

# **E2240 Účinky stresorů v ekosystémech**

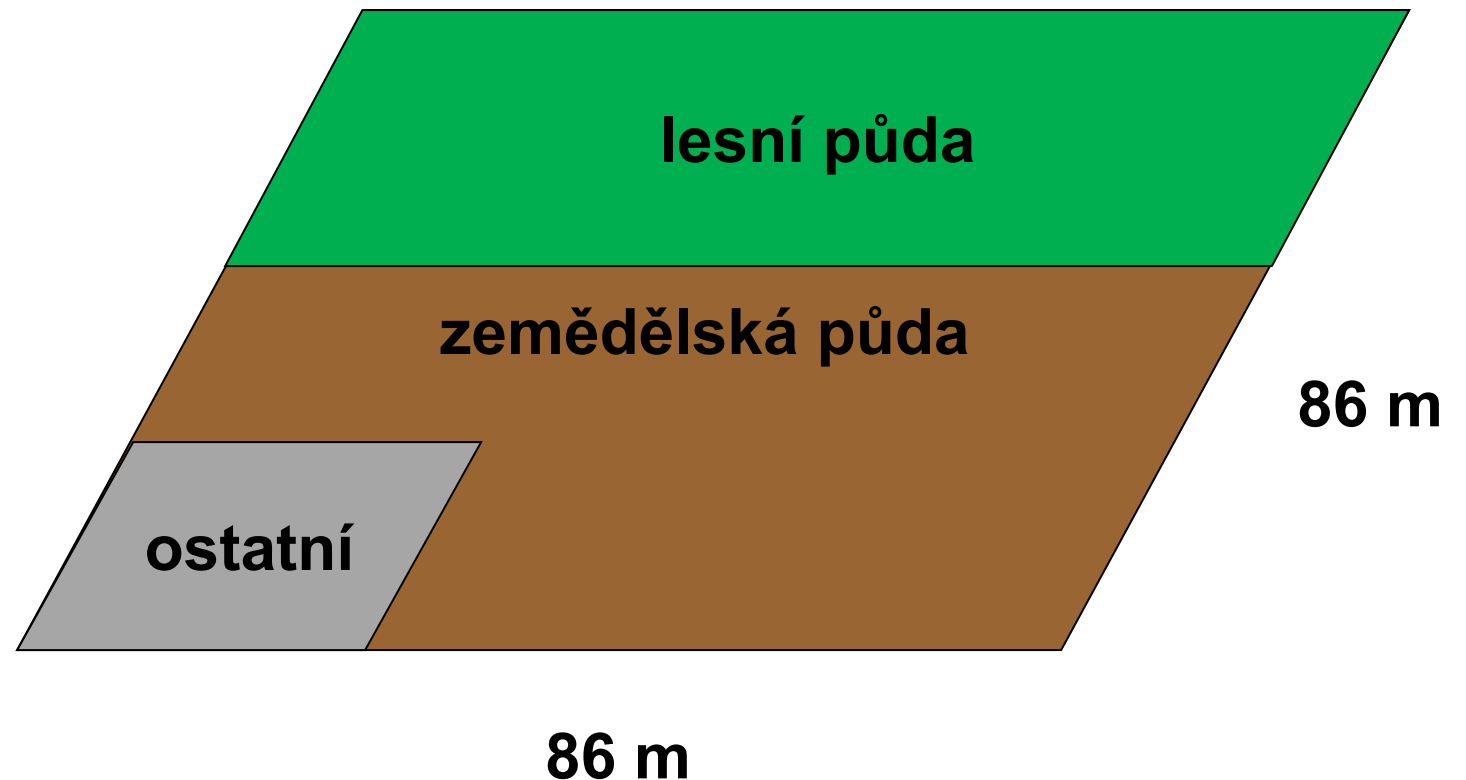
## **03 Biota terestrických ekosystémů**

Jakub Hofman

# Hlavní typy terestrických ekosystémů

- lesy
- pole
- louky
- obydlené oblasti
- průmyslové oblasti

na každého obyvatele ČR připadá cca 7364 m<sup>2</sup>

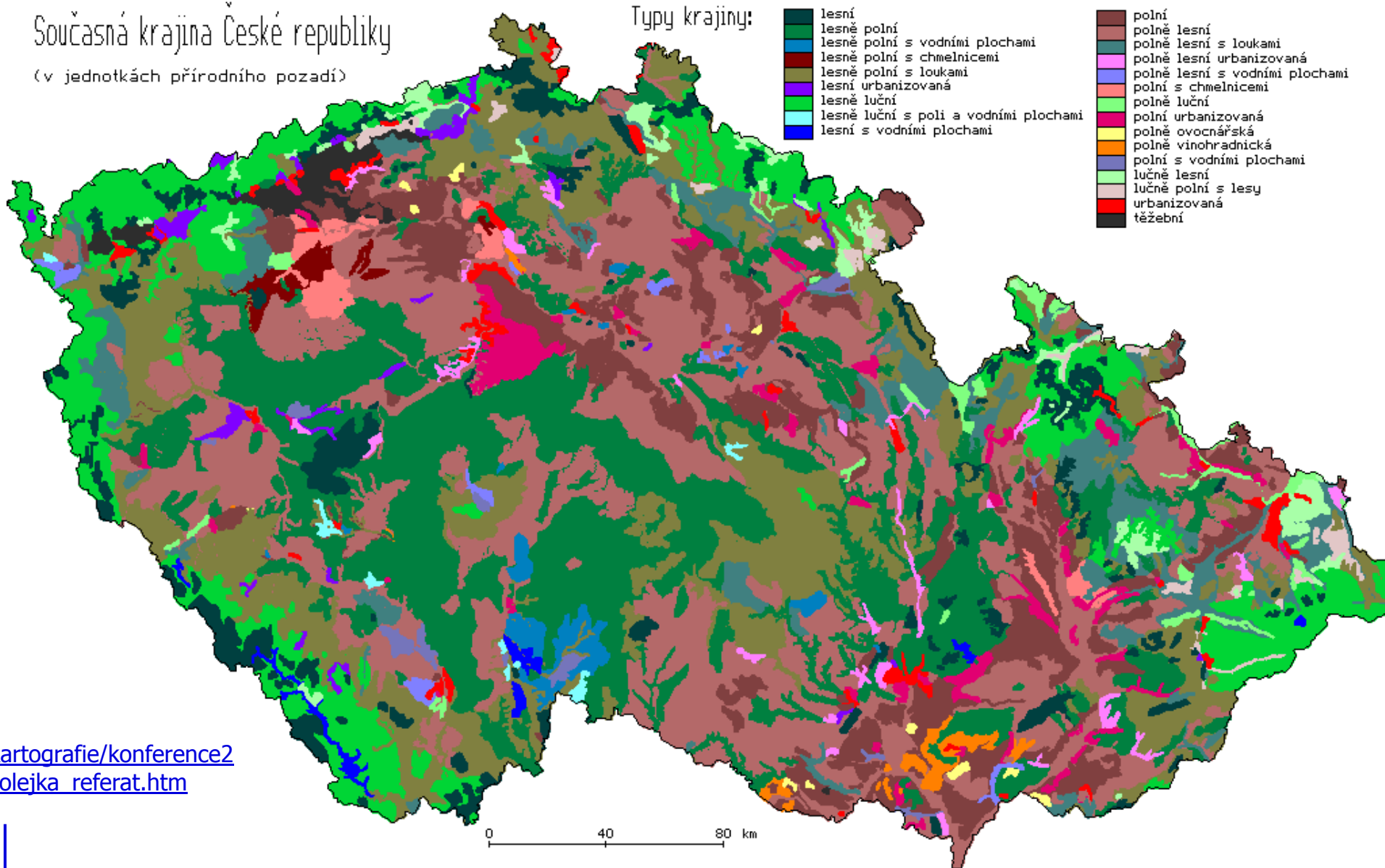


# Hlavní typy terestrických ekosystémů

Současná krajina České republiky

(v jednotkách přírodního pozadí)

Typy krajiny:



[http://old.gis.zcu.cz/kartografie/konference2001/sbornik/kolejka/kolejka\\_referat.htm](http://old.gis.zcu.cz/kartografie/konference2001/sbornik/kolejka/kolejka_referat.htm)

**MUNI | RECETOX**

**Biomy**



# Biomy





# Tundra

## Ekotoxikologický kontext:

- nízké teploty – studená past pro volatilní organické látky
- kumulace radionuklidů v lišejnících – vstup do potravního řetězce





# Tajga

## Ekotoxikologický kontext:

- nízké teploty – vypadání persistentních organických látek z atmosféry
- značná citlivost převládajících jehličnanů k acidifikaci
- velký potenciální zdroj skleníkového plynu – metanu
- velký aktivní povrch biomasy pro záchyt toxikantů





# Opadavé listnaté lesy

## Ekotoxikologický kontext:

- blízký kontakt s průmyslovými a zemědělskými zdroji
- vysoká spotřeba pesticidů v industriálním zemědělství
- vyšší odolnost listnatých stromů vůči imisím
- velký aktivní povrch biomasy pro záchyt toxikantů

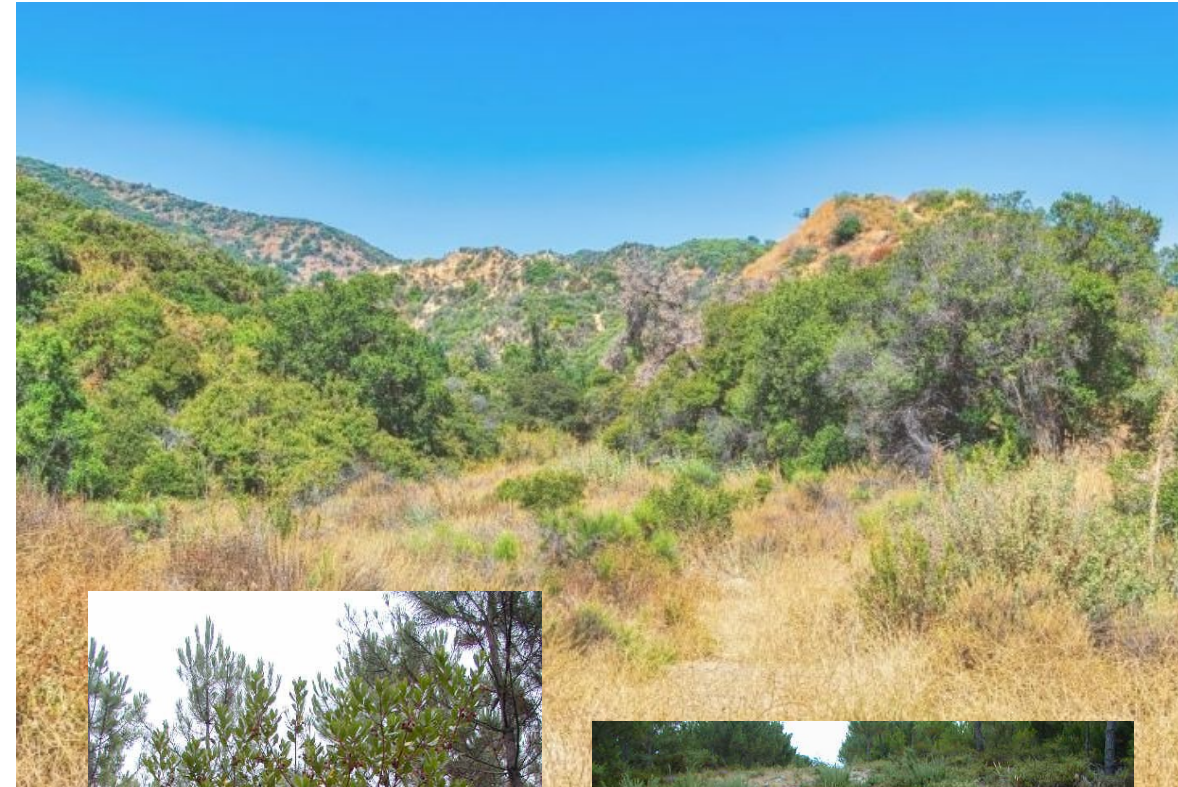




# Vždy zelený subtropický a tropický les

## Ekotoxikologický kontext:

- časté požáry jako zdroj emisí přírodního původu
- destrukce organických látek v půdě při požárech
- vyšší teploty – zvýšená volatilizace organických látek





# Step

## Ekotoxikologický kontext:

- nízký podíl srážek při vstupu a pohybu toxikantů
- vysoká teplota – zvýšená volatilizace
- převaha zemědělského využití – nárůst spotřeby průmyslových hnojiv a pesticidů
- vysoká sorpční a akumulární schopnost půdy
- nízký aktivní povrch biomasy pro záchyt toxikantů

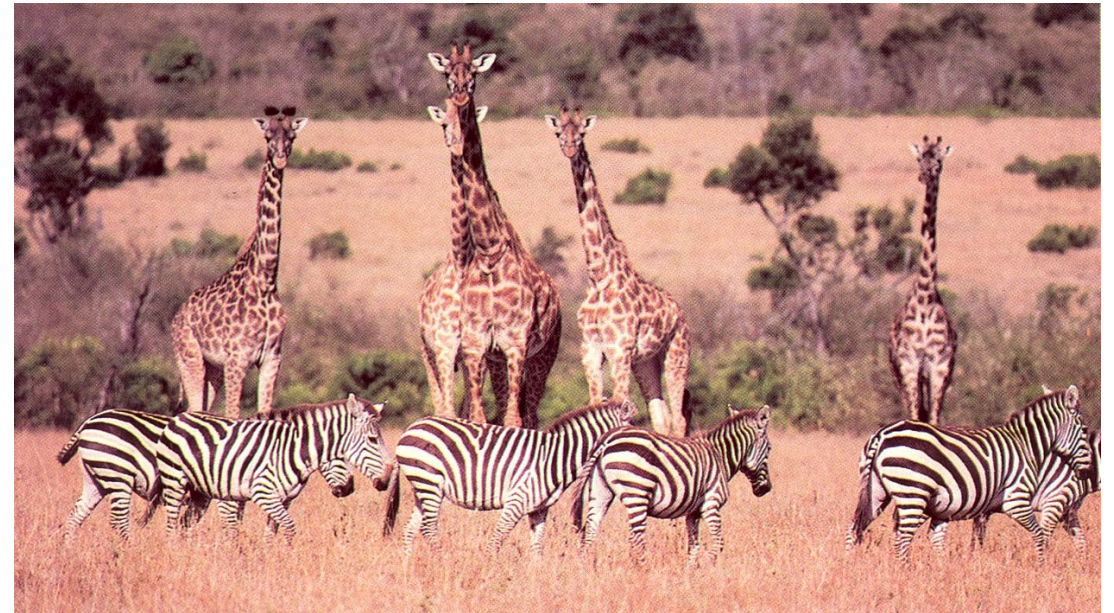




# Savany

## Ekotoxikologický kontext:

- časté požáry jako zdroj emisí přírodního původu
- destrukce organických látek v půdě při požárech
- vyšší teploty – zvýšená volatilizace organických látek





# Pouště

## Ekotoxikologický kontext:

- vysoká teplota, vysoká volatilizace organických látek
- velmi nízká sorpční a akumulární schopnost půdy
- nepodstatný vliv biomasy na pohyb toxikantů
- vysoký podíl větru na přenosu látek
- nízký vliv srážek na pohyb toxikantů





# Tropický deštný les

## Ekotoxikologický kontext:

- vysoká teplota – vysoká volatilizace
- vysoký podíl srážek na pohybu toxikantů
- snížená sorpční a akumulární kapacita půdy
- velmi rychlý koloběh biomasy a vázaných toxikantů
- velký aktivní povrch biomasy pro záchyt toxikantů
- zvýšená reakční rychlost chemické degradace látek

