

FLUXUL DE ENERGIE DIN GHIOLURILE PUIU, ROȘU, PORCU ȘI POTENȚIALUL LOR BIOPRODUCTIV

N. BOTNARIUC

Estimarea fluxului de energie și evaluarea potențialului productiv a celor trei ecosisteme — Puiu, Roșu, Porcu, situate în delta maritimă din insula Sf. Gheorghe, s-a făcut pe baza cercetării multianuale (1976—1979) a structurii, dinamicii acesteia și a energeticii principalelor nivele trofice — fitoplancton și bacterioplancton, zooplancton, zoobentos, precum și a principalilor factori abiotici.

Cercetările au fost efectuate de o echipă complexă alcătuită din cercetători de la Institutul de Științe Biologice și din cadre didactice de la Facultatea de Biologie din București.

În tabelul nr. 1 sînt prezentate sintetic rezultatele obținute.

În fiecare din ecosistemele cercetate interacțiunea permanentă a componentelor lor determină captarea, transformarea, acumularea și transferul energiei și substanțelor în cadrul structurii nivelelor trofice.

Capacitatea productivă și producția reală a fiecărui ecosistem sînt rezultatul acestor procese care, evident, vor purta amprenta specifică structurii și modului de funcționare a ecosistemelor analizate.

În ghiolul Puiu (tab. nr. 1) ca de altfel și în celelalte ghioluri, producția primară se realizează pe două căi principale — a fitoplanctonului și a macrofitelor submerse. O trăsătură caracteristică a acestui ghiol este predominarea evidentă (mai mult decît dublu) a producției primare fitoplanctonice (1906 kcal/mp/an) față de cea a macrofitelor (758 kcal/mp/an) (determinată prin biomasa maximă) chiar dacă ținem seama de faptul că aceasta din urmă valorează în realitate este ceva mai mare, deoarece nu s-au luat în considerare părțile mortificate ale plantelor și nici consumul de către fitofagi. Eficiența producției primare nete a fitoplanctonului — 0,15% din energia solară incidentă — este ceva mai mare decît media pe biosferă (0,1%) în timp ce eficiența macrofitelor este de numai 0,06%. Eficiența globală a producției primare este de 0,21%.

Producția bacterioplanctonului înregistrată 164 kcal/mp/an.

Zooplanctonul pașnic în ghiolul Puiu are cea mai ridicată producție (11,73 kcal/mp/an) dintre cele trei ecosisteme. Totuși ea apare relativ scăzută dacă ținem seama de energia disponibilă pentru acest nivel trofic, rezultată din însumarea pro-

FLUXUL DE ENERGIE PRIN ECOSISTEMELE

NIVELE TROFICE	PUIU					PRO-DUCȚIA
	PRO-DUCȚIA-	EFICI-ENȚA %	EFICIENȚA UTILIZĂRII PRODUCȚIEI PRIMARE, A BACTERIOPLANCTONULUI ȘI A DETRITUSULUI, %			
			FITO-PLAN-CTON	PRO-DUCȚIA PRIMARĂ GLO-BALĂ	FITO-PLAN-CTON + BACTE-RIO-PLAN-CTON	
ENERGIA SOLARĂ INCI-DENTĂ 1300000		100				1300000
<i>Producția primară</i>						
Fitoplancton	1906	0,15	100			1323
Macrofite	758	0,0				1549
P. p. globală	2664	0,21		100		2872
Bacterioplancton	164	0,013	8,60			202
Fitoplancton						
Bacterioplancton	2070				100	1525
Detritus	30758	2,37		1154,58		30404
<i>Producția secundară</i>						
Zooplancton pașnic	11,73	0,000%	0,63	0,44	0,57	10,64
Zooplancton răpitor	0,73	0,0001	0,04	0,027	0,03	1,32
Zoobentos	143,6	0,011	7,53	5,39		111,5
Faună fitofilă	20,04	0,0015		0,75		20,18
Pești (biomasa)	21.843	0,0017	1,15	0,82		17,335

ducției fitoplanctonice și bacterioplanctonice (2070 kcal/mp/an). Aceasta se vede și din eficiența scăzută (0,57%) în utilizarea energiei disponibile. Rezultă că zooplanc-tonul este dezvoltat sub posibilitățile oferite de baza sa trofică, rămânând nefolosit un important potențial energetic. Producția bacterioplanctonului este probabil mai bine utilizată de către puietul de *Dreissena polymorpha*, filtrator și component prin-cipal al faunei fitofile reprezentând 59,90% din biomasa totală a acestei faune.

