciclate, R0, la concentrații de 5%. Totodată putem spune că materialul își pierde din rezistență odată ce trece prin mai multe cicluri de reciclări, astfel putem spune că deși rezistența la tracțiune scade odată cu creșterea numărului ciclurilor de reciclări a materialului, aceasta poate să crească prin introducerea de concentrații de nanotuburi de carbon.

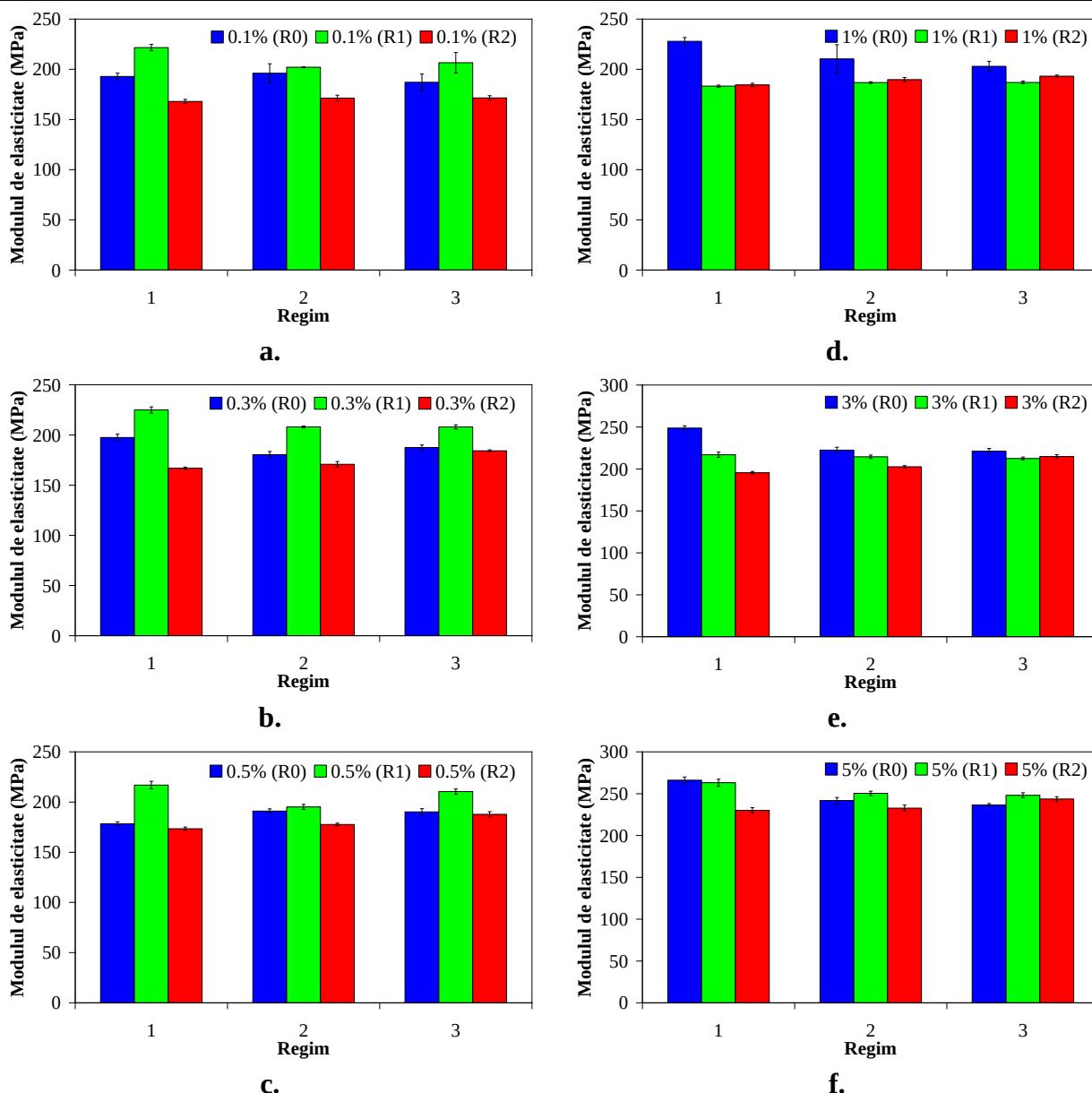


Figura 3.12. Influența procesului de reciclare asupra modulului de elasticitate:

- a.** LDPE 0.1 wt.% MWCNTs; **b.** LDPE 0.3 wt.% MWCNTs; **c.** LDPE 0.5 wt.% MWCNTs;
d. LDPE 1 wt.% MWCNTs; **e.** LDPE 3 wt.% MWCNTs; **f.** LDPE 5 wt.% MWCNTs.

În figura 3.12. se poate observa o creștere a modulului de elasticitate odată cu creșterea concentrației de nanotuburi de carbon, prin urmare crește și rigiditatea materialului. Remarcăm că valoarea modulului de elasticitate este influențată de numărul ciclurilor de reciclări, probele reciclate de două ori au per total o valoare mai mică a modulului de elasticitate față de probele virgine și probele reciclate o singură dată. La concentrațiile 0,1; 0,3 și 0,5 wt.% MWCNT probele reciclate de două ori au un modul de elasticitate mic comparativ cu probele nereciclate și cele reciclate o singură dată, prin urmare probele R2 vor suferi deformații elastice, iar polipropilena reciclată o dată are cel mai mare modul de elasticitate indiferent de regimul de injectare, adică în această situație probele R1 sunt cele mai rigide. La 1% probele reciclate au modulul de elasticitate aproximativ egal în toate cele trei regimuri de injectare, polipropilena virgină situându-se pe primul loc ca valoare, ceea ce înseamnă că probele R0 au o rigiditate mai mare decât probele R1 și R2. La 3% în cazul ultimelor două regimuri de injectare s-au înregistrat valori apropiate a modulului, adică probele au o rigiditate asemănătoare, iar la primul regim de injectare modulul de elasticitate ajunge la valori maxime pentru R0. La 5% valoarea modulului crește considerabil în toate regimurile, primul regim înregistrând cele mai mari valori pentru R0 și R1, R2 atingând valoarea sa maximă în

regimul trei. Ca și concluzie putem spune că dea lungul experimentului probele virgine R0 au înregistrat valori maxime a modulului de elasticitate în primul regim de injectare la ultimele trei concentrații, iar cele reciclate o dată R1 au înregistrat valori maxime a modulului de elasticitate în toate regimurile de injectare la primele trei concentrații.

