

With regards
Januar 1974 D. Filipović
Beograd

RECHERCHES BIOCENOLOGIQUES D'UN COURS D'EAU SALMONICOLE DE MONTAGNE BALKANIQUE (Serbie)

Desanka FILIPOVIĆ

Institut za biološka istraživanja, Beograd

Filipović, Desanka (1969): *Recherches biocénologiques d'un cours d'eau salmonicole de montagne Balkanique* (Serbie). *Ekologija*, Vol. 4, No 1, 61—90.

On a entrepris des recherches biocénologiques sur le cours d'eau aslmonicole »Lisinski«, appartenant au grand massif cristallin de Kopaonik (altitude maxima 2017 m, SW de la Serbie).

On a d'abord procédé à l'étude des facteurs physiographiques (débit, pente et vitesse du courant, substratum géologique, nature du fond du lit, température, chimisme de l'eau), dont le caractère et l'intensité varient graduellement le long du trajet du cours d'eau étudié. Quatre zones physiographiques furent établies: sources initiales, cours supérieur, cours moyen et cours inférieur. A ces zones physiographiques superposent en principe les zones piscicoles, habitées par la Truite (*Salmo trutta fario*) et le petit Barbeau balkanique (*Barbus meridionalis petenyi*).

En appliquant à l'analyse de la composition et de la structure de la faune de fond le procédé statistique élaboré par Illies (1953), on a pu établir quatre zones biocénologiques distinctes, qui se succèdent le long du ruisseau et correspondent aux quatre zones physiographiques et piscicoles. Sont pris en considération avant tout les trois groupes d'insectes aquatiques mieux étudiés, les Ephéméroptères, les Plécoptères, et les Trichoptères. La composition des zones biocénologiques porte une empreinte régionale grâce à la présence des espèces rélictaires préglaciaires résultant de la position géographique et de l'histoire du peuplement du cours d'eau. Abstraction faite du peuplement particulier de la zone de sources, les zones biocénologiques du ruisseau ne sont pas à désigner comme des biocénoses distinctes, mais représentent les synusies d'une seule et même microbiocénose du ruisseau entier, conçu comme un écosystème distinct. La structure de ces synusies repose sur la présence d'un mosaïque de complexes cénologiques et leur microbiotopes. Pour obtenir une image écologique d'ensemble d'un petit cours d'eau de montagne, il est utile de faire appel à la fois au procédé d'analyse par zonation, qu'à celui par mosaïque des microbiotopes, les deux procédés étant complémentaires.

INTRODUCTION

Abstraction faite des travaux classiques plus anciens sur les petites eaux courantes de montagne et sur leur peuplement (Steinmann, 1907, Bornhauser, 1912, Thienemann, 1912, Hubault, 1927), ce n'est que

dans les derniers temps que l'intérêt pour les recherches biocénologiques de cette catégorie d'écosystèmes limniques s'est considérablement accru aussi bien en Europe qu'ailleurs. Néanmoins, en Europe même, les grandes parties géographiques en dehors des régions centrale et septentrionale — telle la vaste partie balkanique par exemple — restent presque entièrement inexplo- rées; elles cependant se distinguent bien par leurs caractères régionaux et biogéographiques. D'autre part, la question de méthodologie appliquée à la recherche des eaux courantes, laisse encore beaucoup à désirer. A noter toutefois que la tendance actuelle est franchement dirigée vers une analyse biocénologique de ces eaux, plus particulièrement celles de montagne considérées comme écosystèmes distincts, pour y chercher la base de leur classification écologique satisfaisante.

Le présent travail est consacré à l'étude biocénologique d'un ruisseau de montagne situé dans la partie balkanique de l'Europe (Serbie). Il est en même temps un essai d'appliquer aux recherches biocénologiques des eaux courantes de montagne la méthode de zonation, préconisée par l'école allemande (Illies, 1953).

MÉTHODIQUE

L'objet choisi de recherche est le ruisseau »Lisinski«, appartenant au réseau hydrographique du grand massif de montagne »Kopaonik« (système paléozoïque de Rhodope; SW de la Serbie, alt. max. 2017 m). Les recherches (physiographie, biocénologie) ont été poursuivies au cours de deux périodes consécutives (1953/55 et 1961/63), et étendues sur le parcours entier du ruisseau (21 km). On a fixé 16 stations le long du profil du ruisseau, au niveau desquelles on a effectué des prélèvements et fait des observations. En tout, 620 prélèvements quantitatifs et 50 qualitatifs de la faune de fond ont été récoltés dans les différentes stations indiquées et dans les différentes saisons de l'année. Pour les prélèvements quantitatifs on s'est servi du filet selon Surber (1937), de dimensions de 0,1056 m² et 289 cm².

Pour les raisons faciles à comprendre, on n'a soumis à une analyse taxonomique plus détaillée que les groupes faunistiques d'Ephéméroptères, de Plécoptères et de Trichoptères, dont l'importance dans la composition du peuplement d'un ruisseau est sans doute prépondérante.

Parallèlement à cette analyse faunistique, on a poursuivi aussi l'étude des principaux caractères physiographiques du cours d'eau en question, à savoir le débit et la vitesse du courant, le régime thermique et chimique de l'eau et la nature du fond. La vitesse du courant a été mesurée une fois par mois au moyen de l'appareil de Gessner (1949), et cela au niveau de la surface et au-dessus du fond même. Quant aux analyses chimiques (O₂ et CO₂ dissous, contenu en électrolytes, alcalinité, pH), elles ont été faites par les procédés standardisés, une fois par mois.

CARACTÈRES PHYSIOGRAPHIQUES DU RUISSEAU ÉTUDIÉ

La grande montagne Serbe de Kopaonik est un ancien massif cristallin, caractérisé par les importantes intrusions magmatiques à travers les roches sédimentaires. La zone élevée est en principe granitique, pendant que sur

les versants ce sont les serpentines qui prédominent. Dans la zone basse on observe les andésites et les calcaires.

La région de Kopaonik appartient au climat continental modéré. A l'époque préglaciaire, Kopaonik a été toujours un massif élevée et caractérisé par la présence de forêts et autres écosystèmes de montagne du type méditerranéen, dont les restes se sont en partie conservés sur les versants S et SE et dans les régions basses. Pendant l'Époque glaciaire, les sommets du massif ont été envahis par les glaciers (Cvičić, 1904).

Le massif est riche en ruisseaux typiques en grande partie du type torrentiel, lesquels, en partant des sources élevées, se dirigent dans les différentes directions.

Le ruisseau choisi »Lisinski«, qui prend sa source à une altitude au-dessus de 1700 m, et suit la direction SW, parcourt un trajet de 21 km et se déverse dans la rivière Ibar à une altitude de 400 m. La différence de niveau entre la source et l'embouchure atteint donc plus de 1300 m et la pente moyenne atteint 62‰ (fig. 1).

A partir de la station XI, où le ruisseau reçoit son affluent principal (»Barski«), il porte le nom de ruisseau »Rudnički«. Comme il s'agit du nom local d'un tronçon du même ruisseau, il est permis de conserver le nom Lisinski pour le trajet entier du cours d'eau.

Les sources du ruisseau étudié sont situées sur le substratum granitique, à une altitude de 1730 m, au-dessus de la limite supérieure des forêts. A proximité des sources on observe un certain nombre de petites tourbières à *Sphagnum*, dont les eaux alimentent en partie le cours supérieur du ruisseau.

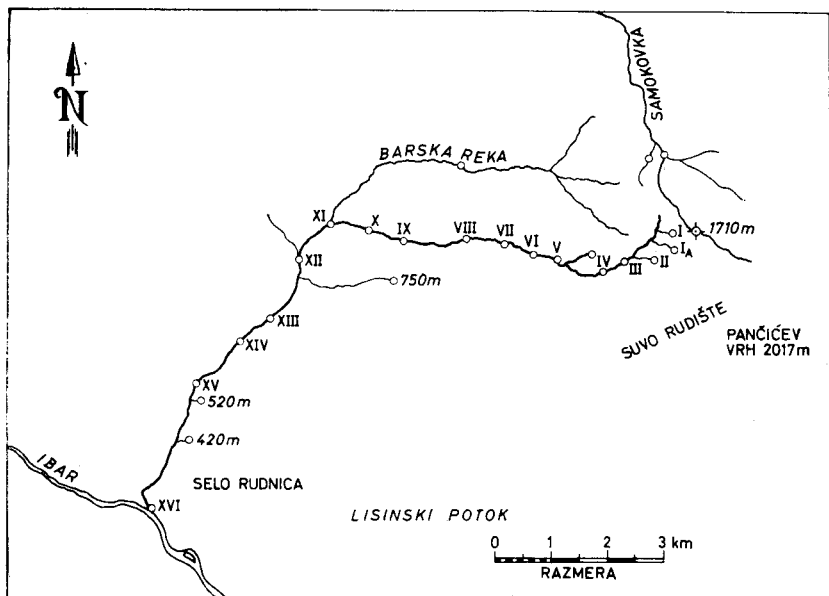


Fig. 1. Cours d'eau Lisinski, avec stations des observations

Tok Lisinskog potoka sa naznačenim tačkama na kojima su vršena ispitivanja

A partir des sources, le ruisseau en descendant traverse d'abord la forêt d'épicéa (*Picea excelsa*), ensuite, à partir de l'altitude de 1550 m, il pénètre dans la zone de la forêt mixte avec le hêtre (*Fagus moesiaca*), le sapin (*Abies alba*) et l'épicéa (*Picea excelsa*). Cette forêt est assez défrichée, de même que celle de l'étage inférieur (forêt de chêne), de sorte que le ruisseau, dans sa partie inférieure, traverse une zone culturelle, avec les prairies du type *Agrostidetum vulgaris*, et les champs cultivés.

Etant donné la pente générale, bien qu'assez variable localement, le ruisseau Lisinski représente un cours d'eau rapide, à caractère torrentiel. Son débit varie considérablement au cours de l'année, avec le maximum en mai-juin, après la fonte des neiges et les pluies abondantes. Au cours de l'époque hivernale (novembre-avril), le ruisseau est en grande partie envahi par la neige. Le niveau le plus bas du cours atteint en été.

La nature du fond, bien qu'en général pierreux, change considérablement le long du profil du ruisseau (fig. 2). Aux endroits où la pente est la plus rapide, le lit du ruisseau, caractérisé par les gros blocs rocheux, le courant est entrecoupé d'une série de petites cascades, au fond desquelles l'eau devient moins rapide et permet une légère accumulation des cailloux et de sables, voire même un mince dépôt de vase. Le fond du tronçon inférieur, où la pente est moins rapide, est couvert de pierres moins grosses, de cailloux et de sables par place. C'est bien là que le lit atteint une largeur jusqu'à 5 m et la profondeur moyenne de 50—60 cm.

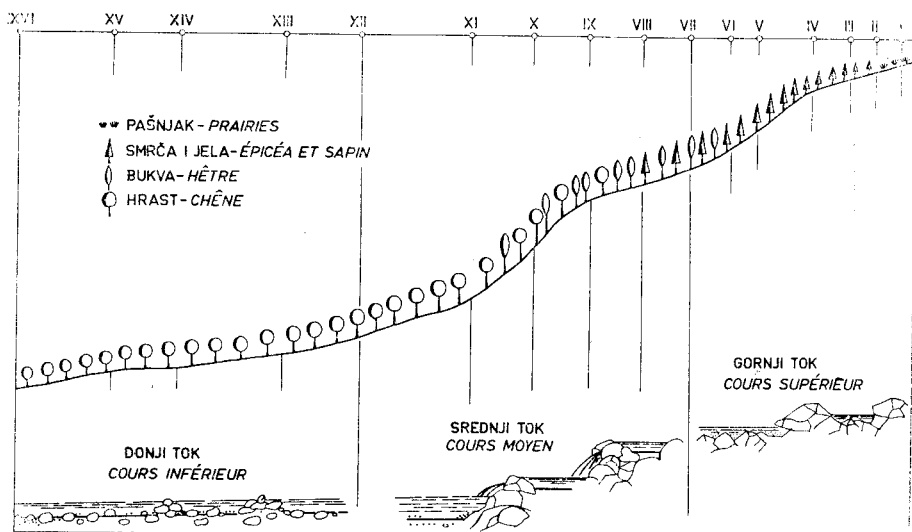


Fig. 2. Types successifs du lit du ruisseau Lisinski et les zones de végétations traversées

Smenjivanje tipova dna duž Lisinskog potoka

L'allure du courant est soumis à des changements incessants, selon la pente, la nature du fond et la saison de l'année. En été, la vitesse du courant varie, le long du profil, entre 55 et 160 cm/sec. Le moins rapide est le courant dans le tronçon inférieur du ruisseau, qui s'abaisse en moyenne à 66 cm/sec (fig. 3).

