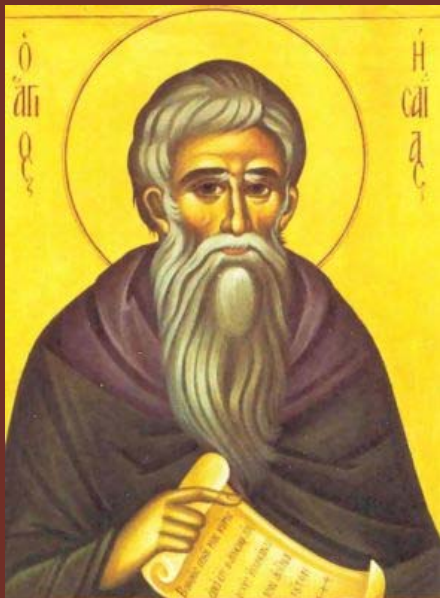


## Trofički odnosi



Svo meso je trava  
Izaija 40:6

*Tristo pastrva podržava jednog čovjeka kroz godinu.  
Pastrve pak moraju pojesti devedeset tisuća žaba,  
koje moraju pojesti dvadeset sedam milijuna skakavaca,  
koji žive od milijun kilograma trave.*

**G.T.Miller Jr.**

## Trofičke razine i odnosi u ekosustavu

Primarni proizvođači



Sekundarni proizvođači/konzumenti:

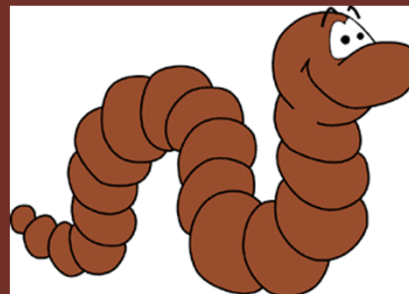
konzumenti prvog reda- biljojedi

konzumenti drugog reda- mesojedi, svejedi

...

vršni konzumenti- mesojedi

Detritojedi



**Obilježja predstavnika trofičkih razina**

**Konzumenti prvog reda  
moraju jesti češće  
uz mali utrošak E → veći  
zubalo plosnatih zuba**



**Konzumenti drugog reda- mesojedi  
rjeđe jedu  
uz veliki utrošak E → manji (kit?)  
zubalo oštarih zuba**



**Konzumenti drugog reda- svejedi  
najmanje problema s  
pronalaženjem hrane  
miješano zubalo**



## Trofičke razine i odnosi u ekosustavu

### Osnovne kategorije hrane u akvatičkim sustavima

1. Biljke
2. Životinje (plijen)
3. Obraštaj (perifiton)
4. Organska tvar (detritus)



## Trofičke razine i odnosi u ekosustavu

### Funkcionalne hranidbene skupine (FFG)

Prema Cummins (1973)

#### 1. Čestice organske tvari

krupne, **SHREDDERS**;

sitne i vrlo sitne **COLLECTORS**

**FILTERING**

**GATHERING**

#### 2. Obraštajna zajednica (perifiton) **SCRAPERS**

#### 3. Životinje (plijen) **PREDATORS**

#### 4. Biljke **HERBIVORES-PIERCERS**



# Metode utvrđivanja FFG

## Oblik usnih organa

## Analiza sadržaja probavila

(praćenje izotopa)

## Promatranje ponašanja



## Trofičke razine i odnosi u ekosustavu

### Funkcionalne hranidbene skupine (FFG)

Prema Cummins (1973)

#### 1. Čestice organske tvari

krupne, **SHREDDERS**;

sitne i vrlo sitne **COLLECTORS**

**FILTERING  
GATHERING**

#### 2. Obraštajna zajednica (perifiton) **SCRAPERS**

#### 3. Životinje (plijen) **PREDATORS**

#### 4. Biljke **HERBIVORES-PIERCERS**

Jedan morfološko etološki mehanizam može  
pribaviti različite tj. gotovo sve tipove hrane



## Trofičke razine i odnosi u ekosustavu

### Funkcionalne hranidbene skupine (FFG)

### Morfološko-etološki mehanizmi pribavljanja hrane



Suspendirana tvar → mreža *Neureclipsis*  
*Hydropsyche*

## Trofičke razine i odnosi u ekosustavu

Tijekom životnog razvoja mijenja se sklonost prema pojedinim izvorima hrane

+

Korištenje hranidbenih resursa ovisi i o ponudi:  
vremenski (godišnja doba), prostorno (tip staništa)



Detritivor



Predator



## Promjena sklonosti prema izvorima hrane tijekom života

### Godišnji unos E uklije (*Alburnus alburnus*)



| Dob 0-1                  | kcal/m <sup>2</sup> ×ann | %     | Dob 1+                   | kcal/m <sup>2</sup> ×ann | %     |
|--------------------------|--------------------------|-------|--------------------------|--------------------------|-------|
| Zooplankton              | 97                       | 52.2% | Zooplankton              | 23                       | 2.6%  |
| Chironomidae ličinke     | 28                       | 15.1% | Chironomidae ličinke     | 20                       | 2.3%  |
| Chironomidae odrasli     | 26                       | 14.0% | Chironomidae odrasli     | 126                      | 14.4% |
| Alohtona tvar i detritus | 32                       | 17.2% | Alohtona tvar i detritus | 522                      | 59.5% |
| Obraštaj                 | 3                        | 1.6%  | Obraštaj                 | 155                      | 17.7% |
| Drugi beskralježnjaci    |                          | 0.0%  | Drugi beskralježnjaci    | 27                       | 3.1%  |
| Ribe                     |                          | 0.0%  | Ribe                     | 4                        | 0.5%  |
|                          | 186                      |       |                          | 877                      |       |



