

**Academia  
Oamenilor de Știință  
din România**



**Academy  
of Romanian  
Scientists**

Soluții Integrate pentru Managementul deșeurilor organice în contextul  
Economiei circulare și protejării sănătății POPulației / SIMECPOP



## Valorificarea prin compostare

Cristina ȘORICU-FEODOROV<sup>1,3</sup>, A.M. Lăcureanu<sup>1</sup>, Alina DUMITRESCU<sup>1,3</sup>, I.C.  
Pasvantu<sup>1,2</sup>, C. Streche<sup>1</sup>, D. M. COCÂRȚĂ<sup>1,2</sup>

1. Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA București, București  
060042,  
România
2. Academia Oamenilor de Știință din România, 030167 București, România
3. Inoveco S.R.L., 077190 Voluntari, România

# Obiective generale și specifice

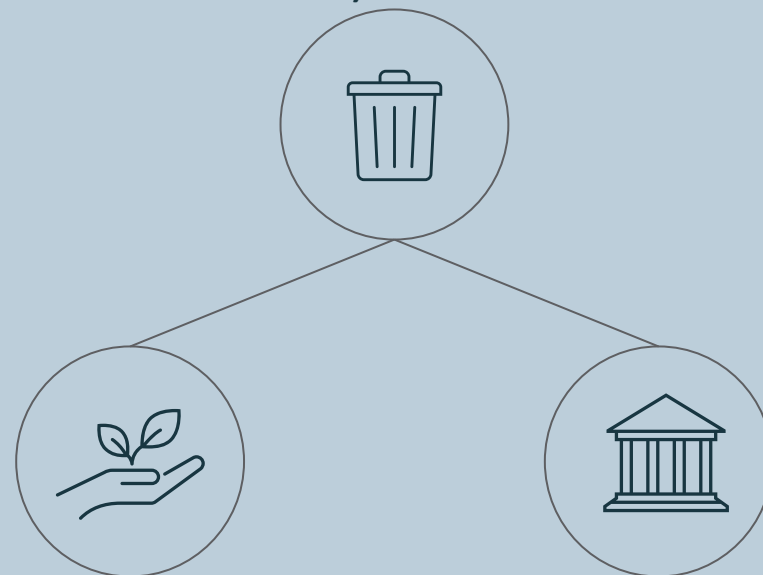
## Obiectivul general



Evidențierea și testarea unor soluții integrate pentru managementul deșeurilor organice în contextul economiei circulare și protejării sănătății populației - soluții practice, aplicabile în piață

## Obiective specifice

Identificarea oportunităților de circularitate în managementul deșeurilor



Experimentarea metodelor de valorificare materială a fracției organice din deșeuri

Creșterea vizibilității la nivel național și internațional în ceea ce privește rezultatele obținute



