

**CERCETĂRI PRIVIND DEZVOLTAREA UNEI TEHNOLOGII INOVATIVE PENTRU  
OBTINEREA BIOCOMBUSTIBILILOR AVANSAȚI DIN BIORESURSE NON-ALIMENTARE**

<b>Program /Contract</b>	<b>NUCLEU</b>
<b>Nr. și data contract</b>	8 N / 09.03.2016 / Act.Adit.4 / 2017/ Act.Adit.5 / 2017
<b>Cod Proiect:</b>	PN 16 24 04 04
<b>Bugetul proiectului</b>	530.000 lei
<b>Denumirea programului NUCLEU/acronim</b>	CERCETARI PRIVIND FUNDAMENTAREA TEHNICO-STIINTIFICA, REALIZAREA DE TEHNOLOGII INOVATIVE SI ECHIPAMENTE TEHNICE INTELIGENTE DESTINATE AGRICULTURII, SILVICULTURII SI INDUSTRIEI ALIMENTARE/TIASIA
<b>Denumirea obiectivului</b>	O4 - TEHNOLOGII, ECHIPAMENTE SI SOLUTII INOVATIVE PENTRU PRODUCEREA DE ENERGIE ALTERNATIVA, PROTECTIA MEDIULUI
<b>Denumire proiect</b>	Cercetări privind dezvoltarea unei tehnologii inovative pentru obținerea biocombustibililor avansați din bioresurse non – alimentare.
<b>Obiectivul proiectului</b>	<u>Obiectivul principal</u> al proiectului este cercetarea unei tehnologii inovative de obținere a biomasei algale ca sursa de materie primă non-alimentară pentru obținerea biocombustibililor alternativi. <u>Obiectivul specific</u> este realizarea unui model funcțional de instalație destinat cultivării algelor în condiții de laborator, pentru studierea modului de dezvoltare a culturilor de alge în condiții diferite de creștere determinate de mediul nutritiv, regimul de iluminare, modul de agitare, temperatura mediului ambiant etc.
<b>Fazele de execuție ale proiectului</b>	Faza 1: Studiu prospectiv privind tehnologia de obținere a biocombustibililor avansați din resurse non-alimentare Faza 2: Documentație de execuție MF instalație de obținere biocombustibili avansați Faza 3: Realizarea MF Faza 4: Experimentarea tehnologiei și definitivare constructivă. Demonstrarea privind utilitatea și funcționalitatea tehnologiei propuse Faza 5: Definitivare proiect tehnic de execuție. Diseminarea pe scara larga a rezultatelor
<b>Rezultate preconizate</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Studiu prospectiv</li> <li>▪ Plan tehnic</li> <li>▪ Model funcțional</li> <li>▪ Metodologie de încercări</li> <li>▪ Raport de experimentare instalație de cultivare alge</li> <li>▪ Cerere brevet de invenție</li> <li>▪ Produs omologat</li> <li>▪ Raport de demonstrare</li> <li>▪ Documentație de execuție definitivată</li> <li>▪ Articole (BDI+ISI)</li> <li>▪ Comunicări științifice</li> <li>▪ Poster</li> <li>▪ Fișă tehnică, Pliant, CD, Film,</li> <li>▪ Pagină Web</li> </ul>

## REZUMATUL PROIECTULUI:

Biocombustibilii au intrat în atenția lumii științifice odată cu creșterea prețului petrolului, a apariției necesității asigurării securității energetice și a îngrijorărilor provocate de schimbările climatice.

Așa cum s-a remarcat în legislația europeană și națională privind îmbunătățirea calității mediului și în literatura de specialitate, se dorește limitarea cantității de combustibil din recolte și orientarea către biocombustibili proveniți din surse nealimentare, cum ar fi deșeurile și **algele**.

Una dintre direcțiile actuale ale cercetărilor științifice de ordin biologic cu caracter practic este cultivarea algelor pentru obținerea biomasei algale, considerată materie primă importantă pentru obținere de combustibili alternativi (biogaz, biodiesel, biobutanol, etanol etc.). Necesitatea cultivării algelor este argumentată de avantajele oferite și de rezultatele foarte bune obținute la aplicarea biomasei algale în numeroase domenii. Un alt avantaj al culturilor de alge îl reprezintă cantitatea imensă de dioxid de carbon pe care acestea o pot capta din atmosferă.

### 1. Rezumatul fazei I

Elaborarea *studiului prospectiv privind tehnologia de obținere a biocombustibililor avansați din resurse non-alimentare* a avut la bază prelucrarea unor date acumulate în timp de specialiștii INMA București în cadrul activității de cercetare-dezvoltare, încercare și testare de echipamente tehnice din ultimii ani precum și studierea literaturii de specialitate și a reglementărilor naționale și internaționale în vigoare.

*Studiul prospectiv* în capitolele sale a analizat și a prezentat aspecte privitoare la:

- politica națională și internațională privind îmbunătățirea calității mediului;
- biomasa ca sursă pentru combustibili alternativi;
- algele ca bioresurse non-alimentare pentru obținerea biocarburanților;
- tehnologiile de cultivare a algelor în condiții de laborator și cultivarea industrială a acestora (în sistem deschis și în sistem închis);
- biotehnologiile de obținere a combustibililor alternativi din alge marine.

O soluție pentru îmbunătățirea calității mediului este reprezentată de utilizarea energiei alternative. În prezent se dorește limitarea cantității de combustibil din recolte și orientarea către biocombustibili proveniți din surse nealimentare, cum ar fi *deșeurile și algele*.

Combustibilul algal sub formă de biodiesel și bioetanol este un tip de combustibil regenerabil ce constă în folosirea biomasei algale ca sursă de energie.

Conform criteriului cantitativ, biomasa algală constituie circa 20% din producția mondială a acvaculturii. Necesitatea cultivării algelor este argumentată de avantajele oferite și de rezultatele foarte bune obținute la aplicarea biomasei algale în vaste domenii. O direcție strategică a cultivării algelor, care în ultima perioadă a căpătat răspândire mondială, este bazată pe obținerea biodieselului din biomasa algală.

Tehnica de cultivare a algelor este un proces complicat și diferă în anumite etape de la o specie la alta, dar s-au evidențiat ca etape de bază (comune) cele specificate în figura 1.

Cea mai mare dificultate în cultivarea algelor este obținerea în cultură a unei specii.

De menționat că fiecare etapă de cultivare a algelor, indicată în figura 1, se realizează după metode și procedee specifice, iar pentru obținerea biomasei algale trebuie respectate cu strictețe condițiile de cultivare. După colectarea probelor de alge din natură urmează etape de lucru pentru realizarea culturilor de laborator, după cum urmează: culturi brute-dense; culturi monoalgale; culturi pure ("axenice"), lipsite de bacterii, ciuperci sau protozoare și culturi intensive.

Tehnologiile de cultivare a algelor reprezintă ansamblul de procese, metode și tehnici ce trebuie aplicate și respectate pentru obținerea biomasei algale.

