***Evaluarea şi aplicarea nămolului orăşenesc în scopul fertilizării unor site-uri distruse antropogen şi a acoperirii rapide cu straturi vegetale stabile***

**(REZUMAT)**

**Ing. Nicoleta Luminiţa Jurj**

Activitatea antropică din marile oraşe are urmări nedorite prin: 1.prezenţa depozitelor de zgură şi cenuşă rezultată din arderea cărbunilor fosili în marile centrale termoelectrice, depozite care ocupă suprafeţe de teren importante şi produc prin deflaţie, eroziune, spălare sub acţiunea precipitaţiilor, provocând prejudicii importante pentru mediul înconjurător;

2.prezenţa unor cantităţi importante de deşeuri biodegradabile, de materie organică biodegradabilă, din nămolurile rezultate din procesele de epurare ale apelor reziduale orăşeneşti;

Strategiile de dezvoltare durabilă a societăţii umane au drept scop îndepărtarea efectelor prezenţei acestor două tipuri de deşeuri, deoarece acestea influenţează negativ calitatea mediului înconjurător, atât în mod direct prin distrugerea ecosistemelor terestre şi alterarea peisajului, cât şi prin efectele secundare. Astfel, prezenţa particolelor fine din componenţa depozitelor de zgură şi cenuşă cenuşii determină o serie de fenomene nedorite asupra terenurilor agricole, fermelor, asezărilor umane, etc., de poluare a solurilor, apelor şi aerului.

Limitele cu privire la instalarea şi creşterea plantelor pe depozitele de cenuşi zburătoare pot include un pH prea ridicat, deficienţe de macroelemente nutritive precum C, N, P, Ca, etc., potenţialul toxic al unor elemente aşa precum metalele grele, Cr, Pb, Ni, etc., proprietăţi de cementare excesivă ale topsolului care sunt induse prin procesul tehnologic de stabilizare a straturilor zgură şi de cenuşă, lipsa activităţii microbiene şi altele.

De asemenea, prezenţa materiei organice biodegradabile din nămolurile orăşeneşti proaspete afectează stabilitatea componentelor acestor nămoluri. Apar fenomene intense de descompunere a lor, cu eliminarea de gaze urât mirositoare, care influenţează puternic calitatea mediul înconjurător şi menţin prezenţa microorganismelor cu risc patogen, infecţios. Germenii patogeni (colibacili, salmonele, ouă de paraziţi intestinali, etc.) sunt în număr mare, produc contaminarea apei, solului, aerului, plantelor sau animalelor cu care intră în contact, dacă nu se respectă condiţiile de igienă impuse acestora.

Prezenţa metalelor grele din aceste nămoluri este de asemenea un aspect nedorit, concentraţia lor poate varia în limite largi iar limitele superioare pot aduce prejudicii în cazul în care aceste nămoluri sunt introduse în circuite naturale.

Toate aceste aspecte desemnează prezenţa haldelor de cenuşă şi zgură şi a depozitelor de nămoluri orăşeneşti ca şi probleme cheie în zonele limitrofe marilor oraşe, impunându-se imperios monitorizarea acestora. In acest context, se impune copertarea depozitelor inerte de cenuşă şi zgură, care se realizează uşor şi simplu prin fertilizare cu nămolurile orăşeneşti stabilizate anaerob, sau compostate. Fertilizanțiii sunt selectaţi pe baza riscurilor minime pentru componentele biosferei.

Dintre etapele tehnologiei de vegetare, procesul de fertilizare pentru corectarea caracteristicilor straturilor inerte de zgură şi cenuşă este cel mai important, deoarece a determinat eliminarea riscurilor legate de incapacitatea plantelor de a se dezvolta pe aceste suprafeţe aride. Ca adaos la agentul de fertilizare sunt agenţii de amendare, care completează necesarul de micronutrienţi dacă sunt bine aleși. Agenții de amendare a solurilor poluate trebuie seletați cu proprietăți de a îngloba și reține apa și unele substanțe fertilizante în structura lor microporoasă, urmând ca acestea să fie eliberate conform necesităţilor plantelor. În tehnologia convenţională de vegetare, acest proces este proiectat pentru aducerea în sol a nutrienţilor şi micronutrienţilor şi se realizează prin stabilirea dozei optime de fertilizant. A doua etapă este de a selecta plante tolerante la condiţiile pedoclimatice, specifice, care să formeze un strat vegetal stabil, sănătos şi capabil să reziste pentru cicluri vegetative specifice.

