



ULBS

Universitatea "Lucian Blaga" din Sibiu



Școala doctorală interdisciplinară

Domeniul: Inginerie și Management

TEZĂ DE DOCTORAT - REZUMAT

**GESTIONAREA DEȘEURILOR
MUNICIPALE SOLIDE ÎN UNIUNEA
EUROPEANĂ ÎN CADRUL ECONOMIEI
CIRCULARE**

Doctorand:

RADA, ELENA CRISTINA

Conducător științific:

CIOCA, LUCIAN IONEL

SIBIU 2018

1. INTRODUCERE

Cercetarea tezei de doctorat a dnei. **Elena Cristina RADA** se axează pe dezvoltarea strategiilor viitoare privind managementul Deșeurilor Municipale Solide (DMS) în Uniunea Europeană (UE). Paradigma celor 4R (reducere - reutilizare - reciclare - recuperare de energie) trebuie să se schimbe. Gestionarea deșeurilor trebuie reorganizată în contextul Economiei Circulare (EC).

Pentru a înțelege mai bine contextul poziționării cercetării prezente, trebuie subliniat faptul că în anul 2015, Comisia Europeană a emis câteva documente importante despre EC. Acestea se referă la unele propuneri legislative revizuite privind gestionarea deșeurilor. Scopul oficial a fost stimularea unei tranziții a UE spre EC. O consecință preconizată este o competitivitate globală cu avantaje pentru o creștere economică durabilă.

Dacă luăm în considerare prioritatea gestionării deșeurilor în UE, "pachetul" menționat mai sus privind EC, subliniază importanța reutilizării și reciclării înainte de recuperarea energiei. Obiectivul este de a închide bucla. Ciclurile de viață ale produselor trebuie să se schimbe favorizând reutilizarea lor. Acest obiectiv este vizat și în privința soldurilor pozitive pentru mediu și economie.

După anul 2015, UE a elaborat o documentație suplimentară care stabilește obiective mai profunde în comparație cu trecutul. De exemplu, în pachetul de documente al EC din 2018 a fost stabilită o țintă pentru anul 2030 privind ambalajele din materiale plastice: până în anul 2030, toate ambalajele din plastic ar trebui să fie reciclabile. În plus, sunt prezentate interese suplimentare față de monitorizarea implementării acțiunilor privind rezultatele obținute în țările EU.

La nivel național, România respectă directivele stabilite de UE, așa cum demonstrează "*Hotărârea Senatului nr. 3/2016 (MO)*", adică pachetul "*Pachetul privind economia circulară: COM (2015) 614 final*", numit și "*închiderea buclei*".

Un rezumat al capitolelor care caracterizează cercetarea de doctorat este prezentat în următoarele secțiuni. Teza de doctorat este însoțită de alte nouă anexe care aprofundează câteva aspecte privind subiectul EC și al gestionarea deșeurilor. O listă de 144 de referințe completează teza de doctorat.

Prezentul document prezintă un rezumat general de 16 pagini al lucrării de doctorat.

2.OPTIMIZAREA METODOLOGIEI DE CARACTERIZARE A DMS ÎN UE ÎN CONTEXTUL ECONOMIEI CIRCULARE

Metodologia de caracterizare a DMS în UE a arătat o evoluție importantă. O atenție deosebită a fost îndreptată de către autoritățile locale asupra managementului de DMS, în special asupra compoziției acestora. În paralel, în regiunile unde au fost înregistrate cele mai bune practici de gestionare a DMS, tendința ratei colectare vs. generare a fost de 100%. În acest capitol este studiată metodologia caracterizării DMS. În mod specific caracterizarea deșeurilor municipale solide reziduale (DMSR). Acesta este deșeurul care rămâne după separarea DMS generate. Această separare, denumită și colectare selectivă (CS), este obligatorie în UE. Metodologia trebuie să depășească necesitățile actuale de informare într-o anumită regiune. Trebuie să proiecteze scenariile viitoare de gestionare a DMS. Aceste scenarii trebuie să se bazeze pe o eficiență ridicată a gradului de CS. Conform demonstrațiilor realizate în acest capitol, dacă sunt luate în considerare cerințele actuale și viitoare al UE în contextul EC, metodologia de caracterizare a DMS trebuie să ia în calcul caracterizarea a peste 20 de fracții și sub-frații (o fracție a DMS este o clasă de materiale cum ar fi sticlă, hârtie etc.). În acest context, în teza curentă este prezentată o propunere originală.

Un aspect important în proiectarea schemelor de tratare și procesare a deșeurilor biodegradabile este stabilitatea biologică a biomasei de interes. Acest parametru indică gradul de descompunere a materiei organice biodegradabile. Astfel, în sectorul DMS, măsurătorile reactivității biologice au devenit din ce în ce mai importante. Acestea permit clasificarea DMS tratate, netratate, precum și produsele derivate ale acestora, înainte de a fi eliminate într-un depozit de deșeurii sau utilizate (de exemplu sub formă de compost). Un parametru utilizat pe scară largă pentru cuantificarea stabilității biologice este indicele respirometric (IR). Literatura de specialitate a demonstrat un interes deosebit pentru aceasta. Cercetarea de față se va baza pe modelul de caracterizare al DMSR privind adoptarea IR. Acesta este un parametru util privind determinarea gradului de biodegradabilitate a deșeurilor, dând posibilitatea de a dispune de informații care în prezent nu sunt disponibile dacă se aplică metodele convenționale. Noua clasificare propusă permite o agregare a solidelor volatile, a cenușii și a umidității fiecărei fracții care permite determinarea clasei întregului deșeu studiat. În funcție de fiecare caz, aceasta poate fi determinat pe baza datelor existente în literatură sau experimental.

În acest capitol a fost demonstrată planificarea optimizării valorizării DMS prin adoptarea unui model mult mai detaliat de caracterizare a acestora. Acest model va conduce la reducerea costurilor care ar putea fi irosiți în proiectarea eronată/inadecvată a stațiilor de tratare.