# Obiective în faza curentă de studiu

## Obiectivele specifice ale studiului

**01**

**Evaluarea compostabilității  
nămolului de la stațiile de tratare  
a apelor uzate**

**02**

**Evaluarea utilizării lemnului tocat ca  
agent de menținerea a porozității pe  
întreaga perioadă de compostare**

**03**

**Determinarea concentrațiilor de  
metale grele (Cd, Cr total, Cu,  
Hg, Ni, Pb și Zn) din compostul  
matur**

## Pentru acest studiu au fost realizate

**Evaluarea unor rețete  
diferite de amestec  
pentru obținerea  
compostului**

**Identificarea  
parametrilor optimi  
de proces**

**Evaluarea calității  
compostului obținut**

# Contextul cercetării

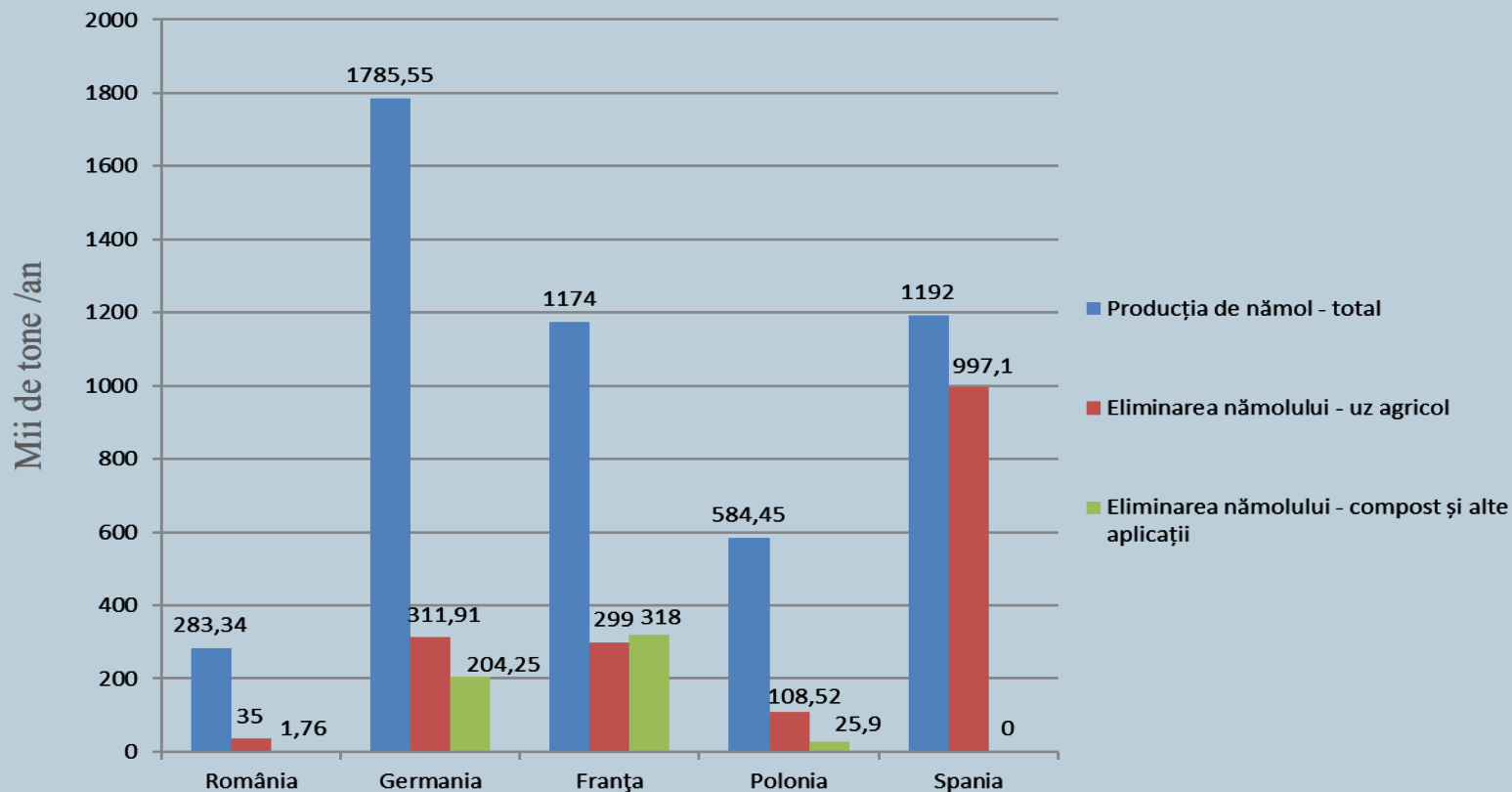


*Cantități de nămoluri de generate de stațiile de tratare a apelor uzate și managementul acestora în Uniunea Europeană [mii de tone/an]*

	<b>Cantități de nămol generate - total</b>	<b>Valorificare în agricultură</b>	<b>Compostare și alte aplicații</b>
<b>România</b>	<b>283.34</b>	<b>35.00</b>	<b>1.76</b>
<b>Germania</b>	1785.55	311.91	204.25
<b>Franța</b>	1174.00	299.00	318.00
<b>Polonia</b>	584.45	108.52	25.90
<b>Spania</b>	1192.00	997.10	-

<https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>

# Contextul cercetării



*Cantități de nămoluri de generate de stațiile de tratare a apelor uzate și managementul acestora în Uniunea Europeană [mii de tone/an]*

**Prelată cu membrană  
semi-permeabilă**

**Sistem de aerare pozitivă  
(ventilator, țevi de PEID  
găurite, tuburi flexibile și  
racorduri)**



**Sistem SCADA de monitorizare  
și control a temperaturii și  
oxigenului din grămada de  
deșeuri organice**

**Calculator**

**Soft licențiat**

*Inoveco*

***Sistemul de compostare Gore Cover***

## Testarea compostabilității nămolului rezultat din tratarea apelor uzate și valorificarea fracției organice din deșeuri (alimentare/municipale)



*materie organică + O<sub>2</sub> → compost + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + căldură*

# Cercetare experimentală



	Experiment 1	Experiment 2	Experiment 3
<b>Amestec</b>	Nămol de la o stație municipală de epurare a apelor uzate și lemn tocat	Nămol de la o stație municipală de epurare a apelor uzate, lemn tocat și deșeuri alimentare (fructe și legume din piață)	Deșeuri organice provenite din deșeurile municipale colectate separat și lemn tocat
<b>Durata procesului</b>	42 de zile	56 de zile	56 de zile
<b>Numărul de întoarceri intermediare</b>	2 întoarceri intermediare (după Faza 1 de 28 de zile (faza de descompunere intensivă) și după Faza 2, încă 14 zile)	2 întoarceri intermediare (după Faza 1 de 28 de zile (faza de descompunere intensivă) și după Faza 2, încă 28 de zile)	2 întoarceri intermediare (după Faza 1 de 28 de zile (faza de descompunere intensivă) și după Faza 2, încă 28 de zile)
<b>Greutate totală</b>	104.8 [t]	90 [t]	43.5 [t]
<b>Nămol</b>	62.5 [t]	28 [t]	-
<b>Lemn tocat</b>	42.3 [t]	42 [t]	21 [t]
<b>Deșeuri alimentare</b>	-	20 [t]	-
<b>Deșeuri organice provenite din deșeurile municipale colectate separat</b>	-	-	22.5 [t]