Principalul scop al tezei îl reprezintă îmbunătăţirea performanţelor procesului de vegetare avansată a haldelor de zgură şi cenuşă în scopul refacerii ecosistemelor distruse, a peisajului deteriorat, ale conservării durabile ale unor elemente utile, componente ale acestor deşeuri precum şi introducerea unor parametrii inovativi uşor de determinat, de caracterizare a calităţii biomasei rezultate cu rol de parametrii operaţionali. În funcţie de tratamentul aplicat topsolului, biomasa rezultată poate deveni un produs reutilizabil în diferite sectoare agrozootehnice sau din contră poate deveni un hiperacumulator de metale grele, caz în care este considerată un deşeu toxic.

Pentru atingerea scopul propus s-au impus principalele obiective:

 1. Caracterizarea unor materiale fertilizante de natură organică obţinute din:

- nămol orăşenesc rezultat din epurarea apelor reziduale orăşeneşti care este stabilizat anaerob ;

 - compost rezultat din compostarea nămolului orăşenesc în amestec cu paie de cereale;

- amestec de nămol orăşenesc stabilizat anaerob cu tuf vulcanic indigen pe bază de clinoptilolit nemodificat şi modificat;

- amestec de compost pe bază de nămol orăşenesc şi paie de cereale cu tuf vulcanic indigen pe bază de clinoptilolit nemodificat şi modificat .

2. Caracterizarea materiei anorganice din depozitele de zgură şi cenuşă rezultată de la centrala termoelectrică din municipiul Arad.

3. Studii comparative privind procesul de înierbare a haldelor de zgură şi cenuşă cu specii de plante leguminoase tolerante la condiţiile pedoclimatice instalate prin prezenţa materiei lipsite de elemente nutritive şi de retenţie a apei. Studiile experimentale se realizează în prezenţa/absenţa fertilizantilor organici nămol orăşenesc, compost, cu sau fără adaos de tuf vulcanic indigen pe bază de clinoptilolit. Speciile de plante studiate pentru instalarea rapidă şi menţinerea unui strat vegetal sunt specii de plante perene de pajişti: *Trifolium pratense şi Onobrychis viciifolia*

*4.* Studii comparative privind procesul de înierbare a haldelor de zgură şi cenuşă cu specii de plante graminee tolerante la condiţiile pedoclimatice severe. Studiile experimentale se realizează în prezenţa/absenţa fertilizantilor organici nămol orăşenesc, compost, cu sau fără adaos de tuf vulcanic indigen pe bază de clinoptilolit. Speciile de plante studiate pentru instalarea rapidă şi menţinerea unui strat vegetal sunt: specia de plante perene de pajişti *Lolium perenne* şi specii de plante anuale, cereale tolerante, din specia *Hordeum vulgare şi Avena sativa.*

Parametrii operaţionali care permit caracterizarea rapidă a culturilor instalate sunt indicele de abundenţă ecologică Braun-Blanquet, indicele de vitalitate Braun–Blanquet, cantitatea de biomasă verde rezultată;

Parametrii indicatori ai calităţii biomasei rezultate prin recoltare sunt exprimaţi prin conţinutul de metale grele, bioacumulate în diferite părți de țesu: rădăcini, tulpini, frunze, boabe. Parametrii indicatori analizați: Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb şi Zn, dau referinţe asupra ponderii compuşilor metalici cu caracter toxic. Acest obiectiv vizează şi evaluarea caracteristicilor biomasei obţinute prin înierbare privind gradul de bioacumulare a unor metale toxice, Cr, Ni, Pb, raportate la posibilităţile de reciclare ale plantelor în sectorul agro-zootehnic.

5. Un alt obiectiv al tezei îl constituie corelarea dintre tipul tratamentului suprafeţelor depozitelor inerte de zgură şi cenuşă destinate înierbării, cu fertilizanti organici în absenţa/prezenţa tufului vulcanic indigen şi capacităţilor plantei de bioacumulare de metale grele:

-de a transfera metalele din topsol în rădăcini;

-de a transloca metalele din rădăcini în părţile aeriene;

-de a stoca metalele în diferite părţi din ţesut, în diferite faze de dezvoltare.

6. Îmbunătăţirea performanţelor procesului de înierbare avansată/ prin introducerea unor noi agenţi de tratare, de tip tuf vulcanic indigen modificat, TUF-Aln. Performaţele procesului de tratare în scopul înierbării cu straturi vegetale stabile, sănătoase şi cu producţie mărită de biomasă constituie baza de date din etapa de proiectare a tehnologiei de copertare a depozitelor inerte, de refacere a ecosistemelor distruse, respectiv a peisajului deteriorat de activităţi antropice.

Rezultatele acestui studiu au indicat posibilitatea introducerii unor parametri neconvenţionali TF-factorul de transfer al metalului din sol în plante. respectiv TC-factorul de translocare al metalului din rădăcini în partea aeriană pentru evaluarea capacităţii de bioacumulare de metale în diferite părţi ale plantei în procesului de înierbare.