3. CRITERII PENTRU COLECTAREA SELECTIVĂ A DMS ÎN CONTEXTUL ECONOMIEI CIRCULARE

În acest capitol sunt prezentate aspecte detaliate luate din experiența municipalității din Trento, Italia. În regiunea studiată au fost înregistrate unele dintre cele mai bune practici în domeniul CS; fiind un studiu de caz interesant privind replicabilitatea sa. În cazul studiat, conform datelor prezente în Fig.1, CS a atins recent 80%.

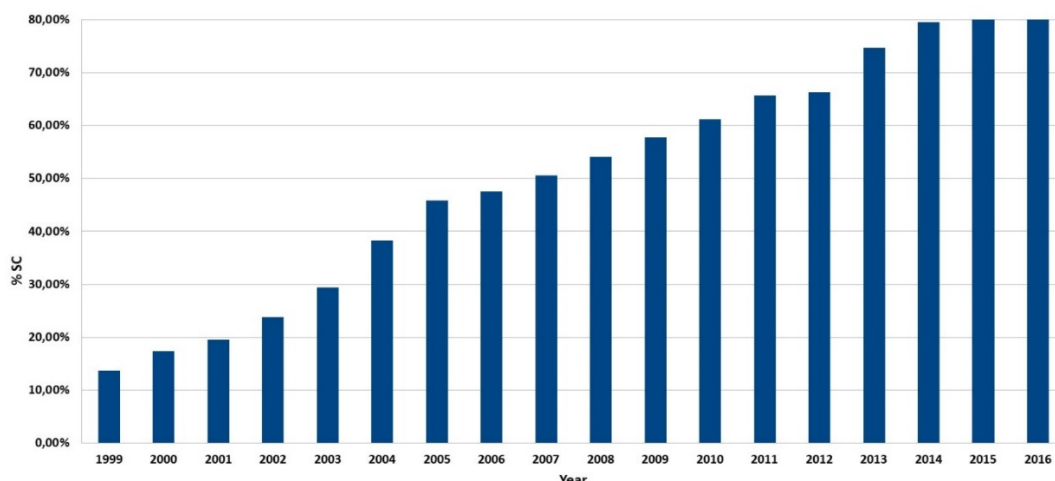


Figure 1. Evoluția CS în Trento

În Trento, conținutul ridicat de materiale textile medicale din DMSR a oferit posibilitatea de a stabili un obiectiv specific: de a realiza și de a valorifica această fracțiune. Acest aspect a adus în discuție posibilitatea construirii unei instalații pilot pentru digestia anaerobă a acestora după ce vor fi dupuse unui un pre-tratament.

Este evident că prezența a unui procent de materialul organic de 4% în DMSR influențează întregul sau potențial energetic (prin creștere) cat și traciabilitatea lui (nu biologic). În situații extreme, cum ar fi cazut de studiu prezentat, CS acționează ca o pre-tratare a deșeurilor municipale, așa cum sa raportat recent în literatură.

În figura 2 este prezentată evoluția DMS și DMSR în ultimii ani. Se poate observa că indicele de generare a DMS este descent înainte de criza economică, această tendință putând

fi asociată cu comportamentul cetățenilor atunci când cumpără un bun. O altă explicație ar putea fi dată de re-organizarea colectării DMS care evită includerea colectării deșeurilor speciale în fluxul DMS.

Tab.1 prezintă principalele aspecte ale experienței acumulate în colectarea deșeurilor în Trento.

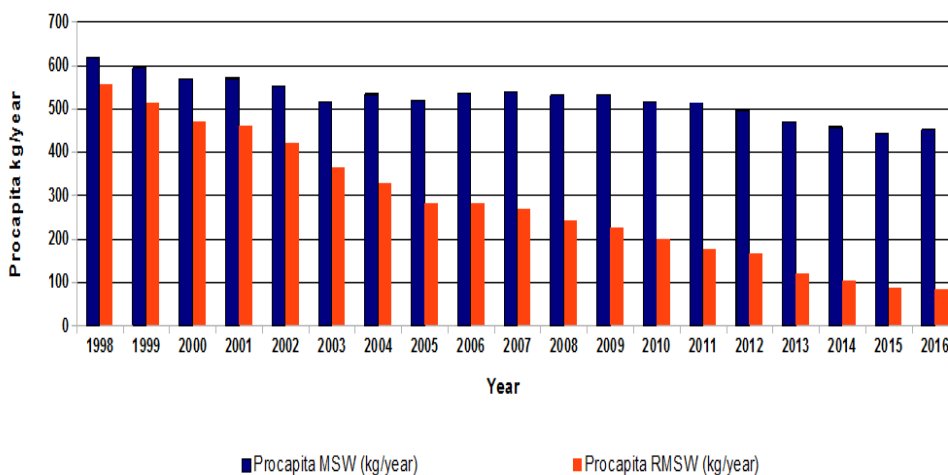


Figure 2. Evoluția indicelui de generare a DMS și DMSR în Trento

Table 1. Principalele aspecte ale experienței acumulate în colectarea deșeurilor în Trento