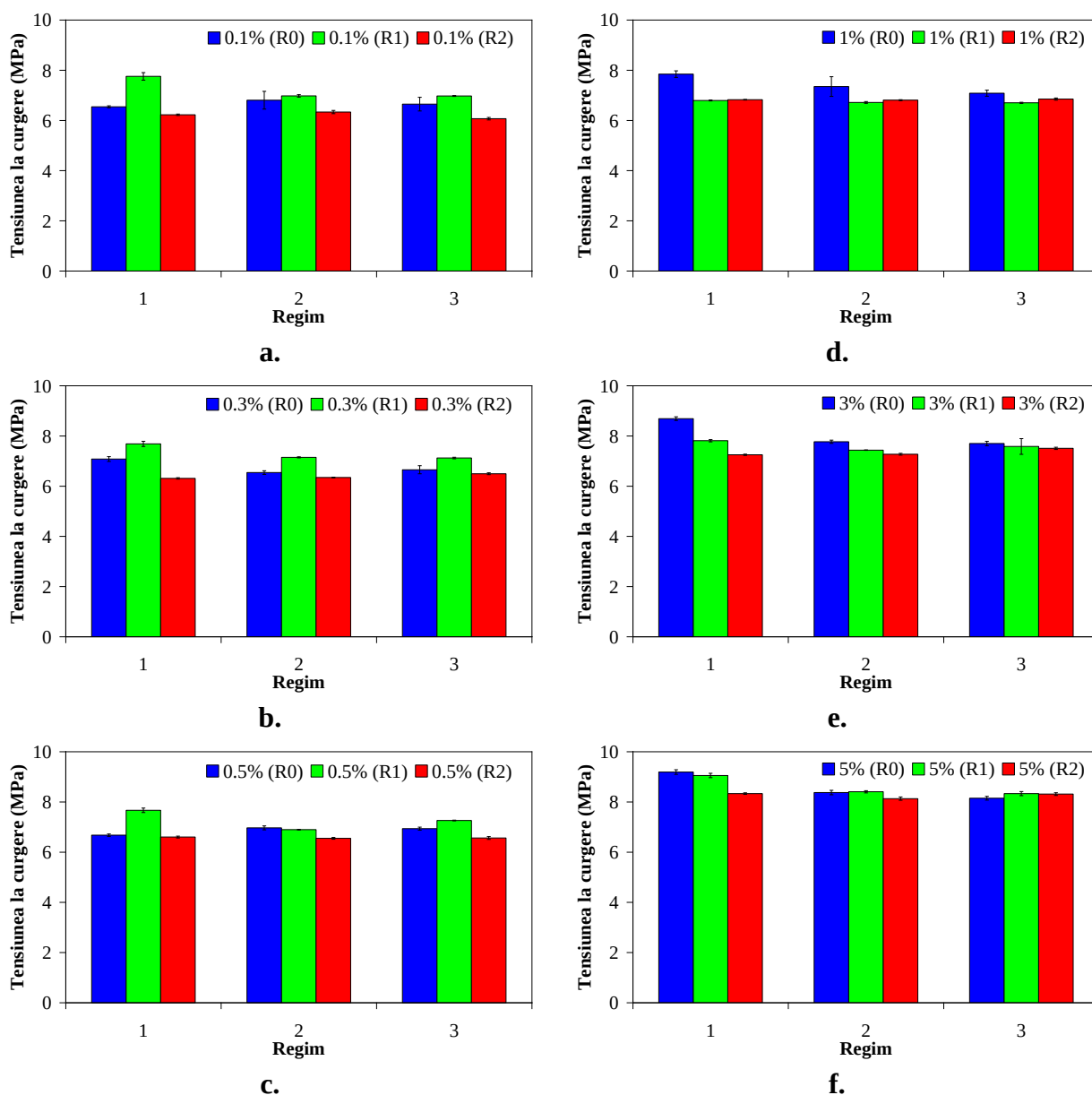


Figura 3.13. Influența procesului de reciclare asupra tensiunii la curgere:
a. LDPE 0.1 wt.% MWCNTs; **b.** LDPE 0.3 wt.% MWCNTs; **c.** LDPE 0.5 wt.% MWCNTs;
d. LDPE 1 wt.% MWCNTs; **e.** LDPE 3 wt.% MWCNTs; **f.** LDPE 5 wt.% MWCNTs.

În figura 3.13. se poate observa că odată cu creșterea concentrației de nanotuburi de carbon crește și tensiunea la curgere, adică se înregistrează creșteri ale deformației plastice permanente. Valoarea tensiunii la curgere este influențată și de numărul ciclurilor de reciclări, epruvetele reciclate de două ori au cele mai mici tensiuni, iar epruvetele reciclate o dată au în primele trei diagrame tensiuni mai mari și în ultimele trei diagrame valoarea acestuia este mai mică față de probele virgine. La concentrațiile 0,1; 0,3 și 0,5 wt.% MWCNT probele reciclate de două ori au o tensiune la curgere mică comparativ cu probele virgine și cele reciclate o dată, prin urmare capacitatea de deformare plastică a probelor R2 este mai mică, epruvetele reciclate o dată au o tensiune la curgere mare indiferent de regimul de injectare. La 1% epruvetele reciclate au tensiuni apropiate în toate regimurile de injectare, rezultă că ambele tipuri de materiale se deformează

plastic aproximativ în aceeași perioadă de timp, iar probele virgine au o valoare superioară a tensiunii prin urmare se vor deforma înaintea probelor reciclate. La 3% în ultimele două regimuri tensiunile sunt apropiate la toate tipurile de probe, R0 înregistrând o valoare puțin mai ridicată față de R1 și R2, iar în primul regim diferența dintre tensiuni este mult mai pronunțată, probele virgine fiind tot pe primul loc. La 5% epruvetele R0 și R1 înregistrează în primul regim de injectare valori maxime a tensiunii la curgere și a deformării permanente plastice, iar probele reciclate de două ori în regimul trei de injectare.