**În concluzie**:

A.*Studiile efectuate pe culturi de plante de pajişti au demonstrat:*

* Tratarea topsolului cu fertilizant organic şi tuf a determinat parametri biologici mai ridicaţi, respectiv un grad de acoperire mai mare a suprafeţelor cultivate cu plante leguminoase şi graminee, plante sănătoase care îşi încheie ciclul de viaţă şi o cantitate de biomasa mai mare decît parametrii plantelor respective crescute pe topsoluri fertilizate doar cu fertilizant organic;
* Adaosul de tuf vulcanic modificat la doze optime de fertilizant organic, a determinat un grad de acoperire mai mare cu vegetaţie, o vegetaţie mai stabilă şi sănătoasă şi o cantitate mai mare de masă verde vs. adaosul de tuf vulcanic nemodificat la doze optime de fertilizant organic;
* Plantele graminee studiate, trifoiul şi sparceta au prezentat un grad de acoperire cu strat vegetal mai mare decât plantele leguminoase şi totodată cantităţi mai ridicate de biomasă;
* Culturile de plante recoltate de pe variantele fertilizate cu nămol orăşenesc în doze optime de 25t/ha în absenţa/ prezenţa tufului vulcanic au fost mai ridicate vs, recoltele care au rezultat de pe variante fertilizate cu compost la doze de 50t/ha în absenţa/ prezenţa tufului vulcanic;
* Plantele leguminoase recoltate de pe variante tratate cu fertilizant organic sau fertilizant organic în amestec cu tuf nemodificat nu se încadrează în tipuri de hrană accepate prin norme, deoarece prezintă bioacumulări de plumb de 3-16 ori mai ridicate decât normele admise;
* Plantele leguminoase recoltate de pe variante tratate cu fertilizant organic în amestec cu tuf modificat acumulează crom, cupru, nichel sub 5mg/kg su, iar Pb şi Zn sub limitele impuse de normele în vigoareşi pot fi reintroduse în circuite agricole;
* Plantele graminee recoltate de pe variante tratate cu fertilizant organic sau fertilizant organic în amestec cu tuf nemodificat/modificat nu se încadrează în tipuri de hrană acceptate prin norme, deoarece prezintă bioacumulări de plumb de 5-20 ori mai ridicate decît normele admise.

*B. Studiile efectuate pe culturi de cereale au arătat****:***

* În cazul fertilizărilor cu compost în prezenţa/absenţa tufului, cultura ovăzului prezintă un grad de acoperire mai mare a suprafeţelor cultivate decât orzul. Cu toate acestea plantele de ovăz nu cresc atât de viguroase ca cele de orz şi ca urmare recolta de paie de ovăz este inferioară celei de orz;
* Plantele de ovăz însă fructifică mai bine în cazul tratamentului cu compost și tuf nemodificat/modificat;
* Adaosul de tuf nemodificat cu fertilizantul organic nu influenţează sporul cantităţii de paie, dar tuful modificat poate aduce sporuri de până la 3 ori mai mari decât în absenta lui din tratamentul topsolului;
* În cazul tratmentelor topsolului cu compost în amestec cu tuf indigen nemodificat/modificat, paiele şi boabele celor două cereale, acumulează cantităţi de Cr, Cu, Ni ≤0,5 mg/kg su, iar de Pb şi Zn sub limitele impuse de normele în vigoare şi pot fi reintroduse în circuite agricole.

Caracterizarea biomasei de plante rezultate s-au efectuat în 2 etape distincte:

 *1. Evaluarea comparativă a cantităţii de biomasă rezultată din culturi cu plante leguminoase de pajişti*