ASPECT	OBSERVAȚII
<i>Diseminarea</i> conceptului de CS	Toate sursele mass-media au fost implicate într-un proiect integrat
<i>Abordarea "Kerbside"</i> ca bază	Permite responsabilitatea directă a cetățeanului
<i>Pungi de colectare pentru clădiri mari</i>	Rezolvă problemele orașelor mari cu urbanizare verticală predominantă
<i>Raportarea</i> rezultatelor	La nivel anual
<i>Premierea tarifului</i> pentru cele mai bune practici	Cetățenii văd avantajele efortului lor
<i>Analiza riguroasă</i> a compoziției DMS	Permite calibrarea detaliată a strategiei
<i>Fluxul colectat</i> cuplat cu gestionarea acestuia	Cetățenii trebuie să fie siguri că fluxurile separate sunt valorificate separat
<i>Omogenizarea criteriilor</i>	Zonele de proximitate trebuie să aibă aceleași strategii de colectare
<i>Conservarea caracteristicilor teritoriale</i>	În centrul istoric s-a reușit să țină cont de relevanța urbană
<i>Curățarea străzilor</i> - confort visual	Trebuie să fie evitate resturile aproape de coșurile stradale
<i>Suport</i> tarifar -Tariff (copii)	Sprijinirea anumitor categorii de cetățeni arată că individul nu este singur
<i>Intimitate</i>	Sprijinirea anumitor categorii de cetățeni dă dovada că individul nu este singur

4. RECUPERAREA MATERIALELOR DIN DMS ÎN UE

Tab.2 prezintă rezultatele unei analize inițiale în care sunt prezentate pentru fiecare fracțiune propusă pentru caracterizarea DMSR: criticile / remarcile CS și statutul tehnologiilor de valorificare folosit pentru a sublinia țintele UE în contextul EC. Sunt **evidențiate** aspectele care necesită o analiză specific conform principiilor EC.

Table 2. Frații propuse pentru caracterizarea DMSR, puncte critice pentru CS, aspecte de valorificare

Fracție și sub-fracție	SC critici/remarci	Gradul de dezvoltare tehnologică (pentru tratarea fluxurilor colectate)
Organic	Containerele stradale trebuie evitate. Colectarea "Kerbside" trebuie să fie de cel puțin 2 ori pe săptămână pentru a evita mirosurile	Este preferabilă digestia anaerobă față de compostarea directă; colectarea "Kerbside" este obligatorie pentru îndeplinirea criteriilor de calitate a deșeurilor alimentare; biometanul din biogaz este o noutate recentă: criteriile comparative pentru alegerea între biometan și cogenerarea convențională bazată pe biogaz nu sunt pe deplin disponibile.
Deșeuri verzi	-	Dezvoltat pe deplin; adăugat după digestia anaerobă (când este prezent) în procesul de post-compostare pentru a evita problemele cauzate de lignină, necompatibilă cu procesul anaerob.
Hârtie	Zilele ploioase pot afecta umiditatea în timpul operațiunilor de colectare. Trebuie evitată o modificare a umidității.	Deplin dezvoltat
Carton	Zilele ploioase pot afecta umiditatea în timpul operațiunilor de colectare. Trebuie evitată o modificare a umidității.	Deplin dezvoltat
Sticlă	De obicei, este colectată în culori mixte	Deplin dezvoltat
Metale Aluminiu	Această fracțiune are o valoare ridicată, astfel încât utilajele dedicate amplasate în supermarketuri pot fi înlocuite cu reduceri directe la schimbul acestora	Deplin dezvoltat. Atunci când aluminiul trebuie separat de alte fracții (co-colectare) pot fi utilizate dispozitive cu inducție.
Metale feroase	Evitarea recipientelor stradale deschise: acestea atrag alte deșeuri	Deplin dezvoltat. Separarea magnetică poate fi utilizată.
Metale: Altele	Alte metale pot fi utilizate ca intrări în procesele industriale (oțelării). Ele pot fi colectate împreună alte metale	Deplin dezvoltat
Deșeuri de ambalaje ușoare: PET	Această fracție are o valoare ridicată pe piață, dar ar trebui să fie preferabilă deoarece poate fi separată cu ușor de un flux eterogen	Deplin dezvoltat. Principiul separării se bazează pe densitate
Deșeuri de ambalaje ușoare: HDPE	Această fracție are o valoare ridicată pe piață, dar co-colectarea ar trebui să fie preferabilă deoarece poate fi separată din flux eterogen	Deplin dezvoltat. Principiul separării se bazează pe densitate
Deșeuri de ambalaje ușoare: PVC	-	Deplin dezvoltat. Dispozitivele cu raze X o pot recunoaște datorită prezenței clorului (care caracterizează structura moleculară a PVC)

Deșeuri de ambalaje ușoare:	Densitatea scăzută și valoarea scăzută sunt esențiale pentru transport și valorificare	Deplin dezvoltat dacă este adoptată recuperarea acestora prin producerea energiei. În cazul recuperării materialelor, unele proiecte au atins scara completă. Plasmix în Italia. Valorizarea Plasmixului oferă panouri fonoabsorbante, mobilier de grădină, borcane din plastic, mățuri, etc.
Lemn	-	Deplin dezvoltat
Textile: fibră naturală	Păstrată separat de textilele sintetice	Ca material, nu a fost încă dezvoltat în afară de reutilizarea hainelor. Hainele ne-reutilizabile pot fi valorificate energetic (pe deplin dezvoltate) având în vedere eterogenitatea lor.
Textile: fibră sintetică	Păstrată separat de textilele naturale	Ca material, nu a fost încă dezvoltat în afară de reutilizarea hainelor. Hainele ne-reutilizabile pot fi valorificate energetic (pe deplin dezvoltate) având în vedere eterogenitatea lor.
Piele	Fluxul limitat conduce către o colectare dedicată dificilă	Nu a fost recuperat în mod special astăzi având în vedere fluxul limitat. Valorificarea energetică pare a fi prima opțiune.
DEEE	Nu ar trebui să fie prezente în DMSR. Se recomandă o colectare aparte.	Deplin dezvoltat pentru recuperarea diferitelor componente/materiale
Periculoase: baterii epuizate (utilizate domestic, birouri etc.)	Nu ar trebui să fie prezente în DMSR. Se recomandă o colectare aparte.	Tehnologie există, costuri necompetitive
Periculoase: medicamente expirate	Nu ar trebui să fie prezente în DMSR. Se recomandă o colectare aparte.	Combustia cu recuperare de energie garantează o gestionare corectă
Periculoase: containere contamitate	Nu ar trebui să fie prezente în DMSR. Se recomandă o colectare aparte.	Valorificare lor este dificilă. Se adoptă eliminarea după inertizare.
Inerte	În prezent, acestea nu sunt valorificate, dar ar putea deveni o contribuție a unui proces industrial în perspectiva economiei circulare. Deșeurile inerte ar putea fi separate din DMSR, zgură (după combustie) etc.	Deplin dezvoltat (valorificare în construcția drumurilor; limitări privind utilizarea zgurii)
Deșeuri mixte	Colectate ca DMSR	Recuperare energetică. Sunt prezente în DMSR. În cazul unei CS bine organizate ar trebui să fie neglijate.
Cauciuc	Nu este colectat în mod specific	Recuperare energetică. Sunt prezente în DMSR.
Scutece	Relevantă mare în procente în DMSR unde eficiența CS este ridicat pentru alte materiale. CS poate crea probleme sociale din motive de confidențialitate (aduți)	Tehnologiile industriale de valorificare a acestor tipuri de deșeuri sunt la nivel pilot.
Curățarea străzilor (componenta a DMS)	Colectarea acestora nu este optimizată	Tehnologiile de valorificare sunt dezvoltate dar nu sunt implementate
Deșeuri voluminoase (componenta a DMS)	-	Deplin dezvoltat (recuperarea metalelor, a lemnului, a materialelor plastice etc.). Reziduurile rezultate în urma valorificării lor nu pot fi zero deoarece structura acestora nu permite 100% recuperarea.