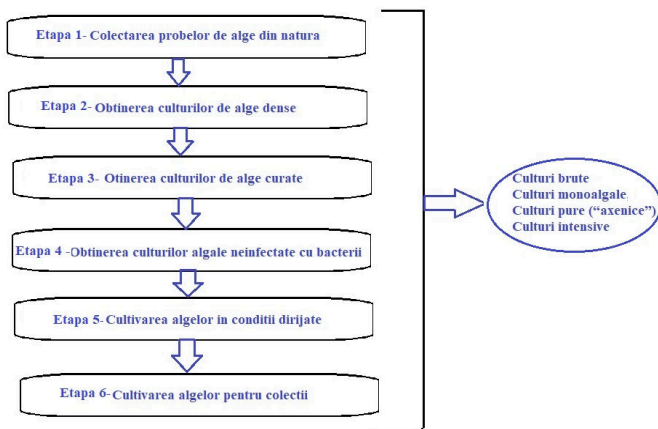


Fig.1. Etapele de bază ale cultivării algelor

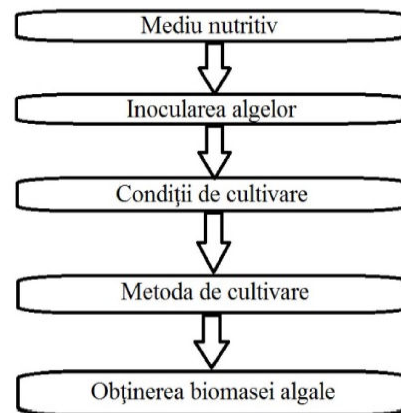


Fig.2. Schema tehnologică de cultivare a algelor obținute în monocultură [1]

Tehnologiile de cultivare a algelor obținute în monocultură includ cinci etape distinctive care prevăd selectarea și prepararea mediilor nutritive, pregătirea și inocularea algelor, identificarea și respectarea condițiilor de cultivare urmată de selectarea și aplicarea metodei corespunzătoare de cultivare pentru obținerea biomasei algale utilizate în vaste domenii (Fig. 2). Rezultatul final ce reflectă eficacitatea, importanța și necesitatea tehnologiei este biomasa algală cu întrebuințări în diverse domenii precum: protecția mediului, biotehnologie, medicină, agricultură etc.

Cultivarea microalgelor la scară industrială se realizează în mai multe sisteme, așa cum sunt prezentate în schema din figura 3:

- sistem deschis (ferme de lacuri);
- sistem închis (fotobioreactoare tubulare, plate, în pungă, saci de plastic);
- sisteme hibrid.

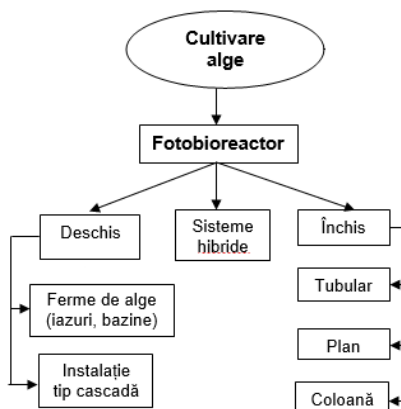


Fig. 3. Reprezentarea schematică a sistemelor de cultivare a algelor

Instalațiile de cultivare alge, deschise sau închise, sunt alcătuite în principal din: bioreactor, surse de energie, sisteme de hrănire, sisteme de agitare, sisteme de iluminare, sisteme pentru recoltare, sisteme de automatizare și control a proceselor de lucru etc.

- **Cultivarea algelor în sisteme deschise** este recomandată în special în zonele cu climat cald.

Deoarece, sistemele deschise sunt supuse riscului de a fi contaminate cu bacterii, biomasa este destinată în principal obținerii de biocombustibili.

O companie de energie din Arizona, PetroSun Biocombustibili a deschis o ferma agricola de alge pentru biocombustibili, pe coasta Golfului Texas lângă Harlington Harlingen, Texas (Fig.4). Ferma are 1100 hectare de iazuri de apă sărată, de 20 de acri fiecare, care sunt dedicate cercetării și dezvoltării unui nou tip de biocombustibil.



Fig. 4. Ferma agricolă de alge pentru biocombustibili ([www.petrosuninc.com](http://www.petrosuninc.com))

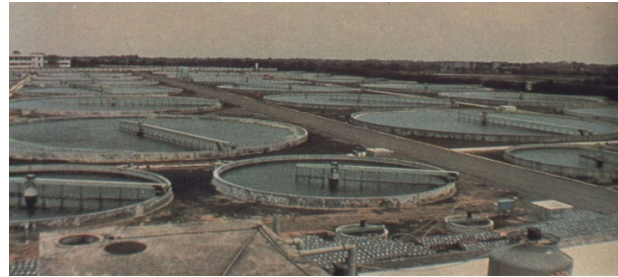


Fig. 5. Instalații de cultivare industrială a microalgelor (din Hills, 1981)

- **Cultivarea industrială a algelor în sistem închis**

Bioreactoarele închise se construiesc în plan vertical sau orizontal, iar algele se dezvoltă în recipiente tip saci, pungă, tuburi, coloane, construcții plane etc. (Fig.6, Fig.7)



Fig.6. Cultivarea microalgelor în saci [2]

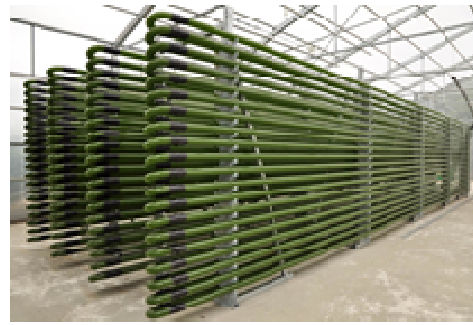


Fig.7. Fotobioreactor PBR 4000 G IGV Biotech [3]

Cultivarea algelor în bioreactoare închise face ca procesul să poată fi reprodus oriunde pe pământ, inclusiv în zone neproductive precum zonele deșertice.

- **Tehnologii de obținere a biocombustibililor din alge**

Implementarea și dezvoltarea la scară a tehnologiilor pentru producția de energie, este în prezent o provocare pentru oamenii de știință și o prioritate pentru operatorii de sisteme energetice. Biomasa de diferite origini, proprietăți și transformabilitate energetică, se crede a fi una dintre principalele surse de energie regenerabile.

Având în vedere nevoia de surse alternative de biomasă în scopuri energetice, care ar fi atât economice, cât și prietenoase cu mediul și cunoscând rata rapidă de creștere a biomasei algale, rezistența la diferite tipuri de contaminări și posibilitatea de gestionare a terenurilor care nu pot fi folosite în alte scopuri, algele ar putea înlocui culturile tipice energetice.

Tehnologiile pentru obținerea biocombustibililor avansați din bioresurse non-alimentare, sunt constituite din mai multe procese tehnologice realizate cu instalații și echipamente tehnice speciale, figura 8.

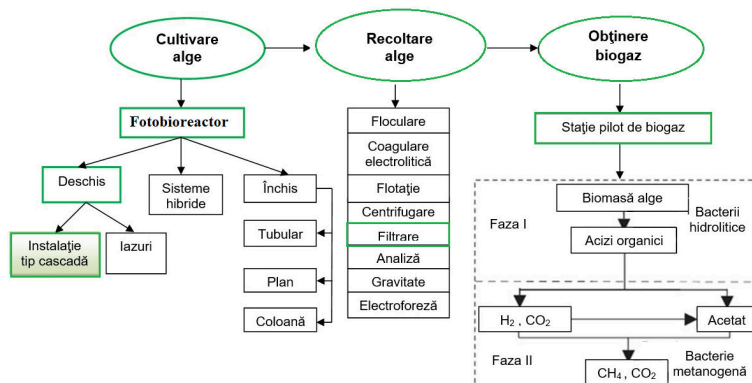


Fig.8. Reprezentarea schematică a tehnologiei pentru obținerea biogazului din bioresurse non-alimentare (alge)

În cadrul tehnologiei pentru obținerea biogazului din biomasa algală se propune utilizarea stației pilot de obținere a biogazului realizată de INMA București.



