



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2019 00144

(22) Data de depozit: 04/03/2019

(41) Data publicării cererii:
30/07/2019 BOPI nr. 7/2019

(71) Solicitant:
• WASTE ECOLOGIC RECYCLING
COMPANY S.R.L., STR.INDUSTRIILOR
NR.1, CORP 1, CET GOVORA,
RÂMNICU VÂLCEA, VL, RO

(72) Inventatori:
• STRIMBEANU NICOLAE MARIAN,
STR.VADUL CRIȘULUI NR.37, TIMIȘOARA,
TM, RO;

• VĂDUVA CONSTANTIN, BD.UNIRII NR.70,
BL.J4, SC.1, ET.3, AP.9, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO;
• DEMETROVICI LAURENȚIU AMOS
TADEUS, STR.MARTIR VASILE BALMUS
NR.37, SC.B, ET.1, AP.5, TIMIȘOARA, TM,
RO;
• BORDIANU COSMIN ȘTEFAN,
STR.SILISTRA NR.25, BL.A72, SC.C, AP.9,
TIMIȘOARA, TM, RO

(54) COMBUSTIBIL SOLID TERNAR CU PUTERE CALORICĂ
PRESCRISĂ, ȘI PROCEDEU DE OBTINERE
A COMBUSTIBILULUI SOLID TERNAR CU PUTERE
CALORICĂ PRESCRISĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un combustibil solid ternar, sub formă de pulbere, care poate fi aglomerat în pelete, brichete sau alte corpuri geometrice, pentru a fi utilizat în domeniul industrial sau casnic, și la un procedeu de obținere a acestuia. Combustibilul conform invenției este constituit din următoarele componente: 40...50% nămoluri biologice stabilizate, provenite din stațiile de epurare a apelor reziduale și/sau de la instalațiile de generare a biogazului din domeniul zootehnic, 25...40% deșeuri vegetale combustibile diverse, ca atare sau în amestec, în funcție de puterea lor calorică, 15...33% cărbune selectat dintre cocs, huiă, antracit sau mangal, ca atare sau în amestec cu sorturi pentru realizarea puterii calorice prescrise, la valoarea de 17140 kJ/Kg sau la orice valoare situată în intervalul 17500...20000 kJ/Kg. Procedeu conform invenției are următoarele faze:

- stabilirea cantității de nămoluri biologice,
- determinarea valorii puterii calorice a nămolului sau a amestecului de nămoluri,
- stabilirea cantității de deșeuri vegetale în funcție de natura acestora,
- determinarea valorii puterii calorice inferioare a deșeurii vegetale sau a amestecului de deșeuri,
- măcinarea și amestecarea deșeurilor în raport cantitativ selectat pentru a se asigura utilizarea unei cantități de nămol biologic cât mai mare, completarea cu deșeuri vegetale uscate până la valoarea capacității de producție a instalației de fabricare a combustibilului, urmată de determinarea puterii calorice a combustibilului primar astfel obținut,
- calcularea necesarului de cărbune sau de amestec de cărbune până la valoarea prescrisă de 20000 kJ/Kg,

g. amestecarea omogenă a pulberii de cărbune cu combustibilul primar,

h. verificarea valorii puterii calorice a combustibilului solid ternar, și corectarea acesteia, dacă este cazul, și compactarea combustibilului solid ternar finit sub forma solicitată de beneficiar, și ambalarea acestuia.

Revendicări: 2
Figuri: 3

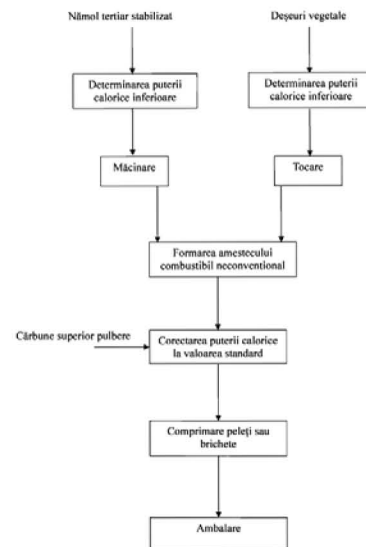


Fig. 3

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI Cerere de brevet de invenție Nr. a 2019 0144 Data depozit ... 04.03.2019

COMBUSTIBIL SOLID TERNAR CU PUTERE CALORICĂ PRESCRISĂ ȘI PROCEDEU DE OBTINERE A COMBUSTIBILULUI TERNAR CU PUTERE CALORICĂ PRESCRISĂ

Notă: Atunci când nu se fac alte precizări, termenul de putere calorică utilizat în documentație se referă strict la noțiunea termotehnică de putere calorică inferioară.

Combustibilii solizi cu utilizare casnică sau industrială cunosc în ultimul timp o diversificare susținută datorită următoarelor cauze [1-4]:

- înapoierea resurselor tradiționale de combustibil solid
- tendința de scumpire
- valorificare superioară a resurselor naturale
- protejarea ariilor împădurite
- reducerea poluării atmosferei cu nanoparticule și gaze responsabile pentru ecranarea atmosferei (efect de seră)

Din acest motiv, valorificarea oricărui materiale care pot înlocui cu succes combustibilii solizi clasici (în principal sorturi de cărbune și varietăți de lemn) sau reduce poluarea reprezintă priorități ale activităților de cercetare în domeniul termotehnic [5].

Prin combustibili solizi se înțeleg acele substanțe care prin oxidare exotermă (sau ardere), pun la dispoziție entalpie de reacție și sunt utilizate prin consens unanim ca surse raționale de căldură. De exemplu un obiect din lemn utilizat în scop de unealtă, poate produce căldură prin ardere, dar nu este combustibil, pentru că nu reprezintă sursă rațională de căldură, cu toate că lemnul brut ca atare este cel mai utilizat mijloc de încălzire. Tot astfel, chihlimbarul și diamantul au proprietatea de a arde, dar nu reprezintă sub nici o formă combustibili [6].

Condițiile generale pe care trebuie să le îndeplinească o substanță pentru a fi considerată combustibil sunt următoarele [5-7]:

- reacție exotermă cu oxigenul,
- viteză de reacție mare
- entalpie de reacție ridicată
- temperatură dezvoltată cât mai mare
- produși ai reacției de ardere cu impact scăzut asupra mediului
- răspândire în natură
- preț scăzut
- puține alte utilizări posibile mai economice

După proveniență, combustibilii se împart în convenționali și neconvenționali [8]. La rândul lor, combustibilii convenționali pot fi naturali sau artificiali:

- combustibili solizi naturali: lemn, cărbune (turbă, lignit, huilă, antracit), șisturi bituminoase, deșeuri de natură agricolă (paie, tulei, coji, etc.);
- combustibili solizi artificiali: mangal, cocs, negru de fum, etc.;

Parametrul caracteristic fiecărui combustibil este puterea calorică. Puterea calorică inferioară reprezintă căldura de reacție pusă în libertate de unitatea de masă de combustibil fără căldura de vaporizare a apei, deoarece aceasta se regăsește în gazele de ardere (apa reprezintă un produs al arderii, în stare de vapori, iar toate produsele arderii sunt obținute în condițiile de temperatură și presiune corespunzătoare desfășurării

arderii) [5,8].

Cererea de brevet de invenție se referă la un combustibil ternar sub formă de pulbere care poate fi aglomerat în pelete, brichete sau alte corpuri geometrice, obținut prin amestecarea a trei componente: 40-50% (în funcție de puterea calorică predeterminată) nămol biologic stabilizat provenit din stații de epurare a apelor reziduale orășenești sau/ și ferme zootehnice), 25-40% deșeuri vegetale diverse (în funcție de puterea calorică predeterminată), respectiv 15-33% sort de cărbune superior, pentru compensarea puterii calorice prescrise de obicei la valoarea de 17.740 kJ/kg, proprie noțiunii termotehnice de "combustibil convențional", sau la orice altă valoare prescrisă a acestui parametru cuprinsă între 17.500 – 20.000 kJ/ kg, în funcție de cerințe [8].