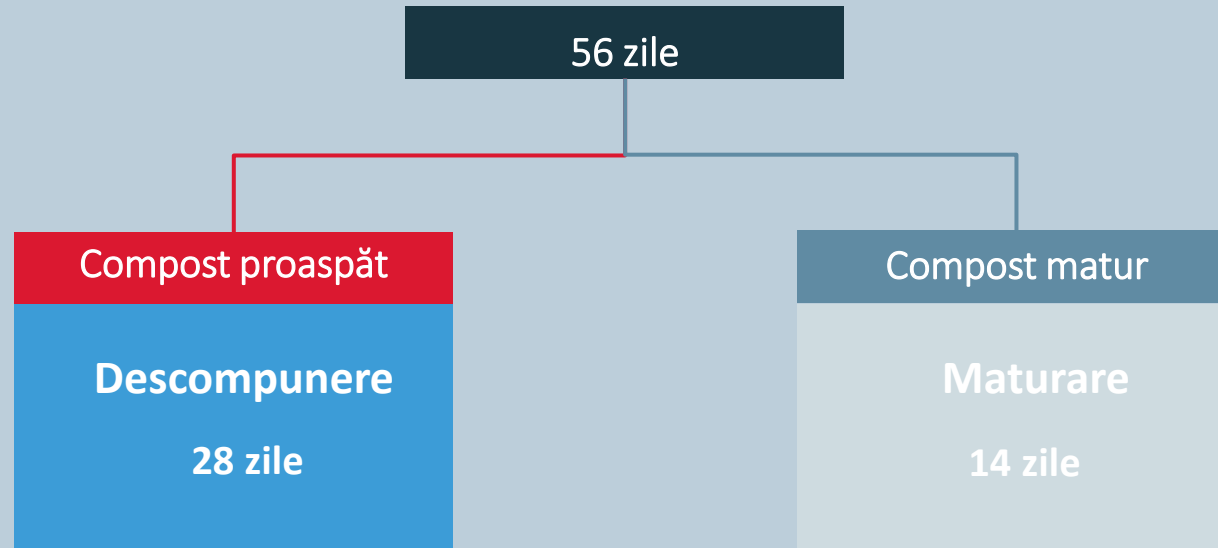


# I. Studiu de caz



## Nămol + Lemn tocat

# I. Cercetare experimentală



Nămol provenit de la o stație municipală de epurare a apelor uzate  
(Inoveco)

● ————— ● Material de intrare ● ————— ●



Lemn tocat  
(Inoveco)

# I. Cercetare experimentală



Amestecul inițial amplasat peste țevile de aerare

*(Inoveco)*



Omogenizarea amestecului înainte de amplasarea acestuia peste țevile de aerare

*(Inoveco)*



Întoarcerea grămezii după primele 28 de zile

*(Inoveco)*



Dezvoltarea de colonii de ciuperci după primele 28 de zile

*(Inoveco)*

# I. Cercetare experimentală



*Compostul necernut obținut după 56 de zile de tratare*

*(Inoveco)*



*Compostul cernut obținut după 56 de zile de tratare*

*(Inoveco)*

Limitele maxime admise pentru indicatorii de calitate ai compostului corelați cu fiecare categorie de compost [mg/Kg s.u.] – draft norme tehnice Legea compostului

Clasa de calitate a compostului	Semnificație	Cd	Cr <sub>tot</sub>	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	As total
Calitate clasa I	Folosit ca îngrășământ pentru flori și grădini	0.7	70	70	0.4	25	45	200	10
Calitate clasa a II-a	Folosit pe teren agricol	1.3	100	110	1	40	130	400	10
Calitate clasa a III-a	Folosit ca ameliorator de sol pentru solurile degradate	2	120	150	2	60	180	600	10
Calitate clasa a IV-a	Folosit pentru acoperirea depozitelor de deșeuri sau a haldelor de cenușă	3	150	200	2	70	200	800	15

# I. Rezultate și discuții

## Valorile parametrilor fizici ai compostului obținut

Parametri	Materii prime	Rezultate intermediare	Rezultate finale	U.M.
Umiditate totală	58.4	33.7	22.4	%
Substanță uscată	41.6	66.3	77.6	%
Densitate vrac	1003	546	668	Kg/m <sup>3</sup>
Conductivitate electrică	1384	1835	1928	μS/cm
Săruri solubile	0.17	2.26	0.95	mg/Kg s.u.
pH	6.2	7.1	6.9	unitati pH

**Evoluția crescătoare a conductivității electrice reprezintă un beneficiu, deoarece indică disponibilitatea nutrienților.**

# I. Rezultate și discuții

## Valorile parametrilor microbiologici ai compostului obținut

Parametri	Materii prime	Rezultate intermediare	Rezultate finale	U.M.
Salmonella spp	Nedetecat	Nedetecat	Nedetecat	Detectat/nedetecat/masa
Escherischia coli	$26 \cdot 10^5$	528	15	Nr. Probabil/gsu
Enterococi (strptococi fecali)	$17 \cdot 10^5$	73500	1	Nr. Probabil/gsu

**Igienizarea  
materialului**

**Reducerea bacteriilor  
(Enterococi și  
Escherichia coli)**

# I. Rezultate și discuții

## Determinarea concentrației de metale grele din compostul obținut

Parametri	Materii prime	Rezultate intermediare	Rezultate finale	U.M.
Cd	1.15	0.77	0.84	mg/Kg s.u.
Cr total	110	29.06	144	mg/Kg s.u.
Cr <sup>VI</sup>	<0.05	<0.05	<0.05	mg/Kg s.u.
Cu	103.9	79.97	74.26	mg/Kg s.u.
Hg	<0.30	<0.30	<0.30	mg/Kg s.u.
Ni	57.17	27.18	71.39	mg/Kg s.u.
Pb	4.23	36.39	37.85	mg/Kg s.u.
Zn	550	420	213	mg/Kg s.u.
As total	5.46	8.82	5.38	mg/Kg s.u.

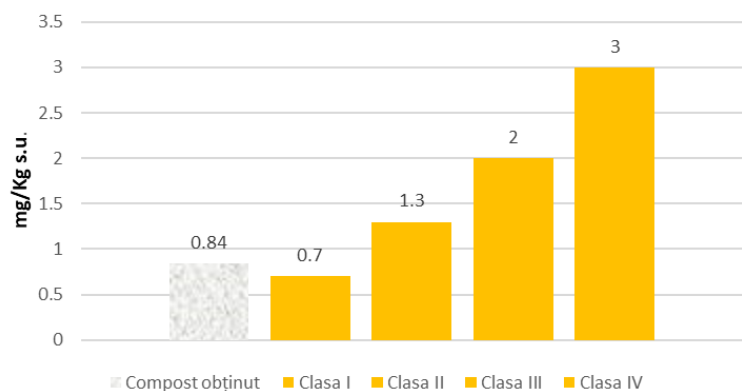
*Compararea concentrațiilor de metale grele din materie primă și din compost cu valorile din reglementările în vigoare*