**Fig. 9. Modelul experimental de instalație modulară pentru obținerea de bioenergie prin metanogeneză avansată uscată și umedă – MGA (INMA București)**

Instalația modulară pentru obținere de bioenergie prin metanogeneză avansată uscată și umedă – MGA, figura 9, este formată dintr-un container modular în care sunt introduse două digestoare, unul pentru digestie uscată și unul pentru digestie umedă, sistem de monitorizare și control activ al procesului de metanogeneză, sistem de încălzire a celor două digestoare prin intermediul unui boiler electric de minim 80 l și panouri fotovoltaice, sistem de corecție pH, sistem de acumulare a biogazului.

- **Pe baza studiului prospectiv asupra** tehnologiilor de obținere a biocombustibililor avansați din resurse non-alimentare se propune realizarea unei *instalații pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă, (model funcțional)* destinată pentru cultivarea algelor în condiții de laborator, cu scopul cercetării modului de dezvoltare a culturii de alge în condiții diferite de creștere (mediul nutritiv, regim de iluminare, mod de agitare, temperatura mediului ambiant), în cadrul unei tehnologii inovative pentru cultivarea algelor în sistem deschis pentru obținerea de biomasă algală.

- **Bibliografie**

[1]. S. Dobrojan, V. Șalaru, V. Șalaru, V. Melnic, G. Dobrojan, 2016, *CULTIVAREA ALGELOR*, Monografie, Universitatea de Stat din Moldova, Laboratorul de Cercetări Științifice „Algologie”, Chisinau, ISBN 978-9975-71-736-6

[2] <http://inimafericita.ro/tag/cultivarea-algelor-pentru-combustibil/>

[3] <http://e4sv.org/10-surprising-renewable-off-grid-energy-sourceseccentric-energy-off-grid-communities/photobioreactor-pbr-4000-g-igv-biotech>

## 2. Rezumatul fazei 2

Obiectivul *fazei nr.2/2017* a constat în elaborarea documentației de execuție MF, pentru o instalație de obținere a biogazului din resurse non-agricole (în cazul proiectului din alge), în vederea implementării tehnologiei inovative pentru obținerea biocombustibililor avansați din bioresurse non-alimentare, aplicând soluțiile tehnice și respectând caracteristicile tehnico - funcționale stabilite în cadrul studiului prospectiv întocmit în faza precedentă.

- *Tehnologia inovativă pentru obținerea biocombustibililor avansați din bioresurse non-alimentare* propusă pentru cercetare (Fig. , cuprinde următoarele activități realizate cu echipamente tehnice speciale:

- a. Cultivarea algelor* – realizată cu „*Instalația pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă*”;

- b. Recoltarea algelor* – prin filtrare sau centrifugare;

- c. Obținerea biogazului* –cu stația pilot de biogaz prin metanogeneză avansată uscată și umedă – MGA (instalație în dotarea INMA).

Principalele etape pentru obținerea biogazului din biomasa algală se realizează utilizând „Instalația de obținere a biogazului din resurse non-agricole”, alcătuită în principal din următoarele componente:

- Instalația pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă-proiectată în cadrul fazei;
- Stația pilot de biogaz prin metanogeneză avansată uscată și umedă – MGA-care se află în dotarea INMA și va fi utilizată ca atare.

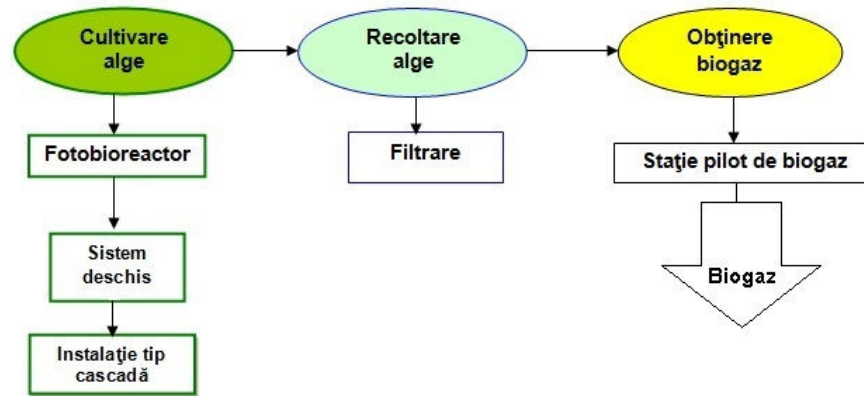


Fig. 10. Schema tehnologiei elaborată în cadrul proiectului

Modelul funcțional – „Instalație pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă,” simbolizată ICA-0 - a cărei documentație a fost elaborată în cadrul proiectului este construit din componentele prezentate în figura 11

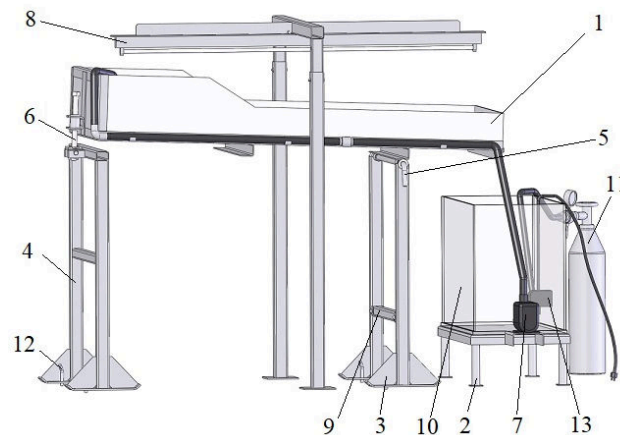


Fig.11. Reprezentarea 3D a instalației pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă

1. compartiment cascadă as.;
2. suport compartiment colector;
3. picior cadru ;
4. suport compartiment as.;
5. bolț 16 as.;
6. șurub de reglaj;
7. sistem de recirculare;
8. sistem de iluminare;
9. bara de fixare;
10. compartiment colector;
11. sistem de alimentare CO<sub>2</sub> AAA + controlor PH;
12. bolt ancorare;
13. agitator

La elaborarea proiectului de execuție s-a avut în vedere respectarea prevederilor legale prevăzute în normele tehnice de securitate a muncii.

- **Infrastructura utilizată:**

Pentru activitatea de elaborare a documentației de execuție pentru modelul funcțional instalație de cultivare a algelor s-au utilizat echipamentele de cercetare din infrastructura proprie a INMA-conform platformei <https://erris.gov.ro>:

3 Sistemul de proiectare, execuție și optimizare echipamente tehnice și tehnologii <https://erris.gov.ro/6SYSTEM-OF-DESIGNING-EXECUTI>.



-evidența derogărilor acordate și transmise proiectantului spre avizare;  
-urmărirea aprovizionării cu materii prime și materiale conform proiectului;  
-verificarea componentelor procurate de la fabricanții specializați din punct de vedere al codului, caracteristicilor dimensionale, funcționale, cote de legătură.

-s-a urmărit respectarea documentației tehnice de execuție; au fost verificate reperatele executate privind respectarea materialelor, a condițiilor tehnice indicate în documentații precum și modul de realizare a montajului.

-s-a urmărit execuția corespunzătoare a reperelor cu ajutorul pregătirii de fabricație, a mașinilor unelte corespunzătoare, cu scule și dispozitive adecvate.