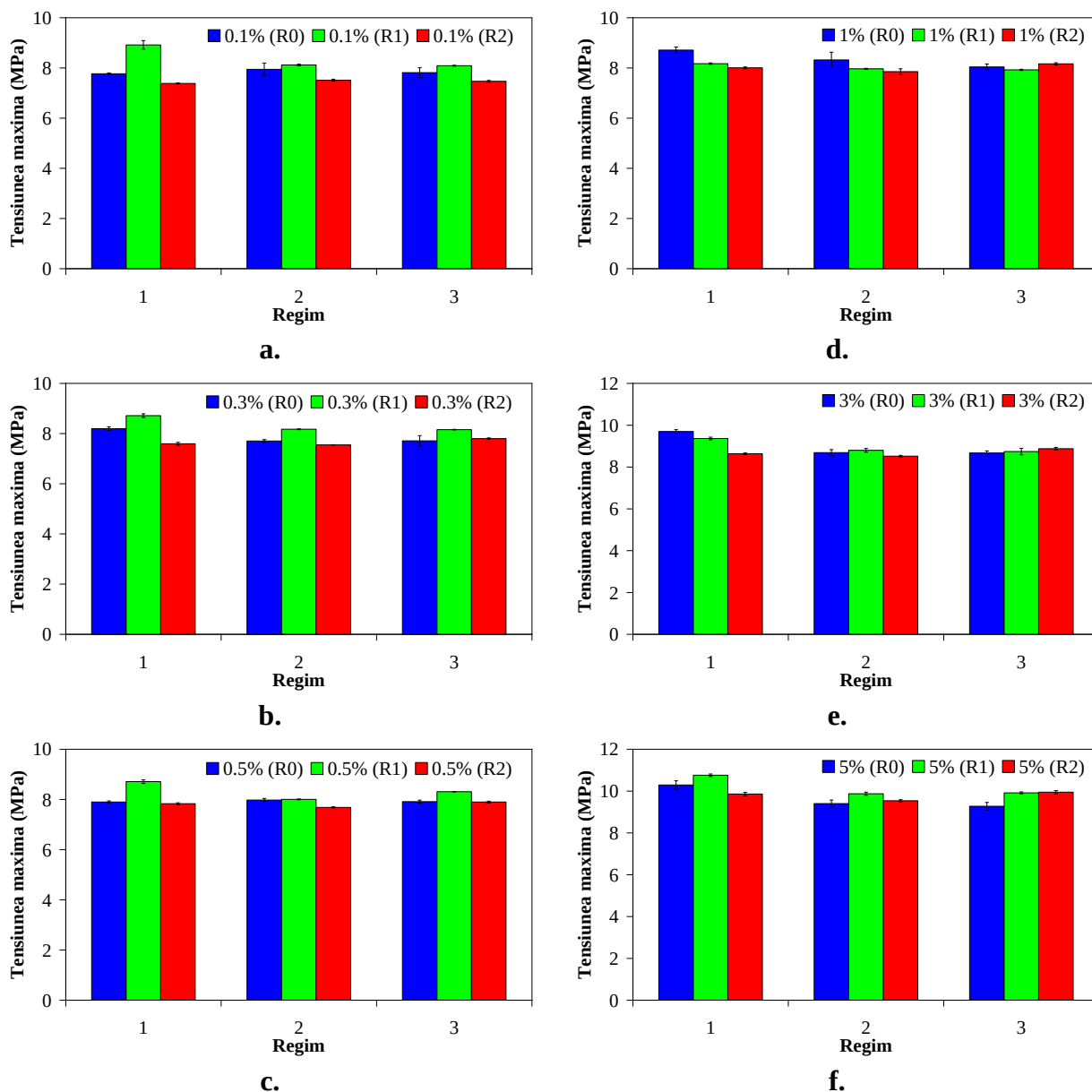


Figura 3.14. Influența procesului de reciclare asupra tensiunii maxime:

- a.** LDPE 0.1 wt.% MWCNTs; **b.** LDPE 0.3 wt.% MWCNTs; **c.** LDPE 0.5 wt.% MWCNTs;
d. LDPE 1 wt.% MWCNTs; **e.** LDPE 3 wt.% MWCNTs; **f.** LDPE 5 wt.% MWCNTs.

În figura 3.14. se poate observa o creștere a tensiunii maxime direct proporțională cu creșterea concentrației de nanotuburi de carbon, lucru ce înseamnă o creștere a valorii limită înainte de producerea ruperii, adică o rezistență mecanică mai mare a probelor. Procesul de reciclare influențează valoarea tensiunii maxime, se observă că probele trecute prin două procese de reciclare au tensiunile cele mai mici, iar per total probele reciclate o dată au tensiunea maximă cea mai ridicată. La concentrațiile 0,1; 0,3 și 0,5 wt.% MWCNT probele R2 au o tensiune maximă mai mică comparativ cu epruvetele R1 și R0, prin urmare valoarea limită înainte de rupere și rezistența

mechanică sunt mai mici, observându-se că probele reciclate o dată înregistrează valori superioare a tensiunii în toate regimurile de injectare, cu precizarea că la concentrații de 0,5% în regimul doi, rezistența mecanică a epruvetelor R1 este egală cu cea a epruvetelor R0. La 1% probele reciclate au rezistențe mecanice apropiate în toate regimurile, dar valori mai mici în primele două regimuri și aproape egale în regimul trei comparativ cu epruvetele virgine. La 3% în ultimele două regimuri tensiunea maximă are valori apropiate la toate probele, iar în primul regim se observă o diferență a valorilor, epruvetele R0 ocupând primul loc cu o rezistență mecanică mai mare. La 5% ca și în cazurile precedente, se înregistrează în primul regim valori maxime pentru probele R1 și R0, epruvetele reciclate o dată fiind puțin mai rezistente decât cele nereciclate, iar în regimul trei probele reciclate R1 și R2 au rezistențe egale.