Thermique. — Abstraction faite des sources initiales très froides (5°C en moyenne), dont les variations thermiques au cours de l'année sont minimales (1,8—3°C) et ne dépendent presque pas des variations thermiques de l'air, les changements saisonniers de l'eau du ruisseau sont plus prononcés et subissent plus ou moins, l'influence des oscillations thermiques de l'air (fig. 4). Les oscillations saisonnières augmentent dans leur amplitude avec le gradient de l'altitude, de sorte que dans le tronçon inférieur du ruisseau l'amplitude de ces oscillations peut atteindre et même dépasser 20°C. Comme il était à s'y attendre, le minimum thermique de l'eau s'observe en hiver, le maximum en été (juillet-août). Néanmoins, les valeurs moyennes annuelles de toutes les stations illustrent bien le gradient thermique le long du profil du cours d'eau.

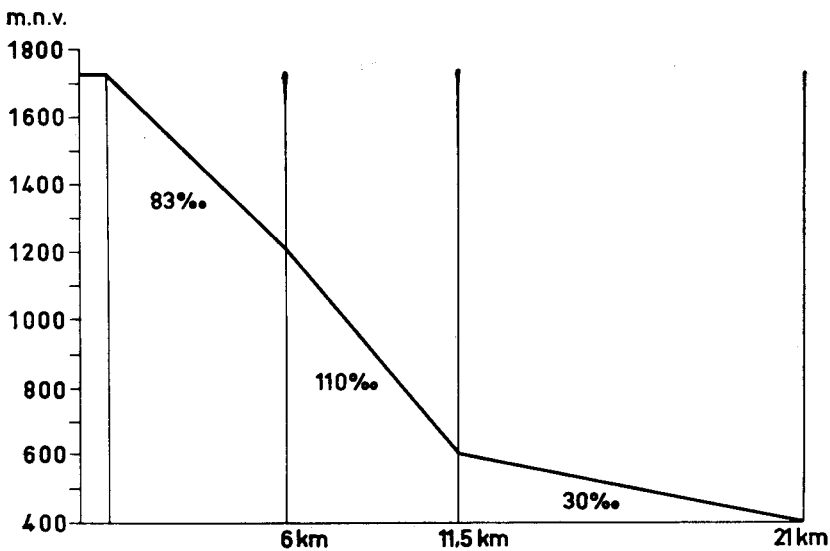


Fig. 3. Pente du lit du ruisseau Lisinski

Nagib potočnog korita Lisinskog potoka

Les oscillations thermiques diurnes sont en dépendance plus ou moins étroite des changements thermiques diurnes de l'air.

Chimisme. — On a poursuivi le régime annuel des gaz dissous (O_2 , CO_2 libre). Dans les sources initiales, le contenu en O_2 et en CO_2 dissous varie peu au cours de l'année ($O_2 = 8,5-10$ mg/1). Toutefois, dans l'eau des sources de basse altitude, qui sont en grande partie polluées par les influences anthropogéniques et dont les eaux se déversent dans le ruisseau étudié, contiennent des quantités bien réduites de l' O_2 dissous (0,75—1 mg/1) et, par contre, de très grandes quantités de CO_2 libre (plus de 80 mg/1).

Quant aux du ruisseau même, la teneur en O_2 dissous est suffisante (toujours au-dessus de 10 mg/1) et cette en CO_2 libre ne dépasse pas 3 mg/1, sur le trajet entier du cours d'eau.

Le tableau 1 donne une idée sur les particularités chimiques des eaux du ruisseau étudié, à l'époque estivale.

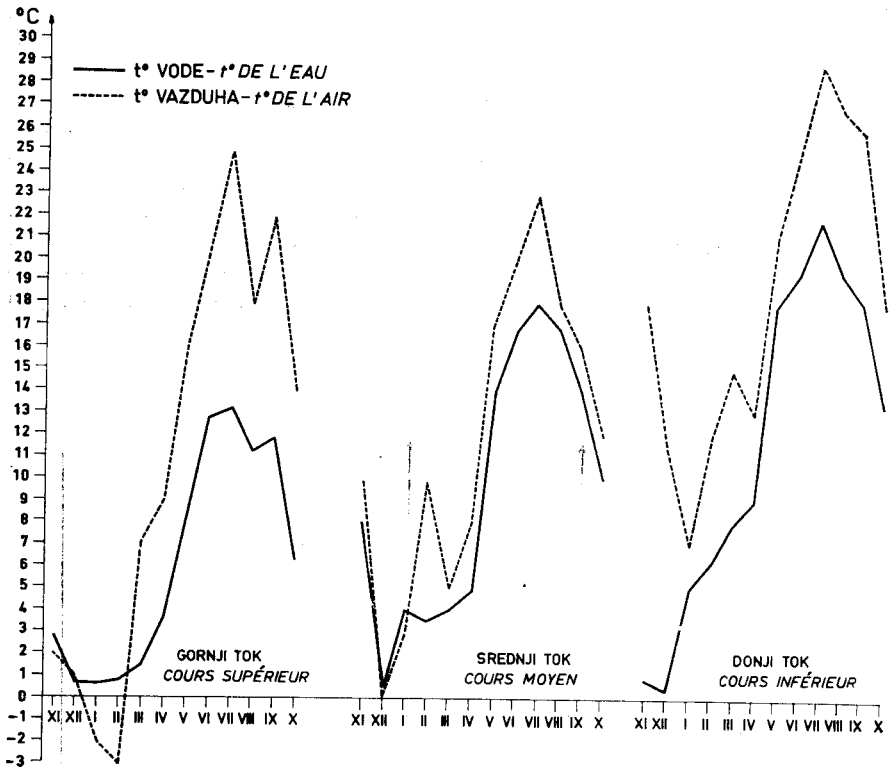


Fig. 4. Valeurs moyennes mensuelles de la température de l'eau et de l'air dans les différentes zones du ruisseau Lisinski

Srednje mesečne vrednosti t° vode i vazduha u pojedinim odsecima Lisinskog potoka

Tab. 1. — Composition chimique de l'eau du ruisseau Lisinski juillet 1962.

	cours sup. st. IV et st. VI	15°C	cours moy. st. XII	16°C	cours inf. st. XVI	23°C
T°C de l'eau	12°C	15°C	16°C	16°C	23°C	23°C
O ₂ mg/l	8,96	8,12	8,78	8,78	11,09	11,09
pH	6,1	6,1	6,9	6,9	8,45	8,45
CO ₂ mg/l	2,22	1,61	4,03	4,03	4,35	4,35
alcalinité mval/l	0,4	0,6	1,59	1,59	4,78	4,78
dureté totale dH ⁰	1,68	1,68	2,52	2,52	13,44	13,44
résidu sec (105°) mg/l	62,00	98,00	136,00	136,00	290,00	290,00
SiO ₂ mg/l	8,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00
Ca mg/l	8,00	8,00	14,00	14,00	44,00	44,00
Mg mg/l	2,43	2,43	10,94	10,94	31,20	31,20
HCO ₃ mg/l	24,10	36,60	96,99	96,99	280,60	280,60
SO ₄ mg/l	—	—	24,66	24,66	55,07	55,07
NO ₃ mg/l	—	0,25	0,60	0,60	0,70	0,70

A noter les changements de la teneur en électrolytes dissous depuis le cours supérieur jusqu'à l'embouchure. Le résidu sec augmente de 62 mg/l (cours supérieur) à 290 mg/l (cours inférieur), et la valeur du pH monte de 6,1 à 8,45. Pour les détails des autres changements chimiques le long du cours d'eau, v. le tableau I.

A noter la faible teneur en électrolytes de l'eau des sources initiales (23,79 mg/l HCO_3 , alcalinité 0,59 mv/l), qui prennent naissance sur le terrain granitique. La réaction de l'eau de ces sources est légèrement acide (pH = 6,1).

Par contre, dans les sources basses, dont les eaux se déversent dans le ruisseau, la teneur en bicarbonates atteint la valeur de 377—450 mg/l, pendant que la réaction de l'eau est au-dessus du point neutre (pH = 7,20—7,36).

On constate donc que les facteurs physiographiques du cours d'eau étudié (pente, débit, vitesse du courant, thermique chimisme et autres) suivent, le long du profil, des modifications successives, un gradient plus ou moins continu en ce qui concerne leur valeur moyenne et l'amplitude des variations saisonnières. Mais cependant cette continuité est localement interrompue à la suite de la variation accidentelle de la pente, de la nature du substratum géologique et surtout de l'augmentation de la masse d'eau grâce à l'apport des affluents. C'est ainsi qu'une source située à l'altitude de 750 m et prenant naissance sur le terrain de serpentine, déverse dans le ruisseau ses eaux bien plus riches en Mg (60,6 mg/l), en sulfates (55,9 mg/l SO_4) et à réaction franchement alcaline (pH = 7,30—7,88).

Toutes ces variations du gradient des facteurs écologiques permettent de distinguer, le long du ruisseau étudié, quatre zones successives, montrant chacune ses propres particularités physiographiques distinctes, à savoir:

1. *Zone de sources.* — Physiographiquement, cette zone se distingue nettement de toutes les autres zones. Les deux sources principales, situées au-dessus de la limite des forêts, au voisinage des tourbières à *Sphagnum*, sont du type rhéocrène et leurs eaux s'écoulent lentement en formant la partie initiale du ruisseau. Leur température est basse et varie de 4 à 7°C. Résidu sec faible, alcalinité 0,59 mval/l HCO_3 , valeur de pH au-dessous du point neutre (6 en moyenne).

2. *Zone supérieure.* — Elle s'étend depuis la station II jusqu'à la station VIII. La largeur du lit ne dépasse pas 1,5 m, la profondeur de l'eau jusqu'à 20 cm. Substratum géologique granitique. Fond du lit pierreux, envahie en partie par les mousses. Pente moyenne 83%, vitesse du courant varie de 30 à 80 cm/sec. Zone traverse la forêt d'épicéa (*Picea excelsa*). Amplitude de la température de l'eau environ 14°C. Résidu total 62—98 mg/l. Réaction de l'eau au-dessous du point neutre (pH = 6,5).

3. *Zone moyenne.* — S'étend entre les stations IX et XII, sur une longueur de 5 km. Substratum géologique serpentine et andésite. Largeur du lit jusqu'à 2,5 m, profondeur, par places, jusqu'à 2 m même. Fond du lit pierreux comprenant les blocs de pierres et par places, les gros cailloux. A la station XI, le ruisseau reçoit l'affluent principal (ruisseau de Barska) et depuis le confluent le ruisseau s'engage dans une étroite gorge d'une longueur de 3 km. La pente moyenne atteint 110% et la vitesse du courant, entrecoupé de petites cascades, varie entre 80 et 170 cm/sec. L'amplitude saisonnière de la température est plus grande et oscille jusqu'à 19°C. Résidu sec monte à

136 mg/l. La réaction de l'eau s'approche du point neutre (pH = 6,8). Cette zone traverse la forêt mixte de hêtre.

4. *Zone inférieure.* — Elle occupe le tronçon inférieur du ruisseau depuis la station XIII jusqu'à l'embouchure, sur une longueur de 9 km. Substratum géologique andésite et dacite. Largeur moyenne du lit 3,5 m avec une profondeur de 60—70 cm. Fond du lit couvert principalement de gros cailloux. La pente est bien moins rapide (30%) et la vitesse du courant est de 50 cm/sec. exceptionnellement jusqu'à 135 cm/sec. Amplitude de la température au cours de l'année plus grande, jusqu'à 20—23°C. Résidu sec 290 mg/l (Station XVI). Réaction de l'eau alcaline (pH = 8,4).