# Promjena prehrane kapelske svijetlice s obzirom na raspoloživost resursa tijekom godine



Foto: P. Mustafić



Sadržaj želuca

| Skupina                              | Proljeće | Ljeto | Jesen | Zima |
|--------------------------------------|----------|-------|-------|------|
| DIATOMEAE                            | •        | •     | •     | •    |
| CESTODA                              | •        |       |       |      |
| GASTROPODA                           | •        |       |       | •    |
| BIVALVIA                             | •        |       |       | •    |
| NEMATODA                             | •        |       |       | •    |
| CLITELLATA                           |          |       |       |      |
| Oligochaeta                          | •        | •     | •     | •    |
| CRUSTACEA                            | •        |       | •     | •    |
| Decapoda (Astacidae)                 |          |       | •     |      |
| Cladocera                            | •        | •     | •     | •    |
| Copepoda                             | •        | •     |       | •    |
| Ostracoda                            | •        | •     | •     |      |
| Isopoda ( <i>Asellus aquaticus</i> ) | •        |       |       |      |
| Amphipoda                            | •        |       | •     |      |
| ARACHNIDA                            |          | •     | •     | •    |
| Hydracarina                          |          | •     | •     | •    |
| CHILOPODA                            | •        |       |       |      |
| COLLEMBOLA                           |          |       | •     |      |
| INSECTA                              |          |       |       |      |
| Coleoptera                           | •        |       | •     | •    |
| imago                                | •        |       | •     |      |
| larva                                | •        |       | •     | •    |
| terr.                                |          |       | •     | •    |
| Dytiscidae larva                     |          |       |       | •    |
| Helodidae                            | •        |       |       |      |
| Ephemeroptera                        | •        |       | •     | •    |
| Baetidae                             |          |       | •     |      |
| Plecoptera                           | •        | •     | •     | •    |
| Trichoptera                          | •        | •     | •     | •    |
| Heteroptera                          | •        |       | •     |      |
| Homoptera                            |          |       | •     |      |
| Megaloptera                          | •        |       |       |      |
| Hymenoptera                          | •        |       | •     | •    |
| Formicidae                           | •        |       | •     |      |
| Diptera                              | •        | •     | •     | •    |
| Diptera - imago                      | •        | •     | •     |      |
| Diptera - pupa                       | •        |       | •     |      |
| Ceratopogonidae                      | •        |       | •     | •    |
| Ceratopogonidae - imago              | •        |       |       | •    |
| Chironomidae                         | •        | •     | •     | •    |
| Tanytopodinae                        |          |       | •     |      |
| Limoniidae                           |          |       |       | •    |
| Simuliidae                           |          |       | •     |      |
| Syrphidae                            |          |       | •     |      |
| Insecta, nedet.                      | •        |       | •     | •    |
| Insecta vodeni, nedet.               | •        |       |       |      |
| Insecta kopneni, nedet.              | •        |       | •     |      |
| ACTINOPTERYGII                       | •        | •     |       |      |
| NOM*                                 | •        | •     | •     | •    |
| NŽM*                                 | •        | •     | •     | •    |
| NBM*                                 | •        | •     | •     | •    |
| NAM*                                 | •        | •     | •     | •    |

## Kvantitativni sastav prehrane kapelske svijetlice

Postotak učestalosti pojavljivanja

$$\%F = n / N$$

Postotak brojnosti

$$\%N = n_p / N_{\text{ukupno}}$$

Postotak mase

$$\%m = m_p / m_{\text{ukupno}}$$

Koeficijent relativnog značenja

$$\text{IRI} = (\%N + \%m) \times \%F$$



| Skupina plijena    | Broj je dinki plijena | %F   | %N   | %m   | IRI   |
|--------------------|-----------------------|------|------|------|-------|
| Diatomeae          | -                     | 25,8 | -    | 6,7  | -     |
| Oligochaeta        | 1                     | 1,5  | 3,2  | 0,5  | 5,7   |
| Crustacea UKUPNO   | 12                    | 6,1  | 38,7 | 0,4  | 237,2 |
| Copepoda           | 4                     | 6,1  | 12,9 | 0,1  | 79,1  |
| Cladocera          | 5                     | 3,0  | 16,1 | 0,1  | 49,2  |
| Ostracoda          | 3                     | 4,5  | 9,7  | 0,2  | 44,8  |
| Arachnida UKUPNO   | 2                     | 3,0  | 6,5  | 2,1  | 26,0  |
| Arachnida non det. | 1                     | 1,5  | 3,2  | 1,6  | 7,3   |
| Hydracarina        | 1                     | 1,5  | 3,2  | 0,5  | 5,7   |
| Insecta UKUPNO     | 14                    | 13,6 | 45,2 | 4,3  | 673,9 |
| Plecoptera         | 1                     | 1,5  | 3,2  | 0,3  | 5,3   |
| Trichoptera        | 2                     | 1,5  | 6,5  | 1,4  | 11,9  |
| Diptera UKUPNO     | 11                    | 10,6 | 35,5 | 2,6  | 403,5 |
| Chironomidae       | 9                     | 7,6  | 29,0 | 1,1  | 228,1 |
| Diptera non det.   | 2                     | 3,0  | 6,5  | 1,5  | 24,0  |
| Actinopterygii     | 2                     | 1,5  | 6,5  | 1,6  | 12,1  |
| <b>UKUPNO</b>      | <b>31</b>             |      |      |      |       |
| NŽM*               | -                     | 7,6  | -    | 1,8  | -     |
| NOM*               | -                     | 81,8 | -    | 78,6 | -     |
| NBM*               | -                     | 10,6 | -    | 2,0  | -     |
| NAM*               | -                     | 9,1  | -    | 2,0  | -     |