Valorile limită pentru cantitățile de metale grele care pot fi introduse în terenurile agricole										
Limitele pentru metalele grele	Directiva 86/278/CEE transpusă în legislația română prin Ordinul nr. 344/2004	20-40	-	-	1000-1750	16-25	300-400	750-1200	2500-4000	-
	Legislația compostului aplicată în Austria (inferior)	2	50	-	300	2	100	400	1500	-
	Legislația compostului aplicată în Austria (superior)	10	500	-	500	10	100	500	2000	-
	Franța, condiții impuse de standardul NF U44-051	20	1000		1000	10	200	800	3000	-



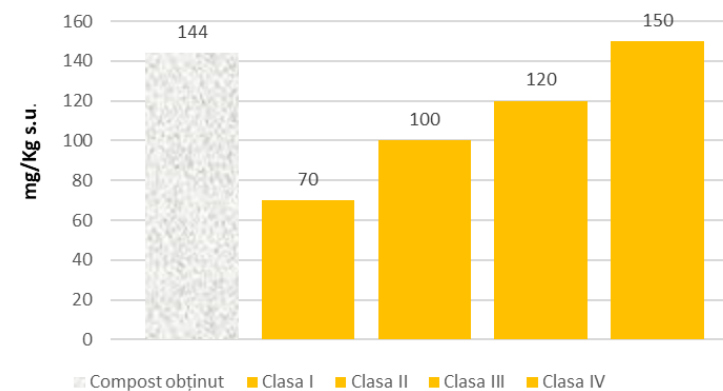
# I. Rezultate și discuții

### Conținutul de Cd în compostul obținut



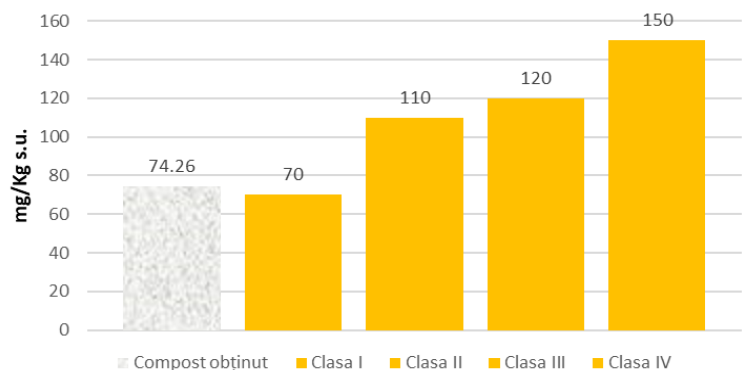
Conținutul de Cd din compostul obținut comparat cu valorile de referință propuse (Slide 8)

### Conținutul de Cr total în compostul obținut



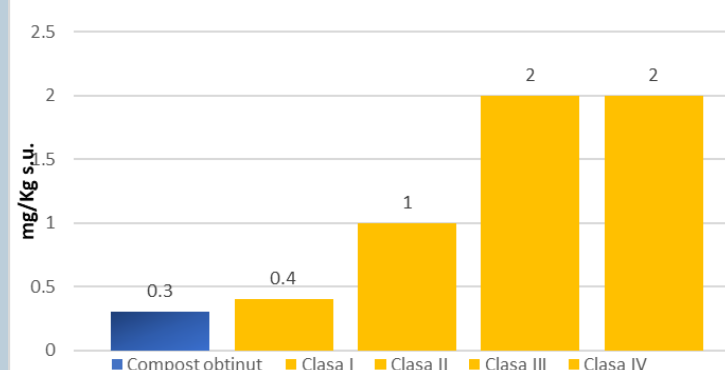
Conținutul de Cr total din compostul obținut comparat cu valorile de referință propuse (Slide 8)

### Conținutul de Cu în compostul obținut



Conținutul de Cu din compostul obținut comparat cu valorile de referință propuse (Slide 8)

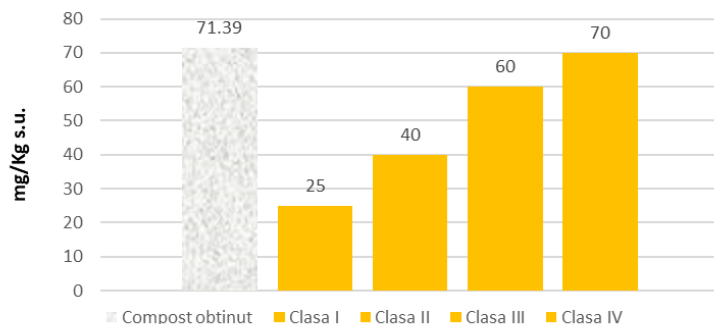
### Conținutul de Hg în compostul obținut



Conținutul de Hg din compostul obținut comparat cu valorile de referință propuse (Slide 8)

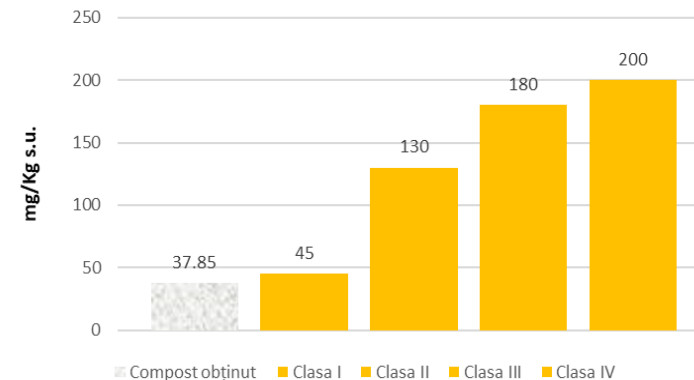
# Experimentul 1-Rezultate și discuții

### Conținutul de Ni în compostul obținut



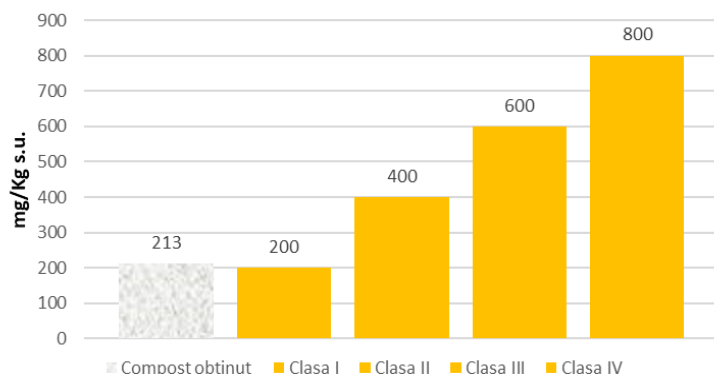
Conținutul de Ni din compostul obținut comparat cu valorile de referință propuse (Slide 8)