La zone inférieure arrose une région culturelle (champs cultivés et prairies du type *Agrostidetum vulgaris*).

VÉGÉTATION AQUATIQUE

Elle est en général bien pauvre avec mousses comme dominantes. Dans les sources initiales, on a constaté les espèces de *Mnium* (*undulatum*, *subglobosum*, *punctatum*) et de quelques autres genres (*Pellia*, *Philonotis*, *Drepanocladus*, *Climacium* *Bryum*, *Eurynchium*, *Sphagnum*). Dans la zone supérieure on observe surtout plusieurs espèces de *Mnium*, ainsi que les espèces *Philonotis fontana* et *Drepanocladus fluitans*, dont les touffes couvrent les pierres du fond. Dans les autres zones du ruisseau, les espèces *Climacium dendroides*, *Pellia epiphylla*, sont les plus fréquentes, de même que les touffes de *Sphagnum*.

Parmi les algues, ce sont surtout les espèces benthiques de Diatomées (*Comphonema*, *Cymbella*, *Pinnularia*) qu'on observe sur le fond des sources initiales. A noter la présence de l'espèce *Diatoma hiemale*, forme habitant les sources froides nordiques et alpines, ainsi que l'espèce *Cosmarium formosum*, qui habite normalement les tourbières à *Sphagnum*.

Les macrophytes aquatiques ne sont pas observées dans le ruisseau même, sauf dans les sources basses, telles *Veronica*, *Phragmites* et *Thypha*.

COMPOSITION ET STRUCTURE BIOCÉNOTIQUE DU PEUPLEMENT

Il s'ensuit de l'étude des facteurs abiotiques exposée plus haut, que le ruisseau Lisinski se laisse bien diviser en plusieurs zones physiographiques successives le long du profil, caractérisée chacune par la physionomie physiographique distincte. Il reste maintenant à examiner la composition et la structure biocénotique du peuplement du cours d'eau et d'établir les rapports existant entre la zonation physiographique du biotope d'une part, la composition et la structure biocénotique du monde vivant peuplant les différentes zones du biotope de l'autre part. Il s'agit en réalité non seulement d'étudier la répartition zonale des différentes espèces aquatiques le long du cours d'eau, mais en même temps de procéder à une analyse biocénotique du peuplement dans son ensemble et d'établir les complexes cénotiques caractérisant les différentes parties du biotope, afin d'arriver en dernière ligne, à une division biocénotique en accord avec la zonation physiographique.

Une pareille analyse biocénologique a été tentée par plusieurs auteurs, surtout en Allemagne (Illies, 1951—1953; Schmitz, 1957; Illies et Botoșaneanu, 1963), sur les petites eaux courantes peuplées par les Salmonides.

Dans le présent, travail, on s'est également décidé de procéder à une telle analyse et d'y appliquer la méthode statistique élaborée par Illies (1953) et dont il s'est servi, en étudiant le ruisseau Fulda (Allemagne) pour réaliser la division biocénotique de ce cours d'eau, à la base de la succession zonale des complexes cénotiques le long du cours d'eau.

Pour l'analyse biocénotique du peuplement du ruisseau Lisinski, on a utilisé comme base les riches matériaux faunistiques se rapportant aux groupes animaux d'Ephéméroptères, de Plécoptères, et de Trichoptères, mieux étudiés systématiquement.

L'application de la méthode statistique exige l'établissement des listes faunistiques pour chaque station de ruisseau à la base des prélèvements mensuels au cours de plusieurs années. En établissant le nombre total d'espèces présentes dans chaque station, on cherche ensuite à préciser le nombre d'espèces de chaque station, qui se répètent dans chacune des autres stations du biotope.

TAČKE

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
I	19	18	18	18	16	16	16	16	12	9	9	9	7	7
II	17	22	22	21	19	19	17	16	13	10	10	9	7	7
III	18	26	30	29	27	26	26	25	16	11	11	11	10	8
IV	18	21	26	30	30	29	29	27	18	13	12	12	10	9
V	16	19	27	30	39	38	37	31	22	16	14	12	11	10
VI	16	19	26	29	38	47	45	42	25	18	16	16	13	12
VII	16	19	26	29	37	45	48	45	27	20	20	17	15	13
VIII	16	17	24	28	32	41	45	46	28	21	19	19	16	14
XI	13	14	16	18	21	25	27	28	34	27	24	24	21	19
XII	9	10	11	13	15	18	20	21	26	32	26	26	22	19
XIII	9	10	11	12	14	16	18	19	24	27	30	26	23	19
XIV	9	10	11	12	14	16	18	19	24	25	27	29	25	19
XV	7	8	9	10	10	12	14	16	19	22	23	24	27	22
XVI	7	8	8	9	10	12	13	14	19	19	19	19	22	23

Fig. 5. Tableau statistique de l'analyse biocénotique du ruisseau Lisinski (stations successives I—XVI)

Statistička tablica rasporeda vrsta po tačkama

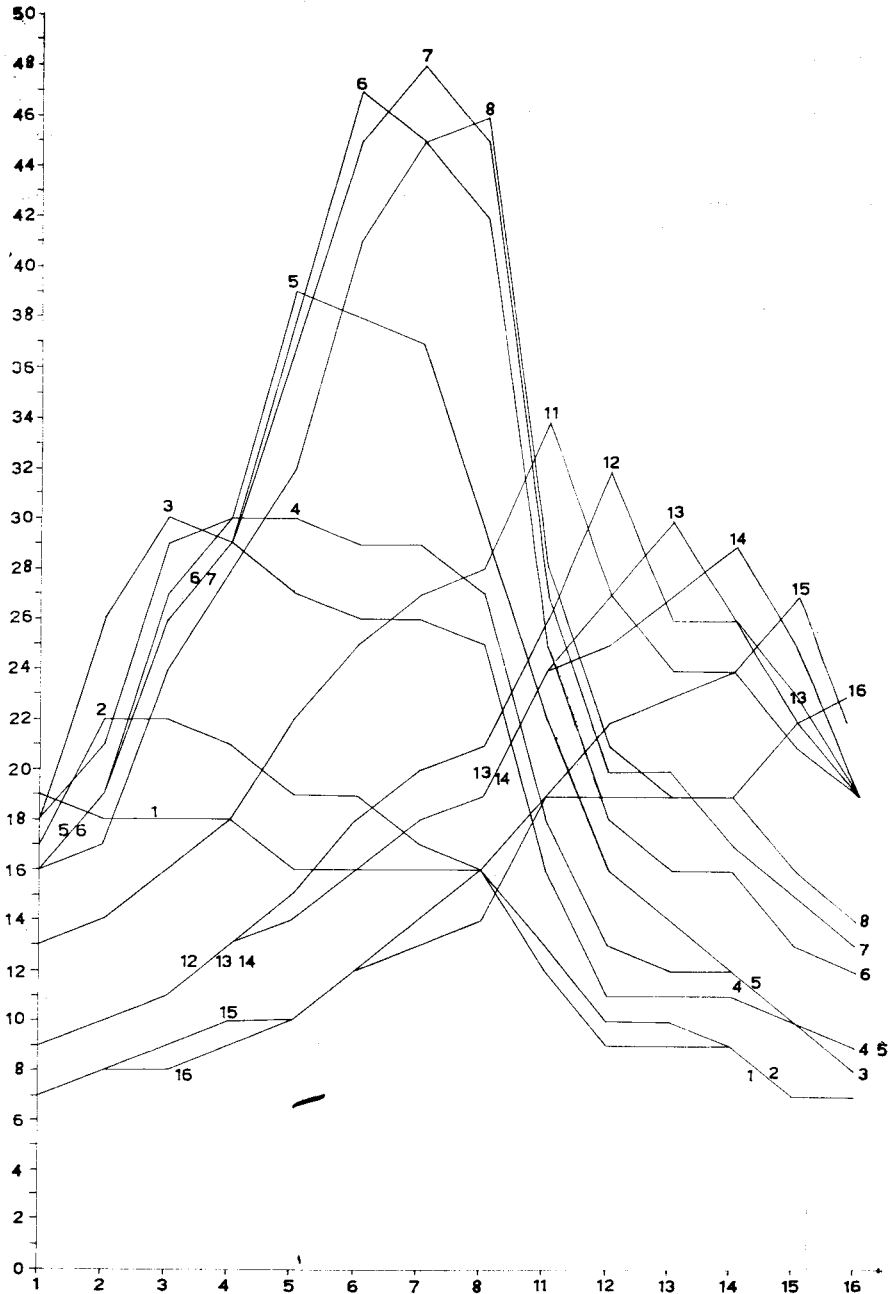


Fig. 6. Courbes représentant la composition biocénétique du ruisseau Lisinski entre les stations I et XVI

Krivulje koje ilustruju specifičan sastav naselja Lisinskog potoka na uzastopnim ispitivanim tačkama

Ainsi construites, les listes faunistiques de toutes les stations représentant la combinaison d'espèces de chaque station et leur distribution dans les autres stations, on obtient les séries distinctes exprimant les résultats de l'analyse biocénotique (fig. 5). Ces séries se laissent représenter sous la forme des courbes dans le système de coordonnées (fig. 6), qui illustrent la structure biocénotique du peuplement du cours d'eau. Un tel tableau statistique, resp. le système graphique de courbes, permet d'examiner de plus près la structure biocénotique du peuplement du ruisseau, d'établir les complexes cénotiques, resp. les zones biocénotiques, leur nombre et étendue, ainsi que leur rapports avec les zones physiographiques du biotope.

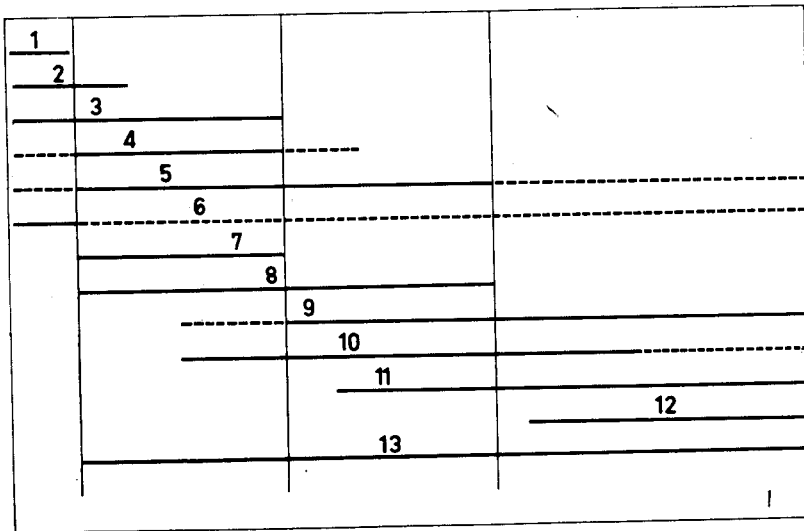


Fig. 7. Types de répartition des groupes d'espèces suivant les différentes zones du ruisseau Lisinski (ligne pleine = espèces abondantes; en pointillé = espèces moins abondantes)

Sema tipova raspostranjena grupa vrsta po pojedinim zonama duž Lisinskog potoka (puna linija — abundantne vrste; isprekidana linija — vrste manje abundantne)

Préalablement, on a établi les principaux types schématiques de distribution le long du cours d'eau, des groupes d'espèces des Ephémérides, des Plécoptères et des Trichoptères observées (fig. 7, ligne pleine = espèces abondantes, en pointillé = espèces moins abondantes). On peut distinguer:

a) espèces sténotopes (types de distribution 1, 2, 2, 4 et 7 du diagramme 7). Au groupe 1) appartient l'espèce *Arcynopteryx compacta*, limitée exclusivement à la zone des sources (forme crénobionte); groupe 2) comprend les espèces *Ameletus inopinatus* et *Thremma anomalum*, en principe crénobiontes, mais pénétrant en partie dans la zone supérieure du ruisseau; au groupe 3) appartiennent les espèces *Capnia vidua*, *Parla marginata*, *Wormaldia occipitalis* et *Drusus sp.*, limitées aux zones des sources et de la partie supérieure du ruisseau; groupe 4) comprend les espèces *Habroleptoides modesta*, *Rhyacophyla sp.* et *Stenophylax sp.* limitées principalement à la zone supérieure du ruisseau; enfin au type 7) appartiennent les espèces *Ecdyonurus eperides* *Chitonophora unicolorata*, *Taeniopteryx hubaulti*, *Chloroperla*

sp., *Beraea articularis*, *Rhyacophyla gr. torrentis*, *Grammotaulius atomarius*, *Chaetopteryx sp.*, *Halesus digitatus*, *Silo Graellsii varipilosa*, sont limitées à la zone supérieure du ruisseau.

b) les espèces moins sténotopes ou bien eurytopes et eurythermes appartiennent aux autres types de répartition et caractérisent avant tout les zones moyenne et inférieure du ruisseau (v. fig. 7).