%F: U koliko jedinki od ukupnog broja je nađen taj tip hrane

%N: Koliko od ukupnog plijena je bilo plijena pojedine vrste

%m: Koliko od ukupne mase je bilo mase određenog tipa

## Funkcionalne hranidbene skupine (FFG) prema Moog (2002)

|    | IZVORNO IME FFG        | HRANA   | HR NAZIV                | ALTERNATIVNA IMENA                         |
|----|------------------------|---|-------------------------|--|
| 1  | SHREDDERS              | LISTINAC, CPOM  | USITNJIVAČI             |  |
| 2  | GRAZERS                | OBRAŠTAJ, POM   | STRUGAČI                | SCRAPERS<br>RASPERS                        |
| 3  | ACTIVE FILTER FEEDERS  | SUSPENDIRANE ČESTICE (FPOM)<br>PRIBAVLJENE AKTIVNIM STVARANJEM<br>STRUJE VODE   | AKTIVNI<br>PROCJEĐIVAČI | EDDY FILTERERS,<br>FILTERING<br>COLLECTORS |
| 4  | PASSIVE FILTER FEEDERS | SUSPENDIRANE ČESTICE (FPOM)<br>PRIBAVLJENE KORIŠTENJEM<br>POSTOJEĆE STRUJE VODE | PASIVNI<br>PROCJEĐIVAČI |  |
| 5  | DETRITUS FEEDERS       | ISTALOŽENI POM (FPOM)   | DETRITIVORI             | GATHERING<br>COLLECTORS                    |
| 6  | MINERS                 | MAKROFITI   | BUŠAČI                  | LEAF BORERS,<br>PIERCERS                   |
| 7  | XYLOPHAGOUS            | DRVENASTI OSTACI  | KSILOFAGI               |  |
| 8  | PREDATORS              | PLIJEN  | GRABEŽLJIVCI            |  |
| 9  | PARASITES              | DOMADAR   | NAMETNICI               |  |
| 10 | OTHER                  | SVI KOJE SE NE MOŽE RAZVRSTATI<br>PREMA GORNJOJ SHEMI                           | OSTALI                  | OMNIVOROUS                                 |

# Razvrstavanje predstavnika makrozoobentosa u FFG

| USITNJIVAČI (shr)               | STRUGAČI (gra)                  | AKTIVNI<br>PROCJEĐIVAČI<br>(afil) | PASIVNI<br>PROCJEĐIVAČI<br>(pfil) | DETRITIVORI (det)               | PREDATORI (pre)               |
|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| <i>Amphinemura triangularis</i> | <i>Amphinemura triangularis</i> | Tanytarsini                       | <i>Hydropsyche instabilis</i>     | Oligochaeta                     | <i>Hydropsyche instabilis</i> |
| <i>Amphinemura sp.</i>          | <i>Amphinemura sp.</i>          | Orthocladinae                     | <i>Hydropsyche saxonica</i>       | <i>Amphinemura triangularis</i> | <i>Hydropsyche saxonica</i>   |
| <i>Nemoura sp.</i>              | <i>Protonemoura sp.</i>         |                                   | <i>Hydropsyche sp.</i>            | <i>Amphinemura sp.</i>          | <i>Hydropsyche sp.</i>        |
| <i>Protonemoura sp.</i>         | <i>Leuctra fusca</i>            |                                   | <i>Wormaldia occipitalis</i>      | <i>Nemoura sp.</i>              | <i>Rhyacophila dorsalis</i>   |
| <i>Leuctra fusca</i>            | <i>Riolus cupreus</i>           |                                   | <i>Wormaldia subnigra</i>         | <i>Protonemoura sp.</i>         | <i>Rhyacophila tristis</i>    |
| <i>Athripsodes bilineatus</i>   | <i>Hydropsyche instabilis</i>   |                                   | Tanytarsini                       | <i>Leuctra fusca</i>            | Tanypodinae                   |
|                                 | <i>Hydropsyche saxonica</i>     |                                   | Simuliidae                        | Tanytarsini                     | <i>Chelifera sp.</i>          |
|                                 | <i>Hydropsyche sp.</i>          |                                   |                                   | Orthocladinae                   | <i>Hemerodromia sp.</i>       |
|                                 | Tanytarsini                     |                                   |                                   | Tanypodinae                     | <i>Gomphus sp.</i>            |
|                                 | Orthocladinae                   |                                   |                                   | <i>Hemerodromia sp.</i>         |                               |

## Razvrstavanje predstavnika makrozoobentosa u FFG

### *Hydropsyche*

Sadržaji probavila i praćenje asimilacijskih puteva  
(Alge, detritus i životinje)