Pe plan intern, preocupări asemănătoare au fost semnalate pentru obținerea unor pelete din biomasă, prin malaxarea unui amestec de negru de fum cu rumeguș și liant pe bază de poliacetat, sau prin amestecarea unui substrat vegetal cu cărbune, utilizând drept liant parafina [9, 10]. Un alt procedeu numit Hornet, după numele inventatorului [11] a făcut obiectul obținerii unor pelete energetice din deșeuri vegetale și a brevetării unui arzător special pentru acestea.

Utilizarea drept combustibil a nămolului de epurare a făcut obiectul altui brevet, în care deșeul este dozat împreună cu cocsul în cuptoarele metalurgice, după ce este bine uscat în prealabil [12].

Pe plan extern, preocupări din același domeniu sunt revendicate într-un patent american ce utilizează pentru peletizare nămol din procesul de fabricație al hârtiei [13].

Alte brevete menționează obținerea unor combustibili energetici din biomasă celulozică (rezultată în general din coajă de copac, spume, sau alte deșeuri cu lignină), în amestec cu cărbune sau turbă, prin comprimare împreună cu diferiți lianți din gama uleiurilor, alcoolilor superiori, sau materialelor termoplastice [14-16].

În sfârșit, un alt brevet are drept obiect obținerea unui combustibil pulverulent, utilizabil mai ales în scop industrial, din nămol zootehnic deshidratat, condiționat cu var și lignosulfonat [17].

Utilizarea combustibilului solid obținut care face obiectul prezentei cereri de brevet de invenție împreună cu procedeu lui de obținere se bucură de următoarele avantaje:

a. prin utilizarea combustibilului revendicat sunt eliminate mari cantități de nămol terțiar stabilizat existente în stațiile de epurare orășenești, sau ferme zootehnice și care se produc în continuare, a căror evacuare necontrolată constituie un factor grav de poluare a mediului înconjurător

b. la producerea combustibilului neconvențional revendicat sunt utilizate în mod judicios cantități importante de deșeuri agricole cu valoare economică scăzută, sau fără valoare economică (buruieni, coji, paie, coceni, tulei, curpeni, precum și alte deșeuri de origine vegetală) a căror debarasare face de obicei obiectul incendierii directe în natură, cu toate consecințele sociale și asupra poluării mediului previzibile și înregistrate mereu

c. cenușile rezultate din arderea controlată a combustibilului ternar revendicat pot fi administrate sub formă de suplimente nitrice cu conținut de potasiu în procesul de fertilizare a solurilor împreună cu uree, azotat de amoniu, sau complexe NPK, respectiv ca atare, după metoda de fertilizare ancestrală [18].

d. gama de combustibili ternari rezultați prin procedeu de obținere revendicat are caracter puțin poluant, în comparație cu combustibilii solizi tradiționali (mai ales cărbuni inferiori, șisturi bituminoase, etc).

e. prin utilizarea combustibilului ternar revendicat se reduce cantitatea de lemn de

foc utilizată de populație în anotimpul rece, cu efect benefic asupra conservării pădurilor și a vegetației forestiere

f. prin brevetarea combustibilului și a procedurii de obținere revendicate pot fi furnizate sectorului energetic cantități importante de combustibil mai ieftin și mai puțin poluant decât cele utilizate în prezent

g. garantarea de către producător a calității combustibilului ternar revendicat la valoarea prescrisă și controlată prin procedura de obținere

Se prezintă în continuare 4 exemple de realizare a cererii de brevet de invenție în legătură cu figurile 1-3 care reprezintă:

- Figura 1 Variația cantității de cenușă rezultate la arderea nămolului în cuptor de cuarț timp de 30 min.

- Figura 2 Variația cantității de cenușă rezultate la arderea nămolului în cuptor de cuarț timp de 5 min.

- Figura 3. Schema procesului tehnologic de obținere a combustibilului ecologic neconvențional din amestecuri de nămol terțiar stabilizat și deșeuri vegetale, cu compensarea puterii calorice la valori standard prin adaos de cărbune cu următoarea compoziție:

- 40-50% nămol biologic stabilizat în stațiile de epurare (sau fermele zootehnice prevăzute cu instalații de producere a biogazului), în conformitate cu puterea calorică a componentei determinate înainte de utilizarea în procesul de fabricație

- 25-40% deșeuri vegetale diverse, în conformitate cu puterea lor calorică determinate anterior introducerii în procesul de fabricație a combustibilului neconvențional

- 15-33% cărbune (din gama cocs, huiă, antracit, sau mangal) pentru realizarea puterii calorice prescrise, de obicei la valoarea de 17.740 kJ/kg (caracteristică a mărimii termotehnice denumite "combustibil convențional") sau la orice valoare situată între 17.500-20.000 kJ/kg

EXEMPLUL 1. Combustia nămolurilor stabilizate de epurare terțiară a apelor reziduale orășenești, sau rezultate în instalațiile de producere a biogazului din fermele zootehnice

Nămolurile provenite din faza de epurare biologică a apelor reziduale orășenești sau din instalațiile de producere a biogazului amplasate în fermele zootehnice de creștere a suinelor, bovinelor, ovinelor, ori păsărilor pot constitui o sursă potențială de combustibil alternativ. Modalitățile de valorificare utilizate până în prezent urmăresc, în general, obținerea energiei prin procedee indirecte, urmată de utilizarea compostului ca îngrășământ agricol. Sistemele de conversie aplicate pe plan național prezintă însă dezavantaje majore din punct de vedere tehnic, economic și de impact asupra mediului înconjurător [9-12].

Totodată, una dintre problemele cele mai serioase cu care se confruntă epurarea apelor reziduale municipale, precum și a celor din zootehnie, sau industria alimentară este aceea a gospodăririi eficiente a nămolurilor rezultate din treapta terțiară sau după generarea biogazului.

Pentru un oraș de mărime medie, cu cca 350.000 locuitori, cantitatea zilnică de nămol rezultată, cu un conținut de apă de 80-85%, este de cca 100-130 t. Separarea apei prin centrifugare înainte, sau/ și după faza de fermentare (în cazul procedurii de obținere

de metan), poate reduce umiditatea nămolului până la cca 35-40%, consumul specific de energie electrică fiind ridicat, indiferent de procedeu.

Luând în discuție tehnologia de fermentare a nămolului în vederea obținerii biogazului, respectiv a stabilizării sale în paturile de uscare se observă, într-o primă instanță, faptul că partea care poate fi convertită în gaz metan și deci exploatabilă din punct de vedere energetic, este cuprinsă între 30%-50% din fracția sa organică totală, dar de obicei se situează în jurul valorii minime.

Date caracteristice unor nămoluri stabile rezultate din producția de biogaz sunt prezentate în tabelul nr. 1. [19]

Dincolo însă de investițiile reclamate de proiectarea, construirea și exploatarea digestoarelor necesare obținerii biogazului precum și a instalațiilor clasice sau a turbinelor cu gaz menite să producă energie prin intermediul acestuia, problema cea mai mare a procedurii, concomitent cu descărcarea în natură a unui reziduu rezonabil din punct de vedere al impactului constă, în principal, în gospodărirea nămolului rezultat în urma fermentării. Momentan, unica destinație teoretic posibilă este utilizarea în agricultură pentru fertilizarea solurilor [20].

Tabelul 1. Conținutul de substanță uscată și carbon organic existent în unele nămoluri

Denumire nămol terțiar fermentat	Conținut de substanță uscată [%]	Conținut de carbon C [%]	Umiditate medie SU [%]	Raport C/SU
Bovine	14,0	7,3	86,0	0,52
Suine	13,5	7,8	86,5	0,58
Cabaline	22,5	13,0	79,5	0,58
Ovine	25,0	16,0	75,0	0,64
Păsări	45,0	27,5	72,5	0,61
Orășenesc	26,5	12,5	73,5	0,47

Această ipoteză exuberantă este total infirmată însă de situația agriculturii din România, caracterizată de proprietăți cu suprafețe medii situate sub 20 ha, ca și de reticența clară a potențialilor beneficiari la utilizarea unui astfel de compost, datorită atât lipsei resuselor materiale necesare transportului și aplicării în câmp, cât mai ales provenienței sale.

În același timp, activitatea societăților de apă-canal nu poate fi grevată de obligativitatea încheierii a mii de contracte cu astfel de beneficiari refractari și nici de cheltuielile generate de transportul în câmp a nămolului fermentat, mai ales dacă varianta de administrare aleasă presupune calea umedă.