Macrofitele reprezintă o altă sursă importantă de energie care în mare măsură rămâne nefolosită direct. Fauna fitofilă folosește macrofitele mai ales ca suport și în măsură neînsemnată ca bază trofică.

Rezultă că mare parte din energia ambelor categorii de producători primari (fitoplancton și macrofite) este acumulată de la an la an în detritus (30758 kcal/mp/an).¹

Zoobentosul reprezintă principala verigă prin care o parte din energia detri-tusului este reintrodusă în circuitul biologic și care deci valorifică indirect energia acumulată de producătorii primari. După cum se vede din tabel producția zooben-tosului este de 143,6 kcal/mp/an. Eficiența acestui proces este de 5,39% din pro-ducția primară globală și de 0,47% din energia acumulată în detritus. Și la această verigă apare deci o insuficientă utilizare a potențialului energetic al ecosistemului.

* Cantitatea (exprimată în kcal) de detritus depășește producția primară globală anuală, deoarece detritusul depus anual nu este descompus în întregime și se acumulează de la an la an.

PUIU—ROȘU—PORCU (în kcal/mp/an)

ROȘU					PORCU					
EFICIENȚA %	EFICIENȚA UTILIZĂRII PRODUCȚIEI PRIMARE A BACTERIOPLANCTONULUI ȘI A DETRITUSULUI %				PRO- DUCȚIA	EFICI- ENȚA %	EFICIENȚA UTILIZĂRII PRODUCȚIEI PRIMARE A BACTERIOPLANCTONULUI ȘI A DETRITUSULUI, %			
	FITO- PLAN- CTON-	PRO- DUCȚIA PRIMARĂ GLO- BALĂ	FITO- PLAN- CTON + BAC- TE- RIO- PLAN- CTON	DE- TRI- TUS			FITO- PLAN- CTON	PRO- DUCȚIA PRIMARĂ	FITO- PLAN- CTON + BAC- TE- RIO- PLAN- CTON	DE- TRI- TUS-
100					1300000	100				
0,10 0,12 0,22 0,016	100 15,27	 100 7,03			678 3866 4544 160	0,05 0,30 0,35 0,012	100 23,60	 100 3,52		
		1058,64	100	100	838 37935	2,92		835,28	100	100
0,0008 0,0001 0,009 0,0015 0,0013	0,80 0,10 8,43 1,39	0,37 0,05 3,88 0,70 0,60	0,02 0,003	0,37 0,06	6,56 0,59 41,8 22,51 6,845	0,0005 0,0005 0,003 0,0017 0,0005	0,97 0,09 6,17 1,01	0,14 0,01 0,92 0,49 0,15	0,017 0,001	0,11 0,027

Estimarea rolului zoobentosului în desfășurarea fluxului de energie, făcută pe baza determinării intrărilor de energie (C-energia consumată), a acumulării de energie (P) sub formă de biomasă (producția), a cheltuielilor de energie (R) sub formă de respirație și a energiei neasimilate (FU), arată (tab. nr. 2) că în ghiolul Puiu, din energia intrată (1026 kcal/mp/an) se cheltuiesc (R) 215,4 kcal/mp/an și se acumulează 143 kcal/mp/an. Cu alte cuvinte pentru realizarea unei producții de 100 kcal/mp/an de către zoobentos, se cheltuiesc prin respirație 150 kcal/mp/an. Semnificația acestui fapt o vom releva la sfârșit, comparând valorile din cele trei ghioluri.

Zoobentosul, în esență oligochetele și chironomidele care constituie 80—90% din biomasa totală a lui, reprezintă principala bază trofică a peștilor. Dacă întreaga producție anuală a zoobentosului (143,6 kcal/mp/an) ar fi consumată și transformată în carne de pește, ar rezulta o biomasă echivalentă cu 21,84 kcal/mp. Ea reprezintă cam 1/7 din producția biologică a zoobentosului și constituie o bună valorificare a acestei surse de hrană. Exprimată în greutate umedă această biomasă a peștilor bentofagi s-ar ridica la circa 190 kg/ha — valoare aproximativă, cea mai ridicată din ecosistemele cercetate.¹

De subliniat că aceasta nu reprezintă producția ci biomasa stocului de pești existent în ghiol. Producția anuală este cea pe care o realizează acest stoc și care ar trebui să reprezinte obiectul pescuitului.