### Conținutul de Pb în compostul obținut



Conținutul de Pb din compostul obținut comparat cu valorile de referință propuse (Slide 8)

### Conținutul de Zn în compostul obținut



Conținutul de Zn din compostul obținut comparat cu valorile de referință propuse (Slide 8)

### Conținutul de As total în compostul obținut



Conținutul de As total din compostul obținut comparat cu valorile de referință propuse (Slide 8)

# I. Rezultate și discuții

## Valorile parametrilor nutritivi ai compostului obținut

Materii prime	Materii prime	Rezultate intermediare	Rezultate finale	U.M.
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	23950	23120	17580	mg/Kg s.u.
K <sub>2</sub> O	12530	20120	20640	mg/Kg s.u.
CaO	45250	55580	54000	mg/Kg s.u.
MgO	13000	17380	17790	mg/kg s.u.
Na <sub>2</sub> O	16070	14080	14060	mg/Kg s.u.
SO <sub>3</sub>	2.3	1.43	1.18	% s.u
<b>Carbon organic</b>	<b>24.66</b>	<b>12.24</b>	<b>10.48</b>	<b>% s.u.</b>
<b>Azot total</b>	<b>2.51</b>	<b>1.38</b>	<b>1.27</b>	<b>mg/Kg s.u.</b>
Pierdere la calcinare (substanță organică)	45.47	29.59	25.49	% s.u.

Adăugarea unui cantități mai mari de tocătură de lemn în amestecul inițial pentru majorarea raportului C:N

Suma concentrațiilor nutrienților (1,27 % N total, 1,75 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 2,06 % K<sub>2</sub>O) reprezintă aproximativ 5 % din masă

## II. Studiu de caz



**Deșeuri alimentare + Nămol + Lemn tocat**

## II. Cercetare experimentală



**Deșeuri alimentare**

**18 %**



**Nămol**

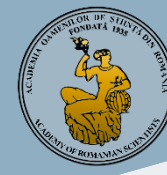
**26 %**



**Lemn tocat**

**56 %**

## II. Cercetare experimentală



### Fazele procesului de compostare – 56 de zile

Faza I – 28 de zile

Descompunere



*(Inoveco)*



*(Inoveco)*

Maturare

Faza II – 28 de zile

## II. Rezultate și discuții



### Valorile parametrilor microbiologici ai compostului obținut

Parametri	U.M.	Rezultate
Salmonella spp	UFC/100 cm <sup>3</sup>	nedetectat

### Valorile parametrilor fizici și nutritivi ai compostului obținut

Parametri	U.M.	Rezultate
Fosfor total	mg/kg s.u.	1.14
K		18,010
CaO	mg/kg s.u.	91,816
Mg	mg/kg s.u.	11,450
Săruri solubile	mg/kg s.u.	12,000
pH	unitati pH	6.5
Conductivitatea electrică	mS/cm	2.61
Materie organică	% S.U.	53.43
AOX	mg/kg s.u.	216
HAP	mg/kg s.u.	0.57
ΣPCB	mg/kg s.u.	<0.01