În consecință, după centrifugare, nămolul biologic rezultat este haldat în incinta stațiilor de epurare, ridicând peste tot mari probleme prin ocuparea unor suprafețe și îngreunarea accesului la instalații.

Stabilizarea nămolului mai este însă posibilă și pe cale naturală, prin staționarea acestuia mai multă vreme (1-3 ani) în paturile de uscare, pe cale mecanică, sau prin procedee chimice [21].

Pornind de la această constatare, fracția de carbon organic rămasă după stabilizarea nămolului prin generarea biogazului (cca 55-70% din întregul conținut

organic) poate fi exploatată mai eficient prin utilizarea nămolului stabilizat drept combustibil neconvențional, procedeu care conduce concomitent numai la eliminarea unei fracții anorganice sub forma cenușii rezultate la ardere [19].

Sunt prezentate în continuare încercări experimentale dedicate atât caracterizării comportării termotehnice a unui astfel de combustibil, cât și îmbunătățirii calităților sale inițiale.

Descărcarea nămolului din fermentatoarele de biogaz amplasate în fermele zootehnice întâmpină dificultăți similare, chiar dacă aceste capacități agro-zootehnice au în proprietate suprafețe de teren extinse pe care descarcă dejecții stabilizate sau nu prin fermentare.

1.1. Combustia nămolului terțiar de epurare stabilizat

Mai multe probe de nămol terțiar stabilizat provenit din paturile de uscare ale unei instalații de epurare biologică a apelor reziduale municipale au fost supuse încălzirii monoton crescătoare în două variante tehnice, cu scopul stabilirii comportării la ardere.

Tabelul 2. Comportarea nămolului stabilizat din stațiile de epurare a apelor reziduale orășenești în procesul arderii. Umiditate inițială 82% pentru toate probele N1- din 8.09.2013; N2- din 16.09.2013 și N3- din 26.09.2013

Temperatura °C	N 1 Cenușă (%)	N2 Cenușă (%)	N3 Cenușă (%)	Observații
400	9,1	9,3	8	- ardere mocnita (fără flacără) cu degajare de fum - reziduu cenușiu închis (la N2 aproape negru) - nu s-a observat jar
450	8,9	8,6	7,7	- ardere mocnita (fără flacără) cu degajare de fum - reziduu culoarea pamantului uscat (usor cenușiu)
500	8,5	8,3	7,6	- ardere mocnita (fără flacără) cu degajare de fum - reziduu culoarea pamantului uscat (usor cenușiu) - s-a observat jar
550	7,9	7,3	7,5	- ardere cu flacara si degajare de puțin fum - reziduu culoarea pamantului uscat (usor cenușiu) - s-a observat jar
600	7,8	4,3	7,4	- ardere cu flacara - reziduu culoarea pamantului ars (usor brun) - s-a observat jar
650	7,7	4,2	7,4	- ardere cu flacara - reziduu culoarea pamantului ars (usor brun) - s-a observat jar
700	7,6	4,2	7,3	- ardere cu flacara - reziduu culoarea pamantului ars (usor brun) - s-a observat jar

S-a urmărit astfel temperatura de mineralizare totală a nămolului, dat fiind faptul că valoarea conținutului remanent de carbon combustibil este limitată în cenuși, atât din punct de vedere economic, cât și al normativelor de protecție a mediului [1,2,22].

Comportarea probelor în timpul evaluării termotehnice, precum și evoluția mineralizării lor cu creșterea temperaturii sunt prezentate în tabelul 2. Toate încercările

de ardere au fost efectuate în varianta cuptor de calcinare (timp de ardere 30 de minute până la masă constantă), respectiv cuptor cuarț (timp de ardere 5 minute). Nămolul supus inițial procesului de ardere a fost de asemenea uscat la 105°C până la masă constantă [22].

Din cele prezentate rezultă faptul că în intervalul de temperatură 400+500°C nămolul a ars mocnit cu fum și fără flacără; în cazul probelor N1 și N3 s-a degajat mai mult fum decât în cazul probei N2. Arderea nămolului a avut loc cu flacără și fără degajare de fum la toate temperaturile de peste 600 °C.

Variația cantității de cenușă pentru probele studiate este prezentată în figurile 1 și 2, pentru care **CC1** – cuptor calcinare (timp de ardere 30 de minute până la masă constantă), iar **CC2** - cuptor cuarț (timp de ardere 5 minute)

S-a observat că în intervalul de temperatură 600+700 °C variația masei reziduului după ardere (adică a cenușii) pentru cele trei probe de nămol (N1, N2, N3) este mult mai mică decât la celelalte temperaturi, iar culoarea reziduului rămâne constantă;

Diferențele apărute între cantitățile de cenușă la temperaturi cuprinse între 600+700°C ale probelor de nămol N1 și N3 față de proba N2 se pot datora existenței în probele N1 și N3 a unei cantități mai mari de material argilos decât în proba N2. Chiar și vizual s-au constatat diferențe între probele nearse: probele N1 și N3 culoare gri închis spre negru și N2 negru).

1.2. Stabilirea puterilor calorice ale nămolurilor biologice stabilizate prin fermentare anaerobă

Determinarea puterii calorice a probelor de nămol a fost efectuată pe o bombă calorimetrică automată tip **IKC 4000**. În prealabil, probele supuse determinărilor calorimetrice au fost uscate la 105°C până la masă constantă, astfel încât s-a stabilit o valoare medie a conținutului inițial de substanță uscată de 18-23%. Puterile calorice medii puse în evidență la mai multe probe de nămol provenite în perioada 2013-2018 din paturile de uscare ale unei stații de epurare municipale sunt prezentate în tabelul 3 [22-24].

Din datele prezentate în tabel rezultă pe de-o parte că umiditatea remanentă la masă constantă variază ușor în funcție de condițiile atmosferice din perioadele când au fost recoltate probele de nămol stabilizat din paturile de uscare, iar conținutul de sulf s-a situat în toate cazurile sub valoarea de 0,1%, ceea ce demonstrează că nu au fost înregistrate fenomene de degradare fermentativă anaerobă după evacuarea nămolului de la treapta de epurare biologică, sau de la stabilizarea prin generare de biogaz [10].

Diferențele de putere calorică sunt notabile și datorate exclusiv modului de operare a instalației de stabilizare a nămolului prin generarea biogazului. Valorile cele mai ridicate s-au înregistrat în anul 2013, când încă nămolul se stabilizează pe cale naturală, direct în paturile de uscare, iar cea mai scăzută la momentul exploatării coerente a acestei instalații, pentru care o parte din fracția combustibilă se regăsește de fapt în biogazul generat.

Tabelul 3. Puterile calorice medii ale unor probe de nămol stabilizat în paturile de uscare ale unei stații de epurare municipale

Data probei	Umiditate remanentă [%]	Conținut de sulf [%]	Conținut de cenușă [%]	Putere calorică inferioară [kJ/kg]
26.09.2013	4,4	<0,1	49	12.115
16.08.2014	3,8	<0,1	54	10.867
04.09.2015	3,8	<0,1	39	10.202
22.08.2016	4,1	<0,1	34	8.955
21.09.2017	4,0	<0,1	44	8.845
16.08.2018	4,2	<0,1	46	6.701

Este așteptată însă și o variație curentă a fracției organice din nămolul stabilizat în funcție de anotimp, deoarece procesul de fermentare anaerobă cu generare de metan este tributar temperaturii ambiante, încetând total dacă temperatura scade sub 15°C. De asemenea, în anotimpul rece, geneza biometanului mai este influențată și de adaosurile suplimentare de nutrient (NPK, sau/ și uree) în masa de reacție, precum și de amestecarea eficientă a acestora.

Mai mult, însăși stabilizarea nămolului pe cale naturală, în paturile de uscare are loc prin generare de metan și dioxid de carbon, iar puterea calorică a acestuia se modifică și odată cu prelungirea perioadei de stocare.