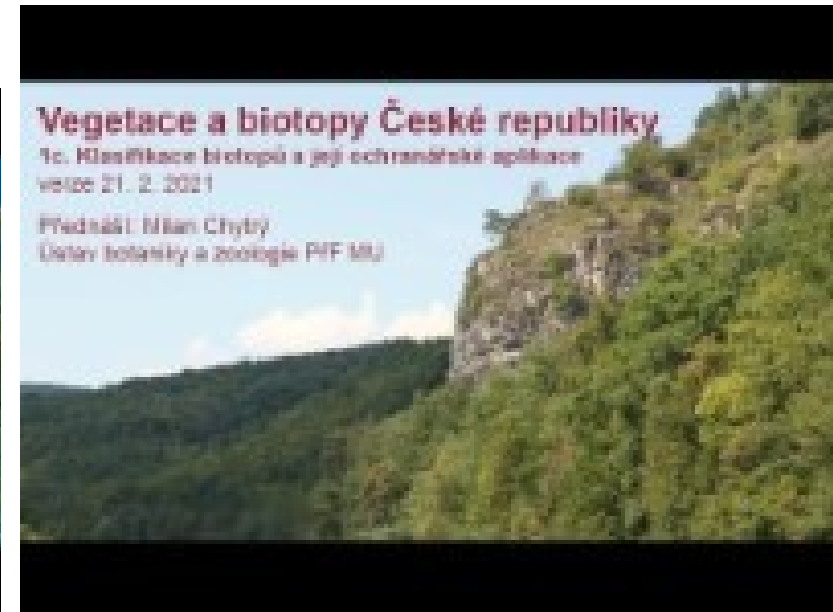
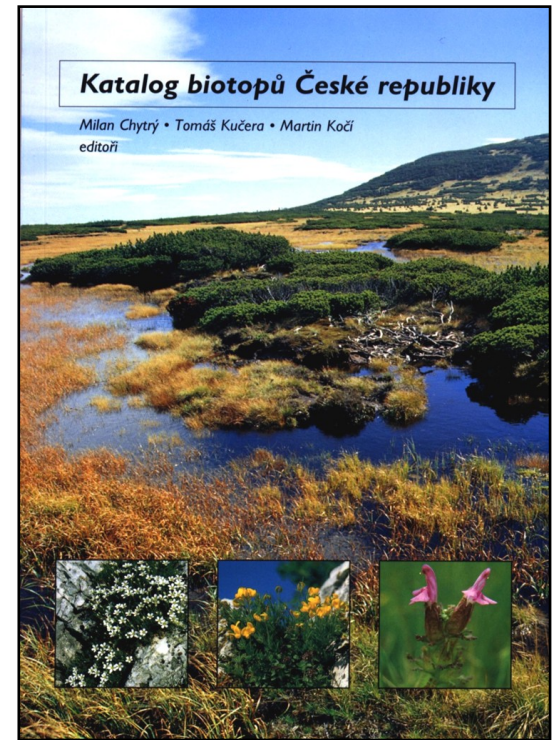


**MUNI | RECETOX**

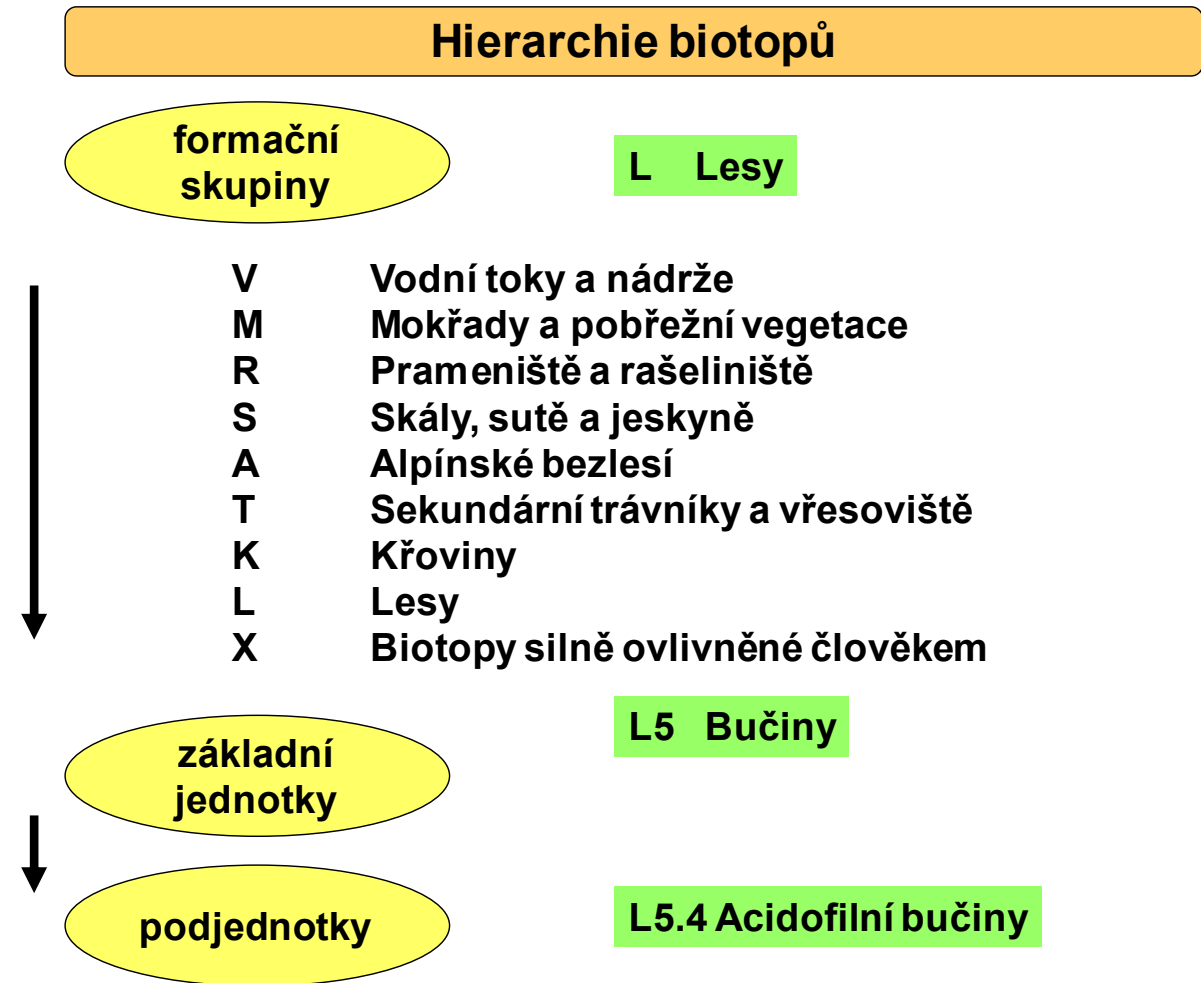
**Biotopy**

# Biotopy

- na evropské úrovni
- velká tradice v ČR
- hodnocení založené na vegetačních jednotkách, reprezentuje i spektrum abiotických faktorů
- popis druhového složení – dominantní i minoritní druhy – pro volbu endpointů
- hierarchické uspořádání biotopů - možnost diferencovaného přístupu v EcoRA



# Biotopy



# Biotopy

- x – biotopy silně ovlivněné nebo vytvořené člověkem

# **Půdní biota**



# Co je půda?

Půda je komplexní, heterogenní, polydisperzní a trojfázová směs minerálních částic, organické hmoty, vody, vzduchu a **živých organismů**

specificky přeměněná a přeměňovaná působením půdotvorných faktorů (geologické, topografické, klimatické, fyzikální, chemické, **biologické** a čas)

tak, že výsledkem je vznik a vývoj nové kvality – tenké, kypré a pórovité, v horizonty členěné a **oživené** vrstvy na povrchu Země,

která se liší od původních materiálů morfologickými, fyzikálními, chemickými a **biologickými** vlastnostmi,

a která, není-li degradována, poskytuje nenahraditelné **životní prostředí rostlinám, živočichům** a člověku

a má nenahraditelné funkce v terestrickém ekosystému a pro lidskou společnost.

# Oživení půd

Earthworms (?): Flandres ca. 1350  
from. J. Rombke



Fig. VI.: The earliest known drawing of a tardigrade by Goeze in 1773.



JRC (2010): European Atlas of Soil Biodiversity.  
<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/atlas-soil-biodiversity>

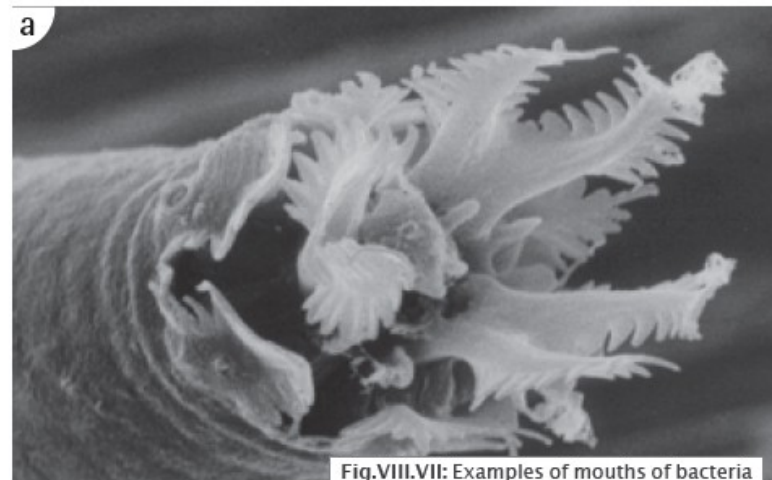


Fig.VIII.VII: Examples of mouths of bacteria feeding nematodes. (HvM)



# Oživení půd

**Půda je živá hmota !!!**

1 g = vlastně celý ekosystém

Food and Agriculture Organization of the United Nations

World Soil Day

## SOIL IS ALIVE!

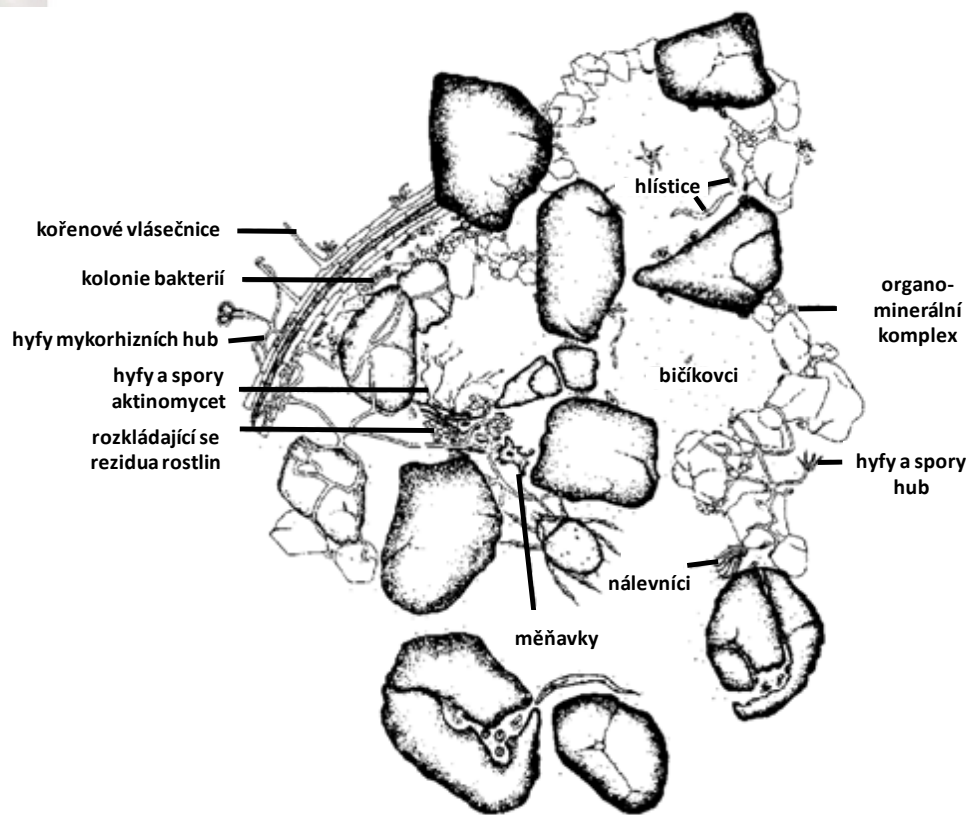
Soil is home to more than 25% of our planet's biodiversity

25%

Yet, we know only 1% of this universe

1%

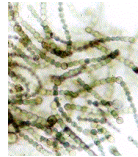
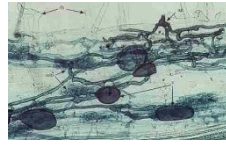
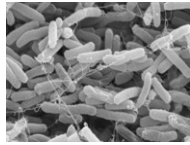
The poster features a circular graphic filled with various soil organisms and a magnifying glass over a soil sample.



FAO, ITPS, GSBI, SCBD and EC. 2020. State of knowledge of soil biodiversity - Status, challenges and potentialities, Report 2020. Rome, FAO.

<https://doi.org/10.4060/cb1928en>

# Oživení půd



## mikroorganismy:

90 % celkové biomasy a aktivit !

**Table 2. Composition of a Soil of a Grassland on Dry Weight Base**

Soil	<ul style="list-style-type: none"> <li>{ mineral soil 94%</li> <li>{ organic matter 6%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>{ dead org. m. 85%</li> <li>{ living org. m. 15%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>{ living roots 8.5%</li> <li>{ edaphon 6.5%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>{ bacteria + actinomycetes 50%</li> <li>{ fungi 25%</li> <li>{ worms 14%</li> <li>{ macrofauna 5%</li> <li>{ mesofauna 2.5%</li> <li>{ microfauna 3.5%</li> </ul>
------	---	--	---	--

From Dunger, W., *Tiere in Boden*, Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt, 1984, 265 pp. With permission.