Ces données sur la répartition des espèces animales citées plus haut donnent une idée sur les valences écologiques des habitants torrenticoles par rapport aux conditions écologiques réalisées dans les différentes parties zonales du ruisseau. Mais il est évident que ces données, relatives à des espèces caractéristiques et prises isolément, ne suffisent pas pour illustrer les changements de la composition et de la structure biocénotique le long du ruisseau et caractériser les complexes cénotiques se succédant d'une manière, en correspondance avec la succession des zones physiographiques du biotope.

Il était donc indispensable de procéder à une analyse biocénologique du peuplement du ruisseau Lisinski, dont les résultats — bien qu'ils se rapportent à une partie seulement de la faune d'insectes aquatiques, — sont résumés dans le tableau statistique 5, resp. le diagramme 6, dont on a expliqué la construction à la page précédente.

En examinant le diagramme 6, on constate que les courbes représentant les séries faunistiques qui caractérisent les 16 stations étudiées du cours d'eau, se groupent en plusieurs «essaims» distincts. Ainsi les courbes 1 et 2, par l'allure de leur branches descendantes qui vont parallèles et même se touchent dans leur parties terminales, se distinguent bien des autres courbes. Leur sommets sont moins élevés que ceux des autres courbes (nombre total d'espèces moins grand). Ceci est facile à comprendre quand on prend en considération que le peuplement des sources se distingue par une composition toute particulière et forme un complexe cénotique distinct. Il en paraît de même avec la partie initiale du cours supérieur du ruisseau. Il est toutefois à remarquer que le peuplement des sources n'est sans doute pas suffisamment exploré, surtout en ce qui concerne les autres groupes faunistiques et que la courbe 1 demanderait à être corrigée.

L'essaim de courbes 5—8 se caractérise par les sommets élevés, ce qui illustre l'accroissement du nombre total d'espèces à la suite de l'apparition de nouvelles espèces qui faisaient défaut dans les stations précédentes. Les branches ascendantes et descendantes de ces courbes, abruptes et parallèles, illustrent la marche du nombre d'espèces communes avec les stations précédentes, resp. suivantes, en même temps que leur appartenance au même complexe cénotique.

Les courbes 11 et 12, par leur allure, se distinguent des courbes précédentes. Leurs sommets sont bien moins élevés (nombre total d'espèces moins grand), et la marche de leurs branches est semblable. Ces deux stations appartiennent à la zone physiographique moyenne du ruisseau. Toutefois, la courbe 12 se rapproche, par son allure, à la courbe 13, qui correspond à la station initiale de la zone inférieure du ruisseau.

Enfin, les courbes 13—16 forment également un «essaim» distinct. Leurs sommets montrent la diminution progressive du nombre total d'espèces des stations correspondantes. Leurs branches ascendantes se rapprochent ou

même se touchent en partie, pendant que les branches descendantes vont parallèles.

L'analyse du diagramme 2 montre qu'il est possible de distinguer 4 groupes distincts de courbes qui illustrent la structure biocénotique des stations correspondantes et permettent de diviser le peuplement du ruisseau Lisinski en 4 zones biocénotiques particulières: 1) *zone de sources*, 2) *zone supérieure*, 3) *zone moyenne* et 4) *zone inférieure*, dont chacune est caractérisée par une combinaison distincte d'espèces, par un complexe cénotique à part. Il est à souligner que ces zones biocénotiques correspondent en principe aux zones physiographiques, ce qui illustre la dépendance étroite de la structure biocénotique peuplement, des particularités physiographiques du biotope. En suivant le profil en long du ruisseau, la limite de la zone de sources se trouve entre les stations I et II; la zone supérieure finit derrière la station VIII; la zone moyenne comprend les stations IX—XII; et enfin la zone inférieure se place au niveau des stations XIII à XVI. La zone de

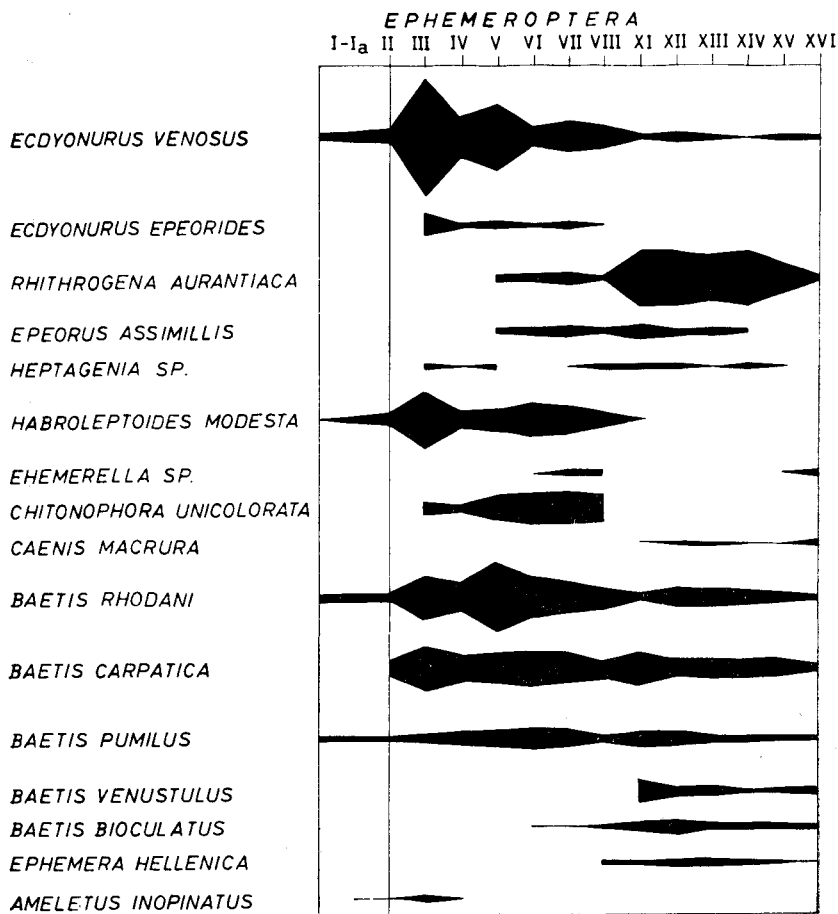


Fig. 8. Repartition des Ephéméroptères dans le ruisseau Lisinski
 Rasprostranjenje vrsta Ephemeroptera duž Lisinskog potoka

sources considérée à part, le peuplement du ruisseau, qui représente un cours d'eau salmonicole typique, comprend donc trois complexes végétaux distincts, qui forme sa biocénose.

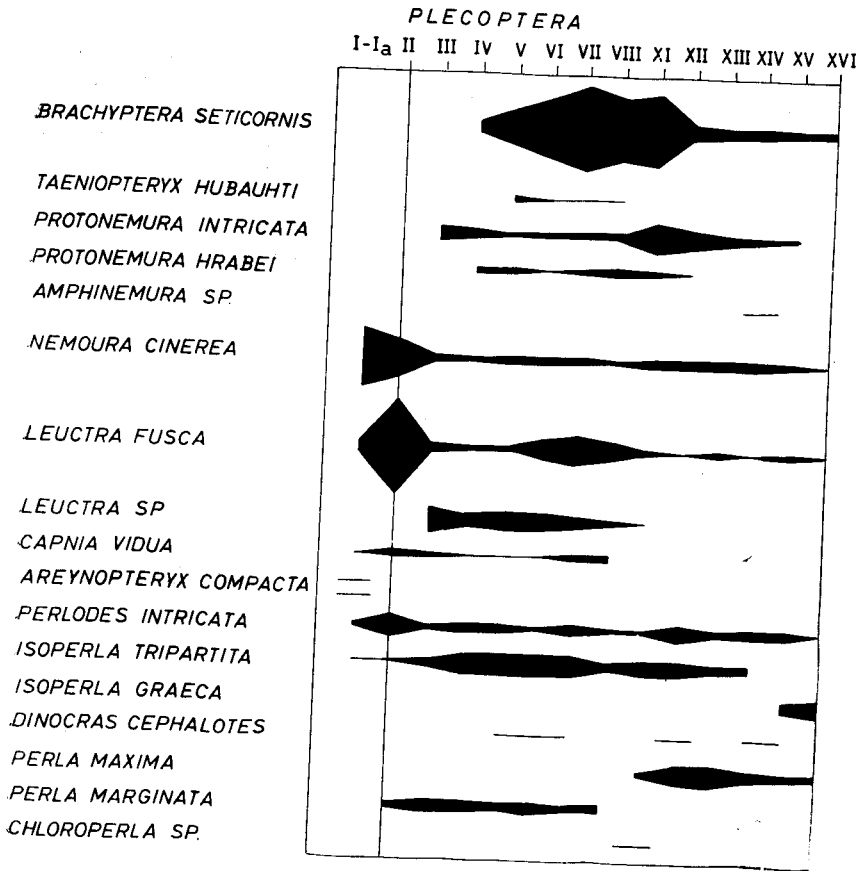


Fig. 9. Répartition des Plécoptères dans le ruisseau Lisinski
 Rasprostranjenje vrsta Plecoptera duž Lisinskog potoka

A des résultats analogues est arrivé aussi Illies (1953) dans son étude sur le cours d'eau salmonicole Fulda, en appliquant la même méthode statistique à l'analyse biocénotique de ce cours d'eau de l'Europe Centrale.

Il est cependant à observer que les limites entre les zones biocénotiques du ruisseau Lisinski ne paraissent pas tout à fait nettes. Ainsi, par exemple, l'allure des courbes 1 et 2 qui correspondent aux stations I (sources) et II (commencement de la zone supérieure) est bien semblable, de sorte que la limite entre elles n'est pas claire. Il en est de même avec la limite entre les zones supérieure et moyenne, les matériaux des stations IX et X étant incomplets (difficultés techniques des prélèvements faunistiques à l'époque hivernale). Enfin, n'est pas bien claire la limite entre les zones moyenne et inférieure, la courbe 12 (zone moyenne) étant, par

son allure, très semblable à la courbe 13 (commencement de la zone inférieure).

Néanmoins l'analyse statistique montre qu'une division biocénotique du ruisseau étudié en quatre complexes cénotiques successives est bien réelle et que chacun de ces complexes est caractérisé par l'ensemble d'espèces qui entre dans sa composition.