## II. Rezultate și discuții

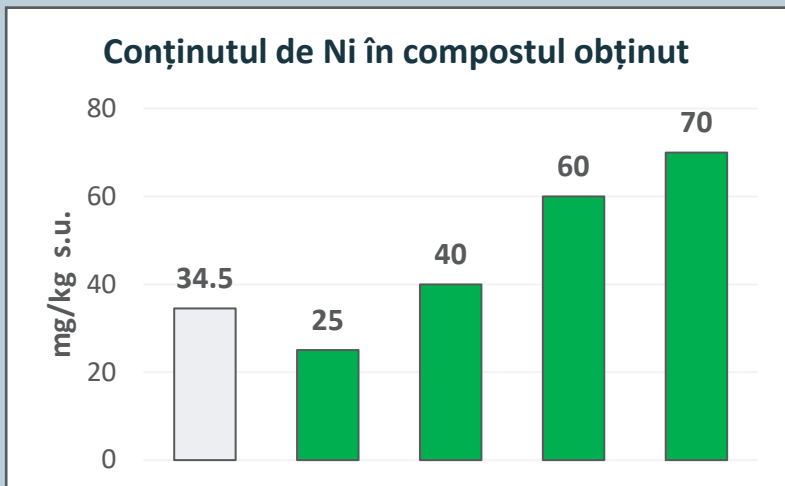


### Determinarea concentrației de metale grele din compostul obținut

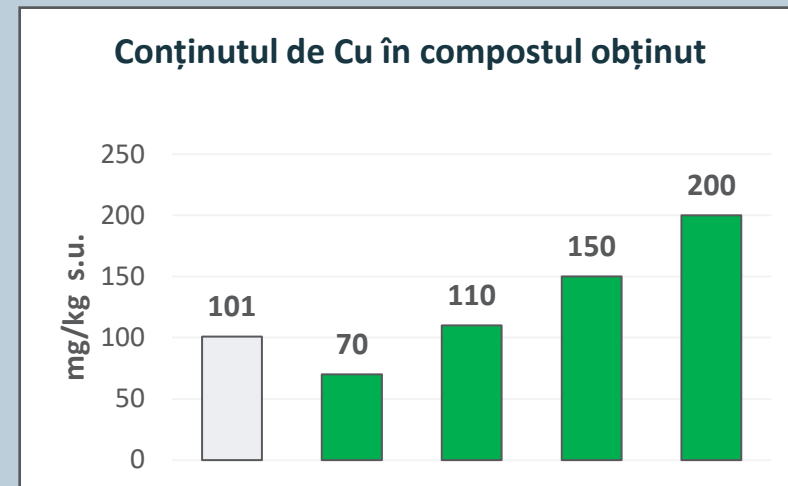
Parametri	U.M.	Rezultate
Cd	mg/kg s.u.	1.03
Total Cr		91.70
Cu		101
Hg		< 0.05
Ni		34.50
Pb		32.10
Zn		378



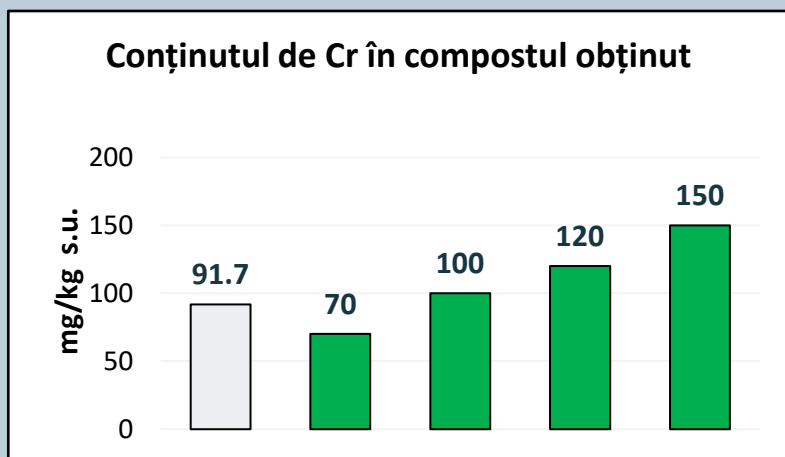
## II. Rezultate și discuții



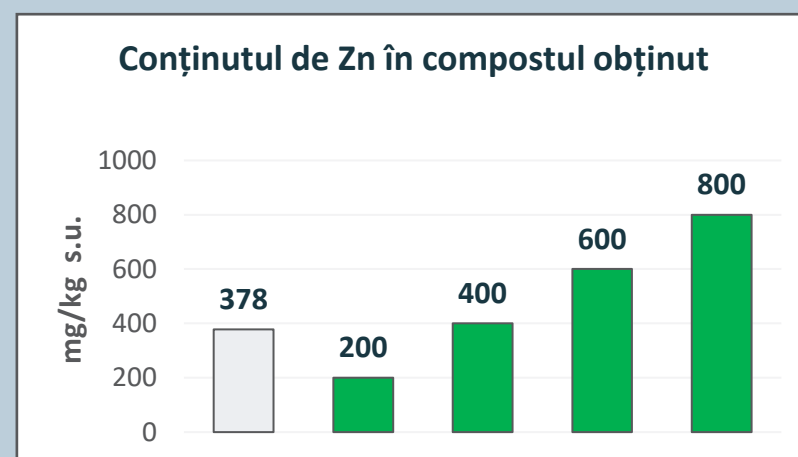
Conținutul de Ni din compostul obținut comparat cu valorile de referința propuse (slide 14)



Conținutul de Ni din compostul obținut comparat cu valorile de referința propuse (slide 14)

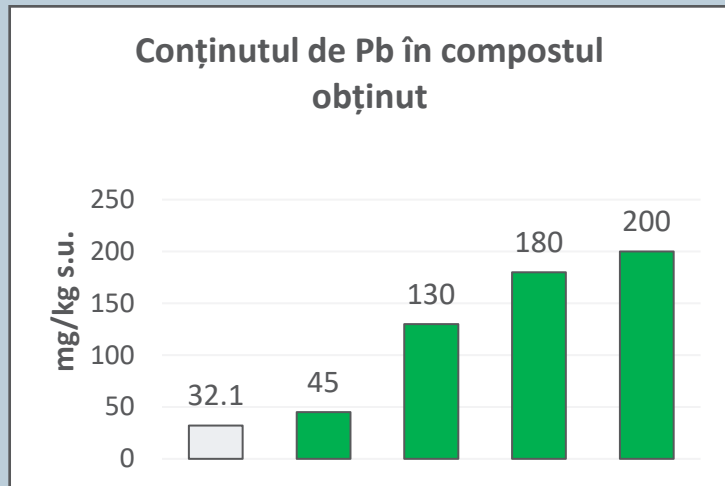


Conținutul de Cr din compostul obținut comparat cu valorile de referința propuse (slide 14)

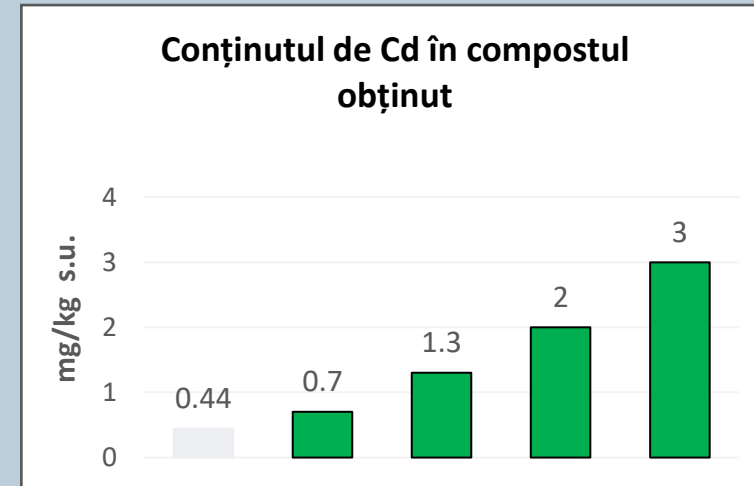


Conținutul de Zn din compostul obținut comparat cu valorile de referința propuse (slide 14)