* Ca bază s-a acceptat că un gram substanță uscată din fam. *Cyprinidae* are 5,761 kcal (Cummins a. Wuyckeck 1971)

În ghiolul Roșu, o trăsătură caracteristică a nivelului producătorilor primari o reprezintă dezvoltarea masivă a characeelor (alge macrofite) în perioada studiată, alge care acopereau aproape întreaga suprafață a ghiolului cu un covor permanent și aproape compact.

Producția primară a fitoplanctonului (1323 kcal/mp/an) apare mai scăzută decât în ghiolul Puiu ca și eficiența ei (0,10%) din energia incidentă. În schimb apare considerabil crescută producția macrofitelor (1549 kcal/mp/an) care o depășește pe cea a fitoplanctonului ca valoare absolută (tab. nr. 1) și ca eficiență (0,12%).

Deși producția primară a fitoplanctonului este și aici considerabilă iar producția bacterioplanctonului (202 kcal/mp/an) depășește pe cea din ghiolul Puiu, producția zooplanctonului pașnic este și aici scăzută (10,64 kcal/mp/an). Eficiența utilizării de către zooplanctonul pașnic a producției însumate a fitoplanctonului și a bacterioplanctonului (1525 kcal mp'an) este mai scăzută (0,02%) față de ghiolul Puiu, fapt care denotă și aici o slabă dezvoltare a zooplanctonului, mult sub potențialul trofic disponibil.

Și în acest ghiol probabil calea principală de utilizare a bacterioplanctonului o reprezintă puii de *Dreissena* care și aici constituie principalul component al faunei fitofile (56,23% din biomasa globală a acestei faune).¹

Producția primară considerabilă realizată de macrofitele submerse rămâne și aici în cea mai mare parte nefolosită direct și împreună cu resturile fitoplanctonului se acumulează în detritus (30.404 kcal/mp). Prin intermediul zoobentosului a cărui producție se ridică la 111,5 kcal mp an ea este valorificată de pești.

După cum se vede din tabelul nr. 2, în ghiolul Roșu, din 796 kcal/mp an, energie intrată în zoobentos (C), 167 kcal se pierd prin respirație și 111,5 se acumulează în biomasă. Deci pentru o producție echivalentă cu 100 kcal se cheltuiesc 150 kcal, aceeași valoare ca în ghiolul Puiu.

Tabelul 2

FLUXUL MEDIU DE ENERGIE PRIN ZOOBENTOS (în kcal/mp/an)

ECOSISTEMUL	C	P	R	FU	R/P ("..)
Puiu	1026	143,6	215,4	668	150
Roșu	796	111,5	167	518	150
Porcu	597	41,8	167,2	388	400

C energia intrată în zoobentos; P energia acumulată, R energia cheltuită, FU energia neasimilată, R/P = energia cheltuită pentru producția echivalentă cu 100 kcal.

Eficiența utilizării energiei de către pești, față de energia disponibilă de la producătorii primari este mică (0,60%) și mai scăzută decât în ghiolul Puiu (0,82%).

Biomasa potențială a peștilor din ghiolul Roșu (17,335 kcal/mp) reprezintă cam 1/6 din producția zoobentosului iar exprimată în greutate umedă se ridică la circa 150 kg/ha.

În ghiolul (de fapt o japșe) Porcu, față de primele două ecosisteme examinate în care desfășurarea fluxului de energie este mai asemănătoare, apar schimbări calitative, ceea ce denotă o nouă stare de echilibru. Astfel, producția primară este în cea mai mare parte realizată de macrofitele submerse (3.866 kcal/mp/an) (tab. nr. 1), cea a fitoplanctonului fiind mult mai mică (67 kcal/mp/an). De aici eficiența scăzută

* În acest ghiol ca și în Puiu, populația de *Dreissena* are o structură aparte: este reprezentată numai prin pu, care fiind fixați pe macrofitele submerse mor odată cu plantele, în toamnă, fără a ajunge la maturitate. *Dreissenele* fixate pe stuful din jurul ghiolului se dezvoltă normal și se reproduc.

a utilizării energiei de către fitoplancton (0,05%) și crescută a microfitei (0,3% ca și creșterea eficienței globale a producătorilor primari (0,35%) pe seama activității macrofitei.