- **Infrastructura utilizată:**

Pentru execuția modelului funcțional s-au utilizat echipamentele de cercetare din infrastructura proprie a INMA-conform platformei <https://erris.gov.ro>:

3 Sistemul de proiectare, execuție și optimizare echipamente tehnice și tehnologii <https://erris.gov.ro/6SYSTEM-OF-DESIGNING-EXECUTI>.

#### 4. Rezumatul fazei 4

Obiectivul *fazei nr.4/2017* a constat în experimentarea tehnologiei de cultivare a algelor cu modelul funcțional „Instalație pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă”, definitivarea constructivă, și realizarea de demonstrații privind utilitatea și funcționalitatea tehnologiei propuse.

Pentru atingerea obiectivului acestei faze au fost preconizate următoarele rezultate:

- a) Metodologie de încercări;
- b) Raport de experimentare instalație de cultivare alge;
- c) Raport de demonstrare.
- d) Produs omologat;
- e) Cerere brevet de invenție

- **Metodologie de încercări**

Metodologia de încercări stabilește în principal programul de încercări și metodele de lucru care se vor aplica la experimentarea, în condiții de laborator, a instalației pentru cultivarea algelor, simbolizată - ICA.

Lucrarea conține o prezentare a modelului funcțional de instalație pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă, simbolizată ICA, ce urmează a fi încercat, o listă cu documentele de referință care au fost luate în considerare pentru asigurarea securității instalației prin aprecierea și reducerea riscului; recomandări pentru condițiile de încercare a instalației.

În metodologie mai sunt specificate:

- principalele aparate și dispozitive de măsurare necesare pentru realizarea măsurărilor;
- modul de realizarea a expertizei tehnice inițiale;
- regimul de funcționare a instalației;
- modul de asigurarea a mediului nutritiv de cultivare a algelor
- programul de experimentări și de măsurare a parametrilor mediului ambiant; a culturii de alge;
- fișele de măsurători pentru înregistrarea valorilor obținute

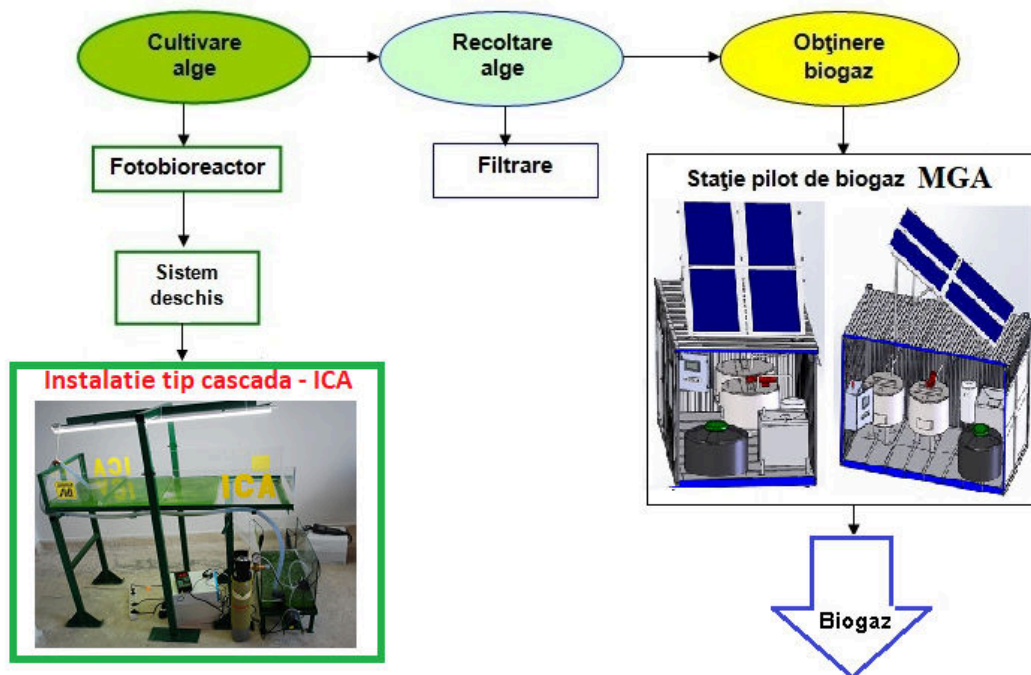
- **Experimentarea tehnologiei și definitivarea constructivă a instalației propuse**

Locul de desfășurare a experimentărilor: Laboratoarele INMA București

Perioada de încercări: 09.10.2017 – 14.11.2017

Tehnologia propusă pentru obținerea biogazului din biomasa algală, o bioresursă non-alimentară, constă în următoarele procese tehnologice principale (Fig. 13):

- a. cultivarea algelor - folosind modelul funcțional „Instalație pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă”(ICA) – instalație realizată și experimentată în cadrul proiectului;
- b. recoltarea biomasei algale - prin filtrare;
- c. obținerea biogazului - folosind *Instalația modulară pentru obținerea de bioenergie prin metanogeneză avansată uscată și umedă – MGA*, din dotarea INMA.



**Fig. 13. Schema tehnologiei pentru obținerea biogazului din biomasa algală**

Tehnologia de cultivare a algelor cuprinde un ansamblu de procese și activități pentru obținerea biomasei algale:

- asigurarea mediului nutritiv
- inocularea algelor
- asigurarea condițiilor de cultivare - temperatura, iluminarea, agitarea.
- obținerea biomasei,
- monitorizarea procesului de creștere a algelor.

Modelul funcțional "Instalație pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă", ICA, Fig. 1, a fost testat și utilizat pentru cultivare algelor în condiții de laborator, și pentru studierea modului de dezvoltare a culturii de alge în condiții diferite de creștere determinate de mediul nutritiv, regimul de iluminare, modul de agitare, temperatura mediului ambiant etc.



**Fig.14. Instalația pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă Model funcțional -Simbol ICA**

Pentru experimentare au fost asigurate aparatura și instrumente de măsurare verificate din punct de vedere metrologic, reglate și etalonate în mod corespunzător.

De asemenea, în vederea experimentării *Instalației pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascada*, s-au creat următoarele condiții de lucru în laboratoarele DI, astfel:

- instalația s-a asamblat într-o cameră cu ferestre, orientate spre Sud - Est și prevăzută cu prize pentru alimentarea consumatorilor de curent electric;
- pentru realizare culturii de alge din specia *Chlorella vulgaris*, cod tulpină AICB 555;
- mediul nutritiv în care s-au cultivat algele a fost Bold Basal Medium (BBM) preparat în laboratoarele DI.
- experimentările s-au realizat conform metodologiei elaborate în cadrul fazei;
- s-a realizat expertiza tehnică inițială a instalației pentru cultivarea algelor;
- s-a elaborat un program de experimentare a tehnologiei de cultivare a algelor în sistem deschis cu instalația ICA. În acest sens, s-a stabilit programul de funcționare a instalației ICA;
- s-a realizat diluția inoculului de alge în mediul nutritiv BBM preparat în laborator.
- s-au elaborat mai multe variante de lucru pentru experimentarea tehnologiei de cultivare a algelor în sistem deschis, cu instalația ICA;
- s-au experimentat două variante de cultivare a algelor diferențiate de condițiile asigurate pentru mediul nutritiv și cel ambiant (temperatură, lumină, umiditate).