În martie 2017 au fost introduse modificări importante pachetului inițial al EC în timpul unei discuții care pare a fi mai degrabă politică decât tehnică. Lipsa unui metode de calcul detaliate a condus la interpretare a diferitelor ținte propuse. Acest capitol prezintă cea mai strictă interpretare a obiectivului privind depozitele de deșeuri pe baza acțiunilor directe și indirecte privind depozitarea deșeurilor. Ca o consecință, și fluxurile secundare generate pot prezenta un interes în dezvoltarea strategiilor viitoare de recuperare a deșeurilor; în această privință, au fost analizate rolurile pe care le au deșeurile din curățarea străzilor și utilizarea scutecelor.




Tehnologia de tratare și valorificare a deșeurilor provenite din *curățarea străzilor* este pregătită pentru adoptare pe scară largă, însă factorii de decizie nu au elaborat încă o strategie de exploatare a acestora. *Scutecele* au nevoie de experiențe pilot (în curs) pentru a confirma valorile preconizate privind recuperarea materialelor. O altă analiză originală în cadrul tezei a vizat valorificarea deșeurilor alimentare (FODMS). Tendința sectorului este utilizarea procesului de digestie anaerobă, deoarece stimulentele de astăzi o fac preferabilă în detrimentul compostării directe. Evoluția viitoare a sectorului ar trebui să confirme utilizarea acestei metode de tratare și fără stimulente, deoarece se va genera o cantitate de biogaz mai mare (de la 1 tonă de material). În afară de aceasta, opțiunea privind producția și utilizarea biometanului în contextul EC trebuie de asemenea analizată. Analiza s-a dovedit a fi preferată din punct de vedere biometric dacă calitatea produselor care urmează a fi produse este ridicată, iar impactul local privind tratarea FODMS este minimizat. Cantitatea de metan exploatabil, este aceeași, în comparație cu exploatarea biogazului într-un motor, iar impactul global asupra mediului poate fi mai bun, dar diferențele între cele două tipuri de gaze produse nu sunt mari. În cele din urmă, trebuie subliniat faptul că extragerea biometanului din biogaz poate fi cuplată cu rafinarea gazelor reziduale rămase pentru a produce CO₂ care poate fi folosit în scop industrial. Acest lucru este coerent cu principiul recuperării materiilor, dar este limitat de costurile aferente procesării gazului.

5. RECUPERAREA ENERGETICĂ A DMS ÎN UE ÎN CADRUL ECONOMIEI CIRCULARE

Dacă considerăm că EC este o prioritate în gestionarea deșeurilor din UE, în „pachetul” legislativ referitor la EC se subliniază importanța reutilizării și reciclării înaintea recuperării de energie. Într-adevăr, obiectivul este de a închide bucla de cicluri de viață ale produselor. Acest

obiectiv este de asemenea văzut în ceea ce privește costurile pozitive pentru mediu și economie. În acest capitol, efectele recuperării materialelor au fost analizate luând în calcul strategiile de recuperare energetică a materialelor. Având în vedere analiza prezentă în contextul EC, obiectivele principale ale alternativelor în detrimentul recuperării energetice este de a îmbunătăți echilibrul energetic și de mediu (cu siguranță pozitiv din punctul de vedere al EC).

Combustibilul derivat din deșeuri (CDD) este un produs secundar din DMS atunci când acesta îndeplinește câteva standarde de clasificare. Trebuie să garanteze proprietăți fizico-chimice mai stabile decât materia primă inițială. Trebuie să fie mai ieftin decât combustibilii primari. Astfel, trebuie să fie mai atractiv pentru sectoarele industriale mari consumatoare de energie. Exemple de sectoare legate de acest context sunt: industria cimentului, industria celulozei și hârtiei și centralele termice. Recent, sectorul combustibililor generați din DMSR a fost supus unor modificări continue. Diferitele produse au primit diverse nume. În literatură, cea preferată a fost combustibilul derivat residual (CDR). Mai recent, numele a evoluat spre combustibil solid recuperat (CSR). Durabilitatea producției CDR / CSR are la bază acum (în UE) un cadrul legislativ care:

-  garantează un conținut scăzut de poluanți în produs
-  garantează o clasificare clară și detaliată a acestui produs
-  garantează o stocare viabilă a produsului (prin adoptarea indicelui respirometric).