* Prin prelucrarea statistică a datelor obţinute experimental pentru recoltele de trifoi, conform testului F, rezultă că între variantele urmărite în experiment, există diferențe foarte semnificative, în ceea ce privește cantitatea de biomasă obţinută. Din testul Duncan aplicat la nivel de 5% au rezultat in urma comparaţiilor cantităţilor de biomasă, că varianta experimentală tratată cu 25 t/ha nămol orăşenesc amestecat cu tuf modificat în cantitate de 2,5t/ha, face parte din clasa superioară A. Din testul Student a rezultat pentru trifoiul recoltat, că sporul cantităţii de biomasa obţinut la varianta tratată cu doza optimă de nămol 25t/ha şi tuf modificat în cantitate de 2,5t/ha este foarte semnificativ. Cantitate de biomasă recoltată de pe această variantă a fost cu 45% mai mare faţă de cantitatea recoltată de pe varianta de topsol tratată cu nămol în amestec cu tuf nemodificat.
* În cazul în care cantitatea de nămol orăşenesc utilizat pentru fertilizare creşte de la 15t/ha la 25t/ha, cantitatea de biomasă verde recoltată pentru planta din specia Onobrychis viciifolia, creşte cu peste 50%, de la 21,23g/ vas de vegetaţie la 42,7g/ vas de vegetaţie. Se remarcă însă că o creştere a cantităţii de nămol orăşenesc ca agent de fertilizare peste 25t/ha s.u. nu a determinat majorarea aşteptată de biomasă. Utilizarea dozei optime de nămol în amestec cu tuf vulcanic nemodificat/ modificat, a determinare o recoltă de trifoi de până la 1/5-3/5 din cantitatea care rezultă de pe soluri normale, fertilizate. Prin prelucrarea statistică a datelor obţinute experimental pentru recoltele de sparceta, se confirmă că varianta experimentală tratată cu doza optimă de 25 t/ha nămol orăşenesc face parte dintr-o clasă superioară A. Din testul Student a rezultat că sporul cantitații de biomasă obținut la varianta tratată cu doza optimă de 25 t/ha nămol orăşenesc este foarte semnificativ. S-a stabilit o corelația dintre cantitatea de nămol orăşenesc fermentat anaerob utilizat pentru fertilizarea materialului inert din haldele de zgură şi cenuşă, în scopul instalării unui strat vegetal de plante din specia Onobrychis viciifolia și cantitatea de biomasă recoltată, reprezentată de ecuaţia Y= 1,3674+ 2,1828x-0,0234x2, cu un coeficient de corelatie multiplă R=0.97. Conform coeficientului de determinaţie, D = R2 • 100, variaţia cantităţii de biomasă între 0 – 54,2 g/vas, a fost influenţată în proporţie de 94% de doza de nămol.
* Adaosul de tuf vulcanic indigen nemodificat în cantitate de 5t/ha, în amestec cu fertilizantul organic, nămolul, a determinat o cantitate de biomasă recoltată cu 75% mai mare faţă de cantitatea recoltată de pe varianta netratată. Din calcului statistic al datelor obţinute experimental, conform testului F, rezultă că între variantele urmărite în experiment, există diferențe foarte semnificative, în ceea ce privește cantitatea de biomasa, rezultată din cultura de Onobrychis spp. Din testul Duncan aplicat la nivel de 5% a rezultat în urma comparațiilor cantităţilor de biomasă rezultate, că varianta experimentală tratată cu doza optimă de nămol orăşenesc de 25/ha, în amestec cu tuf nemodificat face parte din clasa superioară B, iar în cazul în care amestecul fertilizant conține tuf modificat, face parte din clasa superioară C. Din testul Student a rezultat pentru cultura de sparceta că sporul cantităţii de biomasa obţinut din varianta tratată cu nămol, în amestec cu tuf vulcanic nemodificat/modificat este foarte semnificativ.
* Agentul de fertilizare, compostul, utilizat în doza de 50t/ha a determinat creşterea cantităţii de biomasa cu 34% vs. cantitatea de biomasa de 27,47g/vas de vegetaţie rezultată din varianta fertilizată cu 25t/ha compost. Creşterea dozei de compost de la 50 t/ha la 100t/ha nu a justificat o creştere semnificativă a biomasei recoltate. Rezultatele prezentate confirmă în plus selectarea ca doză optimă cantitatea de 50t/ha. compost. Corelația dintre cantitățile de compost utilizat pentru fertilizarea materialului inert din haldele de zgură şi cenuşă în scopul instalării unui strat vegetal de plante din specia Onobrychis viciifolia şi cantitatea de biomasă rezultată din variantele experimentale este redată de ecuaţia exprimata printr-o regresie liniara Y = 24,4621+ 0,2348x, cu un coeficient de regresie r = 0.89 foarte semnificativ şi r2 = 0,79. Variația cantității de biomasă este influențată în proporție de 79% de doza de compost. Intervalul de încredere a dreptei de regresie, pentru α = 5%, indică o probabilitate de 0,95.
* Din prelucrarea statistică a rezultatelor experimentale, conform testului F, a rezultat că între variantele urmărite în experiment, există diferențe foarte semnificative, în ceea ce privește cantitatea de biomasă de sparceta recoltată. Din testul Duncan aplicat la nivel de 5% a rezultat în urma comparațiilor cantităţilor de biomasă, că varianta experimentală tratată cu doza optimă selectată de 50 t/ha compost în prezenţa tufului vulcanic nemodificat/modificat fac parte din clase superioare B, respectiv A. Din testul Student a rezultat pentru sparceta că sporul cantităţii de biomasă obţinută la varianta tratată cu compost şi tuf nemodificat/modificat este foarte semnificativ.
* Cantitatea de biomasă verde creşte cu 57% la utilizarea dozei optime de compost, cu 77% în cazul fertilizării cu doza optimă de compost în amestec cu tuf nemodificat şi cu 84% în cazul utilizării dozei optime de compost în amestec cu tuf modificat vs. cantitatea de biomasă obţinută pentru varianta netratată.