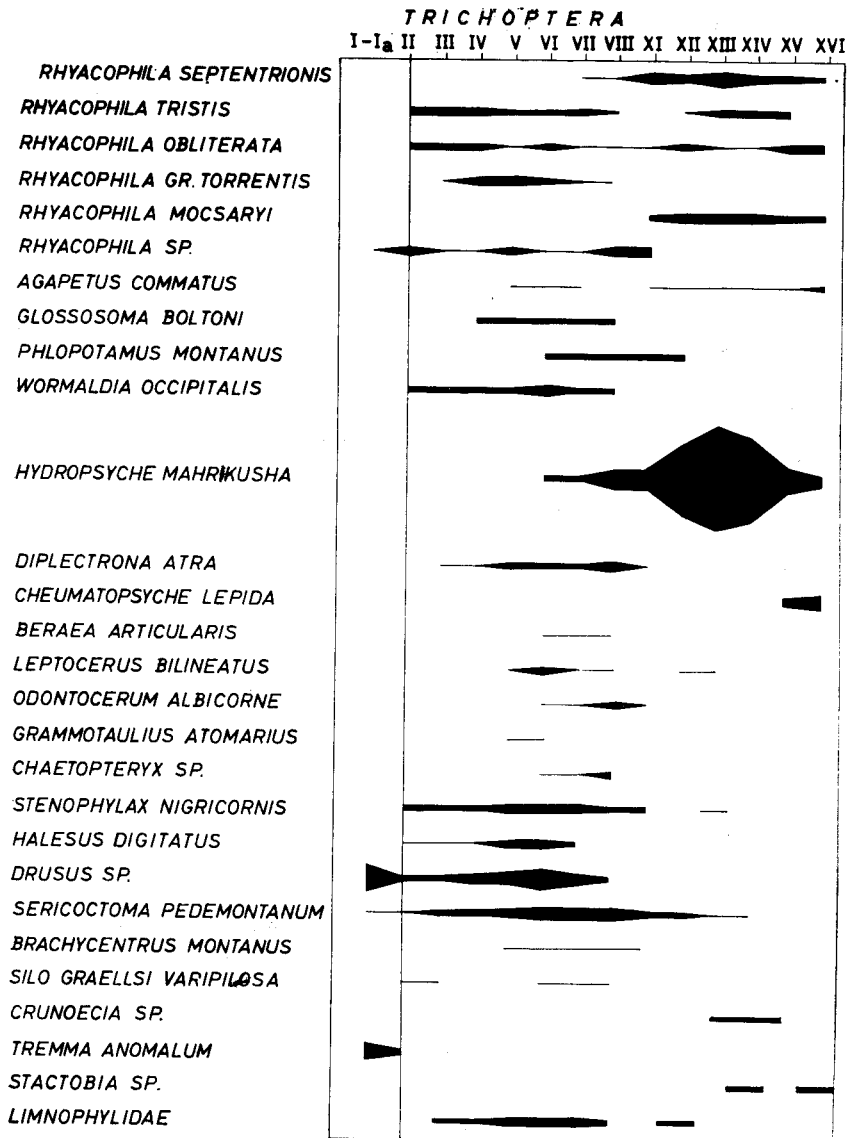


Fig. 10. Répartition des Trichoptères dans le ruisseau Lisinski
 Rasprostranjenje vrsta Trichoptera duž Lisinskog potoka

Il reste maintenant à examiner de plus près la structure des différentes zones biocénétiques du ruisseau Lisinski, à la base des prélèvements quantitatifs mensuels.

1. Zone de sources

Les sources initiales du ruisseau Lisinski sont situées à une altitude élevée, dépassant 1700 m et au-dessus de la limite des forêts. Deux principales parmi elles en ont été étudiées de plus près quant à leur peuplement. À côté des espèces des Ephéméroptères, des Plécoptères et des Trichoptères, on a analysé l'abondance relative des autres groupes animaux aquatiques peuplant les sources étudiées. En voici les résultats:

Amphipodes	38%
Ephéméroptères	8%
Plécoptères	7%
Trichoptères	11%
Diptères	25%
Coléoptères	4%
Hydracariens	0,70%
Mollusques	2,70%
Triclades	2,10%
autres groupes	1,50%

Six espèces d'Ephéméroptères ont été observées dans les sources étudiées, à savoir:

- Baetis carpatica* (26,2%)¹⁾
- Ecdyonurus venosus* (23,9%)
- Baetis rhodani* (18,2%)
- Habroleptoides modesta* (16,5%)
- Baetis pumilus* (13,0%)
- Ameletus inopinatus* (3,2%)

Toutes ces espèces habitent les eaux froides élevées; elles pénètrent du cours supérieur du ruisseau même dans les sources. Aucune de ces espèces n'est crénobionte ni franchement crénophile.

D'après I k o m o n o v (1959), dans les sources de montagne en Macédoine on n'a trouvé aucune espèce spécifique d'Ephéméroptères. Les espèces les plus fréquentes observées dans ces sources sont *Habroleptoides modesta* et *Baetis rhodani*. Dans les sources du ruisseau Katušnica (W de la Serbie), les Ephéméroptères font défaut (Filipović, 1954), et il en est de même avec les nombreuses sources du Nord de l'Allemagne (Thiennann, 1926). Dans les sources du cours d'eau Mölle (Allemagne) on n'a constaté que les espèces *Ecdyonurus venosus* et *Habroleptoides modesta* (Illies, 1952).

Dans les sources de Lisinski se sont les espèces *Baetis carpatica* et *Ecdyonurus venosus* qui par le degré d'abondance dominant parmi les Ephéméroptères (au-dessus de 20%).

¹⁾ Chiffres entre parenthèses donnent l'abondance relative exprimée en % de l'abondance du groupe entier.

Parmi les Plécoptères, on a observé dans les sources étudiées:

- Nemoura cinerea* (40,4%)
- Arcynopteryx compacta* (26,2%)
- Leuctra fusca* (20,2%)
- Perlodes intricata* (6,3%)
- Isoperla tripartita* (3,7%)
- Capnia vidua* (3,1%)

Ce sont également habitants des eaux froides de haute altitude. *Arcynopteryx compacta* est une espèce boréale crénobionte typique, connue des sources froides de la Scandinavie et de l'Europe Centrale, mais absente dans les Alpes. Dans notre pays, elle a été pour la première fois constatée dans les sources froides du massif de Korab (Macédonie occidentale; Brinck, 1949).

Enfin, parmi des Trichoptères on a trouvé dans les sources de Lisinski:

- Drusus sp.* (30,2%)
- Thremma anomalum* (20,2%)
- Stenophylax sp.* (7,5%)
- Rhyacophyla sp.* (5,1%)
- Sericostoma pedemontanum* (4,3%)
- Wormaldia occipitalis* (2,2%)

Les deux premières espèces sont à désigner comme crénophyles. En même temps, l'espèce *Thremma anomalum* est biogéographiquement intéressante. C'est une forme méditerranéenne stenotherme des eaux froides, dont la limite septentrionale de répartition s'arrête à la région balkanique. Elle a été observée jusqu'à présent dans les eaux de la Grèce, de la Yougoslavie et des Carpates orientales: Ses larves et nymphes ont été pour la première fois décrites par Stanković (1932) sur les matériaux yougoslaves.

Les autres espèces citées sont habitants typiques des eaux froides de montagne.

Élément important du peuplement des sources étudiées est la sous-espèce d'Amphipodes *Gammarus (Rivulogammarus) pulex fossarum*, qui domine par son abondance. C'est une forme franchement sténotherme de *G. pulex*, dont le centre de répartition se trouve dans les Alpes. Elle habite ici les touffes de mousses des sources.

Les représentants des autres groupes animaux observés dans les sources étudiées ne sont pas déterminés. Parmi les Diptères qui par leur abondance représentent un élément important de la faune des sources, on a observé certaines espèces de *Dicranota*, *Atherix*, *Atalanta*, *Tipula*, *Hemerodromia* et surtout de Chironomides (genres *Procladius*, *Tanytarsus*, *Ablabesmyia*, *Orthocladius*).

Les Coléoptères aquatiques *Lathelmis perrisi*, *Hydraena gracilis* et souvent aussi *Hydrobius fuscipes*, sont trouvés dans les sources.

Les Hydracariens sont représentés par les espèces non déterminées appartenant aux genres *Lebertia*, *Sperchon* et *Panisus*.

Parmi les Mollusques ce sont les espèces *Stagnicola palustris*, *Galba truncatula* et *Sphaerium corneum* qui habitent les sources de Lisinski.

A noter la présence dans ces sources de Triclade *Planaira gonocephala*. Les sources et la zone supérieure des ruisseaux du massif de Kopaonik sont

normalent habités par l'espèce *Crenobia montenigrina* (Goergević, 1912) et l'espèce *Pl. gonocephala* est en principe limitée aux sources et ruisseaux des altitudes moins élevées. Ce n'est qu'exceptionnellement que cette dernière espèce remonte jusqu'aux sources de haute altitude.

La faune des cources moins élevés, dont les eaux se déversent dans le ruisseau Lisinski, n'est pas étudiée de plus près. Ce n'est que dans la source située à 750 m qu'on observe encore la présence de *Gammarus pulex fossarum*. Dans cette même source on a trouvé parmi des Trichoptères, à côté des espèces *Thremma anomalum* et *Sericostoma pedemontanum*, encore un représentant du genre *Helicopsyche*, dont la présence n'était point signalée dans les eaux yougoslaves.

Les sources plus basses (alt. 420—520 m) se caractérisent par la présence de l'espèce d'Amphipode *Gammarus (R.) balcanicus* et par l'absence d'Ephéméroptères et de Plécoptères.

2. Zone supérieure

Parmi les particularités physiographiques de cette zone il faut souligner avant tout l'amplitude moins grande des variations saisonnières du débit et de la température de l'eau, la vitesse moins grande du courant que dans la zone moyenne, la pauvreté en électrolytes dissous, la richesse en O₂. Le fond du lit, bien que pierreux, est de l'aspect assez variable et différencié en plusieurs microbiotopes, tels les grosses pierres et les petites cascades au fond desquelles s'accumulent les petits dépôts de cailloux et se ralentit le courant d'eau, les petits dépôts de sables et de vase près des bords, les touffes de mousses sur les pierres.

Les groupes suivants, avec le pourcentage de l'abondance relative, sont représentés dans cette zone:

Amphipodes	7%
Ephéméroptères	28%
Plécoptères	18%
Trichoptères	9%
Diptères	16%
Coléoptères	15%
autres groupes	7%

On a trouvé en tout 53 espèces parmi les Ephéméroptères (14) les Plécoptères (13) et les Trichoptères (27), dont on a établi le degré de l'abondance. Parmi toutes ces espèces, il y en a 31 qui sont sténothermes d'eau froides et polyoxybiontes. Elles habitent le fond des pierres ou les touffes de mousses, à l'exception de l'espèce *Drusus sp.* qu'on trouve de préférence sur les points vaseux près des bords.

Les espèces suivantes sont à citer comme abondantes:

<i>Ecdyonurus venosus</i>	<i>Perla marginata</i>
<i>Baetis rhodani</i>	<i>Isoperla tripartita</i>
<i>Habroleptoides modesta</i>	<i>Drusus sp.</i>
<i>Baetis carpatica</i>	<i>Sericostoma pedemontanum</i>
<i>Chitonophora unicolorata</i>	<i>Stenophylax sp.</i>
<i>Brachyptera seticornis</i>	<i>Rhyacophyla sp.</i>
<i>Leutkra sp.</i>	<i>Limnophilidae sp. sp.</i>

Parmi ces espèces, *Ecdyonurus venosus* et *Brachyptera seticornis* se distinguent par leur abondance relative plus grande que dans les autres zones du ruisseau. La première espèce est eurytherme et rhéophile, surtout abondante à l'époque estivale. C'est une forme qui habite les endroits à courant rapide, se plaçant sur les côtés de la pierre ou dans les échancrures étroites, tout en évitant le contact direct avec le courant rapide. Cette espèce est phyto-, resp. detritophage.

Quant à la seconde espèce, *Brachyptera seticornis*, elle est également oligosténotherme qu'on observe souvent sur le débris fin couvrant les pierres, et dont les jeunes stades vivent parmi les mousses. Elle se nourrit d'algues.