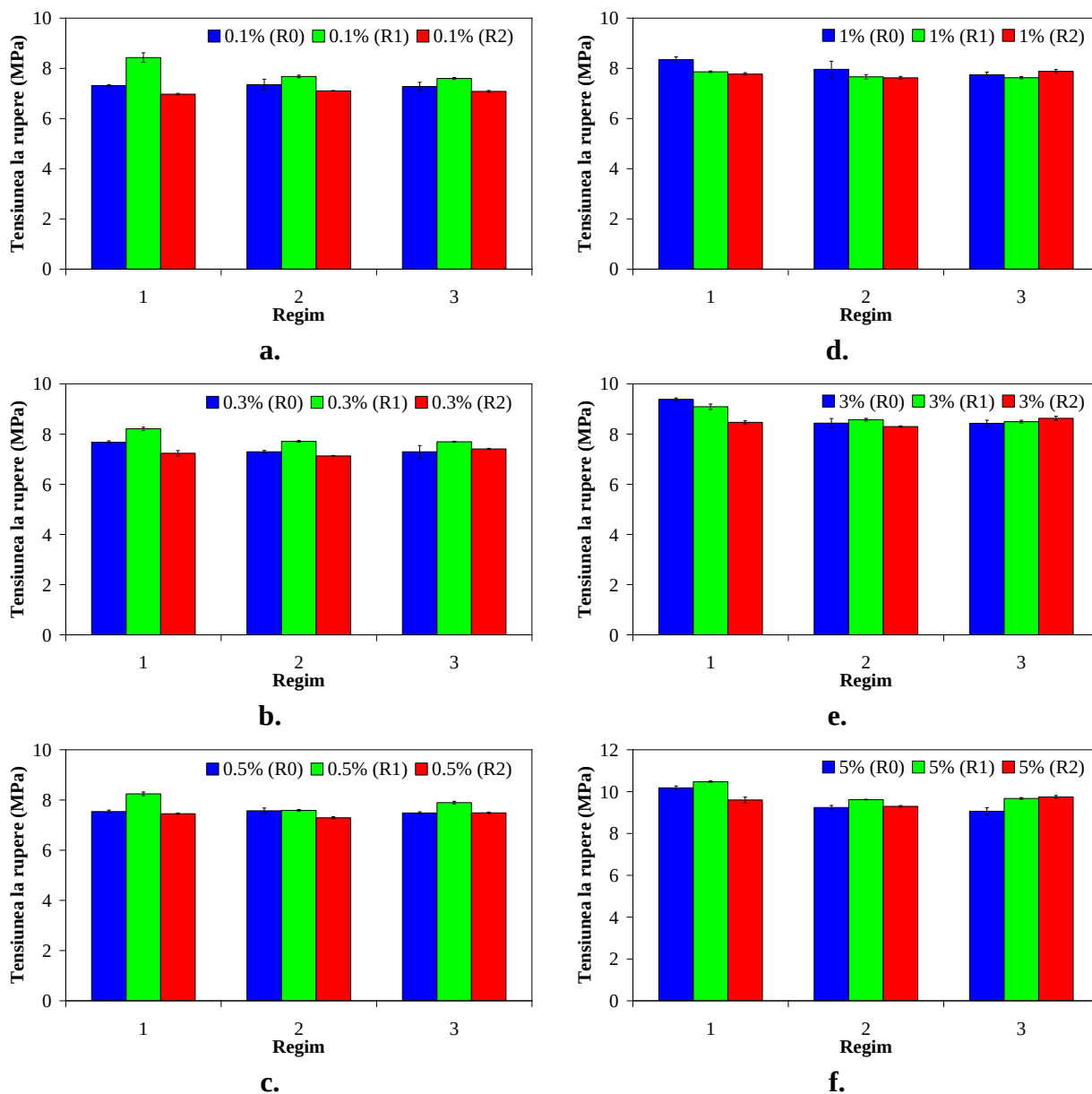


Figura 3.15. Influența procesului de reciclare asupra tensiunii la rupere:

- a.** LDPE 0.1 wt.% MWCNTs; **b.** LDPE 0.3 wt.% MWCNTs; **c.** LDPE 0.5 wt.% MWCNTs;
d. LDPE 1 wt.% MWCNTs; **e.** LDPE 3 wt.% MWCNTs; **f.** LDPE 5 wt.% MWCNTs.

În figura 3.15. se poate observa că odată cu creșterea concentrației de nanotuburi de carbon crește și tensiunea la rupere, adică crește rezistența mecanică la rupere a probelor. Tensiunea la rupere a probelor este influențată de procesul de reciclare, epruvetele reciclate de două ori au tensiuni la rupere mici, iar cele reciclate o dată au tensiuni mai mari și decât probele virgine în

unele diagrame. La concentrații de 0,1; 0,3 și 0,5 wt.% MWCNT epruvetele R1 au cea mai mare tensiune la rupere în toate regimurile de injectare, prin urmare sunt cele mai rezistente din punct de vedere mecanic, iar la concentrații de 0,5% probele R1 și R0, în regimul al doilea, au rezistența la rupere egală. Ca și în cazurile anterioare putem observa că probele reciclate de două ori au cele mai mici valori. La 1% epruvetele reciclate au tensiunile la rupere apropiate, în primele două regimuri de injectare observăm că cele mai rezistente probe sunt cele nereciclate, iar în regimul al treilea epruvetele reciclate de două ori, R2, au rezistența la rupere egală cu cea a probelor R0. La 3% în primul regim cele mai rezistente materiale sunt din nou cele nereciclate, acestea urmând să scadă în regimurile doi și trei, unde probele R1 respectiv R2 au tensiunile la rupere cele mai mari. La 5% pentru primele două regimuri de injectare observăm că epruvetele reciclate o dată, R1, sunt cele mai rezistente, înregistrând valori maxime a tensiunii la rupere, iar în ultimul regim probele R2 au valoarea tensiunii cea mai mare.