În fiecare din cele două variante de cercetare a tehnologiei de cultivare a algelor și a instalației în sistem deschis, tip cascada au fost efectuate următoarele determinări:

- măsurarea parametrilor mediului ambiant în care se desfășoară experimentările: temperatura și umiditatea aerului, gradul de iluminare;
- măsurarea parametrilor mediului nutritiv: pH, temperatura, turbiditatea, conductibilitatea, salinitatea, Rezultatele sunt prezentate în fișele de măsurători anexate;
- la intervale de timp s-a recoltat din cultura de alge crescută cu instalația ICA și s-au determinat: densitatea ( $\text{g/cm}^3$ ); vâscozitatea dinamică ( $\text{mPa s}$ ), biomasa ( $\text{g/100ml}$ ), absorbția, densitatea algală (nr de celule/ml).

Din experimentările realizate în varianta I-a de cultivare a algelor cu instalația ICA, la temperatura mediului ambiant și fără încălzirea culturii de alge s-au sintetizat următoarele rezultate:

- densitatea culturii de alge s-a menținut constantă în jurul valorii de  $1,003 \text{ g/cm}^3$ ;
- biomasa obținută în perioada 18-30 octombrie a crescut de la  $0,0188 \text{ g/100ml}$  la  $0,03 \text{ g/100 ml}$ ;
- pentru vâscozitatea dinamică a culturii de alge s-au înregistrat valori care au oscilat între  $1,35...1,5 \text{ m Pa s}$ , influențate de temperatura mediului ambiant.

De asemenea, pentru evaluarea dezvoltării culturii de alge, în condițiile prezentate, s-au constatat următoarele:

- numărul celulelor de alge au crescut de la  $5 \times 10^6$  celule/ml la  $6 \times 10^6$  celule/ml în decurs de șase zile;
- spectrul de absorbție pentru clorofila în domeniul vizibil a fost înregistrat între 380 nm și 800 nm, pentru extractul în acetona, iar absorbția a crescut în timp așa cum este prezentat în tabelul 2

**Valori înregistrate pentru numărul de celule și densitatea optică  
(cultura I-a) Tabelul 2.**

Parametru		Data înregistrării	
		25 oct	31 oct
Numărarea celulelor de alge, [celule/ml]		$5 \times 10^6$	$6 \times 10^6$
Absorbția	lungimea de undă de 660 nm	0,256	0,592
	lungimea de undă de 434 nm	0,548	1,506

Valorile din tabelul 2, și diagramele din figurile 15 și 16 indică clar faptul că, deși cultivarea algelor s-a realizat într-un mediu în care temperaturile nu s-au încadrat în intervalul recomandat de

22...25°C (S. Dobrojan s.a., 2016, Anexa 3, pp.58), cultura de alge s-a dezvoltat progresiv, linear prin asigurarea mediu nutritiv corespunzător, monitorizând și corectând pH culturii și realizând agitarea prin recirculare cu instalația de cultivare în sistem deschis, tip cascadă, ICA.

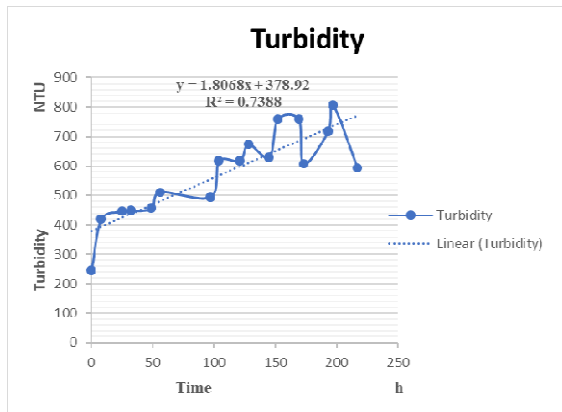


Fig. 15. Variația în timp a turbidității în cultura I-a de alge

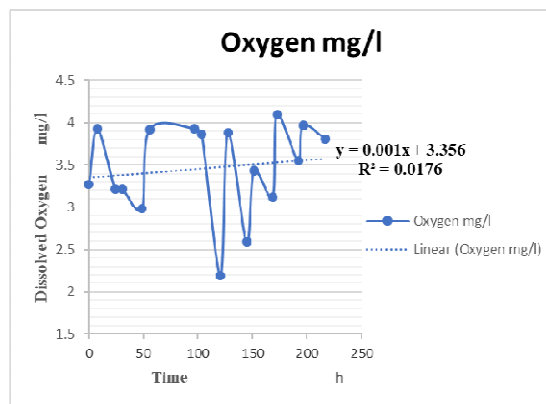


Fig. 16. Variația în timp a oxigenului dizolvat în cultură I-a de alge

Din experimentările realizate în varianta a II-a de cultivarea algelor cu instalația în sistem deschis tip cascadă, în mediu nutritiv BBM, cu agitarea culturii prin recirculare, încălzirea culturii și a mediului ambiant s-au sintetizat rezultate obținute în perioada 30.10-14.11.2017:

Parametrii culturii de alge

Tabelul 3

Data	Ora	pH cultura	Conductibilitate [ms/cm]	Turbiditate [NTU]	Oxigenul dizolvat [mg/l]	Temperatura în cultura [° C]	Salinitatea [%]
30.oct	8,30	6,50	1,08	521	3,90	15,6	0,04
	15	7	1,12	585	3,95	17,5	0,05
31.oct	8	6,5	1,14	651	3,57	22,5	0,05
	15	7	1,14	705	3,92	17,5	0,05
01.nov.	8	6,5	1,19	845	3,83	23	0,05
	15	7	1,23	850	4,11	19	0,05
02. nov	8	6,5	1,25	960	3,51	23	0,05
	15	7,25	1,27	999	4,08	18	0,05
03.nov.	8	6,5	1,34	999	3,31	23	0,05
	15	7	1,39	999	4,12	18	0,05
06.nov.	8	7,5	1,59	999	3,27	22,5	0,07
06.nov	9,30	7	1,48	999	3,86	18,5	0,06
	15	6	1,47	999	4,55	23,5	0,06
07.nov	8	6,5	1,51	999	3,09	23,2	0,07
	15	6,5	1,52	999	4,80	23,5	0,07
08.nov.	8	6,5	1,48	999	3,43	23,5	0,06
	15	7	1,51	999	4,16	24,3	0,07
0.9 nov.	8	7	1,51	999	3,34	23,5	0,06
	15	6,5	1,55	999	4,54	23,8	0,07
10.nov	8	6,5	1,56	999	3,57	23,1	0,07
	12		1,58	999	5,17	23,8	0,07
	15		1,59	999	5,31	23,6	0,07
13.nov.	8	7,0	1,74	999	3,52	23,3	0,08
	15	7,0	1,79	999	6,58	23,5	0,08
14.nov	8	6,5...7	1,92	999	4,59	23,2	0,08

Din analiza rezultatelor centralizate în tabelul 3 se constată că în timp valorile măsurate pentru turbiditate, oxigenul dizolvat, conductibilitate, salinitate cresc.

**Valori înregistrate pentru densitatea optică, biomasa uscată și densitatea celulară -Cultura a II-a**

**Tabelul 4**

	Absorbanta la 665 nm		Biomasa uscată chlorella /litru [g]		Densitatea celulară [Nr.celule/mL]	
	6 nov	11 nov	6 nov	11 nov	6 nov	11 nov
Data recoltării	6 nov	11 nov	6 nov	11 nov	6 nov	11 nov
Proba din instalație	1,29	1.56	1,32	1,41	$1,07 \times 10^7$	$1,2 \times 10^7$
Proba martor sticla	0,59	1,28	0,9	1,15	$5,4 \times 10^6$	$9 \times 10^6$

Din tabelul 4 se observă o creșterea continuă în timp la toți parametrii indicați.

Creșterea înregistrată semnifică **dezvoltarea culturii de alge**, deci **creșterea biomasei**.