+

Empirijski podaci o ponašanju

↓

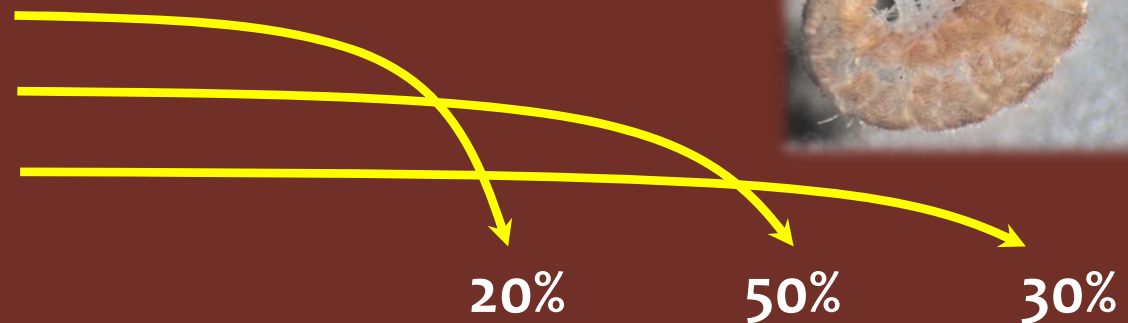
GRA - 2

PFIL - 5

PRE - 3

↓

10



POPULACIJA OD 77 *Hydropsyche* = 15.4 GRA; 38.5 PFIL; 23.1 PRE

## Funkcionalna analiza zajednice (prema Moog 2002)

### Sastav zajednice:

| Svojta                          | FFG VRIJEDNOSTI |     |     |      |      |     |     |
|---------------------------------|-----------------|-----|-----|------|------|-----|-----|
|                                 | N               | SHR | GRA | AFIL | PFIL | DET | PRE |
| Oligochaeta                     | 12              |     |     |      |      | 10  |     |
| <i>Ephemera danica</i>          | 15              |     |     | 10   |      |     |     |
| <i>Amphinemura triangularis</i> | 11              | 2   | 5   |      |      | 3   |     |
| <i>Isoperla grammatica</i>      | 6               | 1   | 1   |      |      | 1   | 7   |
| <i>Hydropsyche saxonica</i>     | 22              |     | 2   |      | 5    | 3   |     |
| <i>Chelifera</i> sp.            | 9               |     |     |      |      |     | 10  |
| UKUPNO                          | 75              |     |     |      |      |     |     |

## Funkcionalna analiza zajednice (prema Moog 2002)

### Sastav zajednice:

| Svojta                          | N  | FFG BROJNOST |      |      |      |      |      |
|---------------------------------|----|--------------|------|------|------|------|------|
|                                 |    | SHR          | GRA  | AFIL | PFIL | DET  | PRE  |
| Oligochaeta                     | 12 |              |      |      |      | 12   |      |
| <i>Ephemera danica</i>          | 15 |              |      | 15   |      |      |      |
| <i>Amphinemura triangularis</i> | 11 | 2.2          | 5.5  |      |      | 3.3  |      |
| <i>Isoperla grammatica</i>      | 6  | 0.6          | 0.6  |      |      | 0.6  | 4.2  |
| <i>Hydropsyche saxonica</i>     | 22 |              | 4.4  |      | 11   | 6.6  |      |
| <i>Chelifera</i> sp.            | 9  |              |      |      |      |      | 9    |
| UKUPNO                          | 75 | 2.8          | 10.5 | 15   | 11   | 22.5 | 13.2 |

## Funkcionalna analiza zajednice (prema Moog 2002)

### Biocenološki sastav:

| Svojta                          | N  |
|---------------------------------|----|
| Oligochaeta                     | 12 |
| <i>Ephemera danica</i>          | 15 |
| <i>Amphinemura triangularis</i> | 11 |
| <i>Isoperla grammatica</i>      | 6  |
| <i>Hydropsyche saxonica</i>     | 22 |
| <i>Chelifera sp.</i>            | 9  |
| UKUPNO                          | 75 |



### Funkcionalni sastav:

| FFG    | N    |
|--------|------|
| SHR    | 2.8  |
| GRA    | 10.5 |
| AFIL   | 15   |
| PFIL   | 11   |
| DET    | 22.5 |
| PRE    | 13.2 |
| UKUPNO | 75   |