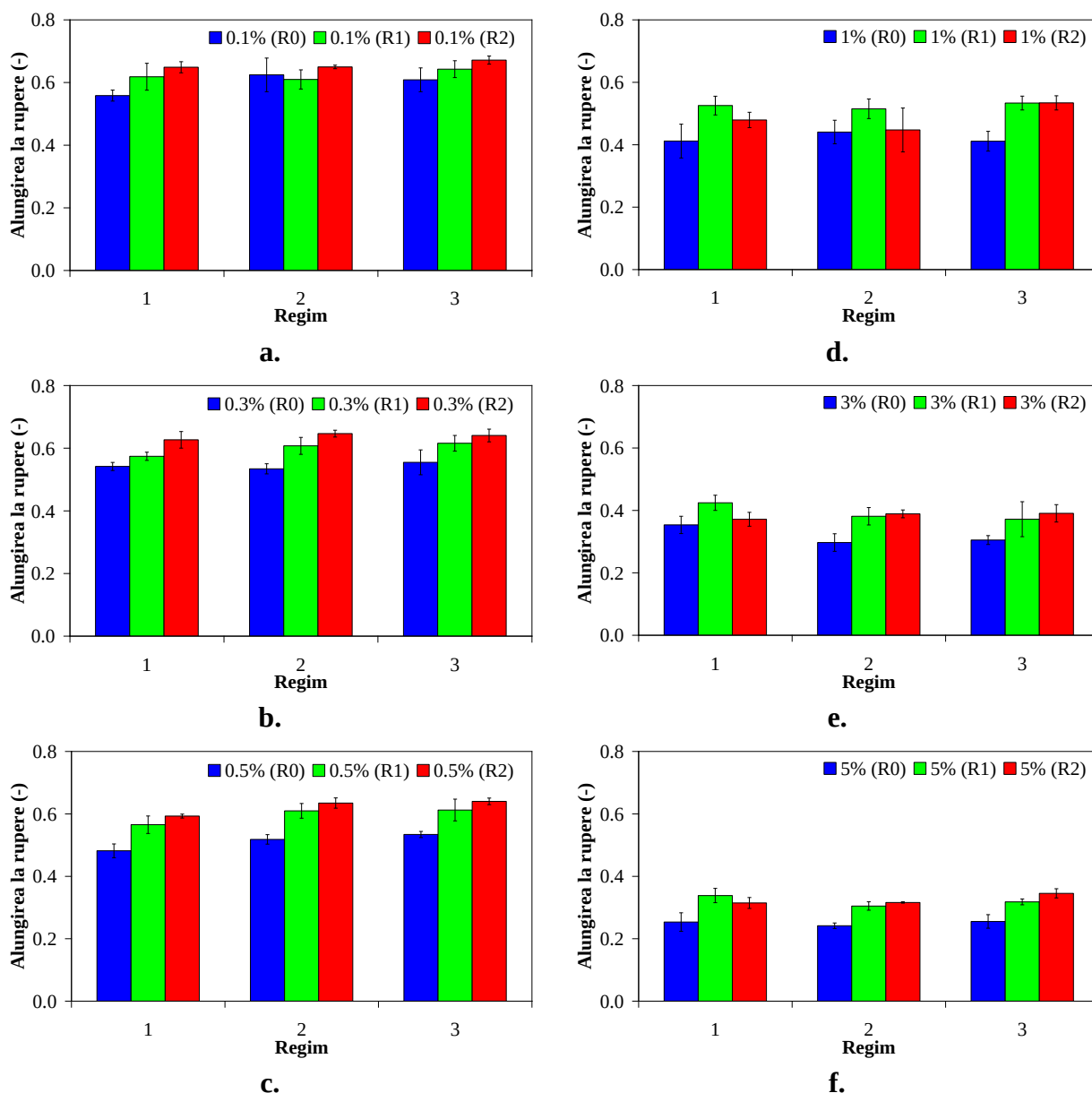


Figura 3.16. Influența procesului de reciclare asupra alungirii la rupere:

a. LDPE 0.1 wt.% MWCNTs; **b.** LDPE 0.3 wt.% MWCNTs; **c.** LDPE 0.5 wt.% MWCNTs;
d. LDPE 1 wt.% MWCNTs; **e.** LDPE 3 wt.% MWCNTs; **f.** LDPE 5 wt.% MWCNTs.

În figura 3.16. se poate observa că odată cu creșterea concentrației de nanotuburi de carbon alungirea la rupere scade, ceea ce înseamnă că probele își pierd ductilitatea devenind fragile.

Procesul de reciclare influențează alungirea la rupere a materialului, per total probele reciclate de două ori au înregistrat valorile cele mai mari a alungirii, iar probele virgine valorile cele mai mici. La concentrațiile 0,1; 0,3 și 0,5 wt.% MWCNT în toate cele trei regimuri de injectare, alungirea la rupere a probelor reciclate de două ori, R2, este mai mare comparativ cu ale R1 și R0, fiind astfel mai ductile. La 1% la regimurile 1 și 2, probele R1 au valori maxime în ceea ce privește alungirea la rupere, iar în regimul trei valoarea sa este egală la epruvetele reciclate. La 3% probele R2 în ultimele două regimuri de injectare au alungirea la rupere mai mare, iar în primul regim probele R1 se situează pe primul loc. La 5% valoarea alungirii la rupere scade sub 0,4 în toate cele trei regimuri. Putem observa că cele mai fragile sunt epruvetele nereciclate, R0. Valoarea cea mai mare a alungirii la rupere este înregistrată în primul regim de injectare de probele R1, în al treilea regim de probele R2, iar în al doilea regim epruvetele reciclate au valori apropiate a alungirii la rupere, astfel putem spune că probele virgine R0 sunt cele mai fragile, situându-se pe ultimul loc ca valoare a alungirii la rupere în toate regimurile de injectare.

3.3. Concluzii

În cadrul acestui capitol s-au prezentat în prima parte informații cu privire la materialele compozite, iar în a doua parte s-a realizat un studiu experimental cu privire la influența procesului de reciclare mecanică multiplă asupra proprietăților mecanice a unui nanocompozit termoplast cu matrice polimerică ranforsat cu diferite concentrații masice de nanotuburi de carbon.

Față de materialele tradiționale precum lemnul și metalul, materialele compozite au o rezistență chimică bună, o masă volumică mică, o rezistență mare la tracțiune, o durabilitate și o rezistență la șoc ridicate, aceste avantaje fiind datorate modului de obținere a compozitelor și anume combinarea a cel puțin două materiale cu proprietăți diferite, inginerul putând să controleze aceste proprietăți prin orientarea și geometria fibrelor, alegerea componentelor și procentul de fibre în liant. Datorită acestei abilități, în fabricație materialele compozite sunt mai ușor de utilizat, însă este mai complicat în cazul încercărilor, deoarece relația dintre proprietățile produsului final și cele ale epruvetei nu este clară de fiecare dată, motiv pentru care încercările se efectuează în diferite etape ale fabricației pentru a se măsura caracteristicile structurii finale dar și a materialelor componente.