Puterile calorice ale nămolurilor provenite din fermentatoarele de biogaz ale fermelor de animale sunt comparabile cu cele puse la dispoziție de instalațiile de epurare a apelor reziduale orășenești, dar nu reflectă neapărat potențialul energetic al acestora, ci mai degrabă gradul de recuperare a conținutului de carbon organic sub formă de biometan, adică randamentul instalațiilor respective [20,25].

Prin urmare, se poate trage concluzia că nămolul stabilizat provenit din paturile de uscare ale stațiilor de epurare orășenești, sau din instalațiile de generare a biogazului amplasate în fermele zootehnice reprezintă o resursă energetică demnă de exploatat sub formă de combustibil alternativ.

În cazul utilizării unor amestecuri de nămol stabilizat, puterea lor calorică echivalentă este dată de o relație de forma:

$$\bar{q}_n = \sum (x_i q_i), i = 1, n \quad (1)$$

În care:

\bar{q}_n – puterea calorică medie a amestecului de nămoluri stabilizate [kJ/ kg]

x – fracția procentuală (ponderea) fiecărui nămol din amestec [%]

q – puterea calorică determinată a fiecărui nămol din amestec [kJ/ kg]

Pentru nămolurile rezultate din fermentatoarele capacităților zootehnice, puterile calorice medii sunt prezentate în tabelul 4.

Tabelul 4. Puterile calorice medii ale unor probe de nămol uscat, stabilizat în fermentatoarele de biogaz ale unor ferme de animale

Sursa nămolului	Umiditate remanentă [%]	Conținut de sulf [%]	Conținut de cenușă [%]	Putere calorică inferioară [kJ/kg]
Bovine	6,4	<0,1	19	9.325
Suine	4,3	<0,1	24	8.667
Cabaline	3,9	<0,1	21	9.802
Ovine	4,1	<0,1	14	10.955
Păsări	3,0	<0,1	34	10.845
Orășenesc	4,2	<0,1	46	6.701
Combustibil*	-	-	-	17.740

*Combustibil convențional [8].

Compoziția medie a cenușii rezultate din arderea unor astfel de nămoluri este prezentată în tabelul 5 [14-16].

Tabelul 5. Compoziția medie a cenușii rezultate din combustia nămolului terțiar

Încercare executată	UM	Probă nămol	Probă cenușă	Metodă utilizată
Azot total	mg / kg S.U.	24.733,00	129.583,00	Kjeldahl
Azotați	mg / kg S.U.	22.961,00	129.420,00	Kjeldahl
Azotiți	mg / kg S.U.	21,40	< 0,30	Kjeldahl
Amoniu	mg / kg S.U.	1.751,00	4,97	Kjeldahl
Fosfor total	mg / kg S.U.	< 1,80	< 0,40	UV-VIS
Nichel	mg / kg S.U.	0,06	-	F-AAS
Cadmium	mg / kg S.U.	< 0,25	-	F-AAS
Cobalt	mg / kg S.U.	0,082	-	F-AAS
Crom total	mg / kg S.U.	0,05	-	F-AAS
Cloruri	mg / kg S.U.	< 140,00	-	volumetric
Sulfați	mg / kg S.U.	3.660,00	-	UV-VIS
Potasiu	mg / kg S.U.	7.080,00	25.665,33	F-AAS
pH	unități pH	7,53	6,66	pH-metru

Exemplul 2. Deșuri de natură vegetală convertibile în combustibil alternativ

Materiile de natură vegetală reprezintă prin excelență sursa cea mai veche de combustibil utilizată de comunitatea umană. Prin degradarea oxidativă în prezența aerului a suporului celulozic, acestea pun la dispoziție suficientă energie termică pentru majoritatea activităților de natură casnică, sau lucrativă. În plus, cenușa rezultată din combustia materiilor vegetale nu numai că nu prezintă toxicitate, dar este cunoscută din cele mai vechi timpuri ca un îngrășământ agricol dintre cele mai bune.

Câteva date cu privire la conținutul de carbon organic umiditate și masă uscată ale unor resurse vegetale sunt prezentate în tabelul 6 [19,22,26].

În ceea ce privește amestecurile compozite, formate din două sau mai multe sorturi de reziduuri vegetale, acestea vor avea în mod necesar umiditatea medie de cca 15%, iar conținutul de carbon organic de cca 55%. Aceste valori nu sunt exhaustive deoarece depind în mod determinant de proporția componentelor care pot alcătui amestecurile vegetale respective.

2.1. Deșeurii vegetale valorificabile drept combustibili neconvenționali

Dintre toate deșeurile de natură vegetală cele utilizate în prezent la obținerea de combustibili alternativi prin procedee de aglomerare se rezumă aproape în exclusivitate la rumeguș provenit din lemn de fag, stejar și, mai rar, de esență moale, adică din varietăți de brad sau arbori înrudiți.

Tabelul 6. Caracteristici ale potențialelor materii prime de natură vegetală convertibile în combustibili neconvenționali

Denumirea	Umiditate [%]	Substanță uscată [%]	Carbon [%]	Azot [%]
Iarbă uscată și buruieni	15	85	55	0,60
Paie de grâu	13,5	86,5	46	0,53
Paie de orez	15	85	42	0,63
Paie de ovăz	16	84	42	0,75
Tuleie de porumb	12,5	87,5	40	0,75
Amestec uscat lucernă și trifoi	20	80	48	2,60
Vrejuri de cartofi	22	78	40	1,80
Lujere și teci de soia și fasole	13	87	41	1,30
Coji semințe floarea soarelui	11	89	51	0,88
Coji de nucă	10	90	62	0,44
Coji de alune	13	87	58	0,77
Rumeguș de stejar	19	91	58	0,34
Rumeguș de fag	22	78	55	0,41
Frunze uscate	24	76	44	0,51
Ace de brad uscate	17	83	51	0,72

2.2. Determinarea puterii calorice a unor deșeurii vegetale în scopul valorificării drept combustibili neconvenționali

Determinarea puterii calorice a probelor de masă vegetală uscată a fost efectuată pe bomba calorimetrică automată tip **IKC 4000**. În prealabil, la fel ca în cazul combustiei nămolurilor prezentat, probele supuse determinărilor calorimetrice au fost uscate la 105°C până la masă constantă, astfel încât s-a stabilit o valoare medie a conținutului inițial de substanță uscată de cca 80%. Puterile calorice puse în evidență sunt prezentate în tabelul 7 [22-24].

Tabelul 7. Puterile calorice și puterile calorice relative ale unor resturi vegetale susceptibile de a fi utilizate drept combustibili alternativi

Denumirea	Putere calorică [kJ/ kg]	Putere calorică relativă [kg/kg _{cc}]
Iarbă și buruieni uscate	17.208	0,97
Paie de grâu	19.119	1,08
Paie de orez	11.670	0,66
Paie de ovăz	16.721	0,94
Tuleie de porumb	17.885	1,01
Amestec uscat lucernă și trifoi	16.891	0,95
Vrejurii de cartofi	14.610	0,82
Lujere și teci de soia și fasole	18.232	1,03
Coji semințe floarea soarelui	20.431	1,15
Coji de nucă	22.103	1,25
Coji de alune	19.656	1,11
Rumeguș de stejar	15.233	0,86
Rumeguș de fag	14.788	0,83
Frunze uscate	11.670	0,66
Ace de brad uscate	19.921	1,12
Combustibil convențional (cc)	17.740	1,00

Din datele prezentate mai jos se observă că, aproape fără excepție, resursele vegetale uscate supuse determinărilor de putere calorică prezintă valori superioare celor combustibilului convențional, adică majorității cărbunilor inferiori, întrebunțați pe scară largă în scop energetic (turbă, lignit, cărbune brun, cărbuni necocsificabili).

Constatarea face deosebit de atractivă alternativa exploatării în scop energetic a deșeurilor din această categorie în condiții raționale, organizate, ceea ce poate avea ca urmare și un impact favorabil major asupra poluării aerului, deoarece majoritatea lor sunt distruse în prezent prin incendiere la fața locului, pe tarlalele agricole, sub pretextul eliberării acestora, concomitent cu fertilizarea suprafețelor cu ajutorul azotaților conținuți în cenușile rezultate, sau putrezesc în natură datorită lipsei de interes față de ele.