Sustenabilitatea economică pare încă critică. Din viziunea EC, evoluția sectorului CSR, atunci când se bazează pe deșeurile nereciclabile, poate favoriza "exploatarea" instalațiilor industriale. Cazul fabricilor de ciment este clar: de la intrare se ajunge într-un produs final, fără a fi nevoie de construirea unei noi centrale termochimice. CSR ar trebui să conțină numai materiale nereciclabile, deoarece DMSR ar trebui să conțină numai materiale nereciclabile: CSR este coerent cu conceptul EC. Termenul anterior CDR nu a fost normalizat în mod adecvat.

Făcând referire la DMS utilizat direct (ca DMSR) sau utilizat indirect (sub formă de CSR) în instalațiile termochimice, un indicator adecvat pentru evaluarea performanțelor gestionării recuperării energiei ar putea fi proporția deșeurilor tratate termochimic cu $PCI > 13 \text{ MJ / kg}$ (valoare reprezentând cândva punctul de referință în Italia pentru limitarea depozitării materialelor cu valoare energetică). Într-o regiune specifică, fluxul de DMS trimis către instalațiile termochimice ar putea fi împărțit în sub-fluxuri, în funcție de destinația finală și de tratamentul prealabil adoptat (dacă există). În ambele cazuri, este important să se verifice dacă pragul menționat mai sus este sau nu considerat. Administrațiile care trimit fracțiile de deșeuri

având un PCI > 13MJ / kg spre instalațiile de valorificare termochimice pot obține scorul de 100% în această evaluare.

În ceea ce privește DMS, utilizate direct sau indirect ca materie primă/suport în centralele termochimice, un alt indicator de evaluare , ar putea fi valoarea procentuală a cenușii (zgurii) recuperate și valorificate (în industria cimentului) . Cenușa zburătoare poate fi vitrificată pentru utilizarea acesteia ca produs secundar.

Cu privire la fracția de deșeuri alimentare (din CS), un al treilea indicator ar putea fi procentul fluxului de digestat (proces anaerob). Conform celor menționate anterior, opțiunea digestiei anaerobe oferă în mod convențional două produse: biogazul și compost. Această configurație ar trebui să fie preferabilă compostării directe. În plus, biometanul obținut prin extracția acestuia din biogaz ar trebui să dea un scor mai mare. În acest sens, indicatorul ar putea da un scor parțial de 100% atunci când biometanul este produs 100% din deșeurile alimentare. Scenariile cu biogaz convențional ar putea fi diferențiate având în vedere valoarea indicatorului (valoarea de 60% poate fi considerată ca rată de prezență a metanului în biogaz). De exemplu, dacă deșeurile alimentare au o rată de CS egală cu 80% și dacă 50% din acestea au fost trimise la digestia anaerobă în care biogazul (și nu biometanul) a fost produs, indicatorul ar avea următoarea valoare: $80\% \cdot 50\% \cdot 60\% = 0.24$.

Sectorul managementului DMS pare să fie pregătit pentru a se conforma cerințelor EC. Sustenabilitatea economică pare a fi încă critică. Din punctul de vedere al EC, evoluția sectorului CSR trebuie să se bazeze pe deșeuri nereciclabile. La fel ca și fabricile de ciment, unde pot fi integrate într-un produs final, fără necesitatea unei noi centrale termochimice. Din păcate, CSR este adesea considerat un produs real (un combustibil real) care merită să fie cumpărat. Dimpotrivă, de multe ori cine generează CSR astăzi trebuie să plătească o taxă pentru exploatarea sa. În pofida acestor critici, perspectiva EC față de managementul DMSR este orientată către opțiuni cu producție dublă: valorificare energetică (din materiale nereciclabile) și valorificarea solidelor nevolatile.

6. PROPUNEREA INDICATORILOR DE PERFORMANȚĂ PENTRU GESTIONAREA DMS ÎN UE ÎN PERSPECTIVA ECONOMIEI CIRCUALE

Sectorul managementului deșeurilor este în general orientat către indicatori și indici pe baza indicatorilor, cu aplicabilitate pe o scară largă. Două nevoi specifice au ieșit din analiza acestora:

- CS, parte strategică a abordării orientate către EC, este luată în considerare, în general, fără a lua în considerare impuritățile. Obiectivele recente ale UE sunt orientate spre conținutul reciclabil al fluxurilor separate. Astfel, cercetarea curentă a prezentat o propunere a unui indice de calitate original pentru CS.
- Valorificarea fluxurilor separate nu poate atinge 100%: o fracție din materialul colectat va fi aruncată în timpul proceselor de valorificare. Un exemplu este compostarea deșeurilor alimentare provenite din surse separate: acest proces este caracterizat printr-o pierdere de proces mare (de ex. pierderea umidității). Pentru a fi în concordanță cu cerințele EC, în teza curentă un indicator original a fost propus în acest sens.

Câteva studii de caz au intrat în incidența cercetării pentru a putea verifica și adopta indicatorii propuși. În UE, gestionarea deșeurilor este foarte diferită de la o țară la alta. Cu toate acestea, se poate observa o abordare comună în zone similare cu obiceiuri și climat similar. De exemplu, depozitele de deșeuri predomină în special în țările din sud. În Grecia și în România, fluxul de deșeuri este dominant. În Spania și în Italia, rolul depozitului de deșeuri rămâne semnificativ. În schimb, în nordul Europei, predomină incinerarea, cu excepția Finlandei și Angliei. Clima rece necesită cantități mari de energie termică. Astfel, climatul rece se îndreaptă spre un model de gestionare a deșeurilor care încurajează recuperarea conținutului său energetic. Producția de combustibil / biocombustibil din DMS a devenit din ce în ce mai importantă în UE. În acest context, există o opțiune considerată întotdeauna strategică: CS. Trecând de la această ipoteză, în Provincia Autonomă Trento (Italia), valorificarea DMS prin recuperare materială a fost prioritară, iar valorificare energetică este zero. Politicile strategice vizează următoarele obiective:

1. o cantitate mai mică de DMS, având în vedere și creșterea populației; acest obiectiv implică o reducere a indicelui de generare a DMS;
2. definirea țintelor specifice privind CS pentru fiecare fracțiune de deșeuri. Aceste obiective au integrat procentul global de reciclare (% CS) utilizat pe scară largă în acest sector;

3. definirea unui prag de DMSR provenit dintr-o combinație: scăderea producției de DMS și evoluția CS spre obiective specifice.