*2 Evaluarea comparativă a cantităţii de biomasă resultată din culturi cu plante graminee:*

-Recolta de graminee *Lolium perenne*, masă verde, rezultată de pe suprafaţa nefertilizată este redusă, dar cea rezultată de pe varianta tratată cu o doză de 25t/ha de nămol orăşenesc a determinat creşterea semnificativă a producţiei de biomasă, cu 31% mai ridicată, vs. cantitatea recoltată de pe varianta nefertilizată. Stratul vegetal de iarbă se usucă însă treptat în perioadele de secetă prelungite, motiv pentru care s-a utilizat ca rezervor de apă in situ, tuful vulcanic indigen.

-Adaosul de tuf nemodificat/modificat în absenta fertilizantului organic a determinat o creştere a biomasei cu 30-36% vs. cantitatea recoltată de pe varianta nefertilizată, dar nu asigură elemente nutrive necesare creşterii plantelor. Cantitatea de biomasă verde creşte cu până la 70,0%, în cazul variantei fertilizate cu nămol sau compost pe bază de nămol orăşenesc în amestec cu tuf vulcanic indigen modificat, vs. cantitatea de biomasă recoltată de pe varianta nefertilizată.

Calculul statistic al datelor rezultate din cele 12 variante urmărite în experimentul de înierbare a haldelor de zgură şi cenuşă, cu plante graminee Lolium spp., a confirmat că există diferențe foarte semnificative, în ceea ce priveşte cantitatea de biomasă recoltată de pe variantele studiate. Din testul Student aplicat la nivel de 5% pentru variantele studiate, în absenţa/ prezenţa tufului nemodificat/modificat, cu doze diferite de nămol orăşenesc, a rezultat pentru specia Lolium perenne că sporul cantității de biomasă obținută la varianta tratată cu doza optimă de nămol orăşenesc, în prezența tufului nemodificat /modificat şi a variantei tratate cu doza optimă de compost şi tuf modificat este foarte semnificativ.

 *Studiu comparativ privind cantităţile de biomasă rezultată din culturi cu plante graminee și culturi de cereale au dus la următoarele concluzii:*

2.2.1. În cazul în care plantele selectate pentru înierbare sunt cerealele orz şi ovăz, a rezultat că recolta de paie şi boabe obţinută de pe varianta fertilizata cu doza optimă stabilită de compost de 50t/ha se caracterizează prin:

* + - recolte de paie mai mari pentru culturi de orz decât pentru culturile de ovăz;
		- recolte de boabe mai mari cu 25% pentru culturi de ovăz decât pentru culturile de orz;

2.2.2 Tuful vulcanic ca adaos la doza optimă de compost a constituit rezervorul de apă, de azot asimilabil şi microelemente. S-a stabilit potrivit valorilor indicatorilor biologici pe de o parte şi în concordanţă cu preţuri de cost accesibile, variante de tratament optime:

* + - varianta A la doza optimă= 50t/ha compost în amestec cu 5t/ha tuf nemodificat sau
		- varianta B la doza optimă= 50t/ha compost în amestec cu 5t/ha tuf modificat

 Varianta B prezintă costuri suplimentare datorate costurilor procesului de obţinere a tufului vulcanic modificat, dar a determinat valori superioare ale parametrilor biologici.

2.2.3. Din calcului statistic al datelor obţinute experimental conform testului F, rezultă că între variantele urmărite în experiment, există diferenţe foarte semnificative, în ceea ce priveşte cantitatea de biomasă şi boabe, pentru cele 2 cereale, recoltate de pe variantele studiate. Din testul Duncan la nivel de 5%, a rezultat în urma comparațiilor cantităţilor de biomasă, că varianta experimentală tratată cu 50 t/ha compost amestecat cu tuf modificat, face parte din clasa B, iar varianta tratată cu 50 t/ha compost cu tuf nemodificat, face parte dintr-o clasă inferioară C sau D. Din testul Student a rezultat atât pentru cantitatea de paie cât şi de boabe de ovăz sau orz, că sporul obţinut la varianta tratată cu compost şi tuf modificat este foarte semnificativă. Sporul obţinut la varianta tratată cu compost şi tuf nemodificat, pentru cantitatea de paie de ovăz este semnificativă, iar pentru boabe este foarte semnificativă. Pentru orz sporul obţinut la varianta tratată cu doza optimă de compost şi tuf nemodificat pentru boabe şi paie nu este asigurat statistic.