## bezobratlí:

největší abundance mají hlístice, roztoči, chvostokoci, roupice,





# Oživení půd

**edafon** = soubor organismů přítomných v půdě celými těly

- fytoedafon - řasy, bakterie, houby, aktinomyce
- zooedafon - prvoci, červi, měkkýši, savci, členovci
- euedafon – všechna stádia v půdě (žížala) - geobionta
- protoedafon – jen některá stádia (chroust) - geofila
- hemiedafon – může žít i mimo půdu (chvostoskok) - geofila
- pseudedafon – v půdě se jen ukrývají - geoxena
- tychedafon – v půdě jen náhodně (záplavy) - geoxena

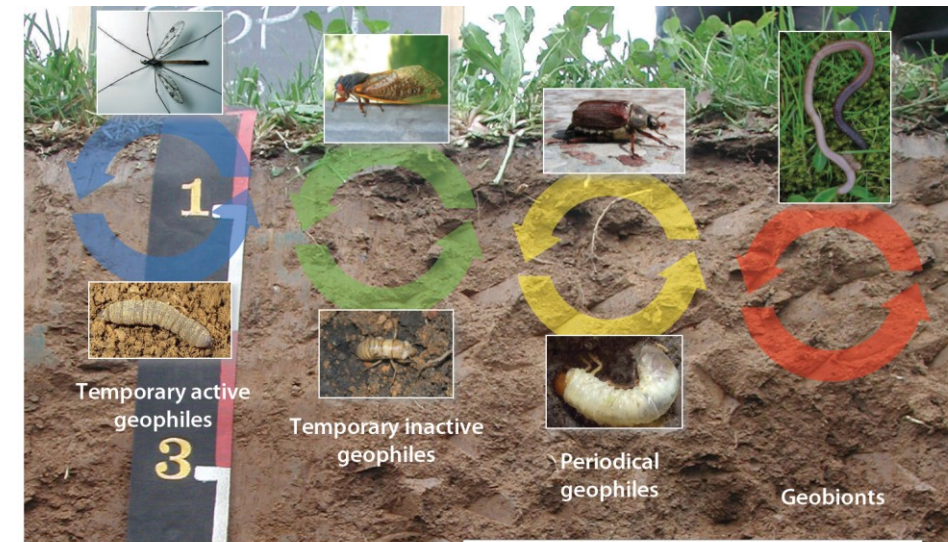


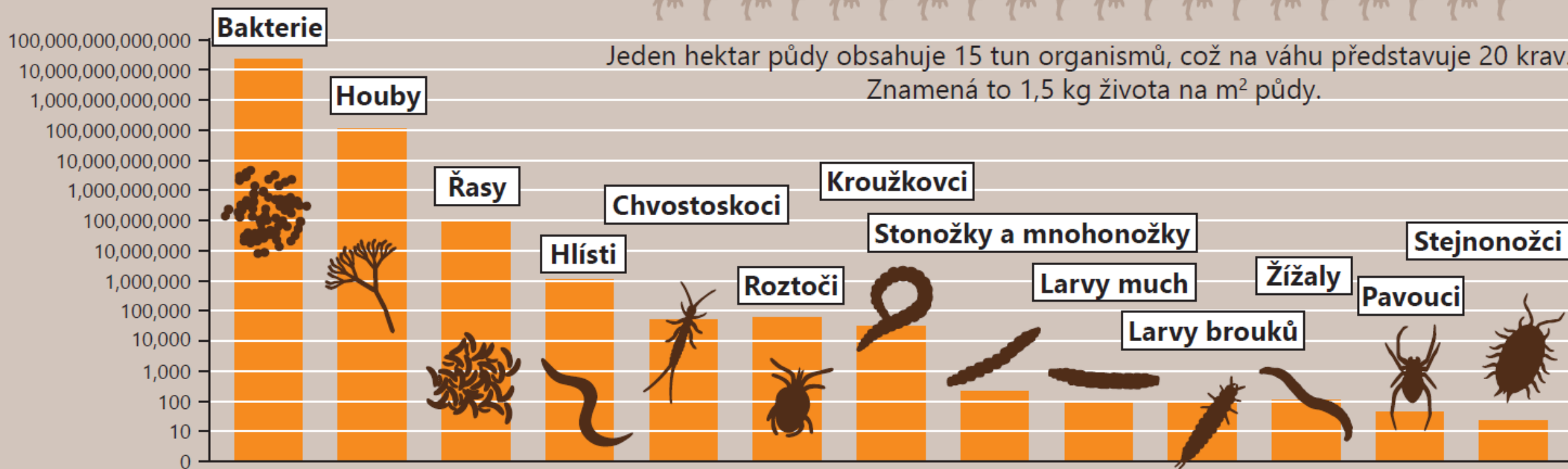
Fig. 7.10: The main four groupings that can be formed of soil invertebrates, depending on their life strategies and how closely they are linked with soil. The image contains examples of organisms from each group, showing both the larval and adult stages of each organism where applicable. Alternative terminology that is also used refers to temporary, transient and permanent edafon. The meanings are synonymous with those listed above. (A, D, LW and GY)

+ **orgány vyšších rostlin** - různorodý materiál, doplňování humusového materiálu

# Oživení půd

## PŮDY HEMŽÍCÍ SE ŽIVOTEM

Počet živých organismů v 1 m<sup>3</sup> svrchní půdy v mírném klimatu, logaritmické měřítko



# Oživení půd

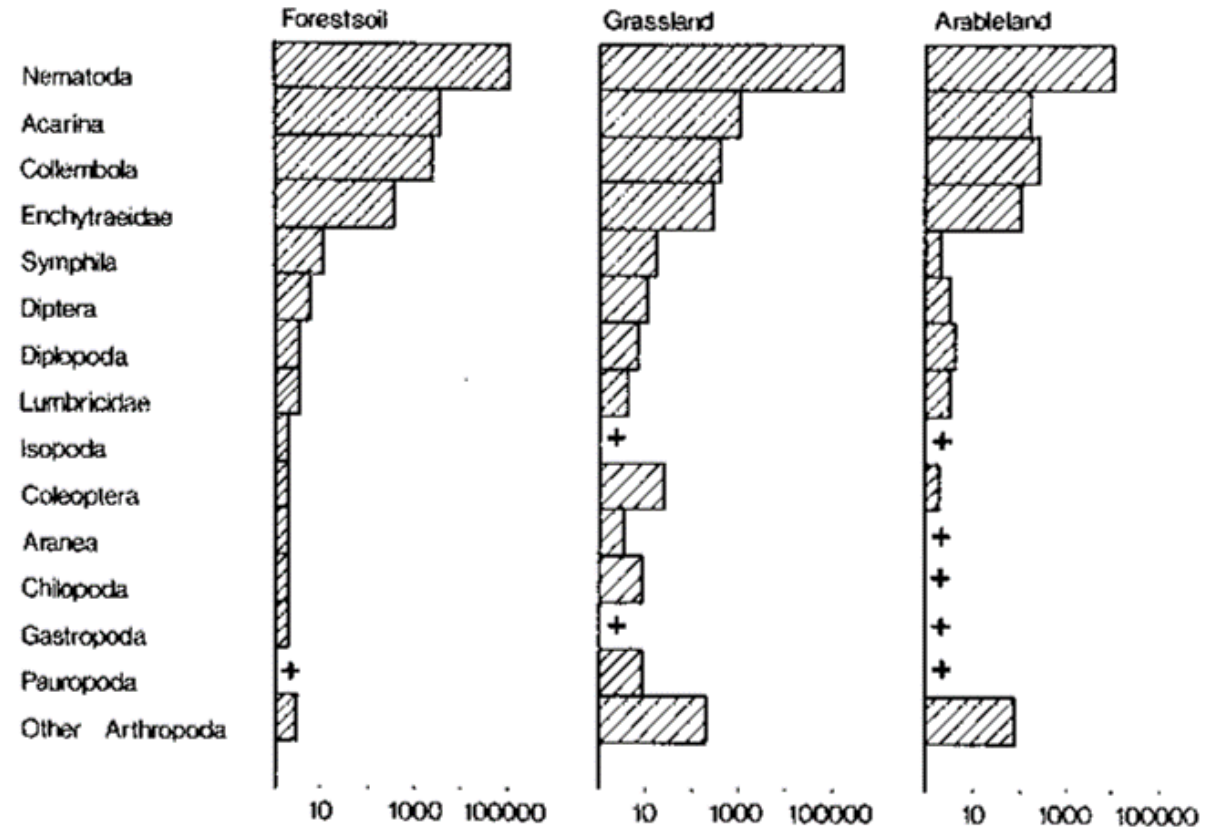
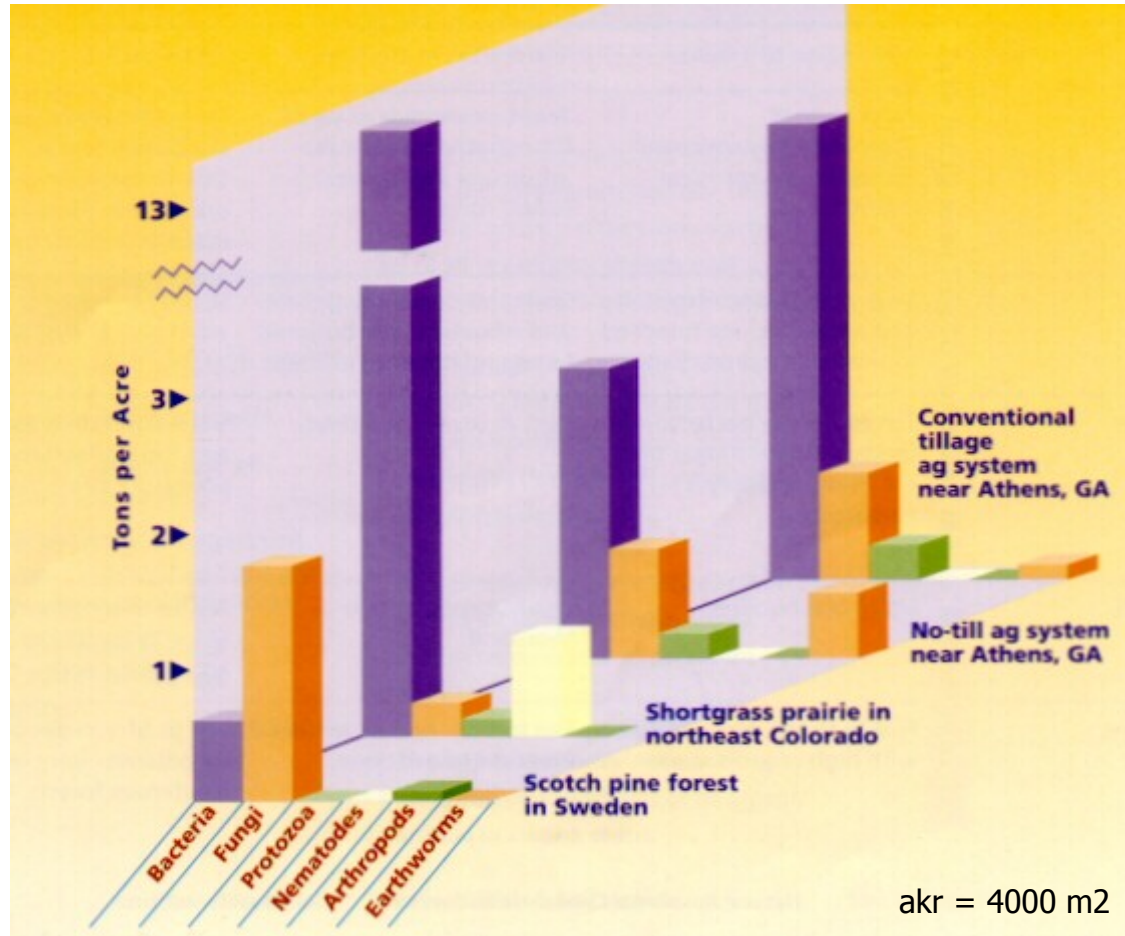
	Ag Land	Prairie	Forest
<b>Organisms per gram (teaspoon) of soil</b>			
Bacteria	100 mil. -1 bil.	100 mil. -1 bil.	100 mil. -1 bil.
Fungi	Several yards	10s – 100's of yds	1-40 miles (in conifers)
Protozoa	1000's	1000's	100,000's
Nematodes	10-20	10's – 100's	100's
<b>Organisms per square foot</b>			
Arthropods	< 100	500-2000	10,000-25,000
Earthworms	5-30	10-50	10-50 (0 in conifers)

Šimek (2020): Bez půdy to nepůjde. ISBN 978-80-86668-59-8

[https://www.bc.cas.cz/Cds/Download/?filena me=8135\\_FINALNI\\_Brozura\\_Bez\\_pudy\\_to\\_nepujde\\_WEB](https://www.bc.cas.cz/Cds/Download/?filena me=8135_FINALNI_Brozura_Bez_pudy_to_nepujde_WEB)

Skupina	Abundance (jedinci.m <sup>-2</sup> )		Biomasa (g.m <sup>-2</sup> )	
	průměrná	za příznivých podmínek	průměrná	za příznivých podmínek
prokaryota (bakterie a archea)	10 <sup>14</sup>	10 <sup>16</sup>	100	700
aktinobakterie	10 <sup>13</sup>	10 <sup>15</sup>	100	500
houby (délka vláken)	10 <sup>11</sup>	10 <sup>14</sup>	100	1000
řasy	10 <sup>8</sup>	10 <sup>11</sup>	20	150
prvoci	10 <sup>8</sup>	2 x 10 <sup>10</sup>	5	150
ploštěnky	10 <sup>3</sup>	2000	0,02	0,04
vířníci	10 <sup>4</sup>	10 <sup>6</sup>	0,01	0,3
želvušky	10 <sup>3</sup>	10 <sup>5</sup>	0,01	0,05
hlístice	10 <sup>6</sup>	10 <sup>8</sup>	5	50
roztoci	7 x 10 <sup>4</sup>	4 x 10 <sup>5</sup>	0,6	4
chvostokoci	5 x 10 <sup>4</sup>	4 x 10 <sup>5</sup>	0,5	4
hmyzenky	300	3000	0,003	0,03
vidličnatky	50	300	0,0005	0,003
roupice	3 x 10 <sup>4</sup>	3 x 10 <sup>5</sup>	5	50
žížaly	100	500	30	200
plži	50	1000	1	30
pavouci	50	200	0,2	1
štírci	30	100	0,01	0,03
stonožky	30	300	0,4	2
mnohonožky	50	500	1,5	10
drobnušky a stonoženky	100	2000	0,05	1
stejnonožci	30	200	0,4	1,5
plazivky (klanonožci)	10 <sup>3</sup>	3 x 10 <sup>3</sup>	0,2	0,6
brouci vč. larev	100	600	1,5	20
larvy dvoukřídlých	100	1000	1	15
ostatní hmyz vč. larev	150	15 000	1	15
obratlovci	0,01	0,1	0,1	10

# Oživení půd



**FIGURE 3.** Mean composition of the soil fauna in a forest, meadow, and arable soil (mean numbers per dm<sup>2</sup> for the 0- to 30-cm layer; + means present). (From Eijsackers, H. and Van de Bund, C.F., in *Interactions Between Herbicides and the Soil*, Hance, R.J., Ed., Academic Press, London, 180, 255. With permission.)



# Oživení půd

- není rovnoměrné

Fig. 1.2: This highly simplified figure aims to give some idea of the distribution of organisms vertically through the soil profile. It is clearly an oversimplification and in fact microorganisms such as bacteria (c) and protozoa (e) are distributed throughout the soil profile, although with the highest biomass being found near the soil surface which is richer in organic matter. The two collembolans are adapted for living at different soil depths with the species shown in (a) being more adapted for living on or near the soil surface and that shown in (b) being more adapted to living at deeper levels. These differences are discussed in more detail in Section IX. Earthworms are also found in greater numbers closer to the soil surface but can also be found down to depths of 1 metre or more and form three different ecological groups which are discussed in more detail in Section XIII. Fungi are also found throughout the soil profile but are particularly common close to the soil surface where there is higher concentrations of organic matter as well as numerous plant roots with which they can form symbiotic relationships (f). This figure only shows a very few selected organisms. Many more organism groups make the soil their home as this atlas will make clear. (JRC)



JRC (2010): European Atlas of Soil Biodiversity.  
<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/atlas-soil-biodiversity>

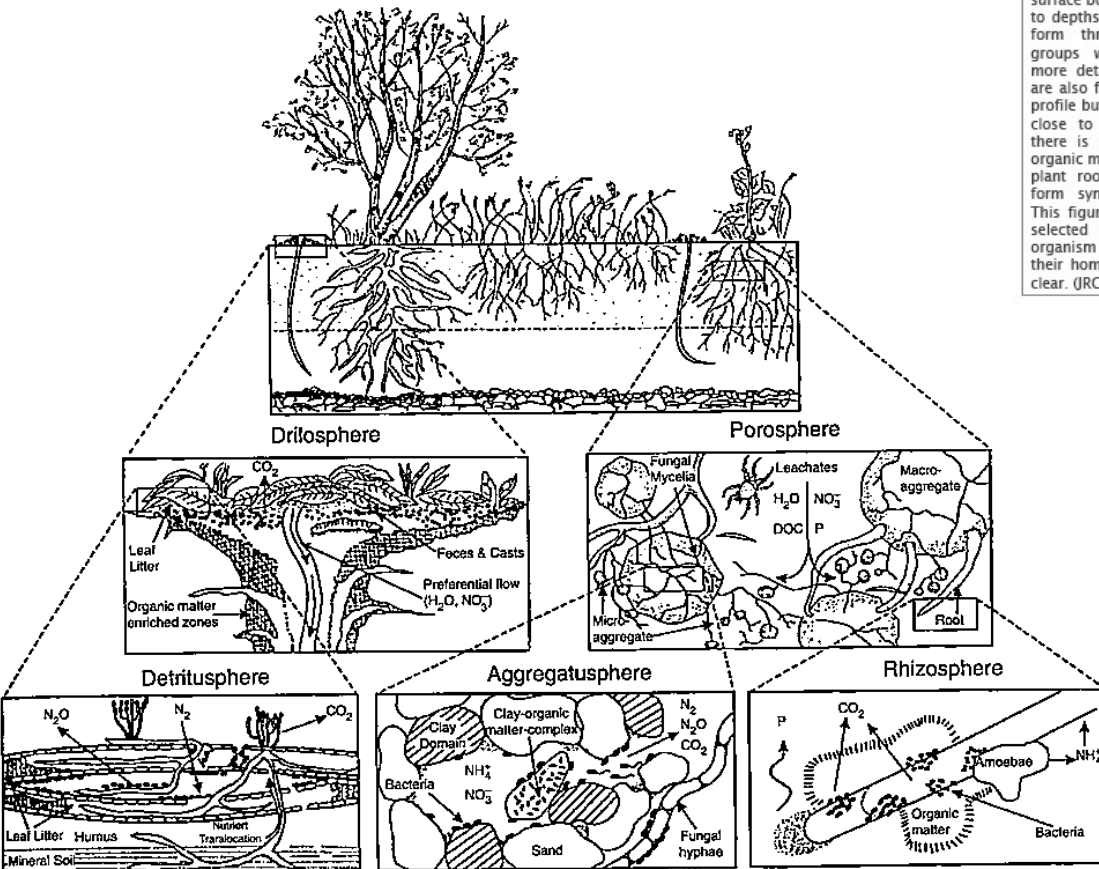


FIGURE 6.4. Arenas of activity in soil systems. These “hot spots” of activity may be less than 10% of the total soil volume, but represent more than 90% of the total biological activity in most soils worldwide (from Beare *et al.*, 1995, reprinted with permission).