Producția zooplanctonului pašnic este cea mai scăzută (6,56 kcal/mp/an) din cele trei ecosisteme, iar eficiența în utilizarea producției însumate a fitoplanctonului și bacterioplanctonului (838 kcal/mp/an) este și ea mai scăzută (0,017%) decât în Puiu (0,57%) și decât în Roșu (0,02%). Deoarece macrofitele reprezintă calea principală în realizarea producției primare eficiența utilizării producției primare globale de către zooplanctonul pašnic apare și ea cea mai scăzută (0,14%) din cele trei ecosisteme studiate. De asemeni apare mai scăzută și eficiența utilizării producției bacterioplanctonului (4,1%), aceasta deoarece în condițiile din jașsa Porcu fauna fitofilă este reprezentată mai ales prin gasteropode (ca biomasă), *Dreissena* lipsește și deci această grupare nu mai reprezintă un consumator al producției bacterioplanctonului.

Dată fiind predominanța netă a macrofitei, detritusul capătă un rol și mai important în stocare de energie potențială (37.937 kcal/mp). Dar acest potențial nu este valorificat decât într-o mică măsură de către zoobentos, care realizează aici producțiile cele mai mici (41,8 kcal/mp/an).

În jașsa Porcu intrările de energie (C) în zoobentos (597 kcal/mp/an) (tab. nr. 2) sînt cele mai mici, iar pentru producția unei biomase echivalentă cu 100 kcal se cheltuiesc (R) 400 kcal.

Ca urmare a acestei situații și biomasa potențială a peștilor este cea mai scăzută (6,845 kcal/mp) deci cam 1/6 din producția zoobentosului. Exprimată în greutate umedă ea se ridică la circa 60 kg/ha.

★

Compararea modului de desfășurare a fluxului de energie și a realizării producției în cele trei ecosisteme, ținînd seama și de analiza biotopilor și a biocenozelor, permite evidențierea unor trăsături importante și face necesară explicarea unor procese esențiale în realizarea potențialului productiv și a producției reale.

O primă constatare este că în seria Puiu—Roșu—Porcu crește considerabil ponderea macrofitei în realizarea producției primare, astfel încît în jașsa Porcu ea depășește de circa 6 ori producția primară a fitoplanctonului. Explicația acestui fapt constă în creșterea indicelui de transparență a apei, urmare a scăderii adîncimii, din cauza unei intense colmatări biologice, a diminuării turbidității prin slăbirea efectelor vîntului asupra apei invadate de macrofite și a circulației slabe a apei în această jașă.

O altă trăsătură importantă și comună celor trei ecosisteme constă în valorificarea slabă a producției primare a fitoplanctonului de către zooplanctonul pašnic, care apare slab dezvoltat, mult sub potențialul energetic disponibil. Aceasta se vede din faptul că eficiența utilizării de către zooplanctonul pašnic al producției însumate a fitoplanctonului și bacterioplanctonului scade în seria Puiu—Roșu—Porcu, odată cu creșterea gradului de eutrofiere a ecosistemelor. Cauza acestei trăsături o găsim în structura dimensională a fitoplanctonului. Examinarea componenței calitative a fitoplanctonului arată că formele mici, cu dimensiuni accesibile zooplanctonilor filtratori (15—25 μ) reprezintă o mică proporție din totalul fitoplanctonului neputînd astfel asigura decât o slabă dezvoltare a zooplanctonului pašnic

Dacă ținem seama de faptul că puietul, practic, al tuturor speciilor de pești din deltă este zooplanctonofag, s-ar putea (problema nu este încă cercetată) ca în anumite situații, dezvoltarea zooplanctonului sub o anumită valoare să devină un factor limitant al dezvoltării puietului de pești.