2.2.4. Adaosul de tuf vulcanic indigen nemodificat în cantitate de 5t/ha în amestec cu compostul, a determinat o cantitate de biomasă recoltată cu 27-29% mai mare pentru cele 2 cereale faţă de cantitatea recoltată de pe suprafaţa netratată. Adaosul de tuf vulcanic indigen modificat, în amestec cu compostul, a determinat o cantitate de biomasă recoltată cu 37% mai mare pentru paie de ovăz şi cu 76% mai mare pentru paie de orz, faţă de cantitatea recoltată de pe suprafaţa netratată. Adaosul de tuf vulcanic indigen modificat/nemodificat, în cantitate de 5t/ha în amestec cu compostul aplicat în doza optimă, a determinat o cantitate recoltată de boabe de ovăz cu 73-74% mai mare faţă de cantitatea recoltată de pe varianta netratată. În cazul recoltei de orz boabe, tratate cu doza optimă de compost în amestec cu tuf vulcanic indigen modificat, s-a determinat o cantitate recoltată de 18% mai mare faţă de cantitatea recoltată de pe varianta tratată cu doza optimă de compost în amestec cu tuf nemodificat.

***Se propune promovarea parametrilor inovativi UC, TC şi TF şi introducerea deliberată a acestora în practică***

 Parametrii UC, TC şi TF constituie instrumente de analiză şi evaluare sistematică pentru: optimizarea proceselor de vegetare prin introducerea materialelor fertilizante recuperate din activităţi antropice, în prezenţa/absenţa unor materiale naturale ajutătoare de tip tuf vulcanic indigen ca atare şi modificat, selectarea speciilor de plante care permit iniebarea rapidă şi instalarea unor ecosisteme pe haldele de zgură şi cenuşă, verificarea calităţii recoltelor rezultate, pe fenofaze şi/sau diferite părţi ale plantelor, cu scopul reciclării nepericuloase a acestora.

*1.Factorul de transfer TF*  redă biodisponibilitatea metalelor din sol, din zona rizosferei, pentru plante. Acest parametru este influenţat de specia de plantă, faza de vegetaţie, gradul de poluare cu metale grele, tratamentele aplicate solurilor poluate,etc.

1.1. Factorul de transfer este mare pentru plante leguminoase, când acestea sunt cultivate pe topsoluri poluate, cu conţinut ridicat de metale grele, de tipul depozitelor de zgură şi cenuşă. Accesul metalelor sol-rădăcină, favorizat de prezenţa nămolului pentru plantele leguminoase din specia*Trifolium spp.* cultivate pe topsol fertilizat, este confirmat de un factor de tranfer majorat vs cel pentru metalul corespondent de pe soluri netratate. Tuful vulcanic modificat în amestec cu agentul de fertilizare, nămolul, a determinat efecte de reducere mari ale factorului de transfer, pentru Pb, Fe, Mn şi Cu, efecte antagonice de majorare a accesului de Zn în ţesutul plantei şi nu influenţează transferul de Cr şi Ni. Valorile mici ale factorului de transfer în special pentru plumb este în concordantă cu valoarea redusă a acestui metal care ulterior va fi translocat în partea aeriană a plantei.

1.2. Variaţia factorului de transfer pentru graminee din specia *Lolium perenne* a demonstrat faptul că cromul şi cupru se reduc la adaos de agent fertilizant organozeolitic la doze optime, cu 79-90% vs factorul determinat la culturi de graminee recoltate de pe variante netratate. Prin tratament cu fertilizant organo-zeolitic planta va prelua doar 10% din cantitatea de Ni şi Fe din solul poluat şi până la 50% din zincul prezent. Factorul de transfer al plumbului este supraunitar în cazul solului netratat. Prin tratament cu fertilizant organo-zeolitic, factorul de transfer devine subunitar, planta va prelua cantităţi de 102 ori mai mici decât plantele crescute pe soluri netratate. Cu toate acestea în partea aeriană a plantei se vor transloca cantităţi mari de plumb, rădăcina fiind de fapt în acest caz un canal permisibil pentru acest metal.

1.3. Factorul de transferdeterminat pentru *cereale,* redă faptul că orzul preia cantităţi mai mari din metalele: Cr, Ni, Pb, Fe, şi Zn în rădăcini decât ovăzul, în cazul recoltelor de pe variantele de sol fertilizate cu fertilizant organo-zeolitic, în schimb ovăzul are o afinitate mai mare pentru cupru. Orzul prezintă un factor de transfer supraunitar pentru metalele plumb şi zinc, în cazul variantelor fertilizate cu fertilizant organo-zeolitic, un factor subunitar situat în domeniul 0,2-0,52 pentru metalele cupru, crom, fier şi 0,03 pentru nichel. Ovăzul prezintă factorul de transfer subunitar situat în domeniul 0,12-0,78 pentru metalele cupru, crom, fier şi zinc şi în domeniul 0,01-0,06 pentru nichel şi plumb. Indiferent de gradul de acces al metalelor din sol în rădăcină cerealele orz şi ovăz posedă mecanisme probabile la nivel de rădăcini, care limitează accesul metalelor prin translocare în părţile aeriene.