Bargett R. (2005): The Biology of Soil: A Community and Ecosystem Approach. ISBN 9780198525028

# Velikost půdní bioty

the  
ber

UN FAO, 2020

**MEGAFUNA**  
Toads, moles, beavers, rabbits and badgers are the principal agents of soil turnover and distribution.

**MACROFAUNA**  
Several centimeters  
Earthworms, termites, ants, millipedes and woodlice help with soil drainage and aeration.

**MESOFUNA**  
Less than 2 mm  
Microscopic invertebrates such as collembolans, diplura, proturans, nematodes, mites and tardigrades are biological regulators of decomposition.

**MICROFAUNA AND MICROORGANISMS**  
1-100 Micrometers  
Bacteria, protozoans, fungi and nematodes are the smallest and most numerous organisms in the soil. That are responsible of biogeochemical processes.

Community

Table 1.1: The soil biota can be divided into three groups.

Smaller Larger

## Microfauna/flora

Size range 1-100  $\mu\text{m}$

### Bacteria

100 billion cells from  
10,000 species

### Fungi

50 km of hyphae from 100's  
of species

### Protozoa

100,000 cells from 100's of  
species

### Nematodes

10,000 individuals from  
100's of species

## Mesofauna

Size range 100  $\mu\text{m}$  – 2 mm

### Tardigrades

### Collembola

### Mites

Combined 1,000's individuals  
from 100's of species

## Macro/Megafauna

Size range > 2 mm

### Earthworms

### Ants

### Woodlice

### Centipedes

### Amphibians and reptiles

### Mammals

### Birds

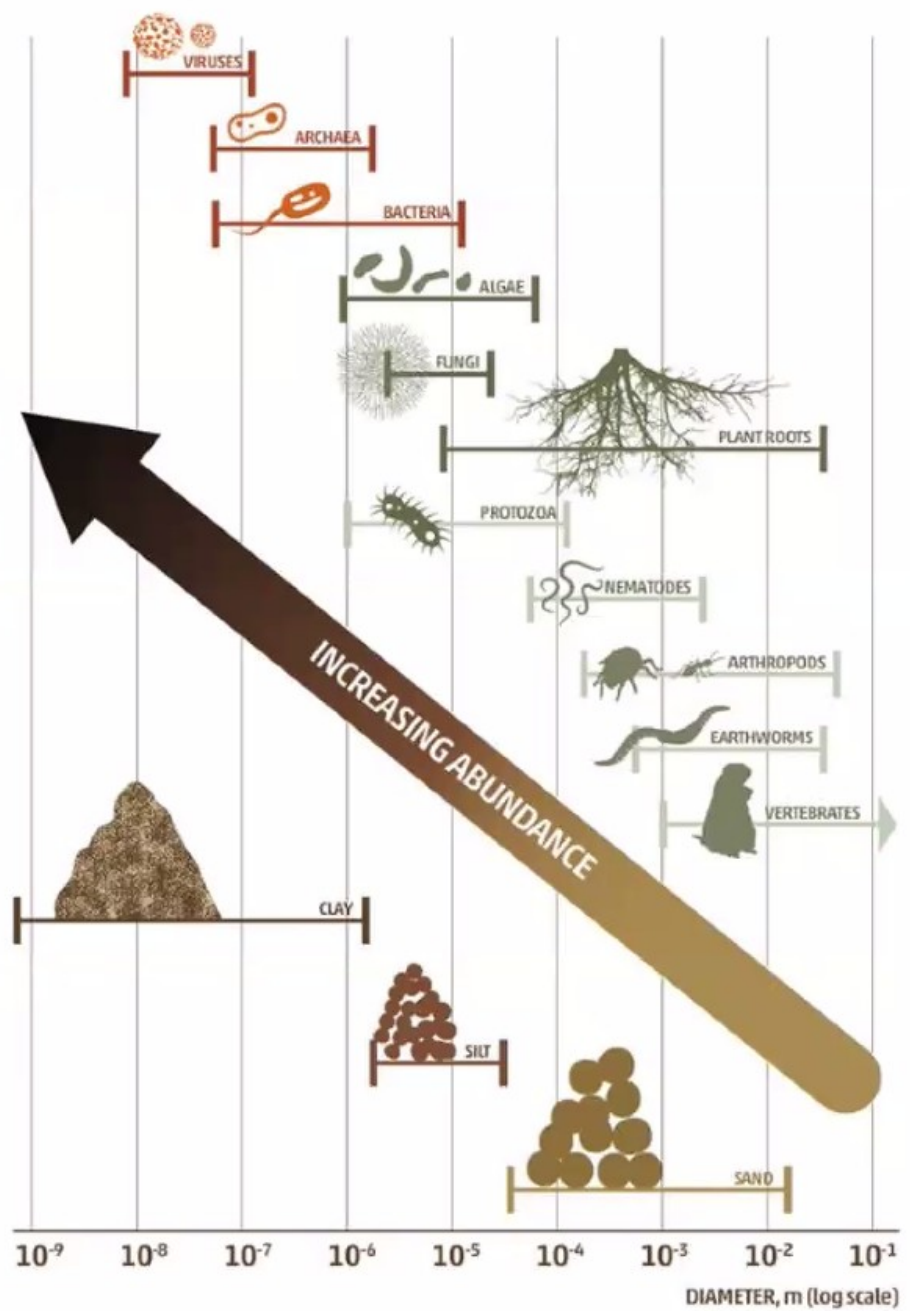
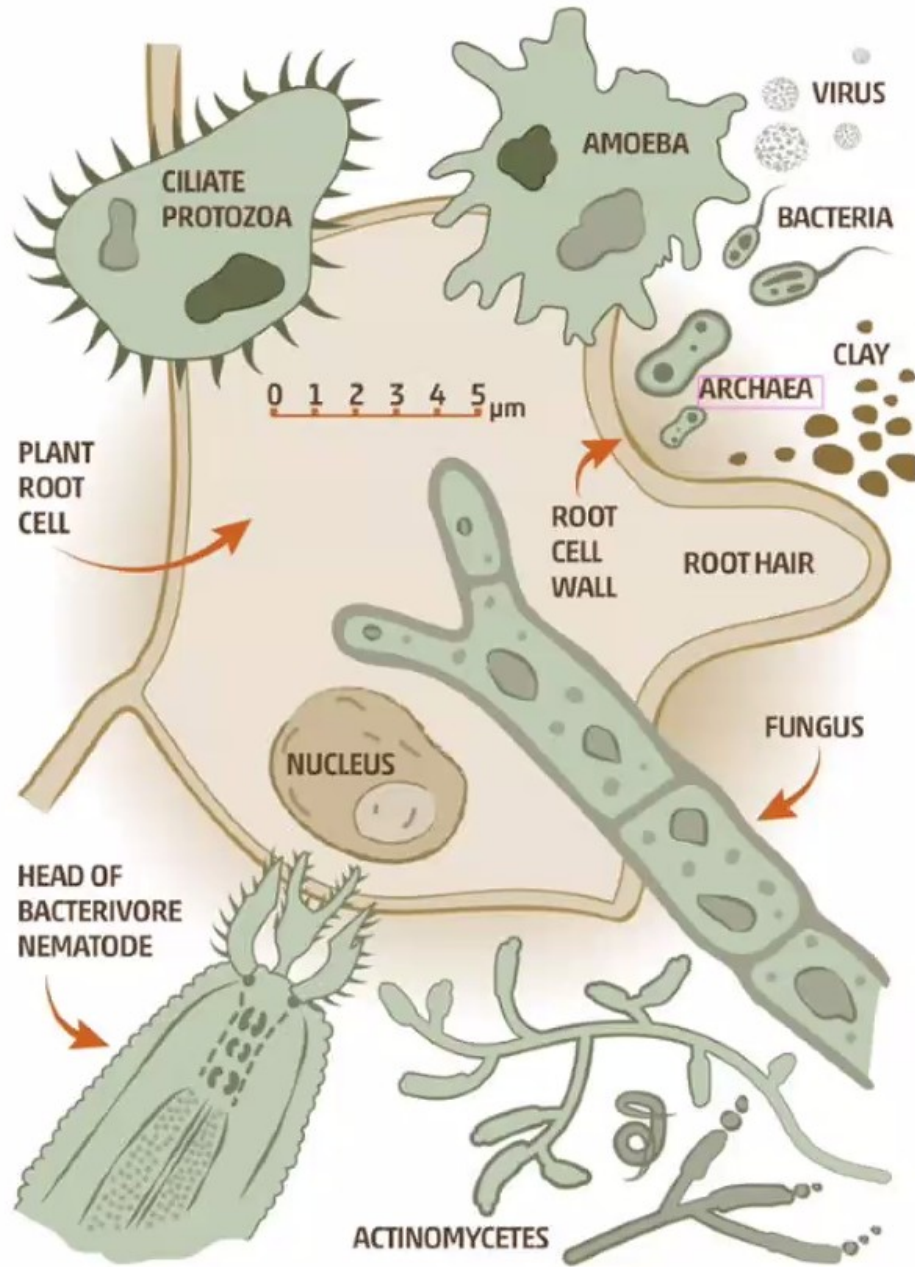
Combined 100's individuals  
from 10's of species

JRC (2010): European Atlas of Soil Biodiversity.

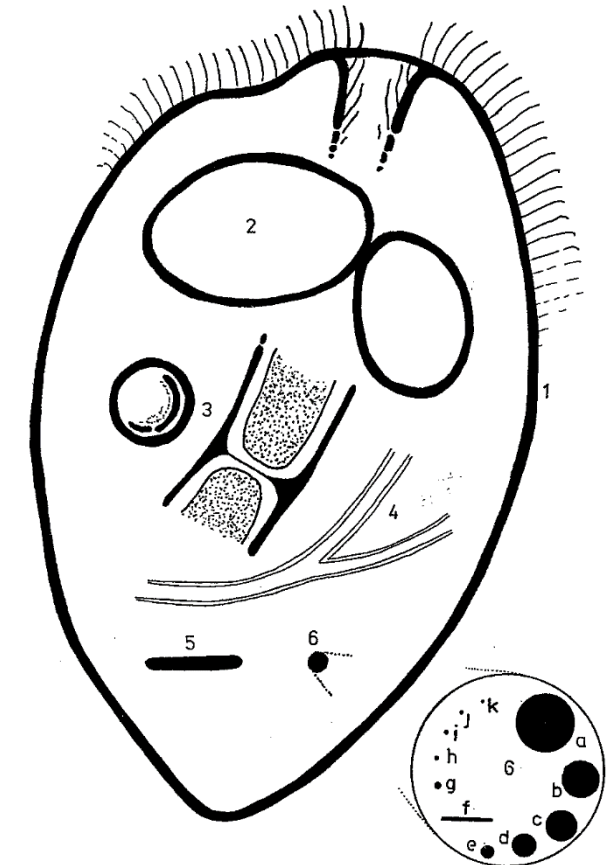
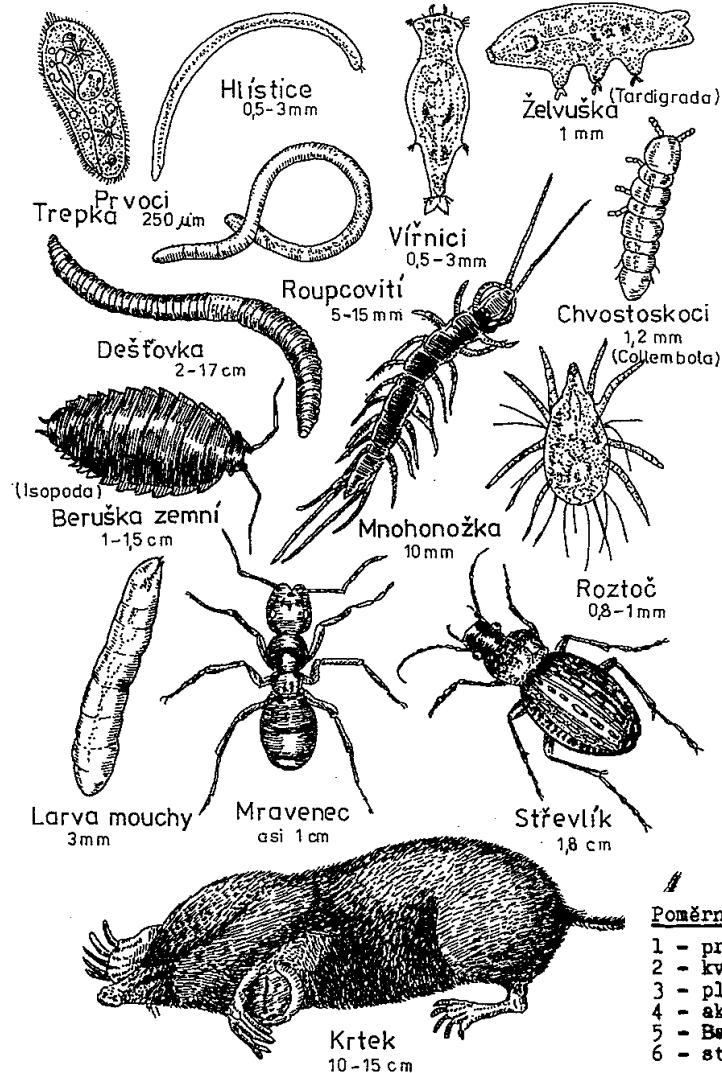
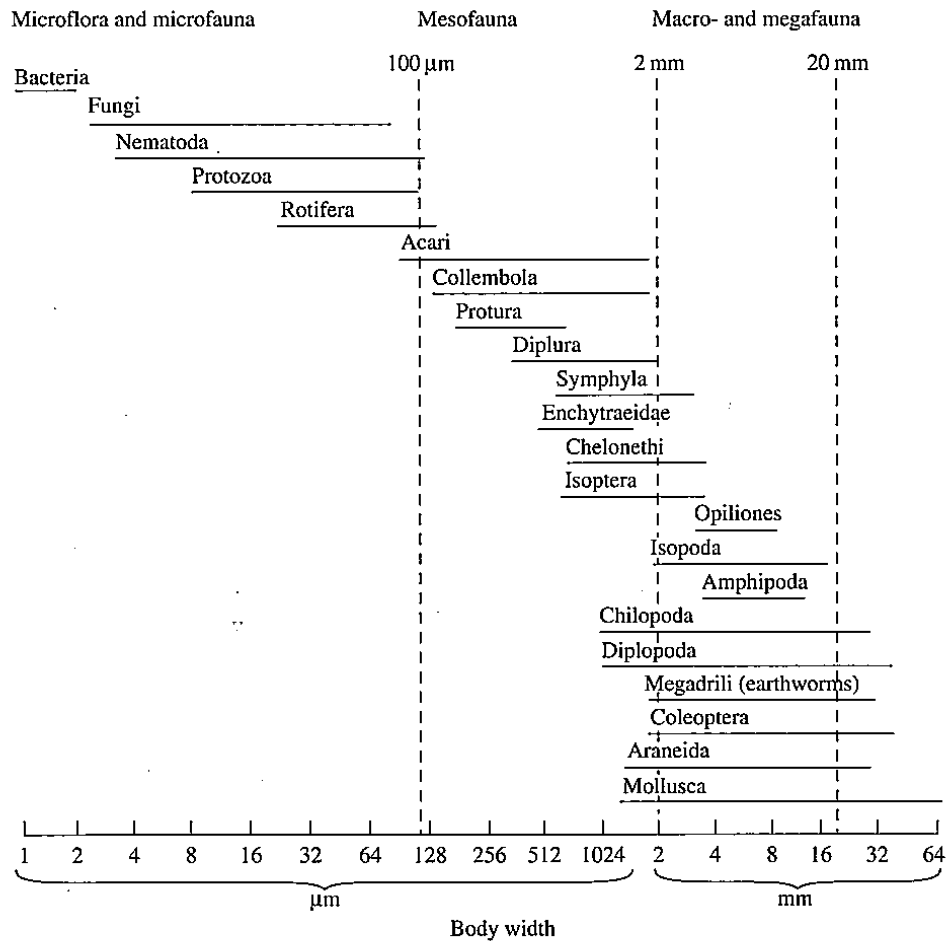
<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/atlas-soil-biodiversity>