La zone supérieure héberge un bon nombre d'espèces caractéristiques, surtout parmi les Trichoptères, dont la répartition est limitée à cette zone. Ce sont:

<i>Ecdyonurus zpeorides</i>	<i>Wormaldia occipitalis</i>
<i>Ameletus inoprinatus</i>	<i>Peraea articularis</i>
<i>Chitonophora unicolorata</i>	<i>Grammotaulius atomarius</i>
<i>Taeniopteryx hubaulti</i>	<i>Chaetopteryx sp.</i>
<i>Capnia vidua</i>	<i>Rhyacophila gr. torrentis</i>
<i>Perla marginata</i>	<i>Halesus digitatus</i>
<i>Chloroperla sp.</i>	<i>Adicella filicornis</i>
<i>Drusus sp.</i>	

Toutes ces espèces caractéristiques sont oligosténothermes. Deux seulement parmi elles, *Wormaldia occipitalis* et *Perla marginata*, sont en été plus abondantes qu'en hiver.

L'espèce citée ici comme *Chaetopteryx sp.* est très probablement identique avec la nouvelle espèce *Ch. stankovići*, dernièrement décrite (Marinković, 1965).

Le peuplement de cette zone se distingue assez du peuplement des sources et représente un complexe cénotique distinct.

3. Zone moyenne

Elle est caractérisée par la pente moyenne plus rapide que la zone précédente. Les petites cascades se succèdent tout le long de cette zone et les blocs de pierres surgissent en grande partie en dehors de l'eau, surtout à l'époque des basses eaux. Les mousses sont développées surtout aux endroits où une mince traînée d'eau recouvre le substratum rocheux. La profondeur de l'eau varie et au fond des cascade s'accumulent de petits dépôts de gravier et de débris. Cette zone se termine par une gorge étroite. Les oscillations thermiques sont ici plus grandes que dans la zone précédente et l'eau est riche en O₂ dissous.

Voici la composition de la faune de cette zone (abondance relative en %):

Amphipodes	4%
Ephéméroptères	32%
Plécoptères	25%
Trichoptères	12%
Diptères	21%

Coléoptères	4%
autres groupes	2%

Le nombre total d'espèces observées parmi les Epheméroptères (12), les Plécoptères (10) et Trichoptères s'élève à 40.

Parmi ces espèces il n'y en a point dont la répartition soit limitée à cette zone. Cependant, on peut distinguer les espèces qui atteignent le degré de l'abondance le plus élevé dans cette zone. Ce sont:

Protonemura intricata
Dinocras cephalotes
Hydropsyche mahrkusha
Rithrogena aurantiaca
Baetis rhodani
Perla maxima

Toutes ces espèces sont eurythermes. *Rithrogena aurantiaca* est une forme adaptée au courant rapide et vit à la surface des pierres, à l'exemple de *Baetis rhodani*. Ces deux espèces sont phytophages. *Hydropsyche mahrkusha* et *Perla maxima* se tiennent sur les côtés ou au-dessous des pierres, pendant que *Protonemura* cherche l'abri parmi les mousses. *Hydropsyche* et *Protonemura* sont omnivores, pendant que *Perla maxima* est une espèce carnivore.

Parmi les 40 espèces observées des insectes aquatiques mentionnées, 15 en sont sténothermes. Parmi elles, il faut citer *Brachyptera seticornis*, qui est bien abondante pendant l'hiver. *Habroleptoides modesta* trouve la limite de répartition au commencement de cette zone. C'est parmi les Trichoptères qu'on trouve le plus grand nombre d'espèce sténothermes, mais dont l'abondance est bien modeste (espèces *Stenophylax sp.*, *Silo Graellsii varipilosa*, *Dipletrona atra* et certaines autres).

Comme dans la zone supérieure, le poisson dominant est ici aussi *Salmo trutta fario* L.

4. Zone inférieure

A la sortie de la gorge, le ruisseau Lisinski passe d'abord pendant 1 km par un fond rocheux, pour s'engager ensuite dans une région de prairies et de champs cultivés. Le lit est alors formé de pierres plus ou moins arrondies et souvent recouvertes par un dépôt d'alluvion et de détrit. La pente est moins rapide, le courant plus uniforme et les mousses plus éparées, cantonnées principalement le long des rives. L'amplitude des variations thermiques de l'eau plus grande, atteignant 20°C. L'eau est toujours riche en O₂ dissous. La teneur en électrolytes plus élevée.

Voici la composition générale de la faune de cette zone, avec les données sur l'abondance relative des différents groupes:

Amphipodes	2%
Epheméroptères	26%
Plécoptères	18%
Trichoptères	22%
Diptères	20%
Coléoptères	6%
autres groupes	6%

On a observé, au total, 36 espèces parmi les Ephéméroptères (12), Pléptères (10) et les Trichoptères (14).

Comme espèces dominantes, avec le haut degré de l'abondance, sont à noter:

Hydropsyche mahrkusha
Rhitrogena aurantiaca
Perla maxima

Toutes ces espèces sont eurythermes.

Espèces caractéristiques, observées dans cette zone seulement:

Isoperla graeca
Amphinemura sp.
Cheumatopsyche lepida
Stactobia sp.
Crunoecia sp.

Ces espèces sont eurythermes, omnivores ou phytophages.

Sur un total de 36 espèces des insectes aquatiques mentionnés, il n'y en a que 11 oligosténothermes. Ce sont les espèces qui sont plus abondantes en hiver seulement (*Brachyptera seticornis*, *Isoperla tripartita*, *Perlodes intricata*), ou bien participent peu dans le peuplement de cette zone.

Poisson dominant de cette zone: *Barbus meridionalis petenyi*. La Truite n'a été constatée que dans la partie initiale de cette zone.

Il est donc possible, à la base d'une analyse statistique qualitative et quantitative, du peuplement du ruisseau Lisinski, de procéder à la division biocénotique de ce cours d'eau de montagne, qui se baserait sur la distinction des groupements particuliers d'éléments faunistiques et sur leur répartition zonale le long du cours d'eau exploré. Il reste maintenant à soumettre à une discussion critique les données exposées dans ce travail, plus particulièrement la portée générale de la méthode statistique d'analyse biocénotique appliquée ici, les critères de délimitation des zones écologiques, enfin le caractère structurel des groupements faunistiques établis, étant donné qu'il s'agit d'un cours d'eau appartenant à une région géographique insuffisamment connue à cet égard et qui cependant se distingue par ses caractères régionaux et biogéographiques des autres parties de l'Europe.

DISCUSSION

Le présent travail est un des premiers essais d'analyse biocénotique d'un cours d'eau de montagne en Serbie (Yougoslavie orientale). Ce type d'écosystème limniques, qu'on est convenu à juste titre de désigner comme Rhitron (Illies, 1953), est bien répandu dans les régions montagneuses de la Serbie et de toute la Yougoslavie, mais avec des caractères régionaux distincts. Le cours d'eau étudié, Lisinski, en est un exemple typique, avec les caractères principaux du Rhitron: pente élevée, courant rapide, débit d'eau modeste, lit pierreux, amplitude thermique annuelle en principe ne dépassant pas 20°C, eau riche en O₂ dissous, facteurs abiotiques principaux montrant un gradient net suivant le profil longitudinal, peuplement composé d'organismes plus ou moins oligosténothermes, rhéobiontes et polyoxybiontes, poisson principal la truite. Toutefois, les particularités régionales sont à souligner.

ner. Le grand massif montagneux de Kopaonik (SW de la Serbie) auquel appartient le ruisseau Lisinski, bien qu'il se trouve actuellement dans une zone de climat continental modéré, par son histoire biogéographique se rapproche davantage des montagnes dinariques que du système de Carpates. Ses complexes faunistiques de haute altitude (régions des prairies et des forêts de Conifères) se sont formés pendant l'Epoque glaciaire, pendant laquelle, les sommets du massif ont été occupés par les glaciers (Matvejev, 1961). L'étage plus bas de forêts mixtes (hêtre et sapin) s'est formé vers la fin du pliocène et s'est maintenu pendant l'Epoque glaciaire dans les refuges sur les versants du massif. Il occupe actuellement une zone d'altitude entre 1000 et 1500 m. Enfin, la zone basse entre 400 et 1000 m d'altitude est occupée par la forêt du type subméditerranéen, où un bon nombre d'anciens éléments des biogéocénoses méditerranéennes préglaciaires se sont conservés jusqu'à nos jours, pareils à ceux qui vivent sur les massifs de la Grèce, de l'Asie Mineure et de l'Afrique du Nord. C'est ainsi qu'on trouve dans le ruisseau Lisinski, parmi les espèces oligosténothermes, les Ephéméroptères *Ecdyonurus epeorides* et *Chitonophora unicolorata*, ainsi que les Trichoptères *Diplectrona atra* et *Thremma anomalum*, éléments préglaciaires qui entraient sans doute dans la catégorie des »Gletscherrandarten« des auteurs allemands et atteignaient le bord des anciens glaciers. Il en est de même avec le Triclade *Crenobia montenigrina* trouvé dans les sources dans les eaux froides balkaniques, représentant une forme de reliquat préglaciaire.

C'est pourquoi il est impossible d'appliquer aux eaux courantes de montagne balkaniques les schémas de répartition zonale des espèces indicatrices, élaborés sur les eaux de l'Europe moyenne, sans prendre en considération la position géographique des eaux balkaniques, la composition qualitative et l'histoire biogéographique de leur peuplement. Le schéma classique de Voigt (1892), basé sur la zonation écologique des espèces de Triclades *Crenobia alpina*, *Polycelis cornuta* et *Planaria gonocephala*, n'est pas valable, puisque cette série écologique zonale dans les eaux courantes balkaniques est toute autre: *Crenobia montenigrina* — *Planaria gonocephala*, qu'on observe aussi en Serbie et où l'espèce *Polycelis cornuta* ne se rencontre que d'une manière sporadique (Stanković, 1924).

Il en est de même avec le schéma de zonation piscicole valable pour l'Europe moyenne, qui distingue dans les eaux du Rhitron une zone à Truite, à laquelle succède la zone à Ombre. Dans les eaux balkaniques correspondantes, notamment en Serbie, la zonation piscicole comprend, à la suite de la zone de la Truite (*Salmo trutta fario*), la zone du Barbeau balkanique, (*Barbus meridionalis petenyi*) et ensuite la zone du Nase (*Chondrostoma nasus*) (Janković, 1965). Un schéma analogue de zonation piscicole a été établi pour les eaux carpatiques en Roumanie (Banarescu, 1956).

D'un autre côté, toute autre est la zonation piscicole des eaux courantes de la région dinarique en Yougoslavie occidentale, où ces eaux sont habitées par les espèces endémiques de poissons et où l'on peut parler seulement d'une manière générale sur une zone salmonicole.

Il est donc évident que l'application de tels schémas est géographiquement limitée et ne se laisse pas généraliser sans modification radicale.

D'ailleurs, même dans une région géographique déterminée, l'analyse de répartition des espèces indicatrices, poissons ou autres, — malgré leur importance évidente — est loin de représenter, à elle seule, une analyse bio-

cénotique, qui doit embrasser le peuplement dans son ensemble, en même temps que l'ensemble des facteurs écologiques du biotope.

Dans leur étude méthodologique importante, Illies et Botosaneanu (1963) ont envisagé, d'une manière critique, les procédés méthodiques appliqués jusqu'à présent dans les recherches des eaux courantes. Il faut souligner l'insuffisance évidente des procédés qui prennent comme base de classification des eaux courantes les facteurs abiotiques isolés, tels la pente et la vitesse du courant, les caractères chimiques de l'eau (teneur en Ca et Mg ou bien la réaction de l'eau), le régime thermique des cours d'eau et autres, — tout en négligeant en même temps l'analyse de leurs biocénoses, ou bien prenant en considération certains éléments faunistiques seulement. Sans nier une certaine valeur de tels procédés, il est plus intéressant d'examiner ici les deux autres procédés de classification, celui de zonation et celui de mosaïque de microbiotopes. Tous les deux ont la prétention de prendre comme base l'analyse biocénotique des eaux en question.

Le premier de ces deux procédés, dont l'application est illustrée par une série de travaux remarquables, surtout sur les cours d'eau en Allemagne (Illies, 1950, 1952, 1953, 1961); Schmitz, 1957 et autres). Il a été également appliqué dans l'étude biocénologique du ruisseau Lisinski, dont les résultats sont exposés dans le présent travail.