Sistemul adoptat în Trentino s-a dovedit a fi potrivit pentru analiza curentă. Pentru a se concentra asupra elementelor care conduc către îmbunătățirea sistemului, au fost propuși câțiva indicatori ca un nou indice original (indice de calitate a colectării selective, ICCS:SCQI).






$$SCQI = PI \times (1 + k_{\%SC}) \times (1 + k_{UNS}) \times (1 + k_{BW}) \times (1 + k_{AB})$$

Unde PI este un indice de puritate și parametrii k sunt factori de corecție care iau în considerare rolul CS, deșeurile nesortate UNS, deșeurile voluminoase BW, turismul.

SCQI se concentrează pe calitatea CS. Rolul său este central în gestionarea DMS, dar nu poate fi singurul instrument care trebuie adoptat. Într-adevăr, CS poate fi afectată de caracteristicile sistemului pus la dispoziția cetățenilor pentru colectarea fluxurilor separate. Pentru a integra abordarea bazată pe SCQI, a fost prezentat un indicator original în această cercetare, denumit "Indicatorul de coerență a economiei circulare", CECI.

Prima presupunere constă în faptul că colectarea kerbside, integrată cu centrele ecologice, reprezintă cea mai bună soluție pentru a obține o eficiență ridicată a fluxurilor separate (în termeni de cantitate și de calitate). Ideea de bază a acestui indicator a fost organizarea sectorului de colectare a DMS în concordanță cu cerințele unei EC. Strategiile de reducere și reutilizare (ale produselor care se apropie de ieșirea lor din uz), funcționează înainte ca deșeurile să fie generate, deci nu sunt considerate parte a acestei abordări.

Construcția indicatorului s-a bazat pe analiza DMS într-o zonă. În special, au fost luați în considerare următorii parametri:

-  Fluxurile reciclabile (RS) din DMS (inclusiv deșeurile voluminoase și deșeurile de curățare a străzilor)
-  Valoarea de răscumpărare a fiecărui flux reciclat (care este cel mai mare procent din materialul din RS care poate fi evaluat ca material)
-  Activarea / dezactivarea colectării selective pentru fiecare RS
-  Caracteristici DMSR
-  Reciclarea conținutului de cenușă din DMS

7. STUDII DE CAZ-REZULATE

Principalul avantaj al metodologiei propuse este integrarea datelor pentru cuantificarea mai multor principii. În mod specific, principiile implicate în prevenire, responsabilitate, transparență, cooperare, viabilitate tehnico-economică în managementul DMS. SCQI oferă informații agregate din dinamica valorii sale. Indicatorul propus este util pentru verificarea îmbunătățirilor în zona gestionată. Mai mult, indicele este util pentru compararea zonelor. Datele din Tab. 3 permit înțelegerea nivelului detaliilor obținute în analiză: suma zonelor de colectare a fost realizată pe un eșantion de aproximativ jumătate de milion de cetățeni.

Table 3. Valorile indexurilor pentru clasele de distincție (maro = clasa 1; gri = clasa 2; albastru = clasa 3) evaluate pentru anul de introducere a tarifei punctuale (Y), înainte și după.

	PI	PI	PI	I _{1/8C}	I _{1/8C}	I _{1/8C}	I _{UNS}	I _{UNS}	I _{UNS}	I _{1/8C}	I _{1/8C}	I _{1/8C}	I _{AB}	I _{AB}	I _{AB}	SCQI	SCQI	SCQI
Catchment areas	Y-1	Y	Y+1	Y-1	Y	Y+1	Y-1	Y	Y+1	Y-1	Y	Y+1	Y-1	Y	Y+1	Y-1	Y	Y+1
Val di Fiemme	12.4	6.6	7.1	14.8	7.8	8.3	17.9	8.5	9.4	14.5	7.6	7.8	19.8	10.5	11.3	39.7	18.7	19.3
Primiero	6.0	5.9	5.7	7.7	7.3	7.0	7.3	7.2	6.9	7.3	7.0	6.6	9.9	9.7	9.3	18.5	17.8	16.6
Bassa Valsugana	7.5	5.1	6.8	10.7	7.2	9.4	8.9	5.8	8.1	9.4	6.4	8.5	12.6	8.6	11.5	27.1	17.4	23.5
Alta Valsugana	6.6	3.1	4.4	8.9	4.1	5.6	7.7	3.4	5.0	7.5	3.5	4.9	10.4	5.0	6.9	18.8	7.9	11.4
PR-VDC-VDL-ADP	11.4	8.9	7.6	15.1	11.6	9.8	15.0	11.4	9.5	14.0	10.9	9.2	17.9	14.0	11.9	38.1	28.4	23.2
Val di Non	7.1	5.5	4.2	9.9	7.6	5.7	8.6	6.5	4.8	9.2	7.3	5.4	11.7	9.1	6.9	25.3	19.3	13.6
Val di Sole	5.3	5.5	3.9	10.7	10.4	7.0	5.6	5.8	4.1	5.8	6.0	4.3	8.1	8.3	5.8	18.6	18.3	12.4
Giudicarie	7.3	9.7	8.3	13.0	16.6	12.4	8.0	11.0	9.5	7.7	10.2	8.9	11.5	15.2	12.9	23.2	30.4	24.1
Alto Garda	8.3	7.4	9.0	14.3	13.2	15.5	9.2	8.2	10.0	9.2	8.1	9.6	13.0	11.6	14.0	27.8	24.5	28.7
Vallagarina	13.7	10.2	11.9	21.6	16.0	18.6	16.9	12.1	14.7	16.7	12.7	15.7	21.6	16.1	18.7	51.4	37.5	47.8
Val di Fassa	9.4	5.2	4.8	14.9	7.9	7.2	10.8	5.7	5.3	10.1	5.7	5.3	12.8	7.1	6.6	25.2	12.9	12.0
Rovereto	10.4	9.7	11.1	17.3	16.2	18.4	12.0	11.0	12.9	11.4	10.5	12.1	17.4	16.1	18.5	36.2	33.3	38.7
Trento	7.3	6.1	3.7	12.2	9.7	5.5	8.1	6.7	4.0	7.9	6.9	4.2	10.2	8.5	5.2	20.4	16.8	9.3
Province of Trento	8.8	7.0	6.6	13.6	10.5	9.6	10.2	7.9	7.6	9.9	7.9	7.6	8.8	7.0	6.5	17.7	13.6	12.6