# Velikost půdní bioty



# Velikost půdní bioty



Poměrná velikost mikroorganismů (Káš - Langkramer, 1954)

- 1 - prvok (25x40 μm),
- 2 - kvasinky (8-12 μm),
- 3 - plíseň, spóra a část vlákna (Ø spóry 4 μm, vlákna 5 μm),
- 4 - aktynomyceta (Ø vlákna 0,5-1,2),
- 5 - Bacillus subtilis (0,6-5 μm),
- 6 - stafylokok (Ø μm) - vedle též zvětšený uvnitř obrysu:
- a - virus papouščí nemoci (Ø 300 nm), b - virus oparu (Ø 150 nm),
- c - virus vztekliny (Ø 125 nm), d - virus chřipky (Ø 100),
- e - bakteriofág (Ø 50-75 nm), f - virus mozaikové nemoci tabáku (15x280 nm),
- g - virus žluté zimnice (Ø 22 nm), h - virus děložní obrny (Ø 12),
- i - virus slintavky a kulhavky (Ø 10 nm), j - molekula vaječného albuminu (3x9 nm)

Fig. 2.1 Classification of soil biota on the basis of their body size. (Adapted from Swift et al. 1979).

Bargett R. (2005): The Biology of Soil: A Community and Ecosystem Approach. ISBN 9780198525028

Klimo E. (2000): Lesnická pedologie

# Skladba půdního oživení

- 1) Producenti** – autotrofní organismy – vychází z minerálních látek a energii získávají ze světla – fotoautotrofie (vyšší rostliny, sinice, řasy) či oxidace anorganických látek – chemolitotrofie (některé bakterie)
- 2) Primární konzumenti** – fytofágie, fytotrofie – konzumují rostlinnou biomasu (různé larvy, brouci, krtonožky, někteří pavouci a roztoči, rostlinní parazité - hlístice)
- 3) Sekundární konzumenti** – karnivoři, predátoři – požírají fytotrofní organismy – dravý hmyz, pavouci a roztoči, stonožky
- 4) Rozkladači, destruenti, saprofágové** – živí se odumřelým organickým materiálem – v půdě nejpočetnější skupina – dekompozice - koloběh prvků a látek



# Skladba půdního oživen

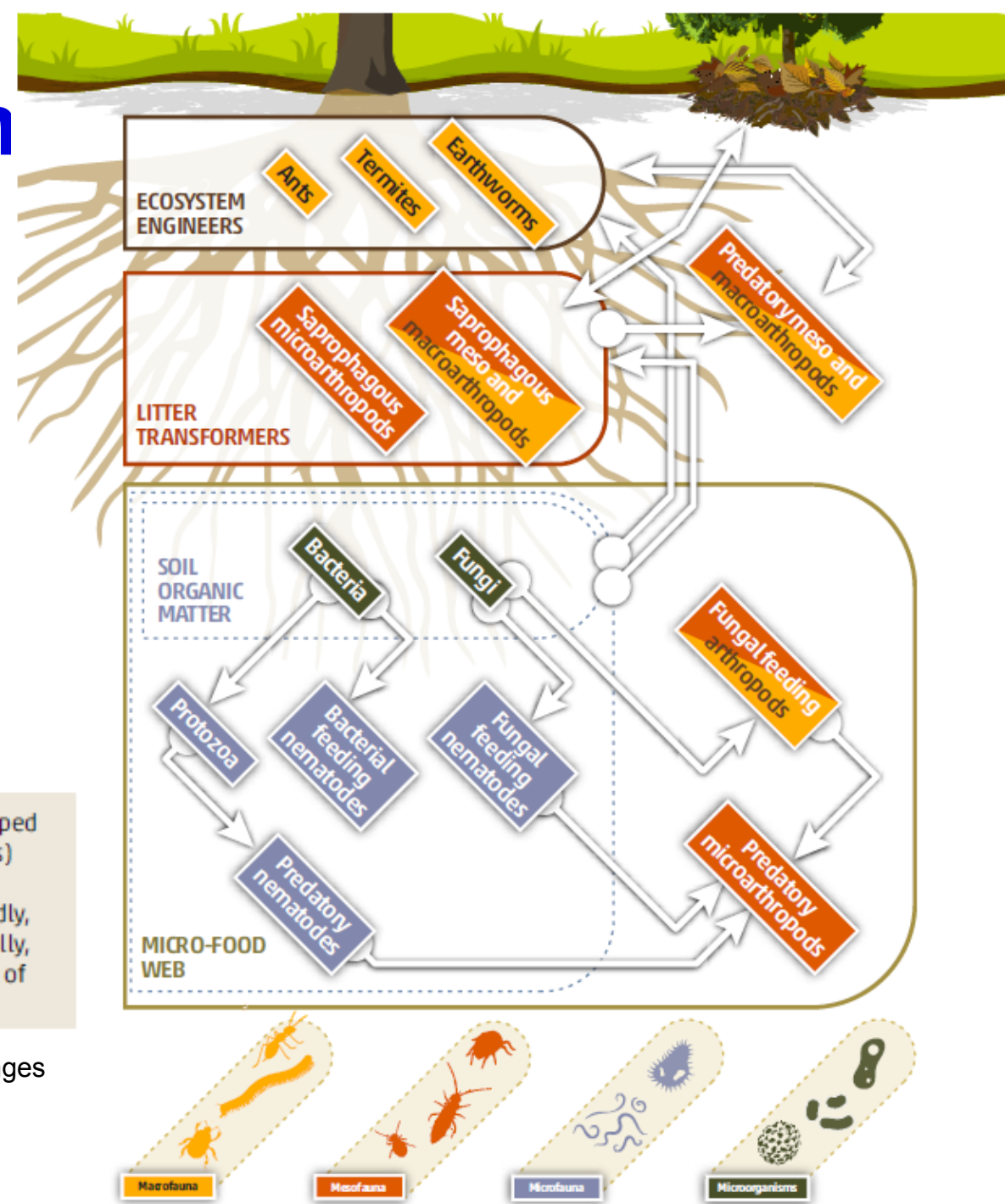
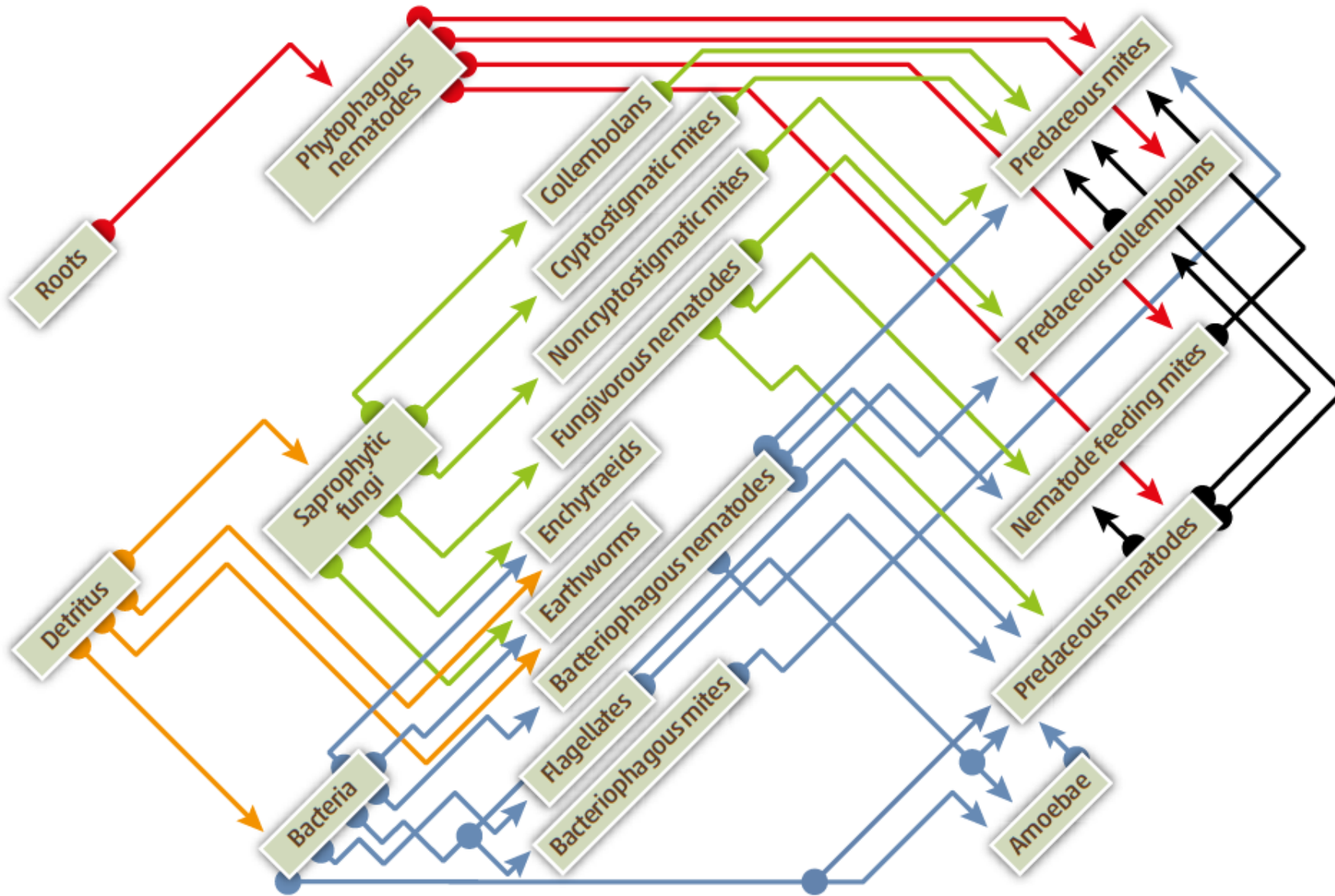


Figure 2.2.2 (previous page) | Organization of the soil food web

Simplified model of the different groups of soil organisms: microorganisms, micro, meso and macrofauna grouped into three categories in the food web and its functional differentiation. Firstly, the micro-food web (dotted lines) includes bacteria and fungi, which are at the base of the food web and decompose soil organic matter, which represents the basic resource of the soil ecosystem, and their direct predators, protozoa and nematodes. Secondly, litter transformers include microarthropods that fragment litter, creating new surfaces for microbial attack. Finally, ecosystem engineers, such as termites, earthworms and ants, modify soil structure by improving the circulation of nutrients, energy, gases and water. Adapted from Coleman and Wall, 2015.

FAO, ITPS, GSBI, SCBD and EC. 2020. State of knowledge of soil biodiversity - Status, challenges and potentialities, Report 2020. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb1928en>

# Skladba půdního oživení

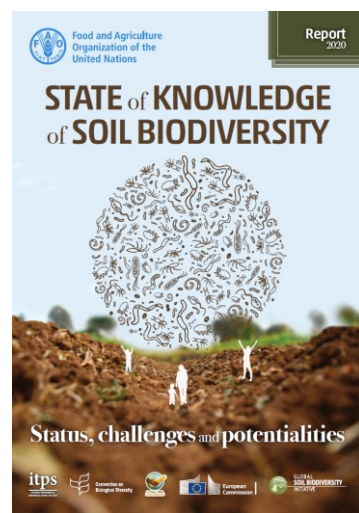


FAO, ITPS, GSBI, SCBD and EC. 2020. State of knowledge of soil biodiversity - Status, challenges and potentialities, Report 2020. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb1928en>



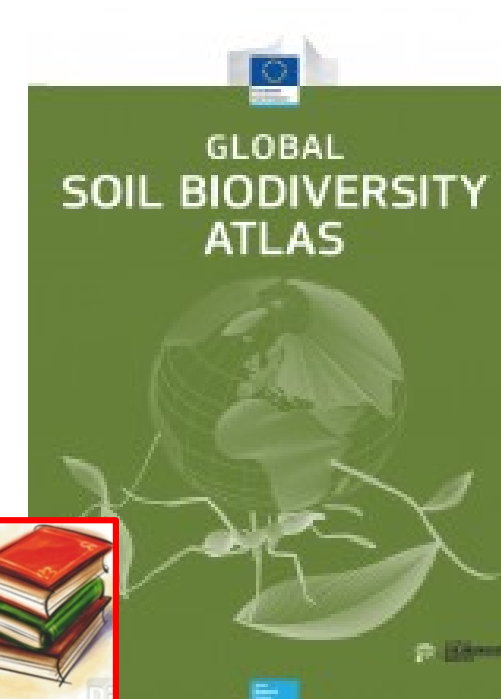
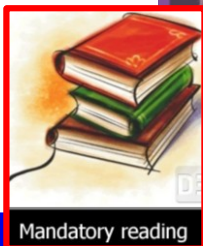
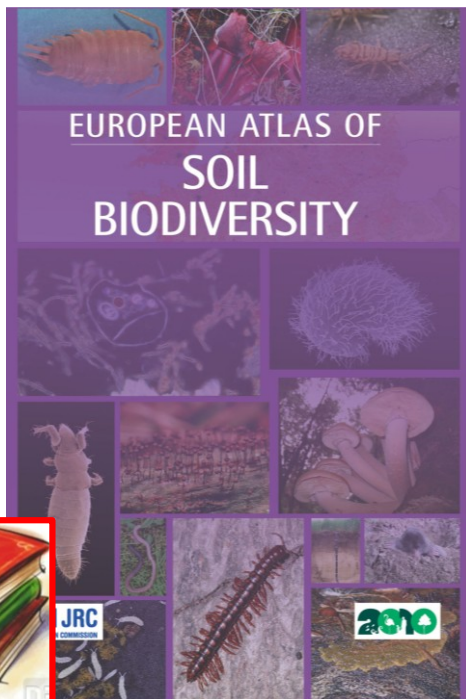
# Skladba půdního oživení

- FAO, ITPS, GSBI, SCBD and EC. 2020. State of knowledge of soil biodiversity - Status, challenges and potentialities, Report 2020. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb1928en>
- <https://www.globalsoilbiodiversity.org/>



# Skladba půdního oživení

- JRC (2016): Global Soil Biodiversity Atlas.  
<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/global-soil-biodiversity-atlas>
- JRC (2010): European Atlas of Soil Biodiversity.  
<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/atlas-soil-biodiversity>





# Skladba půdního oživení

- Šimek M. (2019): Živá půda. Academia. ISBN 9788020029768





# Půda je živá !!!



# Funkce bioty v půdě

## PŮDNÍ BIOTA = PŘEDPOKLAD PŮDY

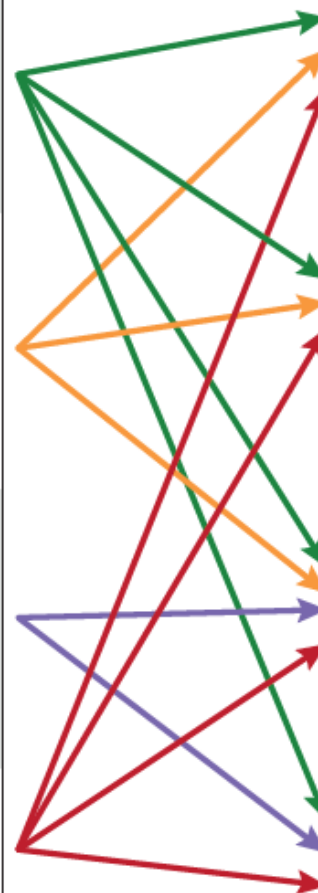
Již v původní definici půdy zakladatele pedologie Dokučajeva je činnost půdních organismů chápána jako **klíčová pro vznik a fungování půdy**

### Biota je v půdě nezbytná pro:

- ekosystémové funkce půdy
- půdotvorné procesy
- půdní úrodnost
- dekompozice a přeměny organické hmoty
- cykly živin
- vodní a vzdušný režim půd
- atd. atd.