Analiza precedentă a celor trei ecosisteme arată că o bună parte a energiei producătorilor primari se acumulează în detritus, provenit mai ales din macrofite. Veriga care valorifică parțial acest potențial este zoobentosul și prin el peștii.

După cum se poate vedea din tabelul nr. 2, energia intrată în zoobentos (C) poate avea destinații diferite iar acestea sînt în funcție de dimensiunile (deci de structura specifică) și de densitatea animalelor.

Animalele de dimensiuni relativ mari, ca de pildă larvele de *Chironomus plumosus* și *Prosilocerus danubialis* (Chironomide), deși realizează densități numerice relativ reduse, dar biomase mari, reprezintă o importantă cale de transfer a energiei către veriga următoare, constituită din pești. Aceasta este principala cale de valorificare a energiei detritusului prin reintroducerea ei în circuitul biologic. Această cale se realizează în ghiolurile Puiu și Roșu, unde speciile menționate sînt dominante numeric și ca biomasă. Cifrele din tabelul nr. 2 sînt elocvente în această privință: cheltuielile de energie (R) pentru unitate de biomasă acumulată (P) sînt mici în bentosul din Puiu și Roșu.

Animalele de dimensiuni relativ reduse, ca de pildă larvele genului *Tanytarsus* (Chironomide) realizează densități numerice relativ mari, dar o biomasă redusă, o bună parte din energia intrată (C) fiind cheltuită în procese metabolice (R) care contribuie la mineralizarea substanțelor organice din sediment. Așa se întîmplă în japșa Porcu unde domină genul citat. În această japșă zoobentosul apare mult mai eficient în procesele de mineralizare, decît în acumulare de biomasă: cheltuielile de energie (R) pentru unitate de biomasă acumulată (P) sînt aproape de trei ori mai mari decît în primele două ecosisteme.

Faptele analizate arată deci că pe măsura creșterii cantității și proporției macrofitelor în seria Puiu—Roșu—Porcu, se schimbă treptat caracterul fluxului de energie intrată în sistem — de la acumulare, tot mai multă energie este canalizată spre mineralizare. Ca urmare deși producția primară crește, ca și cantitatea de detritus, producția zoobentosului scade ca și producția de pește. Cauza generală a acestei schimbări o reprezintă schimbarea (înrăutățirea) condițiilor generale de viață mai ales a bentosului pe măsura colmatării biologice: carența de oxigen (condiții de hipoxie sau chiar de anoxie), degajare de H₂S etc. Aceste condiții impun schimbarea structurii biocenozelor, schimbarea modului ei de funcționare, deci și schimbări în desfășurarea fluxului de energie.

Toate aceste trăsături duc la concluzia că în seria succesională Puiu — Roșu — Porcu, valorificarea potențialului energetic acumulat este optimă în ghiolul Puiu, unde se îmbină o bună dezvoltare a fitoplanctonului cu o moderată răspîndire a macrofitelor submerse și ea scade în Roșu și mai ales în Porcu în care schimbarea structurii semnifică o nouă stare de echilibru.

RÉSUMÉ

L'analyse de la façon dont découle le flux d'énergie dans la série d'écosystèmes Puiu—Roșu—Porcu, situés dans le delta maritime¹ permet de relever quelques traits caractéristiques.

1. L'accroissement de la production primaire et de l'efficacité des producteurs primaires dans la fixation de l'énergie solaire incidente, dans l'ordre mentionné des écosystèmes, et cela, sur le compte du développement des macrophytes qui se réalise dans le déclin du développement du phyto plancton.

2. Le développement réduit du zooplancton filtrateur qui est beaucoup au-dessous du poten-

tiel énergétique de sa base trophique et cela grâce probablement à la petite quantité de phytoplanctons à dimensions accessibles.

3. Une bonne partie de l'énergie des producteurs primaires est accumulée dans le détrit, une partie de cette énergie est réintroduite dans le circuit par le zoobentos représenté surtout par les Chironomides et Olygohètes — base trophique des poissons bentophages. La biomasse potentielle de ces dernières est de 190 kg/ha dans le lac Puiu, 150 kg/ha dans le lac Roșu et 60 kg/ha dans le lac Porcu.

Facultatea de biologie, Splaiul Independenței, nr. 91—95, 76201, București, România