În condițiile utilizării unor amestecuri formate din mai multe tipuri de resturi vegetale ca sursă de combustibil neconvențional, puterea calorică medie echivalentă este dată de o relație asemănătoare celei definite anterior:

$$\bar{q}_v = \sum (x_j q_j), j = 1, m \quad (2)$$

În care:

\bar{q}_v – puterea calorică medie a amestecului de deșeuri vegetale [kJ/ kg]

x – fracția procentuală (ponderea) fiecărui deșeu vegetal din amestec [%]

q – puterea calorică determinată a fiecărui deșeu vegetal din amestec [kJ/ kg]

Prin urmare, utilizarea oricăror amestecuri de deșeuri vegetale în scopul realizării unor combustibili alternativi are ca urmare satisfacerea concomitentă a necesarului de

combustibil casnic mai ales în zona de câmpie deficitară în astfel de resurse, cât și conservarea fondului forestier național, prin renunțarea cel puțin parțială la exploatarea primitivă a pădurilor în scopul valorificării resurselor ca lemn de foc.

Exemplul 3 Convertirea amestecurilor de nămoluri și deșeurii vegetale în combustibil neconvențional cu putere calorică prescrisă.

Din cele prezentate în cele două exemple anterioare, rezultă că atât nămolurile stabilizate din stațiile de epurare și marile ferme zootehnice dotate cu instalații de procesare a dejecțiilor animaliere sub formă de biogaz, cât și deșeurile vegetale slab exploatate și neexploatate în prezent, de la buruieni uscate, la ace de brad, pot fi convertite prin amestecare în combustibili solizi, majoritatea având o putere calorică comparabilă cu aceea a combustibilului convențional [8].

Compoziția unor astfel de amestecuri este însă susceptibilă de a fi foarte variată, în funcție de accesul la nămoluri, respectiv la sursele de deșeurii vegetale. Astfel, dacă stații de epurare există fără excepție pe lângă fiecare oraș, nămolul care poate fi convertit în combustibil neconvențional are putere calorică variabilă, în funcție de tratamentul de stabilizare aplicat: cel stabilizat prin depunere pe termen lung în paturi de uscare va avea întotdeauna o putere calorică mai mare decât cel stabilizat prin fermentare anaerobă, pentru care o parte din carbonul organic se va regăsi în biogazul generat.

Totodată, accesul la deșeurile vegetale este limitat în funcție de coordonatele geografice ale zonei: la deal și la munte sunt evident mai accesibile deșeurile de natură silvică, sau rezultate din exploatarea primară a lemnului (crăci, crengi, frunze, rumeguș, cetină, ace de brad, etc), în vreme ce la câmpie ele se reduc la buruieni, sau deșeurii vegetale din agricultură (paie, tului și coceni de porumb, teci de fasole și soia, vrejuri de cartofi, etc). Și deșeurile rezultate din industriile de profil tind să urmeze o legătură similară: la deal și munte sunt disponibile cantități de rumeguș, coajă de copac, conuri și ace de brad, ghindă, jir, sau frunze de foioase, iar la șes coji de semințe de floarea soarelui, tărâțe și pleavă de cereale, șroturi, stoloni uscați, etc.

Din acest punct de vedere, în funcție de natura și sursa lor deșeurile vegetale prezintă și ele în mod indubitabil putere calorică variată.

3.1. Puterea calorică a amestecurilor de deșeurii vegetale și nămol stabilizat de epurare terțiară, rezultat din fermentatoarele de producere a biogazului de pe lângă o stație de epurare municipală, respectiv o fermă de creștere a suinelor.

Determinări experimentale au fost efectuate în mod identic celor prezentate în exemplele anterioare, pe bomba calorimetrică automată tip IKC 4000. În prealabil, la probele supuse determinărilor calorimetrice au fost uscate la 105°C până la masă constantă.

Peletele au fost obținute prin comprimare din două părți deșeurii vegetale și șase părți nămol, într-o mașină de granulat tip SY 120. În tabelul de mai jos sunt prezentate comparativ puterile calorice și densitățile unor produse comerciale de profil achiziționate din comerț, cât și a două sorturi de pelete obținute experimental.

Tabelul 8. Valori comparative ale puterilor calorice pentru amestecuri de nămol stabilizat și deșeurii de natură vegetală, respectiv ale unor pelete de rumeguș

comercializate drept combustibili solizi.

Nr. crt.	Denumirea combustibilului	Densitate [kg/ m ³]	Putere calorică inferioară [kJ/ kg]
1.	Pelete rumeguș de fag	583	15.887
2.	Pelete rumeguș de stejar	595	16.541
3.	Ecopelete (amestec de rumegușuri)	590	16.247
4.	Pelete nămol epurare + rumeguș de fag	801	12.858
5.	Pelete nămol suine + paie tocate	737	10.206

Pentru a pune la dispoziție combustibili solizi competitivi cu aceia rezultați direct din procedele de comprimare a rumegușului (pelete, brichete, bucăți, etc) este necesară atât omogenizarea compoziției combustibilului neconvențional, cât și aducerea lui la o valoare a puterii calorice constante, cel puțin egale, sau superioare valorilor peletelor de rumeguș prezentate în tabelul 8.

3.2. Ajustarea puterii calorice a combustibilului alternativ la valoarea acceptată pentru mărimea termotehnică denumită “combustibil convențional”, $q_{cc} = 17.740$ kJ/ kg, sau la altă valoare prescrisă între 17.500-20.000 kJ/ kg

Corectarea puterii calorice inferioare a combustibilului obținut din nămoluri de epurare terțiare în amestec cu deșeuri vegetale la valoarea celei acceptate pentru combustibilul convențional standard ($q = 17.740$ kJ/ kg) sau o altă valoare prescrisă de până la 20.000 kJ/ kg se poate face prin dozarea în amestecul format din cele două componente a unor cantități de cărbune din sorturi superioare puțin poluante, spălate în hidrocicloane, fie prin utilizarea unui singur sort, fie a unui amestec de cărbuni de origine minerală și mangal [8,26-30].

În tabelul 9 sunt prezentate puterile calorice ale unor categorii de cărbune susceptibile de a îmbunătăți performanțele calorice ale combustibilului ecologic alternativ care face obiectul prezentei cereri pentru modelul de utilitate corespunzător.

Calculul puterii calorice inferioare echivalente în cazul utilizării amestecurilor de cărbune se face după relația (3), similară celor prezentate deja pentru amestecurile de nămoluri terțiare stabilizate, respectiv a celor de deșeuri vegetale:

$$\bar{q}_c = \sum (x_k q_k), k = 1, p \quad (3)$$

În care:

\bar{q}_c – puterea calorică medie a amestecului de cărbuni [kJ/ kg]

x – fracția procentuală (ponderea) a fiecărui sort cărbune în amestec [%]

q – puterea calorică determinată a fiecărui cărbune din amestec [kJ/ kg]

Tabelul 9. Valori ale puterii calorice inferioare înregistrate pentru sorturi de cărbune autohtone [6,8,22].

Nr.crt.	Sort cărbune	Zăcământ	Putere calorică inferioară [kJ/ kg]	Echivalent cc [t/ tcc]
1.	Antracit	Schela	33.812	0,52
2.	Antracit	Eibentahl	33.224	0,53
3.	Cocs metalurgic	-	33.505	0,53
4.	Huilă cu flacăra lungă	Anina	32.805	0,54
5.	Huilă hidrocilonat	Petrila	32.604	0,54
6.	Huilă	Petrila	30.857	0,57
7.	Huilă	Petroșani	30.430	0,58
8.	Cărbune brun huiilos	Dalja	29.134	0,61
9.	Cărbune brut mat	Șorecani	28.202	0,63
10.	Cărbune brun lucios	Comănești	28.332	0,63
11.	Mangal de retortă	-	27.621	0,64

Prin urmare, prescrierea puterii calorice la valoarea atribuită noțiunii termotehnice de combustibil convențional se poate face parcurgând următoarele etape:

- stabilirea cantității de nămoluri terțiare de eliminat și natura acestora, ca fiind elementul definitoriu al combustibilului alternativ [kg].
- determinarea valorii puterii calorice inferioare a nămolului, sau amestecului de nămoluri disponibile [kJ/ kg].
- stabilirea cantității de deșeuri vegetale aflate la dispoziție și natura acestora, în funcție de sursa cea mai ieftină [kg]
- determinarea valorii puterii calorice inferioare a deșeurii vegetale, sau amestecului de deșeuri vegetale accesibile la cel mai mic preț al pieței [kJ/ kg].
- măcinarea și amestecarea deșeurilor în raportul cantitativ posibil ținând cont de următoarele priorități:
 - o utilizarea unei cantități de nămol terțiar (exprimat în substanță uscată) cât mai mari, până la acoperirea posibilităților de furnizare ale instalației (instalațiilor) de stabilizare a nămolului terțiar
 - o completarea cu deșeuri vegetale uscate până la valoarea capacității nominale de producție a instalației de fabricare a combustibilului ecologic alternativ
 - o determinarea puterii calorice a combustibilului primar alternativ obținut
- Calcularea necesarului de cărbune (sau amestec de sorturi de cărbune) pentru ajustarea puterii calorice a combustibilului primar alternativ la valoarea teoretică acceptată pentru combustibilul standard ($q_{cc} = 17.740 \text{ kJ/ kg}$), sau la orice altă valoare prescrisă până la limita de 20.000 kJ/ kg [8].
- Amestecarea omogenă a pulberii de cărbune cu combustibilul primar format din nămol stabilizat și deșeuri vegetale.
 - o Verificarea valorii puterii calorice inferioare a combustibilului ecologic alternativ înainte de compactare sub forma comercială

- Ajustarea puterii calorice inferioare a combustibilului, dacă este cazul
- Compactarea combustibilului neconvențional finit sub forma solicitată de beneficiar și ambalarea acestuia.

Astfel, cantitatea de cărbune necesară a fi adăugată amestecului de nămoluri combustibile terțiare stabilizate și masă vegetală care formează combustibilul primar poate fi stabilită pe baza sistemului de ecuații (4):

$$m_n q_n + m_v q_v + x q_c = 17.740 (x + m_n + m_v) \quad (4)$$

în care:

m_n, m_v – masele de nămol terțiar stabilizat, respectiv deșeurii vegetale [kg]

q_n, q_v – puterile calorice ale nămolului stabilizat, respectiv deșeurilor vegetale folosite [kJ/kg].

x – cantitatea de cărbune ce trebuie adăugată amestecului pentru a putea atinge puterea calorică standard [kg]

Schema tehnologică a procedurii de obținere a combustibililor solizi ternari cu putere calorică prescrisă formate din nămoluri terțiare stabilizate provenite de la epurarea apelor reziduale, deșeurii vegetale și adaos de cărbune este prezentată în figura 3.

În tabelul 10 sunt prezentate comparativ puterile calorice ale produselor comerciale de pelete obținute din rumeguș de diferite calități, raportate la combustibilul cu putere calorică standardizată obținut prin procedeul revendicat.

Tabelul 10. Puterile calorice ale peletelor din rumeguș comercializate drept combustibili solizi raportate la puterea calorică prescrisă a peletelor obținute prin procedeul revendicat.

Nr. Crt.	Denumirea combustibilului	Densitate relativă	Putere calorică [kJ/ kg]	Putere calorică echivalentă q/ q_{cc}
1.	Pelete rumeguș de fag	0,73	15.887	0,90
2.	Ecopelete (amestec de rumegușuri)	0,74	16.247	0,92
3.	Pelete rumeguș de stejar	0,74	16.541	0,93
4.	Pelete nămol terțiar suine/paie tocate	0,92	17.740	1,00
5.	Pelete nămol terțiar oraș/rumeguș fag	1,00	17.740	1,00

Exemplul 4. Stabilirea compoziției combustibilului ternar revendicat la puterea calorică prescrisă în funcție de puterile calorice ale nămolului biologic stabilizat, deșeurilor vegetale și cărbunelui utilizate în procesul său de fabricație

4.1. Convertirea unui amestec format din nămol biologic stabilizat cu putere calorică scăzută provenit de la o instalație de biogaz dintr-o fermă de suine și rumeguș de fag, adus la puterea calorică a combustibilului convențional prin adaos de cocs.

S-au determinat experimental următoarele puteri calorice inferioare:

- Nămol stabilizat de la suine $q_n = 8667$ kJ/ kg
- Rumeguș de fag $q_v = 15.887$ kJ/ kg



- Cocs măcinat $q_c = 33.505 \text{ kJ/ kg}$

Cantitatea de nămol terțiar stabilizat preluată de la stația de epurare este de 6550 kg/zi, care se cere transformată integral în combustibil alternativ.

În aceste condiții, utilizând 10.000 kg de rumeguș de fag, cantitatea de mangal care trebuie adăugată la combustibil este dată de (4):

$$6550 \cdot 8667 + 10000 \cdot 15887 + 33505 x = 17740(6550 + 10000 + x) \quad (5)$$

De unde $x = 4930$ kg

În consecință, se va produce cantitatea totală de 21480 kg amestec cu puterea calorică 17.740 kJ/ kg, care va conține 6500 kg nămol terțiar stabilizat, 10000 kg rumeguș de fag și 4930 kg cocs.

4.2. Convertirea unui amestec format din nămol biologic stabilizat cu putere calorică medie provenit de la o stație de epurare a apelor reziduale municipale și coji de semințe de floarea soarelui, adus la puterea calorică a combustibilului convențional prin adaos de mangal de retortă.

S-au determinat experimental următoarele puteri calorice inferioare:

- Nămol orășenesc $q_n = 10202$ kJ/ kg
- Coji de semințe de floarea soarelui $q_v = 20431$ kJ/ kg
- Mangal de retortă $q_c = 27.621$ kJ/ kg

Cantitatea de nămol terțiar stabilizat preluată de la stația de epurare este de 4000 kg/zi, care se cere transformată integral în combustibil alternativ.

În aceste condiții, utilizând 1000 kg coji semințe de floarea soarelui, cantitatea de mangal care trebuie adăugată la combustibil este dată de (6):

$$4000 \cdot 10202 + 1000 \cdot 20431 + 27621 x = 17740(4000 + 1000 + x) \quad (6)$$

Se va produce deci cantitatea totală de 7779 kg amestec cu puterea calorică 17.740 kJ/ kg, care va conține 4000 kg nămol terțiar stabilizat, 1000 kg coji de semințe de floarea soarelui și 2779 kg mangal de retortă.

4.3. Convertirea unui amestec format din nămol biologic stabilizat cu putere calorică ridicată provenit de la o stație de epurare a apelor reziduale municipale și tuleie de porumb tocate, adus la puterea calorică a combustibilului convențional prin adaos de ulei.

S-au determinat experimental următoarele puteri calorice inferioare:

- Nămol orășenesc $q_n = 12115$ kJ/ kg
- Tuleie de porumb tocate $q_v = 17885$ kJ/ kg
- Ulei $q_c = 30.857$ kJ/ kg

Cantitatea de nămol terțiar stabilizat preluată de la stația de epurare este de 3500 kg/zi, care se cere transformată integral în combustibil alternativ. În aceste condiții, utilizând 2500 kg tuleie de porumb tocate, cantitatea de ulei care trebuie adăugată la combustibil este dată de (7):

$$3500 \cdot 12115 + 2500 \cdot 17885 + 30857 x = 17740(3500 + 2500 + x) \quad (7)$$

Se va produce deci cantitatea totală de 7466 kg amestec cu puterea calorică 17.740 kJ/ kg, care va conține 3500 kg nămol terțiar stabilizat, 2500 kg tuleie de porumb tocate și 1466 kg uilă.

4.4. Convertirea unui amestec format din nămol biologic stabilizat cu putere calorică ridicată provenit de la o stație de epurare a apelor reziduale municipale și coji de nuci, adus la puterea calorică prescrisă de 20000 kJ/ kg prin adaos uilă hidrociclonat.