Biomasa obținută cu instalația ICA, fiind crescută în sistem deschis nu este pură, poate fi contaminată însă, deoarece biomasa va fi folosită ca materie primă non-alimentară pentru obținerea biogazului. acest fapt nu este considerat un inconvenient.

*Instalația pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă, ICA asigură un mediului nutritiv corespunzător, monitorizarea parametrilor mediului nutritiv și a mediului ambiant și agitarea prin recirculare a culturii pentru eliminarea fenomenului de autoumbrire și înlesnirea procesului de fotosinteză.*

Instalația, simbolizată ICA, respectă normele de siguranță și securitatea muncii și nu poluează mediul înconjurător.

În timpul experimentărilor nu s-au înregistrat întreruperi în funcționare sau defecțiuni la instalația încercată.

### **c. Demonstrarea privind utilitatea și funcționalitatea tehnologiei propuse (Raport de demonstrare)**

Activitatea de prezentare a utilității și funcționalității tehnologiei pentru obținerea biocombustibililor avansați din bioresurse non-alimentare și a instalației pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă s-a realizat prin acțiuni specifice precum: stabilirea locației, crearea condițiilor tehnice pentru demonstrare, realizarea demonstrațiilor, discuții.

Prezentarea tehnologiei propuse și a instalației pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă, ICA, s-a realizat la sediul INMA în data de 12.10.2017.



**Fig.17 Aspecte din timpul activității de demonstrare**

La prezentare au participat cercetători din INMA București și studenți masteranzi de la Universitatea Politehnica București, facultatea Ingineria Sistemelor Biotehnice și un cercetător de la INOE 2000 București.

În timpul prezentării au fost purtate discuții privind necesitatea unor tehnologii pentru obținerea de materie primă non alimentară pentru realizarea de biocarburanți.

De asemenea, au fost purtate discuții privind modul de funcționare a instalației -ICA, a condițiilor de mediu ambiant care trebuie asigurate, despre metodele de monitorizare a procesului de creștere a algelor, despre cum funcționează diverse echipamente din dotarea instalației.

A fost întocmit un Raport de demonstrare privind utilitatea și funcționalitatea tehnologiei și a instalației pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă.

#### **d. Întocmirea dosarului de omologare:**

În cadrul etapei 4 a fost întocmit Dosarul de omologare a produsului model funcțional: „Instalație pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă”, ICA.

În cadrul procesului de omologare Comisia de omologare a analizat rezultatele obținute la experimentarea modelului funcționar: „Instalație pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă” realizat în cadrul proiectului cu titlul "PN 16 24 04 04 Cercetări privind dezvoltarea unei tehnologii inovative pentru obținerea biocombustibililor avansați din bioresurse non-alimentare" ce face obiectul contractului nr. 8 N /09.03.2016, și a propus **Omologarea**, produsului "Instalație pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă"-ICA.

#### **e. Cerere brevet de invenție**

Soluțiile inovative identificate în cadrul proiectului „PN 16 24 04 04 Cercetări privind dezvoltarea unei tehnologii inovative pentru obținerea biocombustibililor avansați din bioresurse non-alimentare” au făcut obiectul unei cereri de brevet cu titlul: „Instalației pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă” cu nr. de înregistrare la OSIM A01057/08.12.2017.

#### **• Infrastructura utilizată:**

Pentru efectuarea activităților din cadrul fazei 4 s-au utilizat echipamentele de cercetare din infrastructura proprie a INMA-conform platformei <https://erris.gov.ro>

**1.** Infrastructura complexa de cercetare dezvoltare biocombustibili: <https://erris.gov.ro/COMPLEX-INFRASTRUCTURE-FOR->;

**3** Sistemul de proiectare, execuție și optimizare echipamente tehnice și tehnologii [https://erris.gov.ro/6SYSTEM-OF-DESIGNING-EXECUTI](https://erris.gov.ro/6SYSTEM-OF-DESIGNING-EXECUTI;);

**11.** Infrastructura de cercetare pentru sistemele tehnice din agricultură, silvicultură și industrie alimentară : <https://erris.gov.ro/RESEARCH-INFRASTRUCTURE-FOR->.

#### **5. Rezumatul fazei 5**

Obiectivul *fazei nr.5/2017* a constat în definitivarea proiectului de execuție pentru modelul funcțional „Instalație pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă”-ICA pe baza observațiilor făcute în timpul execuției și experimentărilor, și diseminarea rezultatelor cercetărilor prin difuzarea de materiale de informare, publicarea de articole în reviste științifice, participarea la sesiuni științifice și târguri.

#### **• Definitivare proiect tehnic de execuție**

Pentru definitivarea proiectului de execuție a instalației s-au introdus în documentația tehnică modificări la unele repere în funcție de observațiile consemnate pe parcursul execuției și experimentărilor.

• **Diseminarea rezultatelor:**

Diseminarea rezultatelor proiectului s-a realizat pe întreaga perioadă de derulare a proiectului și s-a urmărit creșterea gradului de vizibilitate a proiectului prin popularizarea rezultatelor, astfel încât acestea să conducă la dobândirea de noi cunoștințe care să favorizeze creativitatea și inovarea în domeniul identificării de surse non-alimentare ca materie primă pentru realizarea biocombustibililor alternativi.

Diseminarea s-a realizat prin elaborarea și difuzarea de fișe tehnice, postere, elaborarea și publicarea de articole indexate în baza de date internațională, participarea la simpozioane și târguri, prezentarea funcționalității a instalației pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă, ICA.

Rezultatele activității de diseminare:

- **Fișa tehnică** pentru model funcțional „Instalație pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă-ICA”;
- **Poster** „Cercetări privind dezvoltarea unei tehnologii inovative pentru cultivarea algelor în sistem deschis”- prezentat la Salonul UGAL INVENT 2017 organizat de Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați și partenerii săi, în perioada 19-20 octombrie 2017 ;
- **Poster** „Tehnologie inovativă pentru cultivarea algelor în sistem deschis” prezentat la:
  1. „*ISB-INMA TEH' 2017 International Symposium*”, organizat de facultatea ISB și INMA, în perioada 26 - 28 Octombrie, 2017;
  2. „*Conceput în România*”, Salonul Cercetării Românești organizat de MCI la Palatul Parlamentului, în perioada 25 - 27 Octombrie, 2017.
- **Două articole publicate în reviste indexate în baza de date internațională (BDI):**
  1. Nedelcu A. , Covaliu C., Popa L., Ciuperca R., Anghelut A. Zaica A. Costin M., (2017) *Tehnologii și instalații moderne pentru cultivarea industrială a microalgelor pentru obținerea de biomasa algala*, **ISB-INMA TEH' 2017 International Symposium**, Bucharest, 26-28 October 2017 vol. Print: ISSN 2344 – 4118; CD-ROM: ISSN 2344 – 4126, pp.463-468;
  2. Anghelut A., Nedelcu A., Mircea C., Zaica A., Dumitru I., Dumitru D., Cristescu A. (2017)., *Tehnologii modern de utilizare a biomasei algale pentru obținerea de combustibili alternativi*, **ISB-INMA TEH' 2017 International Symposium**, Bucharest, 26-28 October 2017 vol. Print: ISSN 2344 – 4118; CD-ROM: ISSN 2344 – 4126, pp.561-568.
- **Un articol acceptat pentru publicare în revista ISI:**
  1. Nedelcu A., Ferdes M., Popa L., Găgeanu I., Pruteanu A. (2018) - *Research on algae growing in open system with cascade - type installation*, Proceedings of **The 17<sup>th</sup> International Scientific Conference ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT**, 23-25.05.2018, Jelgava, Letonia, ISSN 1691-5976.
- **Participări la simpozioane științifice și alte comunicări:**
  1. Participare la simpozionul internațional *ISB-INMA TEH' 2017*, București, în perioada 26 - 28 Octombrie 2017 cu lucrarea” Tehnologii și instalații moderne pentru cultivarea industrială a microalgelor pentru obținerea de biomasa algală”.