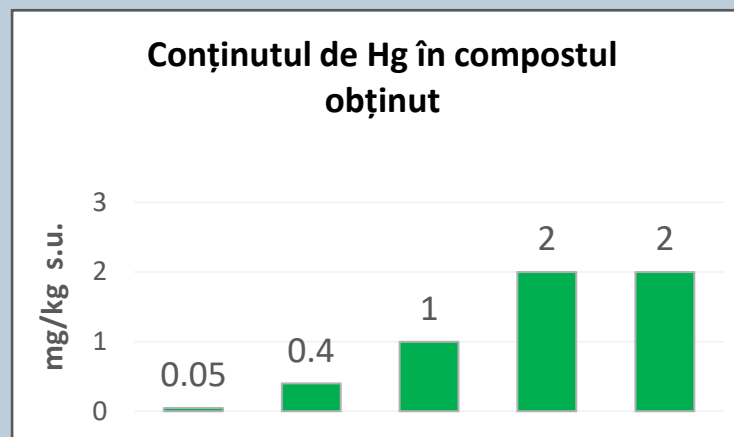
## II. Rezultate și discuții



Conținutul de Pb din compusul obținut comparat cu valorile de referința propuse (slide 14)



Conținutul de Cd din compusul obținut comparat cu valorile de referința propuse (slide 14)



Conținutul de Hg din compusul obținut comparat cu valorile de referința propuse (slide 14)

Parametru	[U.M.]	Experiment 1	Experiment 2
Cd	mg/kg <sub>d.w.</sub>	0.44	1.03
Cr total	mg/kg <sub>d.w.</sub>	80	91.70
Cu	mg/kg <sub>d.w.</sub>	61	101
Hg	mg/kg <sub>d.w.</sub>	0.069	<0.05
Ni	mg/kg <sub>d.w.</sub>	<b>43</b>	34.50
Pb	mg/kg <sub>d.w.</sub>	25.80	32.10
Zn	mg/kg <sub>d.w.</sub>	300	378

Pentru **primul experiment**, rezultatele au indicat în compostul obținut o **concentrație de Ni de 43 mg/kgd.w.** În consecință, se încadrează în **Categoria a IIIa - compost de bună calitate** și va putea fi utilizat ca ameliorator de sol pentru solurile degradate.

Pentru cel de **al doilea experiment**, rezultatele au arătat că pentru majoritatea metalelor grele (cu excepție Pb, Hg și Cd) nivelul de concentrații de metale grele în compostul obținut a depășit pragurile pentru prima clasă de calitate, dar poate fi utilizat pe terenuri agricole (caracterizarea compostului aparține **clasei a II-a de calitate, compost de foarte buna calitate**).

Parametru	[U.M.]	Experiment 3
<b>Cd</b>	mg/kg s.u.	1.06
<b>Cr total</b>	mg/kg s.u.	33.8
<b>Cu</b>	mg/kg s.u.	77.5
<b>Hg</b>	mg/kg s.u.	<0.3
<b>Ni</b>	mg/kg s.u.	24.1
<b>Pb</b>	mg/kg s.u.	47.2
<b>Zn</b>	mg/kg s.u.	349

Pentru cel de **al treilea experiment**, rezultatele au arătat că, deși pentru majoritatea compușilor chimici analizați nivelul de concentrații de metale grele în compostul obținut a depășit pragurile pentru prima clasă de calitate, datorită nivelului ridicat de Cd, acesta poate fi utilizat ca ameliorator de sol pentru solurile degradate (caracterizarea compostului aparține **clasei a III-a de calitate**).

# Concluzii



- În urma experimentelor la scară reală s-a demonstrat că valorificarea nămolului prin compostare joacă un rol important în tranziția către o economie circulară.
- Prin tratare, în numai 56 de zile, din amestecul format din tocătura de lemn și nămolul de epurare s-a obținut un produs valorificabil (**compost de calitate clasa a II-a**) ce poate fi utilizat ca și *fertilizator organic pe diverse suprafețe de teren precum: spații verzi, zone de agrement, acostamentul drumurilor, material de umplură, acoperirea depozitelor de deșeuri*. Raportul C:N (24,66) din amestec a fost mai scăzut decât cel optim recomandat (25 și 30). Această reducere ar putea fi generată de aportul mai mare de material lemnos (așchii de lemn).
- De asemenea, și din amestecul format din deșeuri alimentare, nămol, și lemn tocat s-a obținut **compost de foarte bună calitate**, ce aparține clasei a II-a.
- Utilizând aceasta tehnologie putem reduce amprenta de carbon prin evitarea producerii de gaze cu efect de seră.