În practică, compozitele trebuie să îndeplinească anumite cerințe în ceea ce privește rezistența la diferite încercări, precum încercarea la tracțiune sau întindere, la compresiune, la forfecare și la încovoiere, deoarece proprietățile acestora se pot schimba din cauza acțiunilor mediului ambiant, cum ar fi temperatura, prezența agenților chimici și umiditatea. Mecanismele de cedare a compozitelor sunt prin rupere casantă și rupere ductilă, cu cât cantitatea de fibre crește cu atât devin mai puternice, însă totodată crește și fragilitatea acestora.

Dimensiunile și formele probelor trebuie să fie identice, conform standardelor, pentru a se putea compara comportarea materialelor la diferite acțiuni. Potrivit standardelor la controlul și încercarea materialelor există condiții cu privire la forma, mărimea, extragerea, modul de prelucrare a probelor și condiții de încercare propriu-zise.

În partea a doua a capitolului s-a realizat o cercetare experimentală, în care s-a folosit drept material polietilena de joasă densitate ranforsată cu concentrații diferite de nanotuburi de carbon cu pereți multipli, epruvetele utilizate fiind de trei tipuri, virgine, reciclate o dată și epruvete reciclate de două ori. În cazul încercării la tracțiune din cadrul cercetării s-au determinat parametrii următori: modulul de elasticitate, tensiunea la curgere, tensiunea maximă, tensiunea la rupere și alungirea la rupere.

Conform curbelor de tensiune-deformație rezistența la tracțiune a nanocompoziului LDPE/MWCNT crește direct proporțional cu creșterea conținutului de nanotuburi de carbon. În cadrul cercetării s-a observat că odată cu creșterea concentrației de nanotuburi de carbon cresc și modulul de elasticitate, tensiunea la curgere, tensiunea maximă și tensiunea la rupere, prin urmare se înregistrează o rigiditate și o rezistență la rupere mai ridicate, dar și creșteri ale deformației plastice permanente. De asemenea, odată cu creșterea concentrației de nanotuburi de carbon, scade alungirea la rupere, lucru ce duce la pierderea ductilității epruvetelor, acestea devenind astfel mai fragile.

CONCLUZII FINALE

Proiectul de disertație a urmărit în principal obiectivele următoare: în primul rând, prezentarea unor date de actualitate în ceea ce privește reciclarea materialelor termoplaste, dar și câteva informații despre polimeri; în al doilea rând, prezentarea sistemului de management al deșeurilor pentru județul Galați, adică evaluarea actualului sistem și optimizarea acestuia acolo unde este cazul; în al treilea rând, realizarea unei cercetări experimentale privind impactul reciclării mecanice asupra proprietăților mecanice a unui nanocompozit termoplast răforsat cu nanotuburi de carbon.

Cele mai cunoscute și utilizate materiale polimerice sunt polipropilena, polietilena de joasă și de înaltă densitate, policlorura de vinil și polietilen tereftalat. Datorită rezistenței mecanice și termice bune, densității mici, conductivității termice și electrice bune, rezistenței la coroziune și bunei prelucrabilități, aceste materiale pot fi folosite în industrii precum: construcția de mașini, electronică și electrotehnică, textilă, aerospațială, chimică, nucleară, farmaceutică, medicină, în agricultură și industria ambalajelor, în condiții în care materialele precum lemnul și metalul nu fac față.

Reciclarea are un rol foarte important în ceea ce privește relația dintre mediu și materialele termoplaste, deoarece aceste materiale au o durată de viață îndelungată, poluează solul și apele odată ajunse în natură sub formă de deșeuri, astfel prin reciclare se reduce cantitatea de deșeuri, reintroducându-se polimerii reciclați în circuitul economico-industrial. Procedeele de reciclare sunt de trei feluri și anume: reciclare mecanică, chimică și termică. Reciclarea mecanică presupune parcurgerea etapelor: tăiere, tocare, separare, sortare, spălare, uscare, extrudare și peletizare. Prin reciclare chimică polimerul este transformat în monomeri (elementele sale constructive), aceștia devenind materie primă pentru fabricarea unui alt polimer. Prin reciclare termică se recuperează energia existentă în polimeri și se transformă în alt tip de energie, precum căldura, prin procesul de incinerare.

Făcând parte din Uniunea Europeană, România trebuie să recicleze până în anii 2025 și 2030, 65% respectiv 70% din deșeurile de ambalaje, până în anii 2025 și 2030, 50 % respectiv 55% din deșeurile de materiale plastice, în caz contrar va trebui să plătească amenzi semnificative.

Sistemul de management al deșeurilor pentru județul Galați are drept obiective: creșterea gradului de reciclare și de reutilizare, conectarea populației mediului rural și urban la serviciul de salubritate, depozitarea deșeurilor în depozite conforme, tratarea deșeurilor înainte de depozitare, reducerea depozitării de deșeuri biodegradabile și să nu mai fie depozitate deșeurile municipale care au fost colectate separat.

Sistemul de management actual are probleme în ceea ce privește colectarea și transportul, tratarea și depozitarea deșeurilor, astfel pentru a-l optimiza s-au analizat mai multe alternative tehnice și s-a ajuns la rezultatele următoare:

- colectarea deșeurilor reziduale menajere în mediul urban se face prin aport voluntar în zona blocurilor și din poartă în poartă în pubele în zona caselor, iar în mediul rural colectarea se face din poartă în poartă în pubele, iar în zonele greu accesibile prin puncte de colectare stradală;
- colectarea deșeurilor reciclabile menajere în mediul urban se face prin aport propriu în zona blocurilor și din poartă în poartă pentru deșeurile din plastic/metal, hârtie/carton și prin aport voluntar pentru deșeurile din sticlă în zona caselor, iar în mediul rural colectarea este identică cu cea a deșeurilor reziduale menajere;
- tratarea deșeurilor se face mecano-biologic, tehnologia aleasă trebuie să fie una optimă, deoarece cantitatea de reziduuri scade odată cu creșterea ratei de colectare a deșeurilor reciclabile și a biodeșeurilor;

- pentru a se atinge obiectivele legate de depozitarea deșeurilor, se va construi un depozit nou conform prevederilor actuale privind gestionarea deșeurilor municipale.