Fig. 18. Certificat de participare - Simpozionul *ISB-INMA TEH' 2017*, 26 - 28 Octombrie 2017

2. Participare la Salonul *UGAL INVENT 2017* organizat de Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați și partenerii săi, în perioada 19-20 octombrie 2017:



Fig.19. Diplomă de excelență - Salonul UGAL INVENT 19-20 octombrie 2017

3. Participare la Salonul Cercetării Românești organizat de MCI la Palatul Parlamentului, în perioada 25 - 27 Octombrie, 2017;



Fig. 20. Aspecte de la Salonul Cercetării Românești „Conceput în România” 25 - 27 Octombrie, 2017



Fig.21. Aspecte de la prezentarea posterului din cadrul Simpozionului internațional ISB-INMA TEH' 2017 din , 26-28 Octombrie, 2017

- **Pliant** ”Tehnologie inovativă pentru cultivarea algelor în sistem deschis”;
- **CD** cu materiale informative despre proiectul PN 16 24 04 04 Cercetări privind dezvoltarea unei tehnologii inovative pentru obținerea biocombustibililor avansați din bioresurse non-alimentare
- **Film** de prezentare a instalației pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă, ICA.

➤ **Pagina Web a proiectului:** unde sunt prezentate datele de recunoaștere, obiectivele proiectului, fazele de execuție și rezultatele obținute.

- **Infrastructura utilizată:**

Pentru efectuarea activităților din cadrul fazei 5 s-au utilizat echipamentele de cercetare din infrastructura proprie a INMA-conform platformei <https://erris.gov.ro>

3 Sistemul de proiectare, execuție și optimizare echipamente tehnice și tehnologii <https://erris.gov.ro/6SYSTEM-OF-DESIGNING-EXECUTI>.

**Stadiul de realizare:**

<b>Indicatori realizați</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Studiu prospectiv privind tehnologia de obținere a biocombustibililor avansați din resurse non-alimentare, (1 buc);</li> <li>✓ Documentație de execuție model funcțional instalație de cultivare a algelor- Plan tehnic pentru “Instalație pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascada-ICA” (1 buc);</li> <li>✓ Model funcțional- „Instalație pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascada-ICA”, (1 buc);</li> <li>✓ Raport experimentare pentru „Instalație pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă – ICA”, (1 buc);</li> <li>✓ Metodologie pentru experimentarea instalației pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă-ICA, (1 buc);</li> <li>✓ Raport de demonstrare privind utilitatea și funcționalitatea tehnologiei și a instalației pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă, (1 buc);</li> <li>✓ Cerere brevet de invenție, A01057/08.12.2017 (1 buc)</li> <li>✓ Dosar omologare produs: „Instalație pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascada” (1 buc);</li> <li>✓ Raport de diseminare, (1 buc);</li> <li>✓ Fișa tehnică (1 buc);</li> <li>✓ Pliant „Tehnologie inovativă pentru obținerea biocombustibililor avansați din bioresurse non-alimentare” (1buc);</li> <li>✓ Poster (2 buc);</li> <li>✓ Articole publicate în reviste indexate în baza de date internațională (BDI), (2 buc);</li> <li>✓ Articol cu abstract acceptat pentru publicare în revista ISI, (1buc);</li> <li>✓ Participări la simpozioane și târguri (comunicări științifice) (3);</li> <li>✓ CD</li> <li>✓ Film</li> <li>✓ Pagina web a proiectului</li> </ul>
-----------------------------	--

## PRODUS

### DENUMIRE

#### **INSTALAȚIE PENTRU CULTIVAREA ALGELOR ÎN SISTEM DESCHIS, TIP CASCADA-ICA**

### DOMENIU DE APLICABILITATE:

Bioeconomie - tehnologii pentru obținerea biocombustibililor avansați din bioresurse non-alimentare (alge).

### PREZENTARE GENERALĂ:

*Instalația pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă, ICA, (model funcțional) Fig.1, este destinată pentru cultivarea algelor în condiții de laborator, cu scopul cercetării modului de dezvoltare a culturii de alge în condiții diferite de creștere (mediul nutritiv, regim de iluminare, mod de agitare, temperatura mediului ambiant), în cadrul unei tehnologii inovative pentru cultivarea algelor în sistem deschis pentru obținerea de biomasă algală ca sursa de materie primă pentru obținerea biocombustibililor alternativi.*



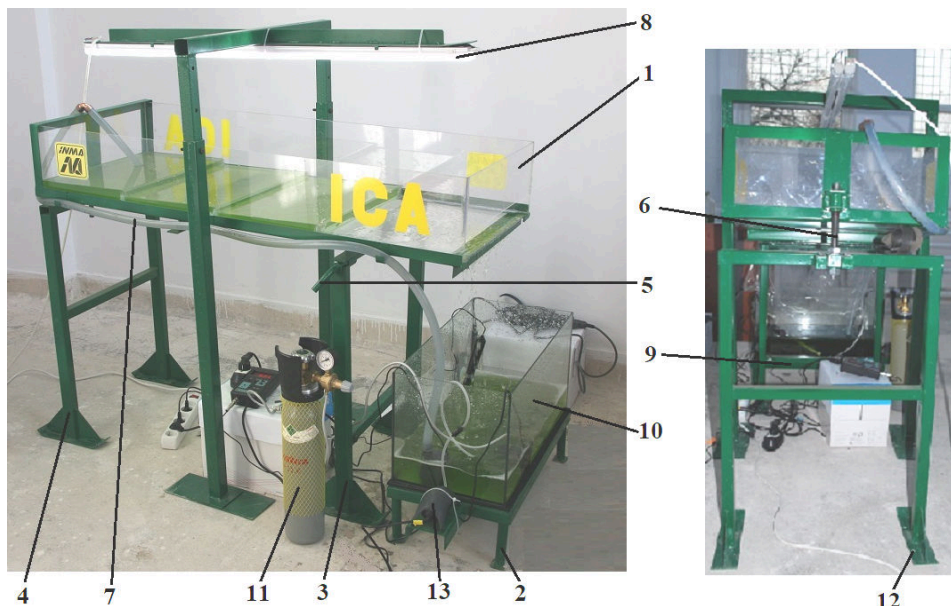
**Fig.1. Instalația pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă-Model funcțional -Simbol ICA-**

*Modelul funcțional de instalație se compune dintr-un compartiment cascadă, realizat din materiale transparente sticlă sau plexiglas, în interiorul căruia sunt amplasate trei bariere de înălțimi diferite, un compartiment colector, un sistem de iluminare suplimentară, un sistem de alimentare cu CO<sub>2</sub> asamblat cu controlor PH și tester PH metru digital, sistem de recirculare a culturii de alge constituit din pompă submersibilă cu debit reglabil și conducte, o articulație cilindrică și un sistem de reglare a unghiului de înclinare a compartimentului cascadă față de cadru metalic al instalației.*

Cu această instalație se studiază în laborator tehnologia de cultivare a microalgelor în sistem deschis, tip cascadă, în care agitarea culturii se realizează în mod continuu prin recircularea și alunecarea acesteia în strat subțire pe un plan transparent cu bariere pentru ca toate celulele să primească cantitatea de lumină necesară pentru realizarea fotosintezei.