S-au determinat experimental următoarele puteri calorice inferioare:

- Nămol orășenesc $q_n = 12115$ kJ/ kg
- Coji de nuci $q_v = 22103$ kJ/ kg
- Uilă hidrociclonat $q_c = 32.602$ kJ/ kg

Cantitatea de nămol terțiar stabilizat preluată de la stația de epurare este de 2500 kg/ zi, care se cere transformată integral în combustibil alternativ. În aceste condiții, utilizând 3000 kg coji de nuci tocate, cantitatea de uilă hidrociclonat care trebuie adăugată la combustibil este dată de (8):

$$2500 \cdot 12115 + 3000 \cdot 22103 + 32602 x = 20000(2500 + 3000 + x) \quad (8)$$

Se va produce deci cantitatea totală de 6563 kg amestec cu puterea calorică 20000 kJ/ kg, care va conține 2500 kg nămol terțiar stabilizat, 3000 kg tuleie de porumb tocate și 1063 kg uilă hidrociclonat.

BIBLIOGRAFIE

- 1 * * * Decizia 2006/944/CE a Comisiei din 14 decembrie 2006 de stabilire a nivelurilor de emisii respective alocate Comunității Europene și fiecărui stat membru în temeiul Protocolului de la Kyoto, conform Deciziei 2002/358/CE.
- 2 * * * Decizia 2010/778/UE a Comisiei din 15 decembrie 2010.
- 3 * * * UN Convention on Framework Convention on Climate Change, Doha, 2012.
- 4 Strâmbeanu, N., ș.a., Nanoparticles premises and risks, part I (cap 1-4), Springer Cham. Heidelberg, New York, Dordrecht, London, 2014.
- 5 Popa, B., ș.a., Manualul Inginerului Termotehnician, vol I – III, Ed. Tehnică, București, 1986.
- 6 Danescu, A., ș.a., Termotehnică și mașini termice, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1985.
- 7 Nenițescu, C.D., Chimie generală, E. Didactică și Pegaogică, București, 1979.
- 8 Tănăsescu, F.T., ș.a., Agenda tehnică, Editura tehnică, București, 1990.
- 9 * * * Brevet RO 127832B1 din 2013
- 10 * * * Brevet RO 00750 din 2009
- 11 * * * Brevet RO 128229 din 2013
- 12 * * * Brevet 129647 B1 din 2014
- 13 * * * US Patent EP681603 B1 din 1993
- 14 * * * US Patent 4529407 A din 1983
- 15 * * * US Patent 7241321 din 2007
- 16 * * * US Patent 5980595 din 1998
- 17 * * * US Patent 6001143 din 1997
- 18 Holzer, S., Permacultura – Sfaturi practice pentru grădină, livadă și agricultură, Ed. DAAC Hermes Chișinău, 2014
- 19 Teodor, V., Nicolici, V., Integrarea fermentației anaerobe și captarea metanului în managementul dejecțiilor într-o fermă de vaci cu lapte, Institutul de Biotehnologii Aplicate (IBA), Timișoara, 2009.
- 20 Frederiksen, H., ș.a., Sisteme pentru depozitarea dejecțiilor – Standarde de fermă, Danish Agricultural Advisory Service, Aarhus, iunie 2010.
- 21 Pietrăreanu, I.G., ș.a., Epurarea convențională și avansată a apelor reziduale, Ed. Matrix Rom, București, 2017.
- 22 Strâmbeanu, N., ș.a., Studii privind obținerea combustibililor neconvenționali din nămoluri provenite de la epurarea terțiară unor ape reziduale, International Symposium the Environment and Industry, ECOIND Bucarest, 28-30 oct. 2013.
- 23 Fytli, D., ș.a., Utilization of sewage sludge in EU application of old and new methods—A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 12, Issue 1, January 2008, Pages 116-140, ISSN 1364-0321.
- 24 Appels, L., ș.a., Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge, Progress in Energy and Combustion Science, Volume 34, Issue 6, December 2008, Pages 755-781, ISSN 0360-1285.
- 25 Werther, J., ș.a., Sewage sludge combustion, Progress in Energy and Combustion Science, Volume 25, Issue 1, February 1999, Pages 55-116, ISSN 0360-1285.
- 26 Strâmbeanu, N., ș.a., A Study on Obtaining Non-conventional Fuels from Municipal Wastewater Treatment Sludge, Hong-Kong Global Exhibition Congress, Hong-Kong, 2018.

- 27 Furness, D. T., ş.a., Thermochemical Treatment of Sewage Sludge. *Water and Environment Journal*, 14: 57–65, 2000.
- 28 M.Belén Folgueras, R María Díaz, Jorge Xiberta, Sulphur retention during co-combustion of coal and sewage sludge, *Fuel*, Volume 83, Issue 10, 1315-1322, ISSN 0016-2361, 2004.
- 29 M. Otero, L.F. Calvo, M.V. Gil, A.I. García, A. Morán, Co-combustion of different sewage sludge and coal: A non-isothermal thermogravimetric kinetic analysis, *Bioresource Technology*, Volume 99, Issue 14, September 2008, Pages 6311-6319, ISSN 0960-8524
- 30 M.Belén, ş.a., Thermogravimetric analysis of the co-combustion of coal and sewage sludge, *Fuel*, Volume 82, Issues 15–17, October–December 2003, Pages 2051-2055, ISSN 0016-2361

Revendicări

1. Combustibil solid ternar pulbere care poate fi aglomerat sub formă de pelete, brichete sau alte corpuri geometrice, **caracterizat prin aceea că** este format, din nămoluri biologice stabilizate provenite din stațiile de epurare a apelor reziduale orășenești, și/sau de la instalațiile de generare a biogazului din sectorul zootehnic, ca atare sau în amestec, din deșeuri vegetale combustibile de orice natură, și adaos de cărbune superior, sau amestec de cărbuni superiori fin divizat pentru a compensa puterea calorică la valoarea de 17.740 kJ/ kg caracteristică mărimii termotehnice denumite combustibil convențional, sau la orice altă valoare prescrisă de până la 20.000 kJ/ kg, care cuprinde:

- 40...50% nămol biologic stabilizat în stațiile de epurare (sau fermele zootehnice prevăzute cu instalații de producere a biogazului), ca atare sau în amestec de nămoluri, în conformitate cu puterea calorică a componentei determinate înainte de utilizarea în procesul de fabricație

- 25...40% deșeuri vegetale diverse, ca atare sau în amestec, în conformitate cu puterea lor calorică determinată anterior introducerii în procesul de fabricație a combustibilului solid

- 15...33% cărbune selectat dintre coals, huiță, antracit, sau mangal, ca atare sau în amestec de sorturi pentru realizarea puterii calorice prescrise, la valoarea de 17.740 kJ/ kg sau la orice valoare situată între 17.500...20.000 kJ/ kg

2. Procedeu de obținere a combustibilului solid ternar conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** cuprinde următoarele faze:

- a. stabilirea cantității de nămoluri biologice în funcție de natura acestora;
- b. determinarea valorii puterii calorice a nămolului, sau amestecului de nămoluri disponibile;
- c. stabilirea cantității de deșeuri vegetale în funcție de natura acestora și disponibilitate;
- d. determinarea valorii puterii calorice inferioare a deșeurii vegetale, sau amestecului de deșeuri vegetale accesibile;
- e. măcinarea și amestecarea deșeurilor în raportul cantitativ selectat pentru a se asigura:
 - i. utilizarea unei cantități de nămol biologic stabilizat cât mai mare în limitele specificate
 - ii. completarea cu deșeuri vegetale uscate până la valoarea capacității nominale de producție a instalației de fabricare a combustibilului
 - iii. determinarea puterii calorice a combustibilului primar astfel obținut
- f. calcularea necesarului de cărbune, sau amestecului de sorturi de cărbune, pentru aducerea puterii calorice a combustibilului primar alternativ la valoarea teoretică acceptată pentru combustibilul standard, $q_{cc} = 17.740$ kJ/ kg, sau la orice altă valoare prescrisă până la limita de 20.000 kJ/ kg;
- g. amestecarea omogenă a pulberii de cărbune cu combustibilul primar;

- h. verificarea valorii puterii calorice a combustibilului solid ternar;
- i. corectarea puterii calorice a combustibilului, dacă este cazul;
- j. compactarea combustibilului ternar solid finit sub forma solicitată de beneficiar și ambalarea acestuia.

NOTĂ Termenul de **putere calorică** utilizat în prezentul document se referă strict la noțiunea termotehnică de **putere calorică inferioară**.