Această informație nu are costuri zero. O generare detaliată a datelor în timp este obligatorie. Astfel trebuie realizată în zonele unde colectarea DMS este omogenă. Dacă responsabilitățile administrative sunt aceleași, efortul pentru obținerea informațiilor cu privire

la caracteristicile DMS colectate, și în consecință de determinare a indicelui SCQI este fezabil. Același efort se face în producerea caracterizării DMS, a colectării și, în consecință, pentru evaluarea SCQI. Un exemplu este dat de diferența dintre informațiile observate atunci când se compară regiunile alpine din nordul Italiei sau când se compară regiuni montane din diferite țări. Turismul internațional este un stimulent pentru gestionarea colectării DMS. SCQI ajută. Cu toate acestea, exploatarea sa deplină are nevoie de date adecvate.

Studiul de caz demonstrează că îmbinarea CS cu un plan tarifar punctual crește gradul de colectare separată a DMS. Analizând CS la nivel cantitativ, rezultatele sunt excelente. Cu toate acestea, evaluarea trebuie completată privind determinarea indicelui de calitate a CS. Asta înseamnă că una dintre priorități trebuie să se concentreze pe reducerea DMSR. Indicele propus conduce la identificarea acestora.

Evaluarea eficienței CS în procente de deșuri este controversată. Cercetarea curentă a contribuit la crearea unui set de indicatori și indici originali dedicați evaluării factorilor care afectează gradul calitativ și cantitativ al CS

După definirea SCQI, așa cum se vede în Tab.3, indicele a fost adoptat pentru fiecare regiune. Datele utilizate au fost analizate pe o perioadă definită, unde CS a fost consolidată în timp. Ar fi interesant să aplicăm modelul în cazul în care datele aparțin unei serii de date pe o perioadă mai lungă de timp.

CECI-ul propus a fost aplicat unui studiu de caz (Trento), informațiile cu privire la activarea CS fiind prezentate în Capitolul 3. Elementele considerate (CECI_j) se referă la modul de gestionare a fiecărei fracțiuni de DMS (CECI₁ = 1 deșul este gestionat conform principiilor EC). Rezultatul este graficul tip radar prezentat în Fig. 3.

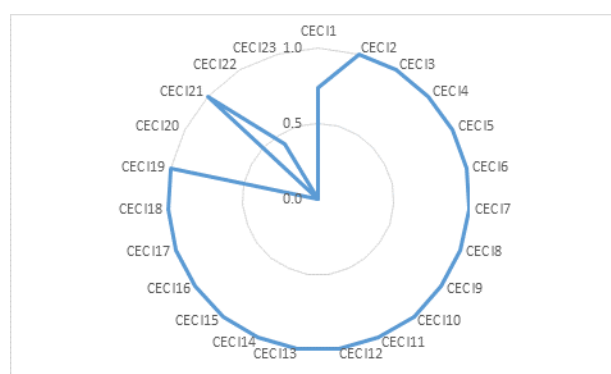


Figure 3. CECI pentru Trento.

8. CONCLUZII, CONTRIBUȚII ȘI PERSPECTIVE VIITOARE

Cercetarea prezentă a fost structurată pentru a crea noi instrumente de îmbunătățire a managementului DMS în perspectiva EC. Perspectivele originale au fost trasate printr-o revizuire a fiecărui aspect privind gestionarea DMS. Cercetarea a demonstrat că caracterizarea DMSR în contextul UE necesită mai multă atenție. Abordarea convențională riscă să genereze informații eronate/inadecvate pentru un design optimizat al sistemului de management. Caracterizarea precisă a DMS ar implica mult mai puține costuri decât în cazul lipsei acestei, date care ar conduce la proiectarea unor sisteme ineficiente de tratare a acestora. Această analiză mai profundă va permite sectorului să fie mai coerent cu principiile EC. Această analiză va fi integrată cu unelele specifice ale EC, cum ar fi cele propuse în cercetarea curentă. Limita de prag pentru depozitarea deșeurilor menajere face obligatorie generarea datelor, cum ar fi caracterizarea DMS ca cea propusă în această cercetare. Într-adevăr, aceasta ține cont de obiectivele UE în contextul EC. Pentru optimizarea resurselor economice ale sectorului, cercetarea prezentă se ocupă de analiza proximală și ultimă a deșeurilor și a fracțiilor acestora. Originalitatea modelului propus provine din concentrarea informațiilor asupra prevenirii și caracterizării deșeurilor. Astfel, modelul economisește bani.