# Funkce bioty v půdě

ECOSYSTEM SERVICES
<b>PROVISIONING</b> Plant production (food) Biotechnology
<b>REGULATING</b> Climate regulation Atmospheric composition Hydrological services
<b>SUPPORTING</b> Habitat Biodiversity conservation
<b>CULTURAL</b> Natural capital

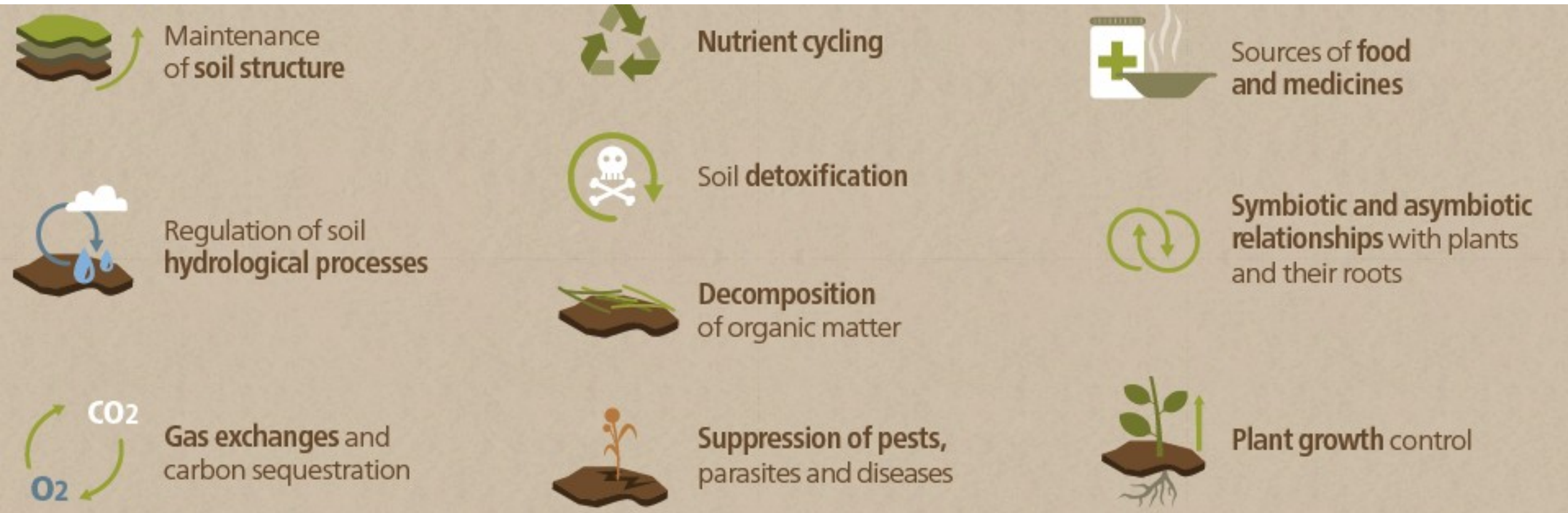


ECOSYSTEM FUNCTIONS	SOIL BIOTA
Decomposition and carbon cycling	Macrofauna Mesofauna Microfauna Bacteria, fungi and archaea
Nutrient cycling	Microfauna Bacteria Mycorrhizal fungi Other microorganisms
Soil structure and maintenance	Roots Earthworms Macroarthropods Fungi
Biological population regulation	Macrofauna Mesofauna Microfauna Bacteria and fungi

JRC (2016): Global Soil Biodiversity Atlas.  
<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/global-soil-biodiversity-atlas>

Soil-based ecosystem services, ecosystem functions and soil organisms that support them. The terms 'functions' and 'services' can be confusing. Usually, functions are considered as the biological processes underpinning and maintaining the ecosystem, while ecosystem services are defined as the direct and indirect contributions of an ecosystem to human well-being (derived from Brussaard, 2012). [119]

# Funkce bioty v půdě



# Funkce bioty v půdě

TABLE 4.12. Influences of Soil Biota on Soil Processes in Ecosystems

	<i>Nutrient cycling</i>	<i>Soil structure</i>
<b>Microflora</b>	Catabolize organic matter Mineralize and immobilize nutrients	Produce organic compounds that bind aggregates Hyphae entangle particles onto aggregates
<b>Microfauna</b>	Regulate bacterial and fungal populations Alter nutrient turnover	May affect aggregate structure through interactions with microflora
<b>Mesofauna</b>	Regulate fungal and microfaunal populations Alter nutrient turnover Fragment plant residues	Produce fecal pellets Create biopores Promote humification
<b>Macrofauna</b>	Fragment plant residues Stimulate microbial activity	Mix organic and mineral particles Redistribute organic matter and microorganisms Create biopores Promote humification Produce fecal pellets

From Hendrix *et al.*, 1990.

# Funkce bioty v půdě

## Microflora

Bacteria and fungi have diverse metabolic capabilities and are the principle agents for the cycling of nutrients e.g. nitrogen, phosphorus and sulphur. They may be free living or symbiotic and active in the decomposition or build-up of organic matter. They also help in the formation of stable soil aggregates.

## Microfauna

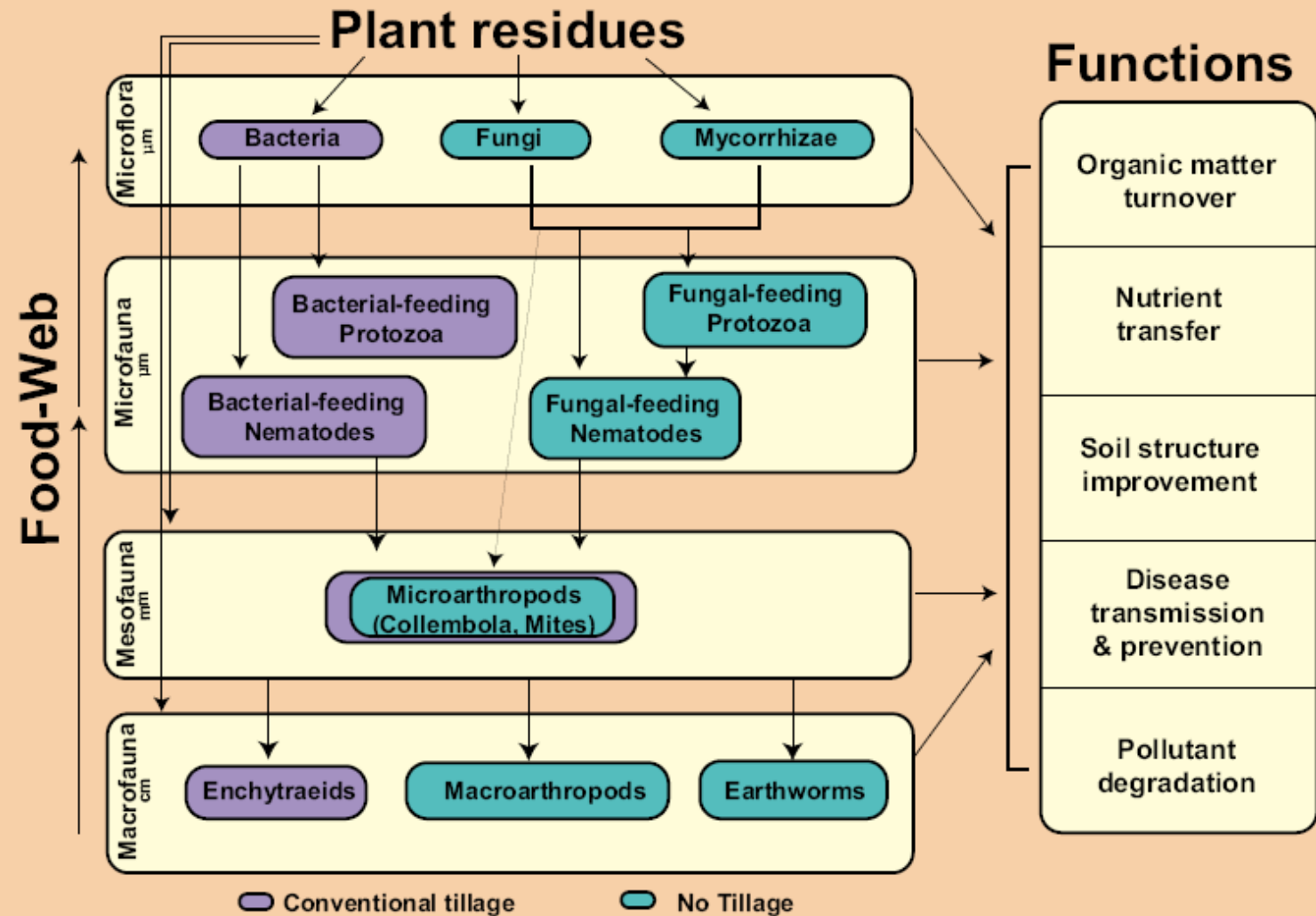
Protozoa and nematodes are a crucial link between microflora and larger fauna. They regulate the populations of bacteria and fungi and play a major role in the mineralisation of nutrients.

## Mesofauna

Mites and collembola feed on litter and help fragment organic residues. They are predators of fungi and microfauna, playing an important role in regulating microbial populations and nutrient turnover.

## Macrofauna

Earthworms, termites and dungbeetles, etc are important biological agents fragmenting organic residues and causing a large surface area to be exposed. They also help the formation of soil aggregates and soil pores.



<http://www-crcslm.waite.adelaide.edu.au>



# Funkce bioty v půdě

## Dekompozice

- **Půdní fauna** – mechanické zpracování mrtvé organické hmoty: rozmělnění, zvětšení povrchu, promíchání s minerálními částicemi (i vlastním průchodem přes trávící trakt), transport v půdě, umožnění vzniku organominerálního komplexu a půdní struktury
- **Mikroorganismy** – rozklad a mineralizace organické hmoty (opad, odumřelé kořeny, dřevo, odumřelá těla živočichů a mikroorganismů ...) na jednodušší sloučeniny a minerální látky, které jsou přístupné pro primární produkci
- Obě skupiny jsou velmi propojené v potravních a dalších vztazích

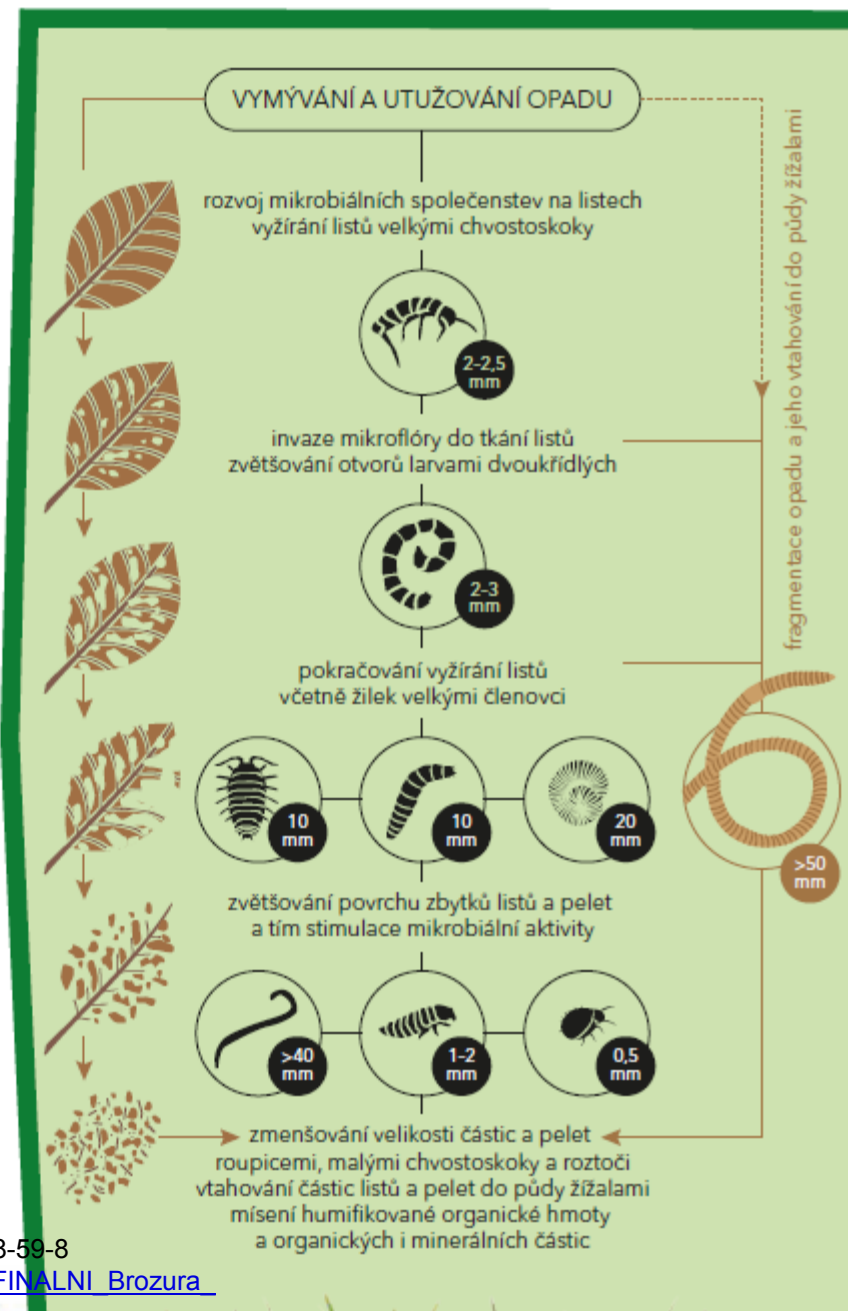
# Funkce bioty v půdě

## Dekompozice



### Schématický postup rozkladu listového opadu.

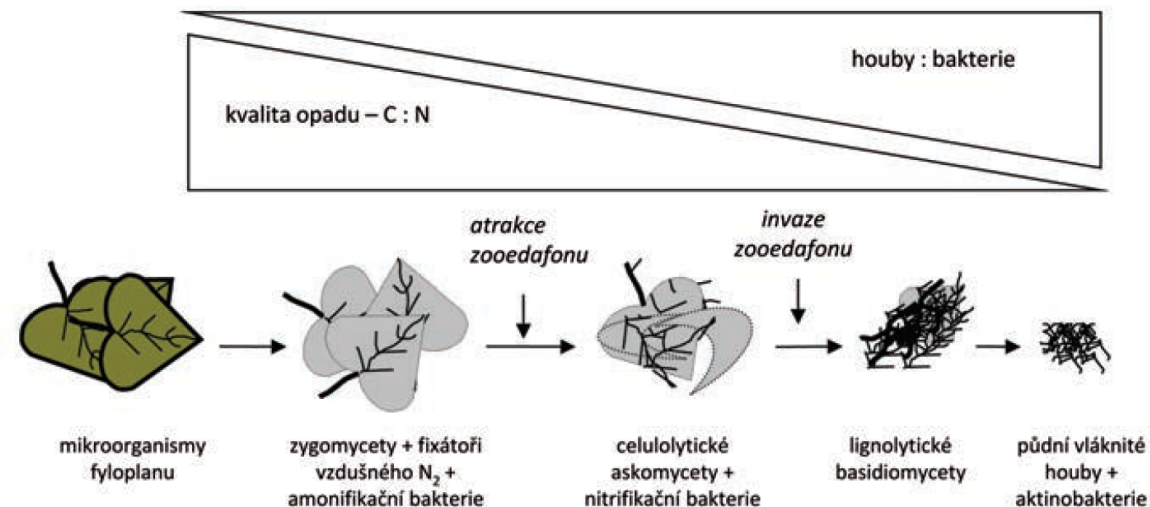
Na rozkladu se podílí řada mikroorganismů, živočichů, a také extracelulární (= vněbuněčné) enzymy produkované edafonem. V průběhu rozkladu se mění kvalita rozkládajícího se opadu a tomu se přizpůsobuje i složení rozkladného společenstva, organická hmota se přesouvá z povrchu do hlubších vrstev půdy, snižuje se postupně poměr C:N detritu, velké molekuly organických látek se jejich částečnou degradací zmenšují, podíl bakteriálního vůči houbovému rozkladnému společenstvu postupně narůstá a část původní organické hmoty je nakonec mineralizována na nejjednodušší sloučeniny. S postupujícím rozkladem se vymývají minerální živiny a organické zbytky se utužují. (zdroj: Gobat a kol., 2004)