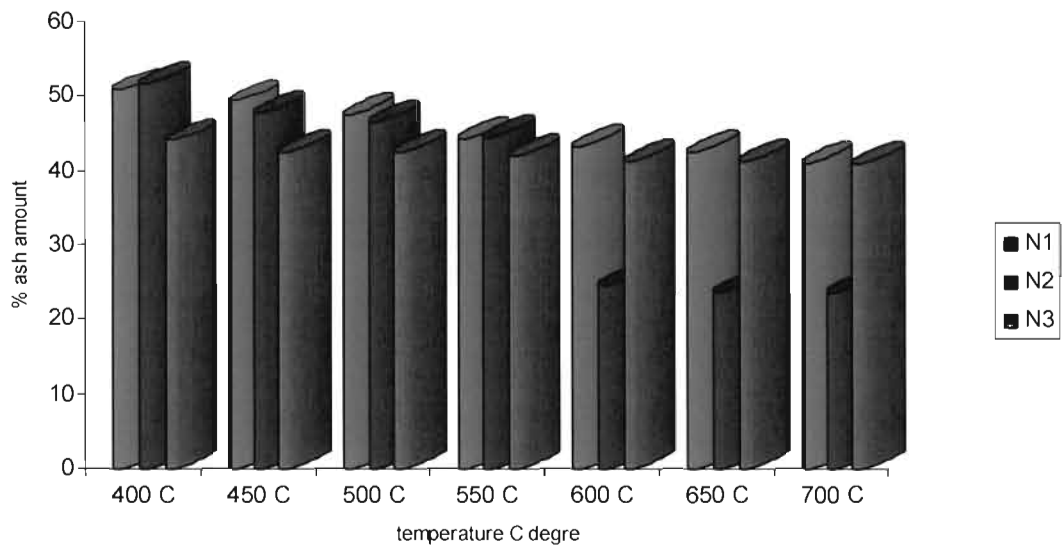


Fig. 1 Variația cantității de cenușă rezultate la arderea nămolului în cuptor de cuarț timp de 30 min [11].

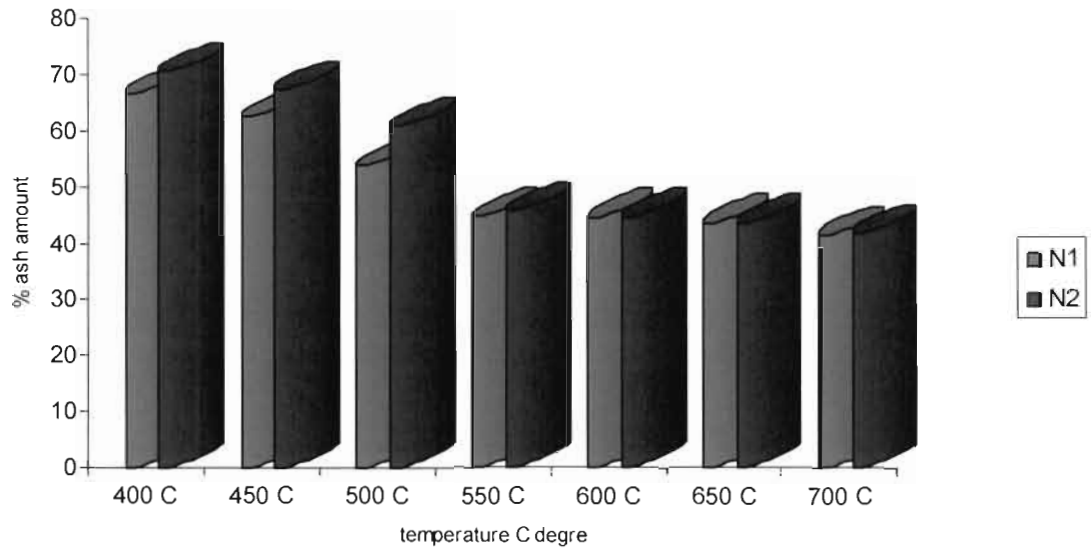


Fig. 2 Variația cantității de cenușă rezultate la arderea nămolului în cuptor de cuarț timp de 5 min [11].

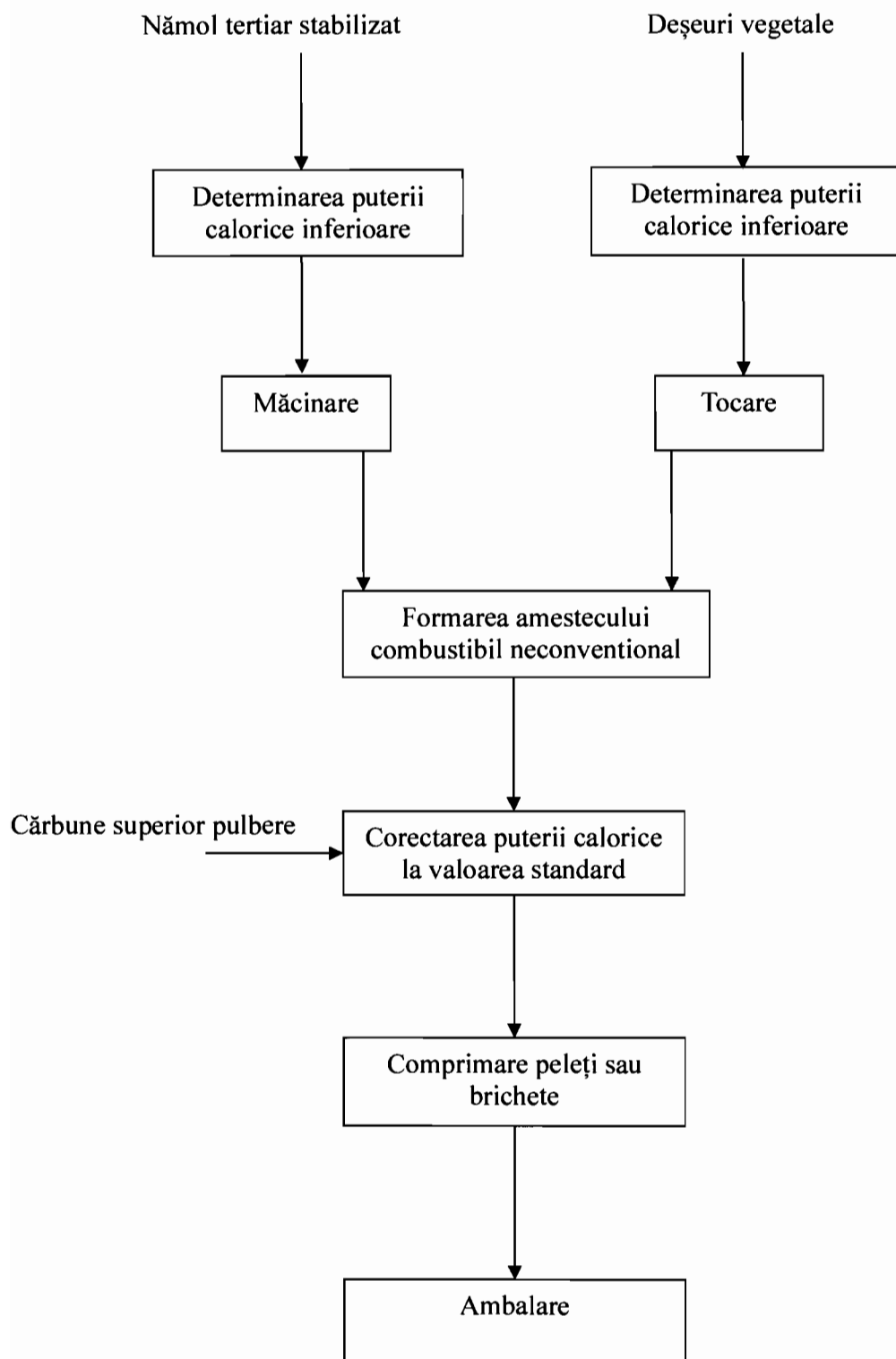


Figura 3. Schema tehnologică a procedurii de fabricare a combustibilului ternar, compensat prin adaos de cărbune la puteri calorice prescrise, cuprinse între 17.740 - 20.000 kJ/ kg.