De asemenea, CS a DMS este implicată în noua viziune a managementului DMS sub incidența EC. Trento a fost analizat ca punct de plecare pentru realizarea modelului. Acest model sprijină organizarea CS în concordanță cu principiile EC, durabile din punct de vedere social și economic. Trento a fost selectat deoarece comunitatea sa a obținut unul dintre cele mai bune rezultate ale organizării CS și a fluxurilor de deșeuri în Italia (și în UE). Kerbside se dovedește a fi cea mai fiabilă în ceea ce privește calitatea și cantitatea fluxurilor separate. Adoptarea unui tarif în locul unei taxe adoptată de către administrația publică ar putea ajuta la atingerea obiectivelor.

În ceea ce privește recuperarea de materiale din DMS din UE, în cercetarea curentă se propune o metodă de evaluare a performanței managementului în perspectiva EC. În martie 2017 au fost introduse modificări importante ale pachetului original privind EC. După cum se discută în prezentul document, o critică este lipsa criteriilor detaliate de interpretare a obiectivelor UE. Interpretarea țintei privind depozitele de deșeuri. În consecință, în viitor toate fluxurile secundare în ceea ce privește interesul pentru recuperarea materialelor trebuie luate în considerare. Aceasta înseamnă, de exemplu, că zgura nu este coerentă cu principiile EC. A fost

analizat și rolul de curățare a străzilor și al scutecelor, prezentând potențialități și critici. Ambele pot da un procent considerabil de material de recuperat. Cu toate acestea, adoptarea lor nu este încă optimizată. O altă analiză se referă la valorificarea deșeurilor alimentare. Producția de biometan: extracția metanului din biogaz. Aceasta oferă posibilitatea de a genera un produs de calitate superioară în comparație cu biogazul. Această extracție poate fi cuplată cu rafinarea gazelor reziduale rămase pentru a produce CO₂ pentru uz industrial. Această opțiune este legată de conceptul de recuperare a materialelor. Astăzi, limitele nu sunt tehnice. Acestea se referă la durabilitatea costului procesării gazelor de ardere. Gazul rezidual este gazul rămas când biometanul este extras din biogaz.

Valorificarea energetică a DMS este descrisă ca un subiect secundar în cadrul EC. În mod diferit, prezenta cercetare demonstrează că această opțiune ar putea integra complet recuperarea de materiale. DMSR nu poate fi redus la zero. O cantitate mică de DMS nu este reciclabilă. Acestea sunt deschise la o dublă etapă de valorizare. Desigur, valorificarea energetică este prima. Recuperarea materialelor necombustibile poate fi un al doilea pas strategic. Din această perspectivă, evoluția sectorului CSR, dacă se bazează pe exploatarea deșeurilor nereciclabile, poate ajuta. Disponibilitatea instalațiilor industriale, cum ar fi fabricile de ciment, poate sprijini includerea materialelor necombustibile în abordările EC. Într-adevăr, procesul de producere a cimentului integrează cenușa care intră în sistem într-un produs final. Eforturi au fost făcute recent de către UE pentru a spori conceptul de CSR. CSR nu este încă văzut ca un produs care poate avea o piață dedicată. Fabricile de ciment nu sunt unica opțiune. Instalații dedicate ar putea recicla cenușa rezultată în urma procesului. În acest sector funcționează câteva fabrici reale. În plus, sistemul poate fi îmbunătățit prin integrarea combustiei indirecte cu procesul de vitrificare, opțiune coerentă cu principiile EC.

În final, s-au creat și propus în mode original câțiva indicatori de performanță și indici pentru managementul DMS (în UE) sub perspectiva EC.

SCQI permite sintetizarea tuturor aspectelor care afectează CS. Indicele ține cont de faptul că, calitatea fluxurilor colectate este esențială pentru respectarea principiilor UE. SCQI include câțiva indicatori care oferă informații suplimentare. SCQI se concentrează pe calitatea CS. Rolul său este central în gestionarea DMS. Cu toate acestea, nu poate fi singurul instrument adoptat. Într-adevăr, CS poate fi afectată de caracteristicile sistemului pus la dispoziția cetățenilor pentru colectarea fluxurilor separate.

În cercetarea curentă, pentru a integra potențialul SCQI a fost prezentat un indicator specific. Acesta este "Indicatorul de coerență a economiei circulare", care ține cont de coerența organizării colectării și tratării cu principiile EC.

Ambele au fost adoptate în două studii de caz unde s-a pus accent pe nivelul ridicat de organizare în sectorul DMS. Cele două realități sunt provincia Trento și municipalitatea Trento.

În ambele cazuri, adoptarea instrumentelor propuse a fost viabilă. S-a demonstrat că acestea sunt deja potrivite pentru utilizarea lor în acest sector. Cu toate acestea, evoluțiile cercetării ar trebui să fie legate de duplicarea studiilor de caz. Într-adevăr, este important să se găsească criterii pentru adaptarea instrumentelor propuse în alte situații. Un caz interesant ar putea fi cel legat de absența unei tradiții în generarea de date DMS. Un alt caz interesant se poate referi la un scenariu cu cantități reduse de date privind DMS: un caz cu puține date nu poate exploata pe deplin potențialul indicatorilor și al indicilor în forma actuală.

Teza curentă, cu titlul "*The management of Municipal Solid Waste in EU under a circular economy perspective*" – "*Gestionarea Deșeurilor Municipale Solide în Uniunea Europeană în cadrul economiei circulare*", se concentrează pe un subiect foarte important la nivel național și internațional. Rezultatele obținute pot fi utilizate atât în domeniul cercetării, cât și la aplicația industrială. Până în prezent, cercetarea curentă a permis publicarea a **24** de lucrări științifice, **14** dintre acestea au indexat *Thomson Reuters, ISI-Web of Science*. Datorită acestor articole vizibilitatea internațională a **Elenei Cristina Rada** a ajuns la:

📌 În baza de date **Scopus**, **Elena Cristina RADA** are acum 1838 de citate și Hirsch **H-index = 26**.

📌 În baza de date **ISI - Web of Science**, **Elena Cristina RADA** are acum 997 de citate și Hirsch **H-index = 18**.