# Funkce bioty v půdě

## Dekompozice

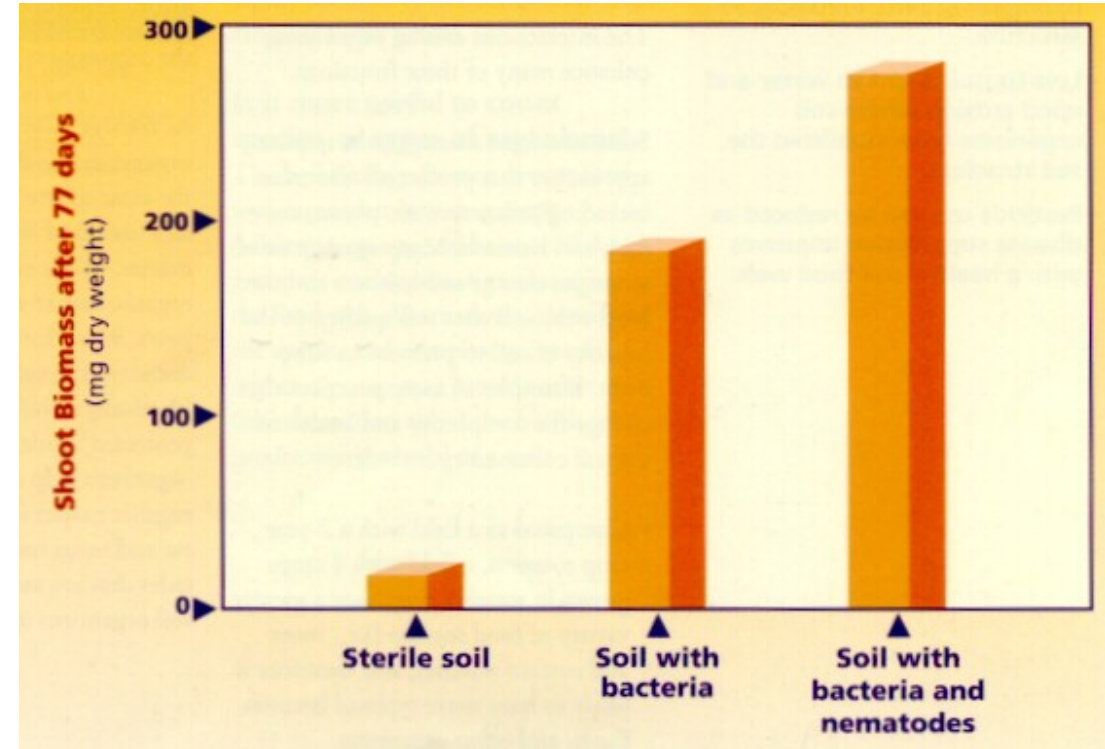
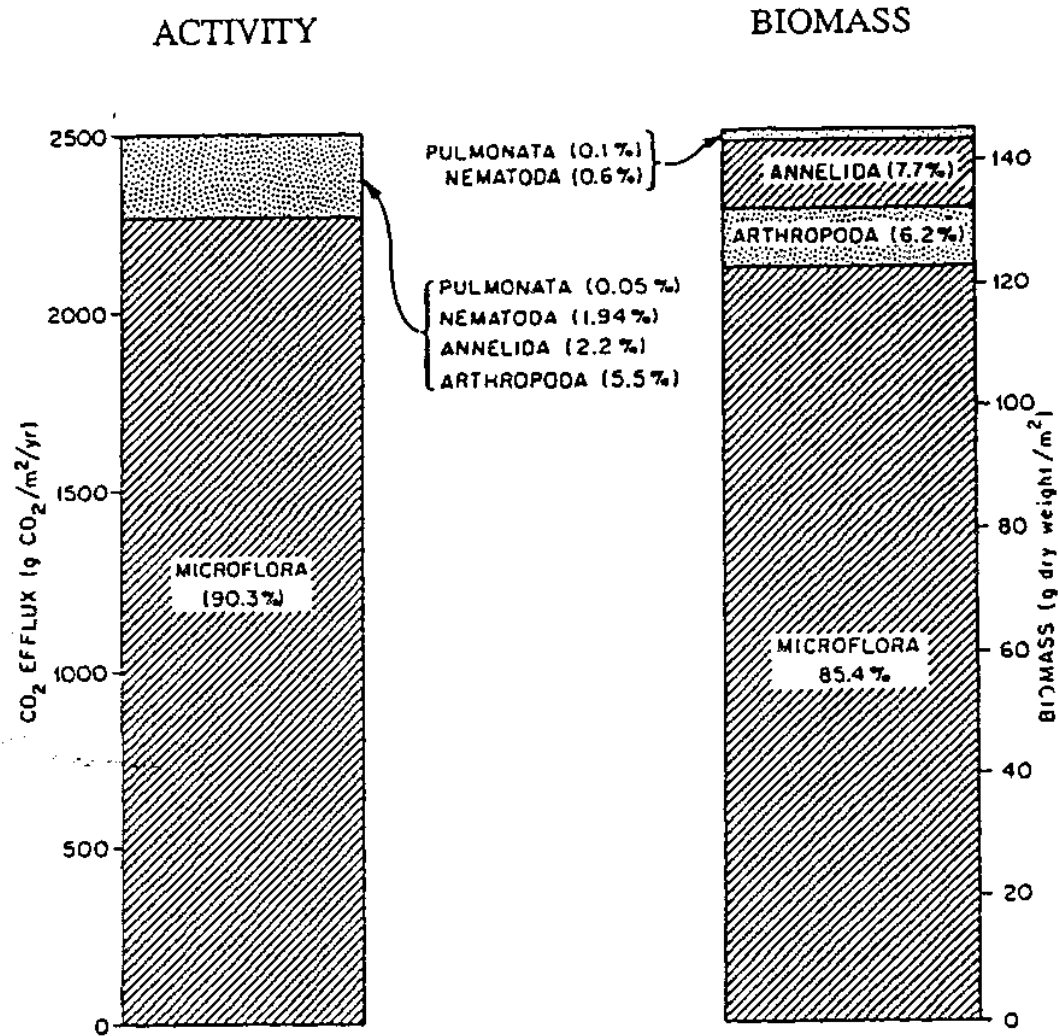


**Obrázek 35. Schéma substrátové sukcese společenstva edafonu na rozkládajícím se rostlinném opadu**

Zásadní sukcesní změny jsou ovlivněny synergickou interakcí mezi funkčními skupinami rozkladného společenstva a chemickým složením rozkládaného opadu. Počáteční pionýrská fáze je spojena s rozvojem rychle rostoucích houbových zástupců skupiny Zygomycetes, využívajících snadno dostupné cukry. V této fázi dochází také k rozvoji fixátorů atmosférického dusíku, díky jejichž aktivitě se zlepšuje výživový a růstový status společenstva, který se odráží ve zvýšené biomase společenstva, přilákání zooedafonu a následném rozvoji amonifikačních bakterií. Zooedafon se podílí na rozkladu opadu jeho fragmentací a obohacováním rozkladného mikrobiálního společenstva o další druhy. Následující fáze se týká rozkladu složitějších rostlinných složek a je spojena s rozvojem celulolytických mikroorganismů a nitrifikačních bakterií. Bazidiomycety jsou schopny využít nejhůře rozložitelné látky typu lignocelulózových komplexů v pokročilém stadiu rozkladu. Finální fáze, ve které jsou složky opadu mineralizovány, asimilovány či transformovány do půdní organické hmoty, se účastní typické půdní formy zejména z řad vláknitých hub a aktinobakterií

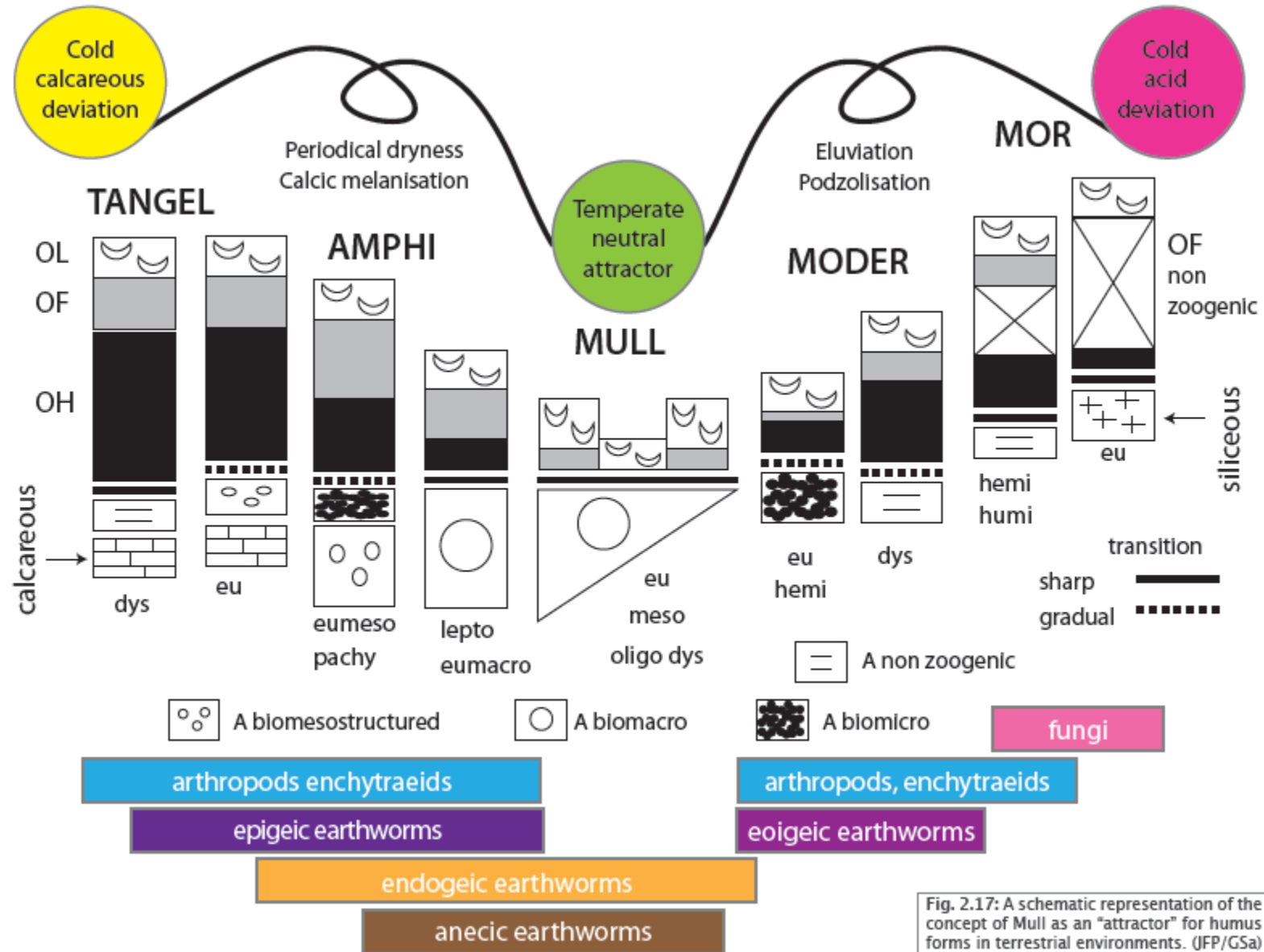
Šimek M., Elhottová D., Pižl V. (2015): Živá půda. AVČR. ISBN 9788020025678.  
[www.bc.cas.cz/Cds/Download/?filename=5544\\_Strategie\\_Ziva\\_puda](http://www.bc.cas.cz/Cds/Download/?filename=5544_Strategie_Ziva_puda)

# Funkce bioty v půdě





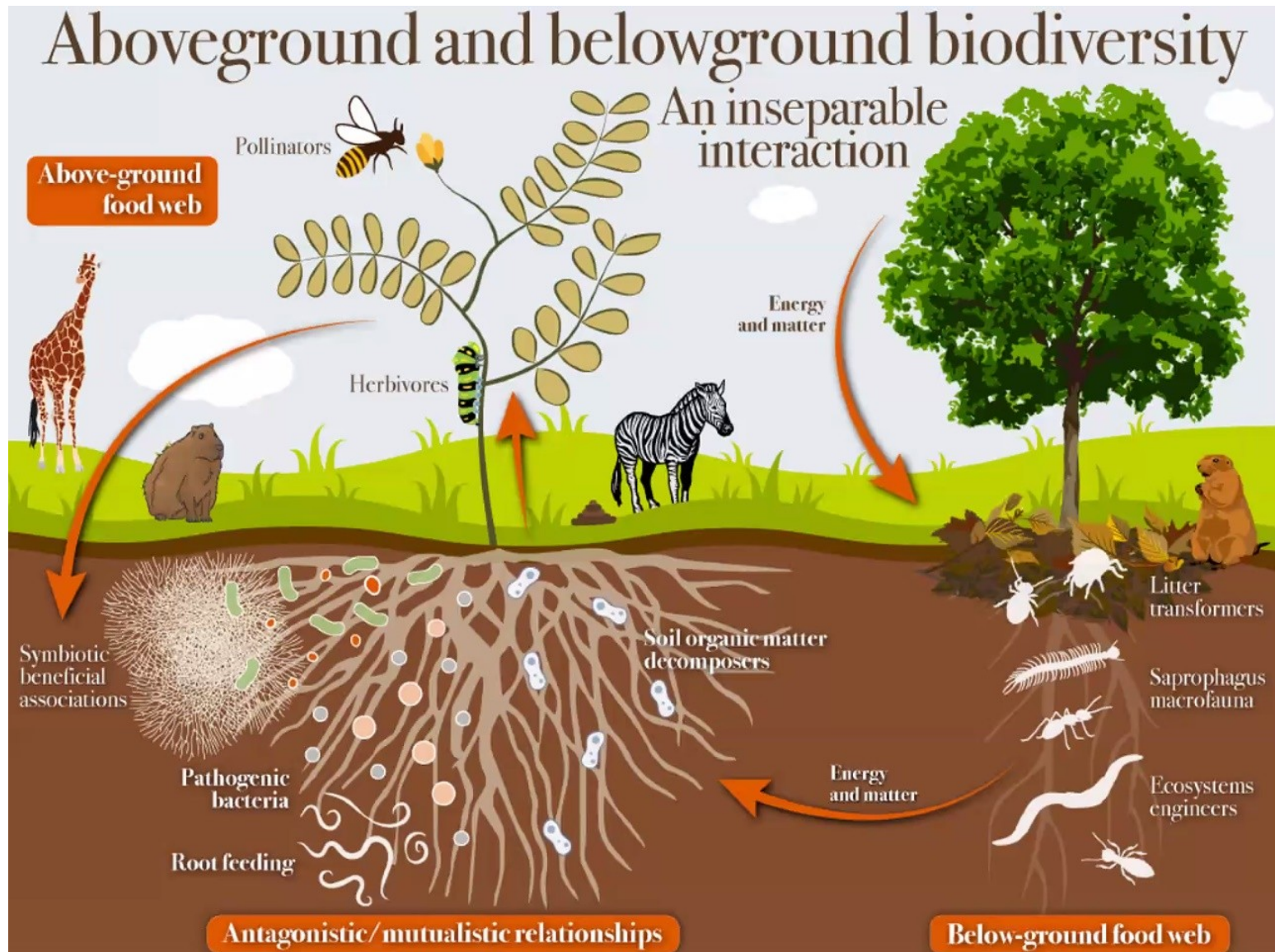
# Funkce bioty v půdě



JRC (2010): European Atlas of Soil Biodiversity.  
<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/atlas-soil-biodiversity>