Materialele compozite au o masă volumică mică, o durabilitate ridicată, o rezistență chimică bună, o rezistență mare la tracțiune și o rezistență la șoc ridicată, avantajele acestea fiind obținute prin modul lor de obținere, adică combinarea a cel puțin două materiale ce au proprietăți diferite, astfel inginerul poate controla proprietățile produsului final prin alegerea componentelor și procentului de fibre în liant. Materialele compozite trebuie să îndeplinească anumite cerințe legate de rezistența la încovoiere, forfecare, compresiune și tracțiune sau întindere, deoarece în practică proprietățile lor se pot schimba din cauza acțiunilor mediului ce le înconjoară.

Pentru a se putea compara comportarea materialelor la diferite încercări, probele trebuie să îndeplinească anumite condiții privind forma și dimensiunile, modul de prelucrare, extragerea și încercarea propriu-zisă.

În cadrul studiului de cercetare s-a folosit polietilena de joasă densitate drept material, aceasta fiind ranforsată cu diferite concentrații de nanotuburi de carbon, probele utilizate fiind de trei feluri și anume: virgine, reciclate o dată și reciclate de două ori. Au fost determinate tensiunile la curgere și la rupere, tensiunea maximă, alungirea la rupere și modulul de elasticitate pentru încercarea la tracțiune și s-a observat că cele trei tensiuni și modulul de elasticitate cresc direct proporțional cu creșterea conținutului de nanotuburi de carbon din material, lucru ce duce la o rezistență și rigiditate ridicate, dar și la o deformare plastică permanentă. De asemenea, s-a mai observat că creșterea concentrației de cnt, duce la o scădere a alungirii relative, astfel probele devin mai fragile și își pierd ductilitatea. Ca și concluzie putem spune că atât concentrațiile de nanotuburi de carbon cât și procesul de reciclare au influențat calitatea probelor, epruvetele își pierd din rezistență odată cu creșterea numărului ciclurilor de reciclări, dar pot fi îmbunătățite prin adăugarea de nanotuburi de carbon.

OPIS FIGURI

Figura 1.1.	Producția diferitelor tipuri de materiale polimerice la nivel mondial
Figura 1.2	Utilizarea materialelor termoplaste
Figura 1.3.	Echipamente și instalații pentru sortarea materialelor termoplaste: a. Pubele pentru colectarea deșeurilor; b. Sortarea manuală; c. Mecanism de sortare optică
Figura 1.4.	Codurile de reciclare a celor mai întâlniți polimeri
Figura 1.5.	Procese de reciclare
Figura 1.6.	Ciclul de viață al unui polimer supus procedurii de reciclare mecanică
Figura 1.7.	Ratele de reciclare a ambalajelor din plastic în Europa conform plasticseurope
Figura 2.1.	Taxa de salubritate în diferite județe în anul 2019
Figura 2.2.	Nivelul taxelor/tarifelor de salubritate în mediul urban anul 2018
Figura 2.3.	Nivelul taxelor/tarifelor de salubritate în mediul rural anul 2018
Figura 2.4.	Compoziția deșeurilor menajere și similare pentru municipiul Galați
Figura 2.5.	Containere utilizate individual pentru colectarea selectivă
Figura 2.6.	Containere utilizate în uz comunal pentru colectarea selectivă
Figura 2.7.	Stația de sortare Galați
Figura 2.8.	Stația de sortare Tecuci
Figura 2.9.	Stația de compostare Galați
Figura 2.10.	Stația de compostare Târgu Bujor
Figura 2.11.	Depozitul de deșuri Tirighina
Figura 3.1.	Clasificarea materialelor compozite în funcție de materialul ranforsat
Figura 3.2.	Etapele procesului de obținere a fibrelor de carbon din poliacrilonitril (PAN)
Figura 3.3.	Epruvetă de tip 1B (halteră) pentru determinarea încercărilor la tracțiune
Figura 3.4.	Obținerea granulelor din materialele termoplaste reciclate: a. Introducerea materialelor termoplaste reciclate în mașina de tocat/măcinat, b. Granule din materialele termoplaste reciclate
Figura 3.5.	Mașina de injectat, moara de reciclat și colectarea selectivă a granulelor
Figura 3.6.	Sitirea granulelor
Figura 3.7.	Granule nereciclate – R0, reciclate o singură dată – R1 și reciclate de două ori – R2
Figura 3.8.	Mașina de injectat ARBURG ALLROUNDER 320
Figura 3.9.	Mașina de testat la tracțiune TESTOMETRIC M350 – 5AT
Figura 3.10.	Probele de LDPE cu concentrație de 5% de nanotuburi de carbon reciclate de două ori: a. înainte de testarea la tracțiune, b. după testarea la tracțiune.
Figura 3.11.	Influența procesului de reciclare asupra curbelor tensiune-deformație: a. LDPE 0.1 wt.% MWCNTs; b. LDPE 0.3 wt.% MWCNTs; c. LDPE 0.5 wt.% MWCNTs; d. LDPE 1 wt.% MWCNTs; e. LDPE 3 wt.% MWCNTs; f. LDPE 5 wt.% MWCNTs
Figura 3.12.	Influența procesului de reciclare asupra modulului de elasticitate: a. LDPE 0.1 wt.% MWCNTs; b. LDPE 0.3 wt.% MWCNTs; c. LDPE 0.5 wt.% MWCNTs; d. LDPE 1 wt.% MWCNTs; e. LDPE 3 wt.% MWCNTs; f. LDPE 5 wt.% MWCNTs.
Figura 3.13.	Influența procesului de reciclare asupra tensiunii la curgere: a. LDPE 0.1 wt.% MWCNTs; b. LDPE 0.3 wt.% MWCNTs; c. LDPE 0.5 wt.% MWCNTs; d. LDPE 1 wt.% MWCNTs; e. LDPE 3 wt.% MWCNTs; f. LDPE 5 wt.% MWCNTs.