# Lucrări publicate

1. A.M. Velcea, **D.M. Cocârță**, I. Iordache, *Metode biologice de obținere a biohidrogenului prin valorificarea deșeurilor organice în contextul dezvoltării durabile*, Revista Managementul Deșeurilor, - lucrare acceptată, în curs de publicare.
2. **D.M. Cocârță**, C. (Șoricu) Feodorov, C. Streche, F. Ungureanu, L.D. Robescu, *Assessment of Metals Content in Co-composted Sewage Sludge with Organic Food Waste*, 4th Euro-Mediterranean Conference for Environmental Integration, 20-23 October 2022, Sousse, Tunisia, Springer Publishing Partner.
3. F. Nenciu, I. Voicea, **D.M. Cocârță**, V.N. Vlăduț, M.G. Matache, V.N. Arsenoaia, *“Zero-Waste” Food Production System Supporting the Synergic Interaction between Aquaculture and Horticulture*. Sustainability 2022, 14 (20), 13396. [ISI IF 3.251]; <https://doi.org/10.3390/su142013396>.
4. C. (Șoricu) Feodorov, A.M. Velcea, F. Ungureanu, T. Apostol, L.D. Robescu, **D.M. Cocârță**, *Toward a Circular Bioeconomy within Food Waste Valorization: A Case Study of an On-Site Composting System of Restaurant Organic Waste*. Sustainability 2022, 14 (14), 8232. [ISI IF 3.251]; <https://doi.org/10.3390/su14148232>.
5. F. Nenciu, I. Stanciulescu, H. Vlad, A. Gabur, O.L. Turcu, T. Apostol, V.N. Vladut, **D.M. Cocârță**, C. Stan, *Decentralized Processing Performance of Fruit and Vegetable Waste Discarded from Retail, Using an Automated Thermophilic Composting Technology*. Sustainability 2022, 14 (5), 2835. [ISI IF 3.251] <https://doi.org/10.3390/su14052835>.
6. **D.M. Cocârță**, C. (Șoricu) Feodorov, I.C. Pasvantu, A.C. Gogoncea, *Composting of biosolids in Romania – A case study*, XXIIInd International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying, Geology and Mining, Ecology and Management – SGEM 2022, 2 - 11 July 2022, Albena, Bulgaria.



# Lucrări publicate

8. **D.M. Cocârță**, A.C. Gogoncea, M. Prodana, I. Demetrescu, C. Streche, A.A. Badea, *Sampling devices used to collect indoor airborne viruses*, Applications of Chemistry in Nanosciences and Biomaterials Engineering, NanoBioMat 2022.
9. I.C. Pasvantu, C. Stan, C. Streche, A.A. Badea, **D.M. Cocârță**, *Soluții digitale inovative pentru managementul integrat al deșeurilor în scopul protejării mediului și a sănătății populației*, Conferința Științifică de Primăvară a AOSR, 2022, București, Tematica: "Era digitală – provocări și oportunități pentru societatea contemporană", 6-7 mai 2022.
10. I.C. Pasvantu, A.A. Badea, C. Streche, **D.M. Cocârță**, *Managementul siturilor contaminate cu hidrocarburi petroliere în România*, Conferința Națională Științifică de Toamnă a AOSR 2022, Rolul științei în soluționarea crizelor contemporane, 3 noiembrie 2022 –5 noiembrie 2022, Cluj-Napoca.
11. **D.M. Cocârță**, C. (Soricu) Feodorov, C. Streche, F. Ungureanu, L.D. Robescu, *Evaluation of Metals Content in Composted Sewage Sludge and Organic Food Waste*, 4th Euro-Mediterranean Conference for environmental Integration, 20-23 October 2022, Sousse, Tunisia, Springer Indexed proceedings.
12. F.M. Petre, A.M. Lăcureanu, C.A. Gogoncea, I.C. Pasvantu, C. Streche, **D.M. Cocârță**, *Identificarea nivelului de poluare cu pulberi ambientale într-o zonă rezidențială a Municipiului București*, Conferința Națională Științifică de Primăvară a AOSR 2023, Transformarea digitală în științe, 19 – 20 mai 2023.
13. C. (Soricu) Feodorov, T. Apostol, A. Dumitrescu, **D.M. Cocârță**, *Valorization of sewage sludge through composting – a case study from Calarasi sewage treatment plant*, UPB Scientific Bulletin, Romania. [ISI IF 0.3].



# Lucrări publicate

14. I.C. Pasvantu, A.M. Lăcureanu, C. Streche, **D.M. Cocârță**, *Application of The Electrochemical Treatment Method For The Remediation of Petroleum Hydrocarbons From Contaminated Soils*, Universitatea OVIDIUS din Constanța, Conferința Națională Științifică de Toamnă a AOSR 2023, "Știința pentru o societate sănătoasă", 21 septembrie – 23 septembrie 2023, Constanța.

# Lucrări în curs de publicare

15. I. Akcakaya Waite, A. Akcay Kavakoglu, L.D. Robescu<sup>3</sup>, **D.M. Cocarta**, L.I. Vuta, *Game-based learning about the circular economy in building sustainable communities: A case of international and interdisciplinary university collaboration*, International Journal of Sustainability in Higher Education, [ISI IF 3.1].
16. C. (Soricu) Feodorov, T. Apostol, A. Dumitrescu, **D.M. Cocârță**, *Sludge Recovery through Composting: Case Study - Calarasi Sewage Treatment Plant, Romania*, UPB Scientific Bulletin, Romania. [ISI IF 0.3].
17. **D.M. Cocârță**, A.M. Lăcureanu, A.Ș. Pica, C. Streche, *Digital Transformation of Teaching and Learning in Environmental Engineering for a Sustainable Education*, Editori L.I. Cioca, L. Ivascu, D. Banciu, F.G. Filip, carte supervizata de Janusz Kacprzyk, and Lakhmi C. Jain, editors of **Springer Book Series: Intelligent Systems Reference Library**.



**Academia  
Oamenilor de Știință  
din România**



**Academy  
of Romanian  
Scientists**

## **Soluții Integrate pentru Managementul deșeurilor organice în contextul Economiei circulare și protejării sănătății POPulației / SIMECPOP**



Vă mulțumesc!

Prof. dr. ing. Diana Mariana Cocârță

diana.cocarta13@yahoo.com

Mulțumiri: Publicarea acestor rezultate a fost susținută prin proiectul SIMECPOP finanțat de Academia Oamenilor de Știință din România (nr. ctr. 14/04.05.2022).