*Instalație pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă, ICA, a fost experimentată în condiții de laborator în cadrul unei tehnologii de cultivare a algelor din specia *Chlorella vulgaris*, cod tulpină AICB 555 într-un mediu nutritiv Bold Basal Medium (BBM) și în diverse condiții de cultivare.*

Inițial, în compartimentul colector (10) al instalației are loc o diluție a inoculului de alge într-un mediu nutritiv. Se pun apoi în funcțiune sistemul de iluminare (8), sistem de alimentare CO<sub>2</sub> cu controlor PH și pompa de recirculare submersibilă.



**Fig.2. Instalația pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă**

1. Compartiment cascadă as; 2. Suport compartiment colector; 3. Picior cadru ; 4. Suport compartiment as.; 5. Bolț 16 as.; 6. Șurub de reglaj; 7. Sistem de recirculare; 8. Sistem de iluminare; 9. Bara de fixare; 10. Compartiment colectare; 11. Sistem de alimentare CO2 AAA + controlor PH; 12. Bolț ancorare; 13. Agitator

Pentru realizarea procesului de agitare a culturii, soluția de alge din compartimentul colector (2) este aspirată și pompată prin conductele (7) și deversată în compartimentul cascadă (1), alunecă pe suprafața plană și peste bariere și este colectată în compartimentul (10) și procesul se repetă. Cultura de alge este recirculată într-un strat subțire de 3 - 5 mm asigurat prin reglarea debitului de la pompa submersibilă și reglarea unghiului de înclinare  $\alpha$  a compartimentului cascadă (1) față de cadrul instalației (4) prin acționarea sistemului de reglare (6).

Cultura de alge agitată prin recirculare și alunecare pe suprafețe plane și peste bariere, formând mici cascade, este expusă la lumină și căldură în mod uniform evitându-se fenomenul de autoumbrire. Monitorizarea și reglarea pH - ului culturii din instalație în valorile normale se realizează cu un controler pH, tester PH-metru digital și sistemul de alimentare (11) cu CO<sub>2</sub>.

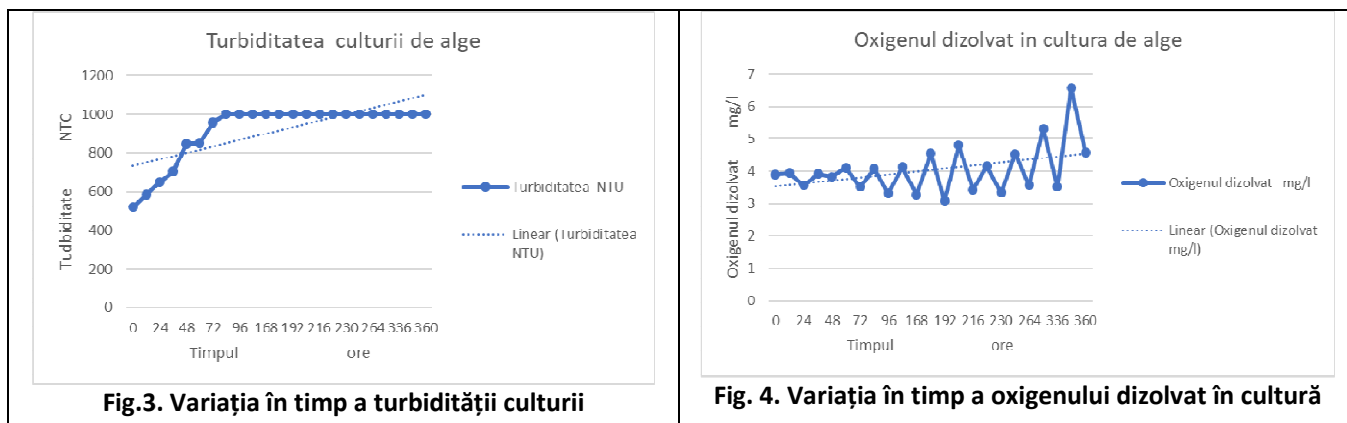
În urma experimentărilor realizate în două variante de cultivare a algelor s-a constatat creșterea valorilor pentru următorii parametri: densitatea celulară, vâscozitatea dinamică, biomasa, absorbția, oxigenul dizolvat în cultură ceea ce indică clar faptul că, cultura de alge se dezvoltă în instalația ICA care asigură agitarea culturii prin recircularea acesteia.

**Valori înregistrate pentru numărul de celule, densitatea optică și biomasa**

**Tabelul 1.**

Parametru		Data înregistrării			
		25 oct	31 oct	6 nov	11 nov
Densitatea celulară [nr. celule / ml]		$5 \times 10^6$	$6 \times 10^6$	$1,07 \times 10^7$	$1,2 \times 10^7$
Absorbția	lungimea de undă de 660 nm	0,256	0,901	1,29	1,56
	lungimea de undă de 434 nm	0,548	1,506	2,155	3,279
Biomasa uscată chlorella / litru [g]		0,188	0,3	1,32	1,41

La analizele de microscop s-a constatat că biomasa algală obținută cu instalația pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă ICA, nu este pură, acest rezultat se datorează sistemului de cultivare de tip deschis, însă acest lucru nu poate fi considerat un inconvenient atâta timp cât biomasa este destinată a fi materie primă non-alimentară pentru obținerea biogazului.



Instalația pentru cultivarea algelor în sistem deschis, tip cascadă, simbolizată ICA, respectă normele de siguranță și securitatea muncii și nu poluează mediul înconjurător.

**PRINCIPALELE CARACTERISTICI TEHNICE:**

- Tipul instalației .....fixată de sol cu bolțuri de ancorare
- Dimensiunile interioare ale compartimentului tip cascadă, mm,
  - lungime ..... 1288
  - lățime ..... 500
- Unghiul de înclinare al compartimentului cascadă,..... $\alpha=0...4^{\circ}$
- Dimensiuni de gabarit (fără suport colector), mm,
  - lungime ..... 1360
  - lățime ..... 800
  - înălțime ..... 1250
- Capacitatea compartimentului colector, l, ..... 66
- Debitul pompei de recirculare, l/h, ..... 400...1200
- Iluminare suplimentară ..... cu 2 lămpi fluorescente
- Caracteristicile lămpilor..... P24W, U=230V, f=50/60 Hz

**EFECTE SOCIO-ECONOMICE ȘI DE MEDIU:**

- Dezvoltarea gamei de instalații pentru cercetarea cultivării microalgelor în sistem deschis;
- Dezvoltarea gamei de materie primă non-alimentară pentru realizarea de biocombustibili alternativi;
- Contribuie la limitarea cantității de combustibili din recolte și orientarea către biocombustibili;
- Contribuie la reducerea consumului de combustibili fosili prin obținerea de biocombustibili din biomasă algală;
- Contribuie la protecția mediului.

**POTENTIALI PRODUCĂTORI / FURNIZORI DE SERVICII:**

- Societăți comerciale producătoare de echipamente tehnice și instalații pentru obținerea de biocombustibili;
- Societăți comerciale preocupate de utilizarea de energie din resurse regenerabile (biomasa algală).

**POTENȚIALI UTILIZATORI:**

- Institute de cercetări cu preocupări în domeniul resurselor regenerabile;
- Instituții de învățământ;
- Societăți comerciale interesate în utilizarea sistemelor de cultivare a algelor pentru reducerea poluării.