**Bonus – E tokovi kao pokazatelj stanja sustava:**

**Vremensko-prostorni gradijent raspodjele hrane uvjetuje odgovarajuću strukturu zajednice.**

**Neizravna metoda procjene stanja**

**Raspodjela (umjereni pojas - tip):**

**1. GORNJI TOK**

**utjecaj okoliša → Alohtona E**

**Dominiraju: SHR>DET>(P/A)FIL**

**2. SREDNJI TOK**

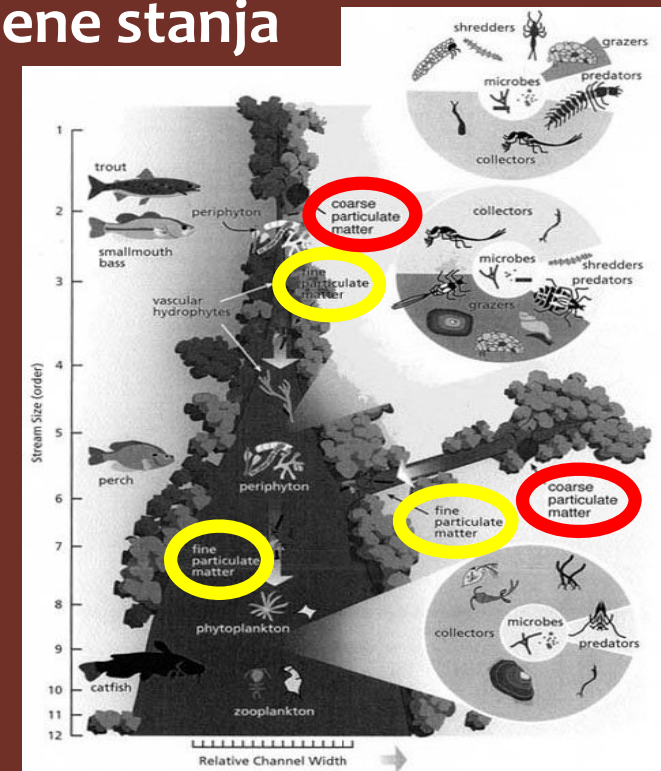
**Autohtona proizvodnja**

**Dominiraju : GRA>(P/A)FIL**

**3. DONJI TOK**

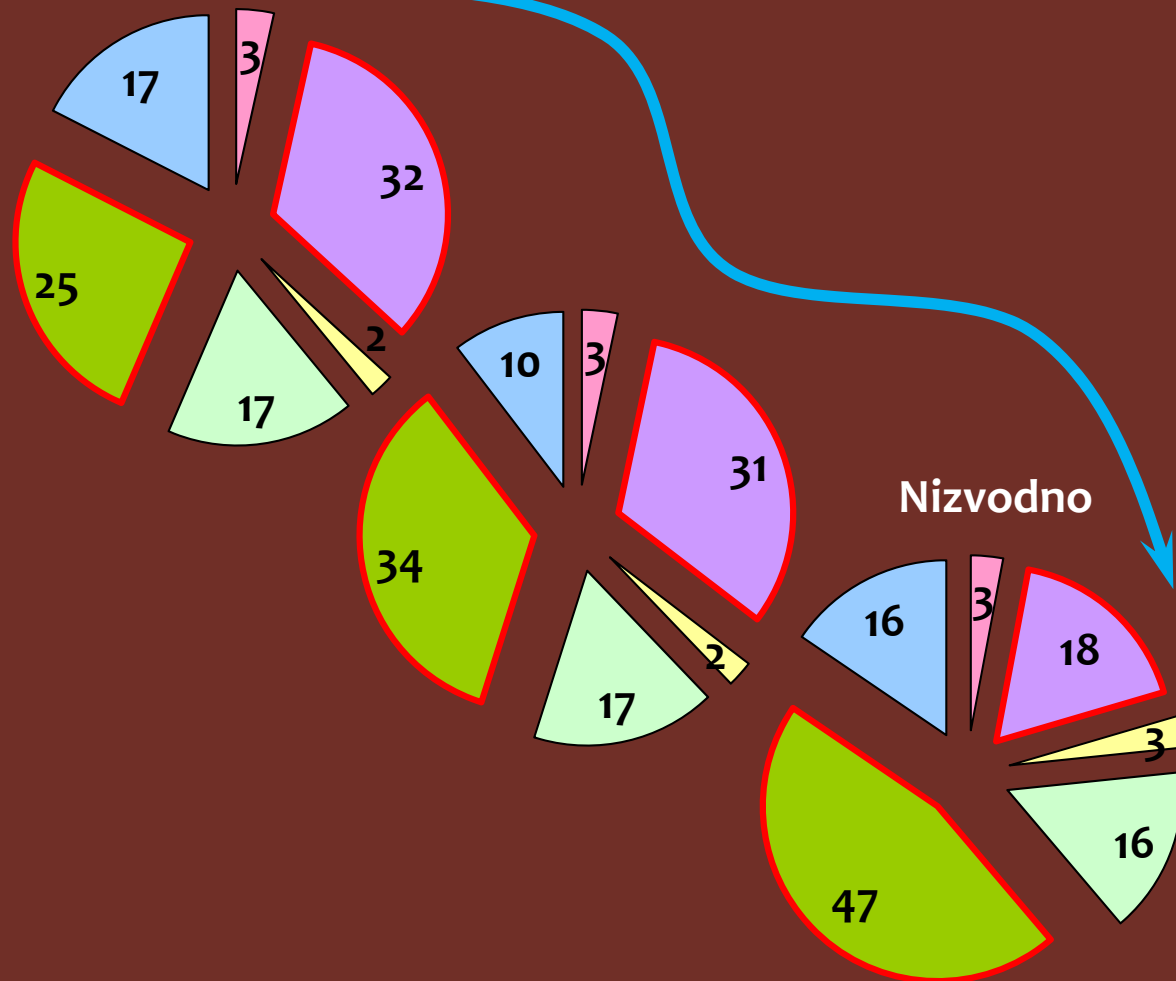
**Ostaci doneseni iz uzvodnog područja + plankton**

**Dominiraju: DET>(P/A)FIL**



# Funkcionalna organizacija zajednice MZB Plitvičkih jezera

Uzvodno



Nizvodno

- Usitnjivači
- Strugači
- Aktivni procjeđivači
- Pasivni procjeđivači
- Detritivori
- Predatori

## Trofičke razine i odnosi u vodenom okruženju

Primarni producenti-bentoske alge  
dijatomeje, nitaste i nenitaste zelene alge,  
cijanobakterije (rijeđe crvene alge)



Zajednica – Obraštaj (perifiton)  
(epiliton, epipsammon, epixylon, epizoon)

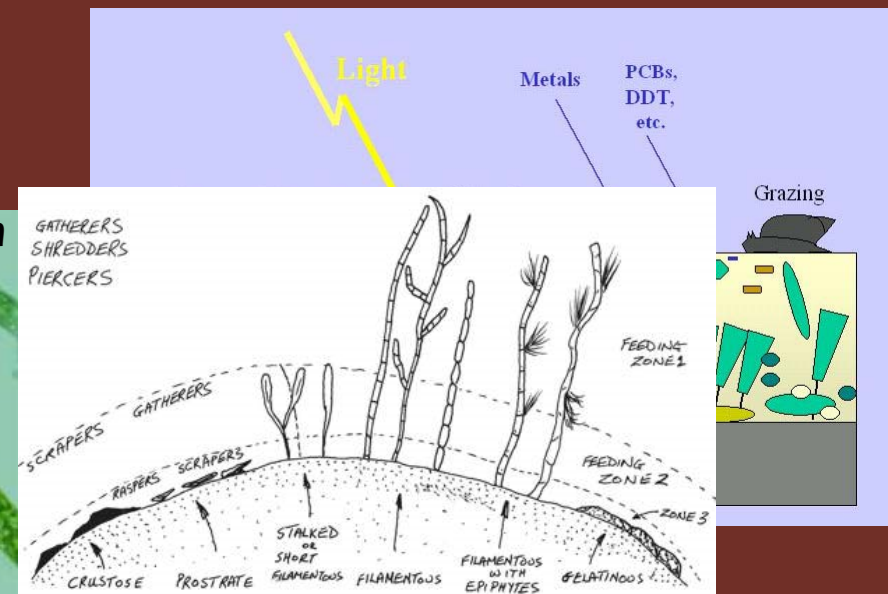
## AUTOHTONA PRODUKCIJA



Nitzschia



Oedogonium



## Trofičke razine i odnosi u vodenom okružju

Sekundarni producenti/konzumenti:

konzumenti prvog reda – biljo/algo ~jedi - **STRUGAČI**  
mnogi akvatički organizmi u dijelu života!

pretežno:

Kukci

(Trichoptera, Ephemeroptera),

Mekušci

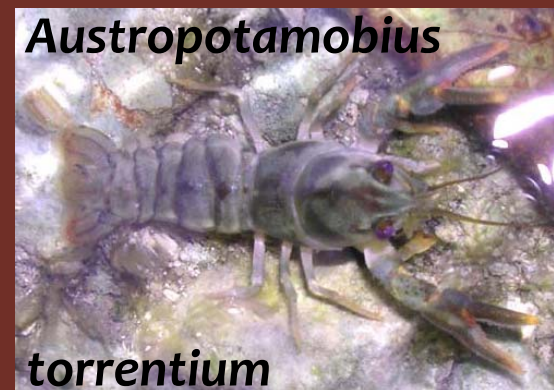
(puževi),

Rakovi

(potočni rak),

Ribe i

Vodozemci (ličinke)



## Trofičke razine i odnosi u vodenom okružju

### Odrednice razmjera i učinaka odnosa PP i PK



**Biotičke:**

**Vrsta PK**

**Brojnost PK**

**Stadij razvoja (sukcesije) PP**



**Abiotičke:**

**Svjetlo**

**Nutrijenti**

**Tok**

**Sezona**

**Podloga**

**Uznemiravanje**

## Trofičke razine i odnosi u vodenom okružju

Sekundarni producenti/konzumenti:

Konzumenti drugog reda- mesojedi, svejedi  
vršni konzumenti- mesojedi **GRABEŽLJIVCI**

pretežno:

Ribe (konzumiraju većinu ostalih svojti; prvenstveno drift\*)

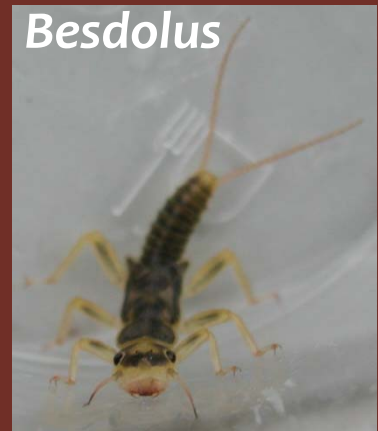
Odonata

Plecoptera (*Perla*, *Dictyogenus*, *Besdolus*) \*

Coleoptera

Diptera (Tanypodinae)

Pijavice (*Erpobdella*)



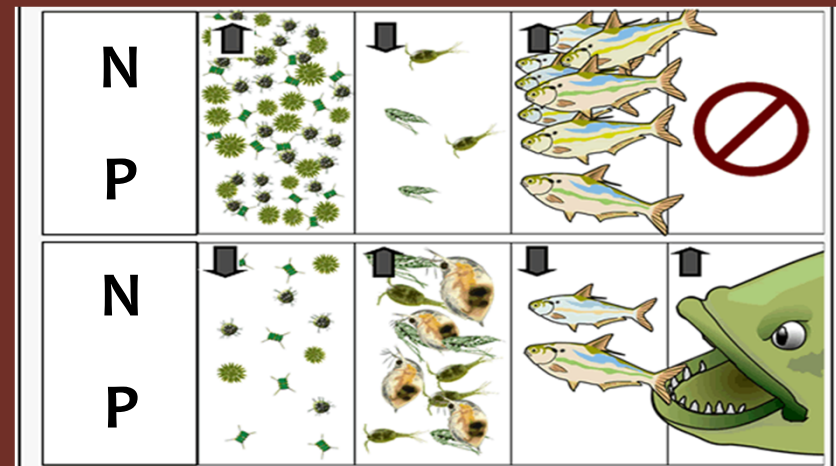
## Trofičke razine i odnosi u vodenom okružju

Ishodi odnosa grabežljivac plijen

Izravno povećanje mortaliteta uslijed pritiska grabežljivaca  
Neizravno

Promjene u ponašanju i životnim ciklusima  
(skraćenje/promjena vremena za hranjenje,  
migracije u hranidbeho nepovoljnija staništa,  
smanjen rast i fekunditet,  
genetske promjene?)