Il faut cependant tenter d'évaluer la portée de la méthode statistique de zonation. Comme il était déjà dit plus haut, les zones physiographiques et les zones biocénotiques et piscicoles du ruisseau Lisinski se superposent en principe. Toutefois, les limites de ces zones ne sont pas tout à fait claires. Selon Illies et Botosaneanu (1963), les points nodaux, où la continuité du gradient des facteurs physiographiques est interrompue en se modifiant, sont à chercher notamment au niveau des confluences, où le débit du ruisseau change, notamment la masse d'eau véhiculée augmente, entraînant la modification d'un bon nombre d'autres facteurs physiographiques et partant, le changement de la composition de la faune. Or, le ruisseau Lisinski reçoit son affluent principal («Barska reka») à la station XI (v. fig. 1), qui est comptée comme appartenant au cours moyen, bien que la courbe faunistique de cette station se rapproche davantage des courbes des stations suivantes (XII et XIII surtout). L'analyse chimique de l'eau de la station XI (le point de la confluence), ainsi que celles des stations précédentes, IX et X, manquent malheureusement; cependant, une telle analyse faite à la station suivante (XII) laisse supposer qu'un changement de la composition chimique de l'eau aurait dû avoir bien déjà au point de la confluence mentionnée (station XI). Si l'on s'est quand même décidé de placer la limite entre la zone moyenne et la zone inférieure à la station XIII, postérieure au point de la confluence, la raison en est dans le fait que c'est bien à partir de cette station que le substratum géologique change et passe de la région à serpentines, — qui caractérise toute la zone moyenne entre les stations IX et XIII, — à la région à andésites et dacites, caractérisant la zone inférieure.

Il est donc à admettre que le changement du substratum géologique (du granit à la serpentine et de la serpentine à l'andésite) influe d'une manière sensible sur le chimisme de l'eau d'un cours d'eau, notamment sur la teneur en électrolytes, bien que les analyses chimiques pour les stations VIII-XI manquent pour le prouver. Il s'ensuit que, sans toutefois vouloir

nier l'importance décisive et prépondérante des confluences comme point nodaux où s'effectue l'interruption de la continuité du gradient des facteurs abiotiques, les changements du gradient de ces facteurs peuvent à l'occasion survenir aussi à d'autres points du trajet d'un cours d'eau (changements de la pente et de la vitesse du courant par exemple).

Dans un travail récent, l'auteur danois Jens Thorup (1966) a mis en doute la validité biocénologique des zones successives d'un cours d'eau établies à la base de la méthode statistique d'analyse, préconisée par les auteurs allemands (Illies). D'après Thorup, le peuplement de ces zones ne représentent pas de vraies biocénoses, leurs biotopes étant en réalité un mosaïque de différents microbiotopes. La vraie base de classification des biocénoses des eaux courantes devrait être fondée sur le substratum, c'est à dire sur les microbiotopes, dont la répartition le long du cours d'eau ne suit pas forcément les zones successives, mais se montre sous la forme d'une mosaïque même au sein d'une seule et même zone. Le substratum est l'habitat en corrélation avec la vitesse du courant et le débit d'eau, et à ces facteurs s'associent un bon nombre d'autres facteurs abiotiques. Le peuplement de tels habitats représenteraient les vraies communautés naturelles et c'est sur de telles communautés que devrait se fonder la classification biocénologique des cours d'eau.

Les recherches sur le ruisseau salmonicole Lisinski en Serbie ont confirmé la possibilité de le diviser en zones biocénologiques se succédant le long de son trajet et qui se superposent aux zones physiographiques et piscicoles, à l'exemple de ce qui a été établi sur les petits cours d'eau allemands (Fulda par exemple, Illies, 1953). Cependant, les peuplements de ces zones ne méritent pas à être désignés comme des biocénoses distinctes, sauf peut-être le peuplement tout à fait caractéristique de la zone des sources. Les zones propres du cours d'eau représentent en réalité les complexes cénotiques au sens général du mot, composants d'une seule et même biocénose du Rhitron, considéré comme écosystème distinct unique. On pourrait tout au plus désigner ces complexes zonaux comme des synusies, analogues aux synusies que les phytocénologues distinguent dans un écosystème terrestre, les étages verticaux dans une forêt par exemple. Ces synusies zonales ont leur composition et leur structure, caractérisée déjà par la présence des espèces limitées à une seule zone ou bien montrant le plus haut degré de l'abondance dans une zone déterminée. Mais de plus, chaque synusie zonale embrasse toute une série de complexes cénotiques liés au mosaïque des microbiotopes, vrais éléments structuraux, dont les espèces, comme écotypes particuliers, sont liées par des relations fonctionnelles aussi bien entre elles, qu'avec l'habitat qu'elles occupent. Ces relations sont encore mal connues et c'est la tâche des recherches futures de les éclaircir et analyser dans leurs détails, afin de saisir la composition et la structure compliquées de la biocénose et de l'écosystème entier du Rhitron.

C'est pourquoi on a toutes les raisons de se rallier à l'opinion d'Illies et de Botosaneanu (1963) que les deux procédés d'exploration, par zonation et par mosaïque d'habitats, doivent être appliqués parallèlement, si l'on veut définir un cours d'eau dans son ensemble et réaliser une base solide de classification écologique.

CONCLUSIONS

En appliquant la méthode statistique d'analyse, mise au point par les auteurs allemands, dans les recherches biocénologiques d'un ruisseau de montagne salmonicole en Serbie, on est arrivé à l'établissement des zones biocénologiques successives de ce cours d'eau, qui correspondent aux zones physiographiques et piscicoles. Ces zones portent une empreinte régionale (présence des espèces balkaniques), à la suite de la position géographique et de l'histoire particulière du peuplement du cours d'eau en question.

Les zones biocénologiques établies ne représentant pas de biocénoses distinctes; elles sont à concevoir comme des synusies d'une seule et même biocénose analogues aux synusies des écosystèmes terrestres. Ces synusies zonales se composent à leur tour, de complexes cénotiques répondant à la série de microhabitats, répartis en mosaïque et embrassant les écotypes liés entre elles et avec les habitats correspondants par les relations fonctionnelles. C'est bien dans l'organisation de ces complexes que la structure biocénologique compliquée du cours d'eau trouve son expression.

Pour arriver à la définition et à la classification des cours d'eau de montagne comme écosystèmes entiers, les deux procédés d'analyse, celui par zonation et celui par mosaïque d'habitats, qui se complètent mutuellement, doivent être appliqués simultanément.

Liste des espèces observées dans le ruisseau Lisinski

EPHEMEROPTERA

Ecdyonorus venosus, *Ecdyonorus epeorides*, *Rhithrogena aurantiaca*, *Epeorus assimillis*, *Heptagenia* sp., *Habroleptoides modesta*, *Ephemerella* sp., *Chitonophora unicolorata*, *Caenis macrura*, *Baetis rhodani*, *Baetis carpatica*, *Baetis pumilus*, *Baetis venustulus*, *Baetis bioculatus*, *Ephemera hellenica*, *Ameletus inopinatus*.

PLECOPTERA

Brachyptera seticornis, *Taeniopteryx hubaulti*, *Protonemura hrabei*, *Amphinemura* sp., *Nemoura cinerrea*, *Leuctra fusca*, *Leuctra* sp., *Capnia viduala*, *Arcynopteryx compacta*, *Perlodes intricata*, *Isoperla tripartita*, *Isoperla graeca*, *Dinocras cephalotes*, *Perla maxima*, *Perla marginata*, *Chloroperla* sp.

TRICHOPTERA

Rhyacophila septentrionis, *Rhyacophila tristis*, *Rhyacophila obliterateda*, *Rhyacophila gr. torrentis*, *Rhyacophila moscaryi*, *Rhyacophila* sp., *Agapetus commatus*, *Glossosoma boltoni*, *Philopotamus montanus*, *Wormaldia occipitalis*, *Hydropsyche Mahrkusha*, *Diplectrona atra*, *Cheumatopsyche lepida*, *Beraea articularis*, *Leptocerus bilineatus*, *Odontocerum albicorne*, *Grammotaulius atomarius*, *Chaetopteryx* sp. *Stenophylax nigricornis*, *Halesus digitatus*, *Drusus* sp., *Sericostoma pedemontanum*, *Brachycentrus montanus*, *Silo graellsii varipilosa*, *Crunoecia* sp., *Thremma anomalum*, *Stactobia* sp., *Limmophilidae*, *Adicella filicornis*, *Helicopsyche* sp.

LITERATURA

- Ambühl H. (1959): Die bedeutung der Strömung als ökologischer Faktor. — Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie Vol. XXI (Fasc. 2), 133—264.
- Badcock R. N. (1954): Comparative studies in the population of streams. — Institute of Freshwater research, Drottingholm, Report br. 35.
- Banarescu P. (1956): Importance des espèces de goujons (genre Gobio) comme indicateurs des zones biologiques des rivières. — Buletinul Institutului de cercetări si proiectari piscicole 15, 53—56.
- Berg K. (1948): Biological studies on the river Sussa. — Folia Limnologica Scandinavica No. 4, Kobenhavn.
- Botosaneanu L. (1962): Analyze zoogeographique de la faune de Trichopteres de Roumanie. — Archiv für Hydrobiologie Bd 50 (H 3—4), 305—552.
- Cvijić J. (1904): Neue Ergebnisse über Eiszeit auf der Balkanhalbinsel. — Wien, str. 44.
- Erichsen J. (1951): An ecological study of the river Towy. — Journal of animal ecology Vol. 20 (no 1), 68—85.
- Filipović D. (1954): Ispitivanje živog sveta tekućih voda Srbije. Prilog poznavanju naselja planinskog potoka Katušnica (zapadna Srbija). — Srpska Akademija nauka, Institut za ekologiju i biogeografiju. Zbornik radova, knjiga 5, br. 8, Beograd.
- Gessner F. (1950): Die ökologische Bedeutung der Strömungsgeschwindigkeit Fließender Gewässer und ihre Messung auf kleinstem Raum. — Archiv für Hydrobiologie Bd XLIII (H 2), 195—199.
- Harrison A. D. and Elsworth J. F. (1958): Hydrobiological studies on the great Berg river. — Transaction of the royal society of south Africa, Vol XXXV, Part III, Cape Town.
- Huet M. (1962): Influence du courant sur la distribution des poissons dans les eaux courantes. — Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie Vol XXIV (Fasc 2), 412—432.
- Hynes H. B. N. (1961): The invertebrate fauna of a Welsh mountain stream. — Archiv für Hydrobiologie Bd 57 (H 3), 344—388.
- Ikonov P. (1960): Rasprostranjenje na Ephemeroptera vo Makedonija. — Muzei Macedonici scientiarum naturalium Tom VII (No 3), 41—47.
- Illies J. (1950): Zur biocenotischen Gliederung der Fulda. — Jahrbuch der limnologische Flusstation Freudentahl, 29—34.
- Illies J. (1952): Die Mülle. — Archiv für Hydrobiologie Bd 46 (H 3), 424—612.
- Illies J. (1953): Die Besiedlung der Fulda nach dem jetzigen Stand der Untersuchungen. — Berichte der limnologische Flusstation Freudentahl V, 1—28.
- Illies J. (1958): Die Barbenregion mitteleuropäischer Fließgewässer. — Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie Vol XIII (2), 834—844.
- Illies J. (1961): Versuch einer allgemeinen biocenotischen Gliederung der Fließgewässer. — Internationale Revue gesamten Hydrobiologie und Hydrographie Vol 46 Fasc 2, 205—213.