 2.*Factorul de translocare TC* a metalelor în partea aeriană a plantelor este funcţie de metabolismul specific al plantei, corelat cu prezenţa speciilor metalice ce pot accesa spre aceste părţi de ţesut din rădăcini în paie sau boabe de orz sau ovăz, este subunitar, arătând că din rădăcini se translocă doar o cotă parte din cantitatea acumulată.

 2.1. *Variaţia factorului de translocareTC pentru orz*

 Adaosul de fertilizant organo-zeolitic fie nu are acțiune asupra fenomenelor de translocare ca de exemplu din rădăcini în boabe în cazul metalelor crom şi zinc, sau actionează prin efecte de reducere a translocării metalelor cupru şi fier spre boabe, sau de majorare ale translocării de crom şi fier în paie, vs fenomenele de translocare din aceste părţi ale plantelor crescute pe variante fertilizate cu compost sau nefertilizate.

*2.2. Variaţia factorului de translocare pentru ovăz*

 Adaosul de fertilizant organo-zeolitic are acțiune de reducere a fenomenelor de translocare de crom, fier şi zinc în boabe, vs fenomenele de translocare în boabele plantelor crescute pe variante fertilizate doar cu compost sau nefertilizate şi de cupru din rădăcini în paie sau boabe.

 Se manifestă fenomene ale majorării translocării de zinc şi fier în paie, vs fenomenele de translocare din paiele plantelor crescute pe variante fertilizate cu compost sau nefertilizate.

 Tratamentul stratului de zgură şi cenuşă cu fertilizant organo-zeolitic nu mai permite ca plumbul şi nichelul să traverseze ţesutul rădăcinii pentru acumulare în partea aeriană, paie sau boabe.

*3. Coeficienţii de preluare UC a metalelor în boabe sunt mai mici ca cei din paie*

3.1. Valorile parametrului UC pentru paie crescute pe topsolul poluat, sunt în general supraunitare, deci plantele acumulează cantităţi de metal mai mari decât cele crescute pe soluri normale.

 3.2. Adaosul de materie organică a determinat modificări importante în gradul de acumulare a metalelor în paie: de reducere sau majorare a bioacumularii metalelor, vs. cantitatea acumulată în paie recoltate de pe topsoluri corespondente, poluate, nefertilizate.

3.3. Valorile subunitare ale coeficientului UC confirmă faptul că în paie se acumulează cantităţi mai mici de metale decât cantitatea acumulată în paie recoltate de pe topsoluri nepoluate, iar paiele se pot utiliza ca material de așternut în adăposturi de animale sau ca adaos ligno-celulozic pentru compostare.

 3.4. Compostul acționează ca agent de reducere a bioacumulării metalelor Cu, Fe, Ni, Pb şi Zn în boabe, pentru ambele cereale. Adaosul de amendament de tipul tuf vulcanic modificat la doza opotimă de compostul utilizat pentru fertilizarea culturilor de ovăz, a determinat coeficienţi de preluare a metalelor Cr, Cu subunitari, respectiv acumulari ale acestor metal inferioare celor de pe soluri normale. Având în vedere şi faptul că boabele de ovăz nu acumulează Pb şi Ni la limita de detecţie, se propune utilizarea recoltelor la hrana animalelor. Boabele de orz nu acumulează Ni şi Pb, 2 metale toxice pentru organisme. Cantitatea de Zn acumulată nu depășește valorile normelor UE. Coeficienţii de preluare a metalelor Cu, Cr, Fe în boabe de orz sunt de 1,3-3,2 ori mai mari decât unitatea, fapt ce demostrează că acumulările acestor metale depăşesc cantitatea acumulată de pe soluri normale. Având în vedere faptul că pentru aceste metale nu se depăşesc concentraţiile raportate în literatură din recolte de pe soluri normale şi nu există o legislaţie în vigoare privind CMS, se propune utilizarea recoltelor la hrana animalelor.

*II. Utilizarea nămolului orăşenesc ca agent de fertilizare a determinat:*

***Se propune promovarea agentului de fertilizare*** *nămolului orăşenesc în amestec cu 1/10 greutate tuf vulcanic indigen de Mârşid modificat* ***şi introducerea deliberată a acestuia în practică***

*III. Varianta de ecologizare avansată este indicată depozitelor de zgură şi cenuşă rezultată din arderea lignitului în termocentrale şi a determinat formarea de straturi vegetale prin efecte de sinergism.* ***Extrapolarea în practica este însă subiectul unor cercetări viitoare privind urmărirea comportării în timp a sistemului, care să introducă modelul propus în condiţii impuse de studiul de laborator la sistemul real.***

 *IV. Utilizarea agenţilor,* ***agentului de fertilizare*** *nămolului orăşenesc în amestec cu 1/10 greutate tuf vulcanic indigen de Mârşid modificat, a determinat eficiențe de reducere a metalelor toxice în biomasă parte aeriană a plantelor leguminoase de pajişti, trifoi şi sparceta şi în paie şi boabe de cereale orz şi ovăz*.