Kaskadni trofički učinak  
(rijetko u kopnenim staništima)



Odrednice ishoda: stopa (i/e)migracije (stopa izmjene),  
ranjivost na predatorski pritisak

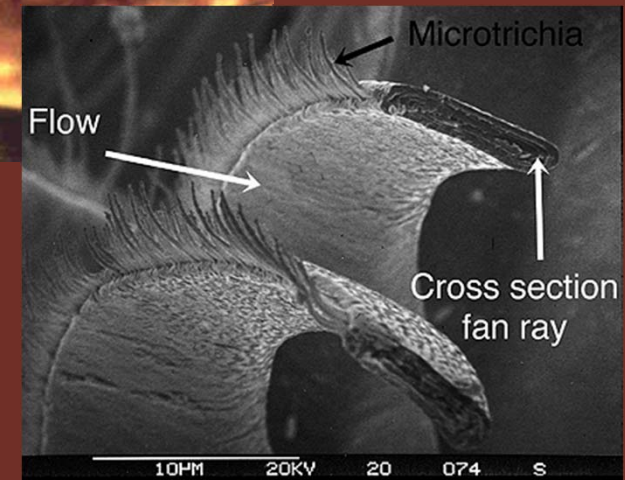
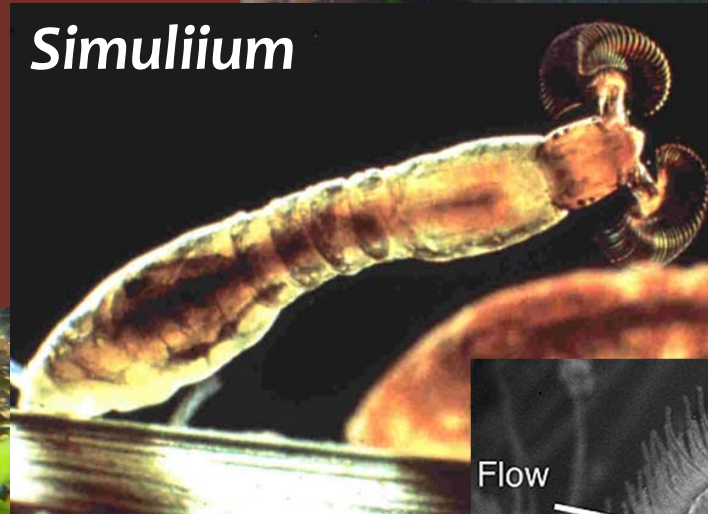
**Korisnici detritusa**  
**Usitnjivači**