- Figura 3.14.** Influența procesului de reciclare asupra tensiunii maxime:
a. LDPE 0.1 wt.% MWCNTs; **b.** LDPE 0.3 wt.% MWCNTs; **c.** LDPE 0.5 wt.% MWCNTs; **d.** LDPE 1 wt.% MWCNTs; **e.** LDPE 3 wt.% MWCNTs; **f.** LDPE 5 wt.% MWCNTs
- Figura 3.15.** Influența procesului de reciclare asupra tensiunii la rupere:
a. LDPE 0.1 wt.% MWCNTs; **b.** LDPE 0.3 wt.% MWCNTs; **c.** LDPE 0.5 wt.% MWCNTs; **d.** LDPE 1 wt.% MWCNTs; **e.** LDPE 3 wt.% MWCNTs; **f.** LDPE 5 wt.% MWCNTs.
- Figura 3.16.** Influența procesului de reciclare asupra alungirii la rupere:
a. LDPE 0.1 wt.% MWCNTs; **b.** LDPE 0.3 wt.% MWCNTs; **c.** LDPE 0.5 wt.% MWCNTs; **d.** LDPE 1 wt.% MWCNTs; **e.** LDPE 3 wt.% MWCNTs; **f.** LDPE 5 wt.% MWCNTs.

OPIS TABELE

Tabelul 1.1.	Termoplaste vs. Termorezistente
Tabelul 1.2.	Proprietățile și aspectele toxicologice a celor mai utilizate materiale polimerice
Tabelul 1.3.	Codurile de reciclare și rata de reciclare a materialelor termoplaste
Tabelul 1.4.	Termeni echivalenți pentru procesele de reciclare
Tabelul 2.1.	Obiective și ținte cu privire la deșeuri pentru județul Galați
Tabelul 2.2.	Instalațiile pentru deșeuri din județul Galați la nivelul anului 2018
Tabelul 2.3.	Nivelul taxelor/tarifelor de salubritate în județul Galați în mediul urban și rural în anul 2018
Tabelul 2.4.	Estimarea proiecției deșeurilor menajere și similare pentru perioada 2018 – 2047
Tabelul 2.5.	Operatorii economici autorizați pentru a valorifica deșeurile reciclabile colectate separat
Tabelul 2.6.	Evaluarea opțiunilor pentru colectarea și transportul deșeurilor reziduale menajere
Tabelul 2.7.	Evaluarea opțiunilor pentru colectarea și transportul deșeurilor reciclabile menajere
Tabelul 3.1.	Proprietățile mecanice ale unor fibre
Tabelul 3.2.	Planul de experiment privind injectarea nanocompozitului LDPE

BIBLIOGRAFIE

- [1] Popescu V., Rusu T., Horovitz O., *Materiale polimerice și mediul*, Editura Mediamira, Cluj-Napoca, 2005;
- [2] Alina Moldovan, *Materiale compozite pe bază de poliolefine și fibre celulozice, obținute din materii prime secundare*, Brașov, 2012;
- [3] Dan Rosu, *Cercetări avansate privitoare la comportarea sistemelor polimerice multicomponente sub acțiunea controlată a factorilor de mediu*, 2011;
- [4] <https://www.molgroupchemicals.com/>
- [5] <https://advances.sciencemag.org/>
- [6] Yasser Zare, *Recent progress on preparation and properties of nanocomposites from recycled polymers: A review*, Department of Polymer Engineering and Color Technology, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran, 2012;
- [7] Cristina-Elisabeta Pelin, *Valorificarea polimerilor termoplastici-reciclați*, București, 2017;
- [8] SEM Selke, Michigan State University, East Lansing, USA - *Recycling: Polymers*, 2016;
- [9] J. Bhadra, N. Al-Thani, A. Abdulkareem *Recycling of polymer-polymer composites*, Qatar University, Doha, Qatar;
- [10] <https://www.colectaredeseuri.ro/>
- [11] Comunicare a comisiei către parlamentul european, consiliu, comitetul economic și social european și comitetul regiunilor, *O strategie europeană pentru materialele plastice într-o economie circulară*, Strasbourg, 16.1.2018;
- [12] Andreea E. Pop, Violeta Popescu, Medina N. Batin, *Reciclarea chimică a materialelor polimerice*, a X-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională, "Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești", Sebeș, 2010;
- [13] Yasser Zare, *Recent progress on preparation and properties of nanocomposites from recycled polymers: A review*, Department of Polymer Engineering and Color Technology, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran, 2012;
- [14] Sibeled Piedade Cestari, Daniela de Franc, Silva Freitas, Dayana Coval Rodrigues, Luis Claudio Mendes, *Recycling processes and issues in natural fiber-reinforced polymer composites*, IMA, Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), Brazil;
- [15] Gaurav S. Kulkarni, *Introduction to Polymer and Their Recycling Techniques*, Martin Luther University, Halle(Saale), Germany, 2018;
- [16] <https://www.plasticseurope.org/>
- [17] <https://www.wikipedia.org/>
- [18] Aurelian Diaconu, *Auditul sistemului integrat de management (SIM)*, Editura Matrixrom, București, 2019;
- [19] <http://www.ecogiurgiu.ro/>
- [20] <https://www.primariagalati.ro/>
- [21] Gurău Carmela, *Managementul integrat al mediului, calității și securității*, Note de curs, UDJ, Galați, 2018;
- [22] Lucreția Dogaru, *Politica de mediu în România în contextul integrării europene*, Editura Universității "Petru Maior", 2007;
- [23] <https://lege5.ro/>
- [24] <http://apmgl.anpm.ro/>
- [25] <http://www.ecosalgl.ro/>
- [26] G. Gurău, *Tehnologia materialelor*, Universitatea "Dunărea de Jos", Galați, 2005;

- [27] Liviu Pop, Stelian Oltean, *Studiul materialelor*, Universitatea de Medicină, Farmacie, Științe și Tehnologie, Târgu Mureș, 2017;
- [28] Maria A. Cordoș, Mircea C. Dudescu, Mircea Bejan, *Considerații privind încercarea la tracțiune a materialului uzual folosite pentru parapetele de protecție la drumuri*, a XIV-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională, "Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești", Sebeș, 2014;
- [29] SR EN ISO 527-4 Materiale plastice;