***Din rezultatele obţinute se deduce necesitatea continuării studiului, printr-o examinare atentă a modificărilor din sistemul topsol-fertilizant organozeolitic, pe bază de nămol orăşenec fermentat anaerob, sau compost pe bază de nămol orăşenesc cu adaos de Tuf-Aln, pentru elucidarea mecanismul prin care actionează tuful suportat, fie de a impiedica formarea complecşilor biosolubili, fie de ai îndepărta* *din soluţia solului.***

**Contribuţii originale;**

-Utilizarea de agenţi de fertilizare pe bază de deşeuri antropice biodegradabile nepericuloase, de nămol orăşenesc fermentat anaerob şi compost pe bază de nămol orăşenesc cu deşeuri vegetale agricole;

-Obţinerea de straturi vegetale sănătoase şi stabile pe depozite de deşeuri antropice periculoase, în scopul stabilizării acestora şi a conversiei ecologice, prin adaos de materie organică fertilizantă şi amendamente anorganice;

-Formarea de biomasă de plante de pajişti, care prezintă bioacumulări reduse de metale grele: Cr, Cu şi Ni, Zn şi Pb;

-Eficienţele de reducere a metalelor în paie şi boabe de cereale orz şi ovăz de pe soluri tratate cu nămol orăşenesc fermentat anaerob

-Studiul comparativ privind eficienţa de reducere bioacumulării de metale din plante datorită procesul de tratate cu nămol orăşenesc în absenţa prezenţa tufului vulcanic indigen nemodificat/modificat cuprinde un număr de 3 dispozitive de lucru dintre care 2 pentru culturi de leguminoase trifoi şi sparceta unul pentru plante graminee de pajişti şi 3 dispozitive de lucru, dintre care unul pentru culturi de plante leguminoase sparceta şi două pentru plante graminee, iarbă şi cereale orz şi ovăz.

Având în vedere complexitatea problematicii propuse pentru studiu, ea a fost concepută şi abordată ca o preocupare absolut necesară şi obligatorie care să preceadă implementarea efectivă a parametrilor inovativi propuşi în condiţii aplicative de monitorizare on-line şi de proiectare/operare a procesului de ecologizare avansată a depozitelor de zgură şi cenuşă, având ca finalitate concretă refacere ecologică, conservarea depozitelor de zgură şi cenuşă pentru generaţii viitoare şi recuperarea biomasei formate în circuite zootehice şi/sau agricole.

**Rezultatele acestui studiu au condus la următoarele concluzii:**

- Se acordă ponderea necesară studiului comparativ privind eficienţele de reducere a bioacumulărilor de metale din biomasa recoltată de pe variantele studiate. Pe această bază este posibilă trecerea treptată controlată a rezultatelor cercetărilor în practică.

- Studiul analizează avantajele rezultate din estimările cadru ale parametrilor inovativi şi promovează o concepţie generală asupra problematicii abordate.

- Termenul global de reconstrucţie ecologică este configurat prin plantele selectate şi tratamentele efectuate pentru refacerea peisajului depozitelor de zgură, în paralel cu găsirea soluţiilor de obţinere a biomasei, care poate fi reintegrată fară pericol în circuite agricole. Utilizarea parametrilor inovativi pentru caracterizarea biomasei obţinute este astfel puternic motivată de rezultatele rapide, clare şi exacte privind comportarea în procesul de ecologizare a componentelor plante-topsoluri.

- Studiul analitic privind reducerea avansată a acumulării plumbului în procesul de vegetare permite o evaluare sintetică a rezultatelor. Se stabileşte o dependenţa dintre biomasa obţinută şi doza optimă de agent de fertilizare cu adaos de tuf. Ecuaţia propusă în studiul performanţelor procesului de fertilizare se poate aplica in situ , în cadrul strategiilor de vegetare.

 **Mai mult rezultatele experimentelor de fitostabilizare/fitoremedfiere a haldelor de zgură şi cenuşă efectuate la nivel de laborator care au condus la sublinierea interdependenţei dintre caracteristicile topsolului, speciile de plante utilizate şi nutriţia lor ce a fost stimulată prin adaosuri de fertilizatori si amendamente de tipul tufului vulcanic indigen, au determinat elaborarea unei strategii optime de proces. Aplicarea acestei strategii de fitostabilizare/fitoremedfiere in situ în cazul haldei de zgură şi cenuşă, CET Arad, a determinat instalarea unui strat vegetal stabil, cu ajutorul unei culturi de plante leguminoase, perene şi anume ghizdeiul.**