- Illies J. (1962): Die Bedeutung der Strömung für die Biocenose in Rhitron und Potamon. — Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie Vol XXIV fasc 2, 433—435 (Zusammenfassung).
- Illies J. et Botosaneanu L. (1963) Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes considérées surtout du point de vue faunistique. — Mitteilungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie, No 12.
- Janković D. (1966): Uzroci širenja areala skobalja (*Chondrostoma nasus* L.) u reci Studenici. — Arhiv bioloških nauka 17 br. 3, 173—183.
- Kamler E. (1960): Notes on the Ephemeroptera fauna of Tatra streams. — Polskie Archiwum hydrobiologii, Tom VIII (XXI), 107—127.
- Kamler E. (1962): La faune des Ephémères de deux torrents des Tatras. — Polskie Archiwum hydrobiologii Tom X (XXIII), 15—38.
- Macan T. T. (1961a): Factors that limit the range of freshwater animals. — Biological Revue 36, 151—198.
- Macan T. T. (1961b): Biotic factors in running waters. — Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie Vol XXIV Fasc 2, 386—405.
- Margalef R. (1960): Ideas for a synthetic approach to the ecology of running waters. — Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie Vol 45 1, 133—153.
- Matoničkin et Pavletić (1960): Matériaux pour la connaissance des biocenoses de la rivière Vrelo aux environs de Dubrovnik. — Acta botanica Croatica 18/19, 167—176.
- Matvejev S. (1961): Biogeografija Jugoslavije. Osnovni principi. — Biološki institut NR Srbije, Posebna izdanja Knjiga 9, Vol 9, Beograd.
- Nietzke G. (1937): Die Kossau. Hydrobiologisch-faunistische Untersuchungen an schleswig-holsteinischen Fließgewässern. — Archiv für Hydrobiologie Bd 32, 1—74.
- Plescot G. (1953): Strömung, Bodenstruktur und Besindlungsdichte. — schweizerische Zeitschrift für Hydrologie, 24, 383—385.
- Schmitz W. (1955): Physiographische Aspekte der limnologischen Fließgewässertypen. Archiv für Hydrobiologie, Suppl. 22.
- Schmitz W. (1957): Die Bergbach-Zoozönozen und ihre Abgrenzung, dargestellt am Beispiel der oberen Fulda. — Archiv für Hydrobiologie Bd 53 (H 4), 465—498.
- Sowa Ryszard (1965): Ecological characteristics of the bottom fauna of the Wielka Puszza stream. — Acta Hydrobiologica 7, Suppl. 1, 61—92.
- Stanković S. (1932): Über die Verbreitung und Ökologie der Quellentricladen auf der Balkanhalbinsel. — Zoogeographica 2, Jena.
- Stanković S. (1954): Okvir života. — Kolarčev narodni Univerzitet, Beograd.
- Steinmann P. (1907): Die Tierwelt der Gebirgsbäche. — Annales de biologie lacustre 2, 30—139.
- Straškraba M. (1966): On the distribution of the macrofauna and fish in two streams, Lucina and Moravka. — Archiv für Hydrobiologie Bd 61 (H 4), 515—536.
- Thienemann A. (1912): Der Bergbach des Sauerlandes. — Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie, Biologie, Supplement IV, 1—125.
- Thienemann A. (1950): Verbreitungsgeschichte der Süßwassertierwelt Europas. — Die Binnengewässer Bd XVIII, Stuttgart.

- Throup J. (1966): Substrate type and its value as a basis for the delimitation of bottom fauna communities in running waters. — Special Publication Number 4 Pymatuning Laboratory of Ecology, 59—74.
- Voigt W. (1892): Karten über die Verbreitung von *Planaria alpina* und *P. gonocephala* im Siebengebirge und am Feldberg and Alt König. — Sitz. Ber. niederrhein. Ges. Naturwiss. u. Heilkde.
- Vonnegut P. (1937): Die Barben region der Ems. — Archiv für Hydrobiologie Bd 32, 345—408.
- Whitney R. J. (1942): Diurnal fluctuation of oxygen and pH in two small ponds and a stream. — Journal of experimental biology 19, 92—99.

BIOCENOLOŠKA ISTRAŽIVANJA JEDNOG SALMONIDNOG POTOKA BALKANSKIH PLANINA (Srbija)

Desanka FILIPOVIĆ

Rezime

Ovaj rad je posvećen rezultatima biocenoloških ispitivanja Lisinskog potoka sa područja masiva Kopaonika, tipičnog predstavnika planinskih potoka Srbije, shvaćenih kao poseban limnički ekosistem.

Kopaonik je jedan od najviših masiva Srbije (preko 2000 m), geološki sastavljen od vododržljivih stena (granit, serpentin, andezit, dacit). Za vreme diluvijuma, njegovi najviši vrhovi bili su pokriveni ledenom kapom od firnskikh lednika, koji su se spuštali do visine od 1800 m. Biogeografski, Kopaonik predstavlja složeno područje i biogeocenoze koje ga karakterišu (šumski pojasevi) različite su starosti. Današnja hidrografska mreža Kopaonika razvila se u postglacijalno doba.

Rezultati ovoga rada rezimirani su u sledećim tačkama:

1. Lisinski potok izvire iznad gornje šumske granice (1730 m), protiče na dužini od 21 km kroz glavne šumske pojaseve i na visini od 420 m uliva se u reku Ibar. Srazmerno veliki srednji pad potočnog korita (62 ‰) uslovljava znatnu brzinu vodenog toka.

2. Vrednosti osnovnih fiziografskih faktora (brzina proticanja i količina vode, amplituda srednjih mesečnih temperatura, hemijski sastav i sadržaj kiseonika) menjaju se kontinuirano celom dužinom toka, iako je taj kontinuitet lokalno poremećen geološkom podlogom, topografijom i prolazom kroz različite vegetacione pojaseve.

3. Promene vrednosti gradijenta osnovnih fiziografskih faktora duž uzdužnog profila dopuštaju da se Lisinski potok može podeliti u četiri više ili manje jasno izdvojene sukcesivne fiziografske zone:

- a) zona izvora (niska konstantna temperatura, 4—7°C),
- b) zona gornjeg toka (srednji pad 83 ‰, godišnja termička amplituda 14,5°C),
- c) zona srednjeg toka (srednji pad 110 ‰, godišnja termička amplituda 19°C),
- d) zona donjeg toka (srednji pad 30 ‰, godišnja termička amplituda do 23°C).

4. Vodena vegetacija Lisinskog potoka kvalitativno je siromašna i praktično svedena na mahovine i alge, pretežno *Diatomeae*. Mahovine grade, kako u početnim izvorima, tako i gotovo celom dužinom potoka, guste busenove na podlozi od kamena.

5. Životinjsko naselje dna analizirano je kvalitativno i kvantitativno. Bliže je proučen sastav naselja vodenih insekata Ephemeroptera, Plecoptera i Trichoptera. Ukupno je nađeno 16 vrsta Ephemeroptera, 17 vrsta Plecoptera i 30 vrsta Trichoptera. Svaka od tih vrsta bliže je proučena u pogledu svoje

abundancije i svog rasprostranjenja dužinom potoka. Ostale životinjske grupe nisu bliže proučene u pogledu svog sastava, ali je utvrđena njihova kvantitativna zastupljenost.

6. Biogeografski, većina vrsta vodenih insekata ima šire evropsko, odnosno palearktičko rasprostranjenje. Utvrđeno je međutim, prisustvo izvesnog broja balkanskih vrsta među efemeropterama (*Ecdyonurus epeorides*, *Chitonophora unicolorata*, *Ephemera hellenica*) i među trihopterama (*Diplectrona atra*, *Thremma anomalum*, *Rhyacophila moscaryi*).

7. Ekološki, većina vrsta proučenih vodenih insekata predstavlja hladnoterminne oblike, koji su i za vreme ledenog doba svakako živeli na ivici lednika, bili visokoplaninski oblici i u postglacijalnoj epohi osvojili najviše zone oslobođene od lednika.

8. Izvesne abundantnije vrste među efemeropterama (*Ecdyonurus venosus*, *Rhitrogena aurantiaca*) i naročito među trihopterama (*Hydropsyche mahrkusha*) bliže su proučeni u pogledu njihovog životnog ciklusa i dinamike njihove populacije, na bazi mnogobrojnih mesečnih kvantitativnih proba.

9. Amphipoda su u Lisinskom potoku predstavljene sa dve vrste: *Gammarus (Rivulogammarus) pulex fossarum* i *Gammarus (R) balcanicus*. Ove dve vikarijotne vrste imaju svoju kontaktnu zonu u vodama Kopaonika. U Lisinskom potoku, vrsta *Gammarus (R) pulex fossarum* u čistoj populaciji ograničena je na početne visinske izvore potoka kao i na gornji i srednji tok potoka, dok su niži izvori bočnih pritoka u podgorju naseljeni čistom populacijom *Gammarus (R) balcanicus*. U donjem delu potoka, populacija ovih dveju vrsta Amphipoda je mešovita.

10. Poređenje sastava naselja dna Lisinskog potoka sa naseljem dna mnogih drugih potoka Evrope i drugih delova sveta, otkriva veliku ekološku ekvivalentnost između tih naselja i dopušta zaključak da planinski potoci čine poseban limnički ekosistem koji izvesni autori (Illies 1953) obeležavaju terminom ritron. Taj se ekosistem, i fiziografski i po svom naselju jasno odvajaju od ekosistema reka, označenog kao potamon.

11. Bliža analiza sastava naselja Lisinskog potoka, posebno naselja insekata Ephemeroptera, Plecoptera i Trichoptera poka uje da je to naselje moguće biocenotički raščlaniti na tri posebna i zonalno raspoređena cenotička kompleksa koji karakterišu odgovarajuće tri fiziografske zone, gornju, srednju i donju. Četvrta zona, izvorska, izdvaja se od ostalih po mišljenju izvesnih autora i fiziografski i biocenotički predstavlja poseban limnički ekosistem.

12. Dosadašnje biocenotičko raščlanjivanje tekućih voda na uzastopne zone zasniva se na zonalnom rasporedu izvesnih karakterističnih vrsta, u prvom redu riba. Planinski potoci (ritron) Evrope naseljeni su ribama salmonidama, i označeni kao »salmonidni region«, dok u rekama (potamon) riblje naselje čine pretežno vrste porodice ciprinida (»ciprinidni region«). Lisinski potok u celini pripada salmonidnom regonu, jer je naseljen potočnom pastrmkom (*Salmo trutta fario*).

13. Kao osnova za biocenotičku analizu i zonalnu podelu naselja Lisinskog potoka poslužio je statistički postupak primenjen u biocenotičkim ispitivanjima nemačkih tekućica (Illies 1953). Grafički prikaz rezultata statističke analize u vidu krivulja specifičnog sastava naselja određenih tačkama uzdužnog profila potoka, predstavlja objektivni kriterijum da se odredi indeks sličnosti tog sastava i njegovo zonalno raščlanjivanje na tri posebna cenotička kompleksa koji karakterišu odgovarajuće biocenotičke zone potoka, gornju, srednju i donju.

14. Specifično naselje svake zone predstavlja određen cenotički kompleks koji je bliže analiziran u pogledu svog sastava i rasprostranjenja. Ti kompleksi nisu posebne biocenoze, već predstavljaju sastavne delove jedinstvene biocenoze proučavanog potoka, čine njene sinuzije. Svaka od tih sinuzija obuhvata veći ili manji mozaik mikrostanista, svako sa svojim posebnim cenotičkim mikrokompleksom.

15. Kao čvorne tačke za određivanje granice između pojedinih zona mogu poslužiti ušća glavnih pritoka. Priliv nove vode koju pritoke sobom donose, prekida kontinuitet gradijenta fiziografskih faktora, a samim tim uslovljava i promene u sastavu naselja. Međutim, granice koje uzvodno i nizvodno odvajaju srednju zonu od susednih, nisu dovoljno jasne i bliža ispitivanja sastava i rasprostranjenja drugih, neproučenih životinjskih grupa treba da opravdaju postojanje srednje zone.

16. Ekološka zonacija tekućih voda predstavlja krupan korak napred u proučavanju limničkih ekosistema ritrona i potamona. Ona je pouzdana osnova za limnološku klasifikaciju tih voda u različitim geografskim oblastima. Ali za bliže osvetljavanje strukture biocenoze planinskih tekućica, neophodno je u analizi primeniti, pokraj postupka zoniranja po sinuzijama, još i postupak istraživanja mozaika mikrostaništa i njihovih cenotičkih kompleksa.