Korisnici detritusa  
Procijediivači  
Pasivni



**Simulium**

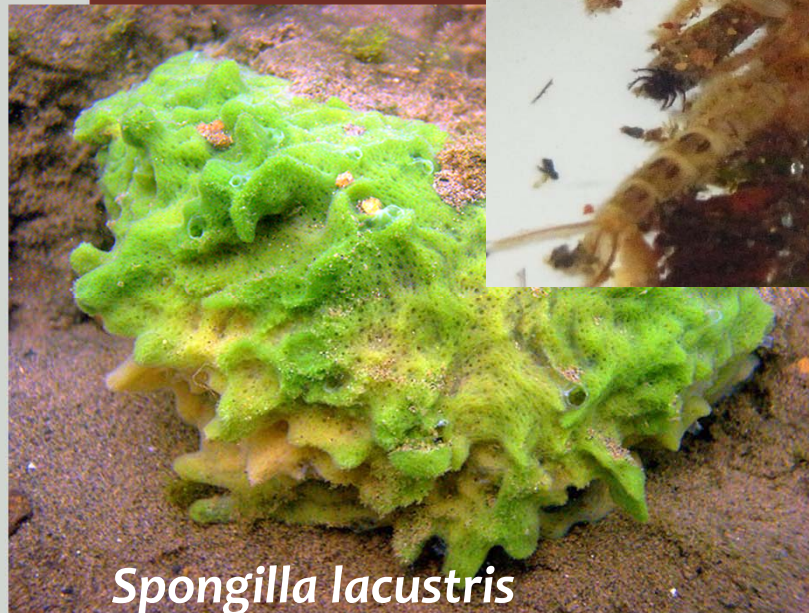


**Korisnici detritusa**  
**Procijediivači**  
**Aktivni**

*Dreissena polymorpha*



*Ephemera*



*Spongilla lacustris*

# Korisnici detritusa Detritojedi



Scirtidae

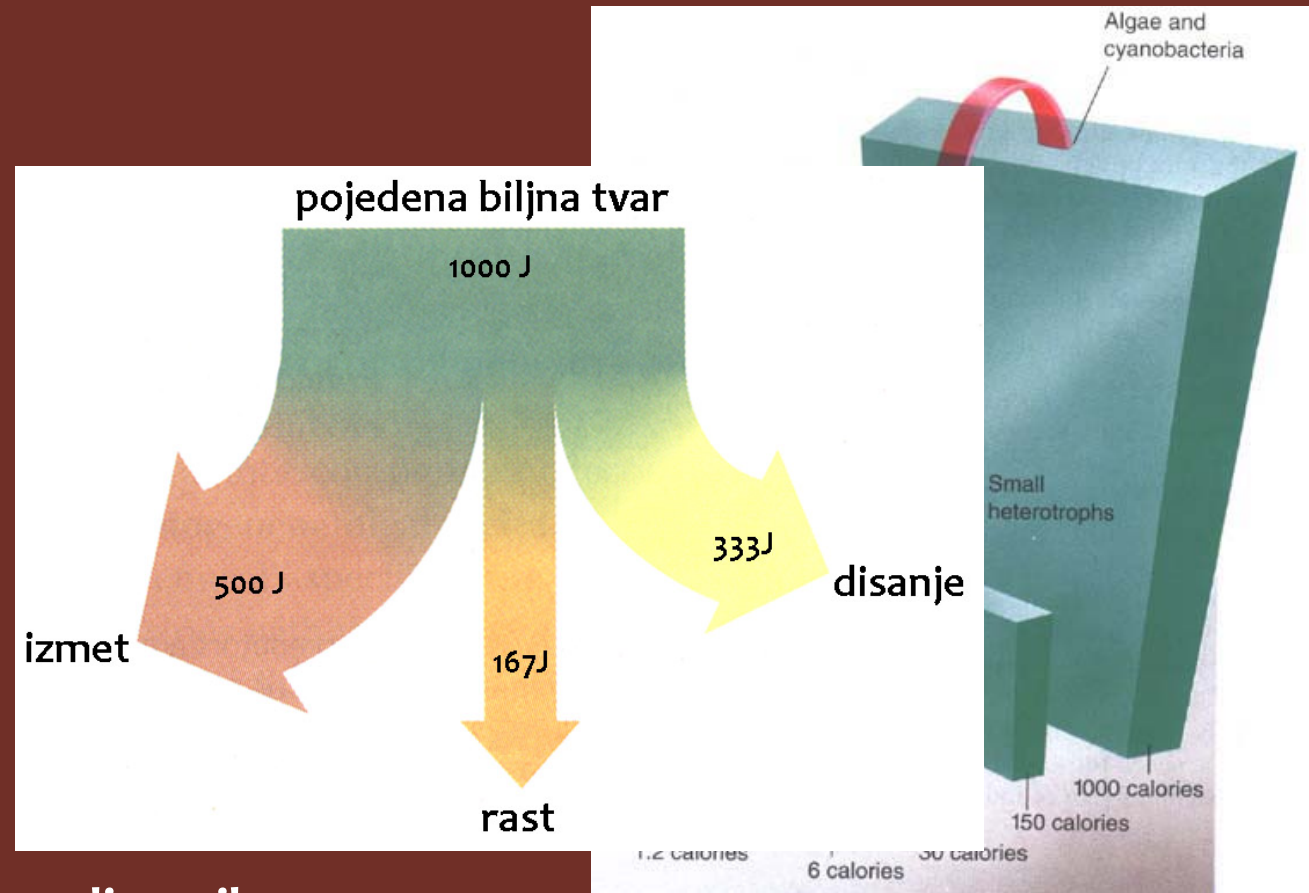


Oligochaeta



Leptophlebiidae

## Učinkovitost prijenosa energije kroz trofičke razine



### 2. Zakon termodinamike

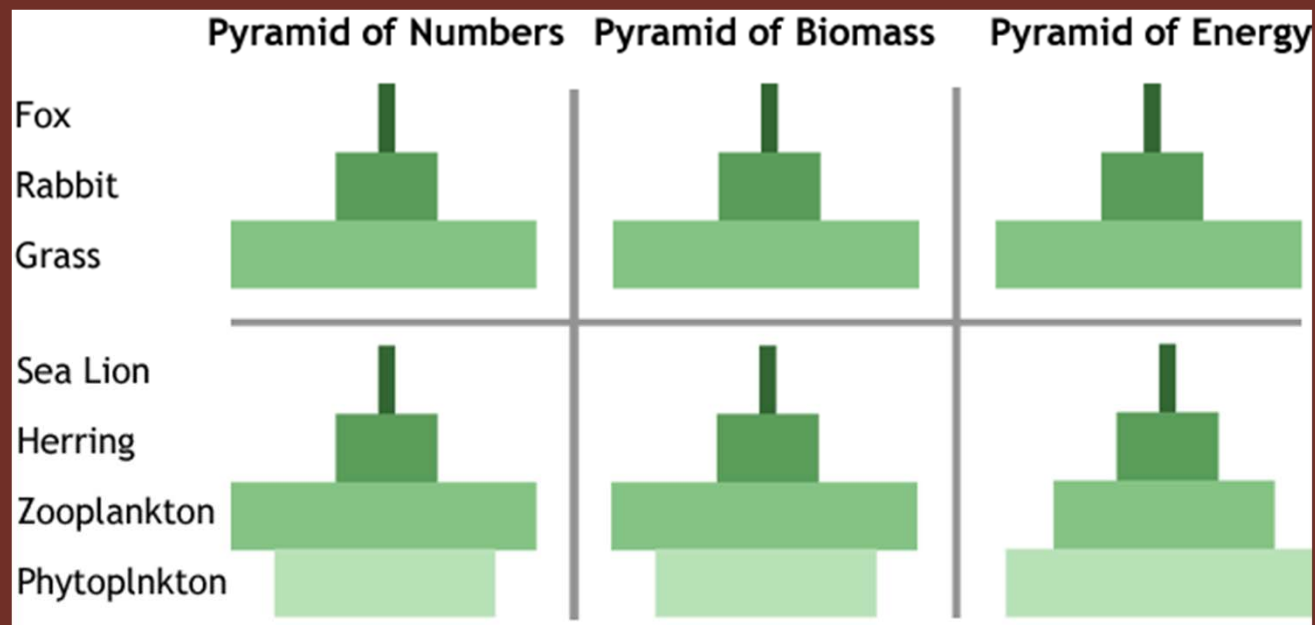
E u sustavu koja nije raspoloživa za obavljanje rada=

Dio energije koji se ne prenosi na sljedeću trofičku razinu → do 90%

# Učinkovitost prijenosa energije kroz trofičke nivoe

## Trofičke piramide:

1. Piramida brojnosti
2. Piramida biomase
3. Piramida energije



## Energetske vrijednosti pojedinih karika hranidbenog lanca u akvatičkim biotopima

Fitoplankton: 19200 J/g ST

Obraštaj (kremenjašice): 13500 J/g ST

Detritus: 18800 J/g ST

Bentoski beskralježnjaci: 23000 J/g ST

Submerzni makrofiti: 19200 J/g AFDM

Flotantni makrofiti: 20000 J/g AFDM

*Escherichia*: 18000 J/g ST

Cladocera: 19300 J/g ST