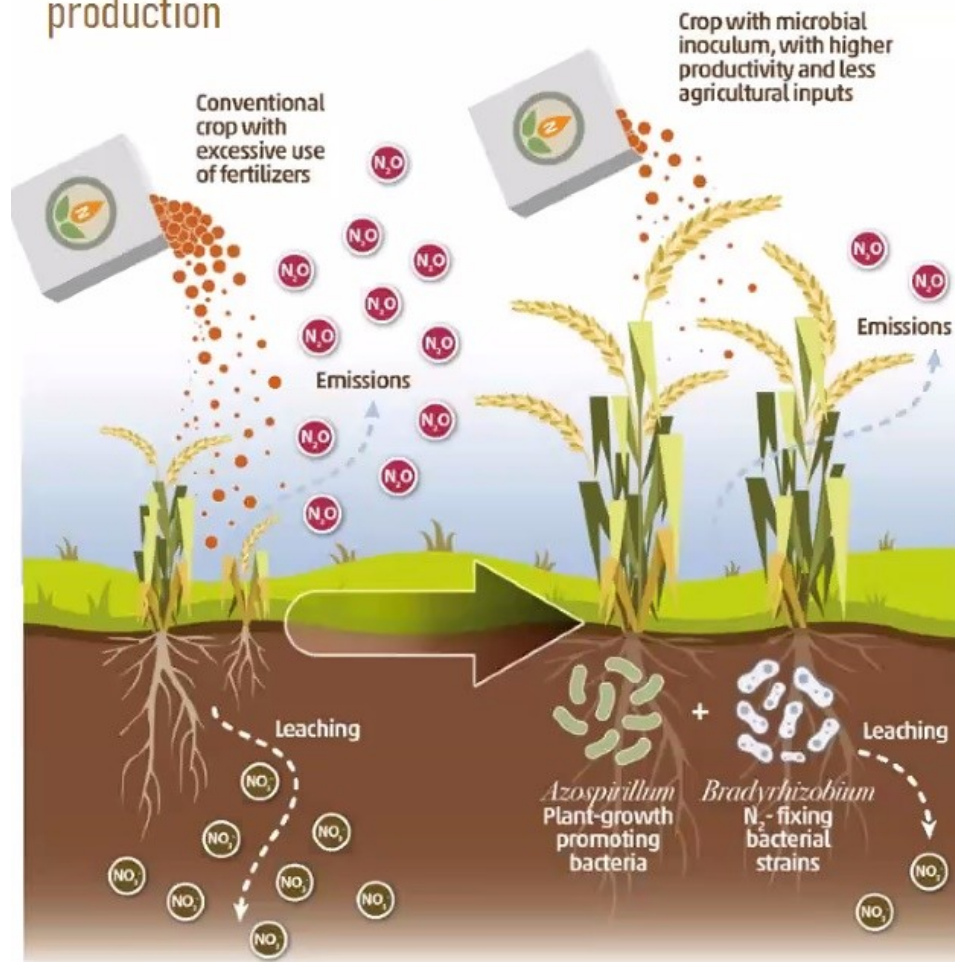
Fig. 2.17: A schematic representation of the concept of Mull as an "attractor" for humus forms in terrestrial environments. (JFP/GSa)

# Funkce bioty v půdě

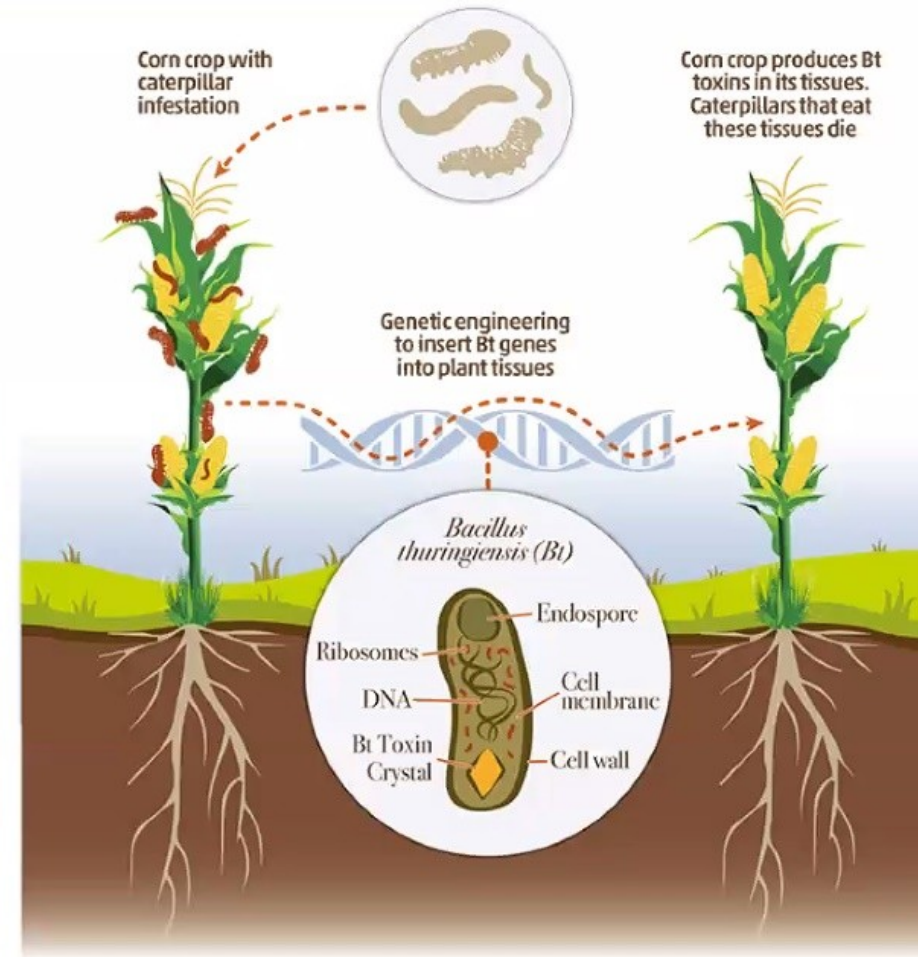


# Funkce bioty v půdě

## Clean biotechnology in agricultural production



## Biological control









# Funkce bioty v půdě



- The discovery of antibiotics has had a major impact on increasing human life expectancy.
- The early exposure to a diverse collection of soil microorganisms might help prevent chronic inflammatory diseases, including allergy, asthma, autoimmune diseases, inflammatory bowel disease and depression.

PK From PRAVESH KUMAR to Everyone  
India give the strong message to all for soil conservation and

# Studium účinků stresorů na půdní biotu

Úroveň	Příklady typů účinků a hodnocených parametrů (endpointů)
biochemická/molekulární	<ul style="list-style-type: none"> <li>interakce s enzymy (dehydrogenáza, <math>\beta</math>-glukosidáza, nitrogenáza, acetylcholinesteráza, glutathion-S-transferáza, peroxidáza...)</li> <li>oxidativní stres (glutathion, lipidní peroxidace...)</li> <li>biochemické markery (heat shock proteiny, cytochrom P450, etoxyresorufin-O-deetyláza - EROD, metalothioneiny...)</li> <li>genotoxicita (testy genotoxicity s mikroorganismy, žížalami, hlísticemi)</li> <li>narušení membrán (integrita a fluidita membrán nepolární narkózou, narušení iontových pump či transportních systémů...)</li> <li>interakce s receptory (AhR receptor u žížal...)</li> </ul>
buněčná	<ul style="list-style-type: none"> <li>vitalita a funkce buněk (studium hemocytů, coelomocytů, počítání buněk, dělení a růst mikroorganismů, hodnocení spermií žížal...)</li> <li>buněčné dělení</li> <li>narušení proteosyntézy</li> </ul>
individuální	<ul style="list-style-type: none"> <li>přežívání (testy mortality s žížalami, chvostoskoky, hlísticemi, roupicemi, testy klíčivosti...)</li> <li>nekrózy, léze, onemocnění (pozorování organismů na konci testů...)</li> <li>přijímání potravy</li> <li>fyzilogie (hodnocení neurotoxicity u žížal...)</li> <li>energetický metabolismus</li> <li>chování (únikové testy...)</li> <li>aktivita (měření fotosyntézy u rostlin...)</li> <li>růst (testy inhibice růstu vyšších rostlin...)</li> <li>bioakumulace (bioakumulační testy s žížalami, isopody...)</li> </ul>
populace	<ul style="list-style-type: none"> <li>populační dynamika – mortalita, natalita, reprodukce (reprodukční testy toxicity s půdními bezobratlými – žížalami, chvostoskoky, roupicemi...)</li> <li>fitness populace (vícedruhové kompetiční testy...)</li> <li>růst populace (růst specifických skupin mikroorganismů, více-generační testy...)</li> <li>prostorový výskyt populace v terénu, bioindikace</li> </ul>
společenstva	<ul style="list-style-type: none"> <li>biodiverzita a struktura společenstva (funkční diverzita mikroorganismů měřená metodou Biolog, maturity index hlístic, diverzita půdních mikročlenovců, změny složení vegetace – fytocenologie...)</li> <li>vztahy (hodnocení mykorhizy, testy s dravými roztoči, testy kompetice nematod...)</li> <li>fungování (testy s půdními mikrokosmy, polní testy, bioindikační metody...)</li> <li>stabilita společenstva</li> <li>selekce rezistentních druhů, vznik tolerance</li> <li>využití indikátorových druhů – citlivé druhy na daný typ stresu</li> </ul>
ekosystému	<ul style="list-style-type: none"> <li>cykly C, N, P, S (měření respirace půdy, nitrifikace, denitrifikace...)</li> <li>dekompozice (měření rozkladu organických reziduí...)</li> <li>energetické toky</li> <li>bilance (uhlík vázaný v biomase půdy a v organické hmotě v půdě...)</li> <li>vývoj (hodnocení sukcese...)</li> <li>hodnocení ekosystémových služeb („ecosystem services“) a funkcí (produktivita, výnos, schopnost biodegradace polutantů...)</li> </ul>

# Řada různých metod

Table 5-1: Simple indicators of soil biodiversity. Meas.= measurability

Functional group	Organisms	Indicator	Method	Standard	Sensitivity to soil type	Sensitivity to land use	Meas..
Microbial Decomposers	Microorganisms	Biomass / activity	SIR, fumigation-extraction ATP concentration, initial rate of mineralisation of glucose	Yes Yes	Good	Good	Good
		Activity	Respiration rate/quotient/ratio, Nitrification, N mineralisation, C mineralisation Denitrification N-fixation Mycorrhizae (% of root colonised)	Yes Yes No No No	Good Medium Medium Good Good	Medium Medium Medium Medium Good	Good
		Enzymatic activity	Dehydrogenase activity Other enzymatic activity tests: phosphatase, sulphatase, etc. Enzyme index	Yes No No	Good Good Very good	Good Good Very good	Medium Good
		Diversity	Culture-dependent methods: direct count, community-level physiological profiles Culture independent methods: fatty acids analysis, nucleic acid analysis	No No	Poor Poor	Poor Very good	Good Good (technical)
Biological regulators	Protists, nematodes	Abundance and Diversity	Culture-dependent methods: direct count (diversity index, functional or trophic diversity) Culture independent methods: fatty acids analysis, nucleic acid analysis	Yes	Good	Very good	Low (time, expertise)
	Microarthropods (springtails, mites)	Counting	Litter-bag technique (colonisation capacity) Soil coring	No	Good	Good	Low (time, expertise)
		Abundance and Diversity	Community composition, ecological groupings	Yes	Very good	Very good	Low (time, expertise)
Soil ecosystem engineers	Earthworms, isopods	Abundance Diversity	Species richness, diversity, evenness	Yes (ongoing)	Very good	Good	Good (low expertise, simple)

EC (2010): Soil biodiversity: functions, threats and tools for policy makers.

<https://core.ac.uk/display/29245351>



# Řada různých metod

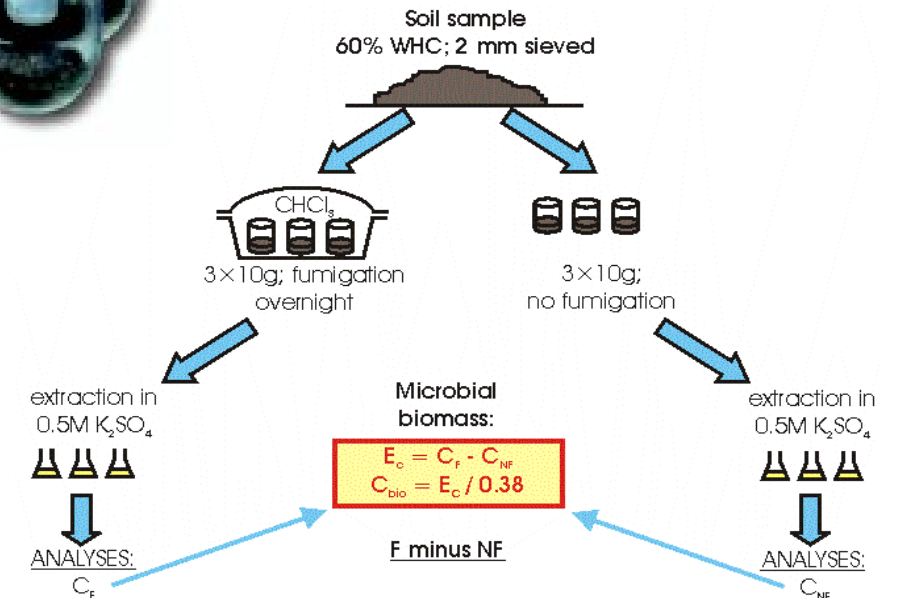
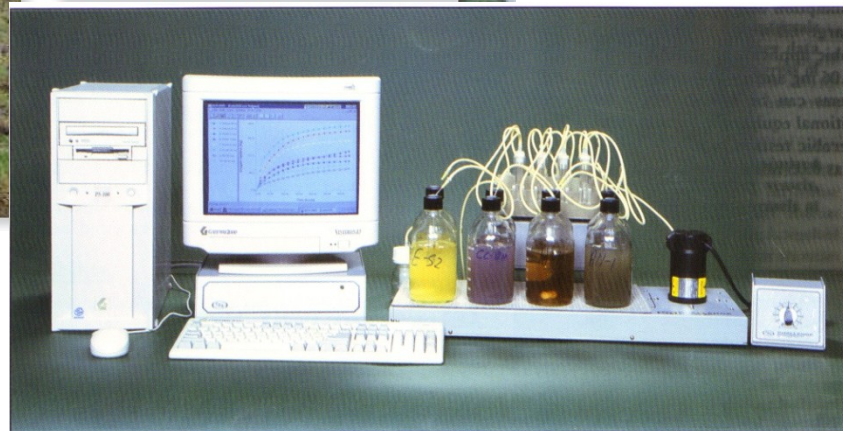
Advantař  
Disadvan  
use in stc



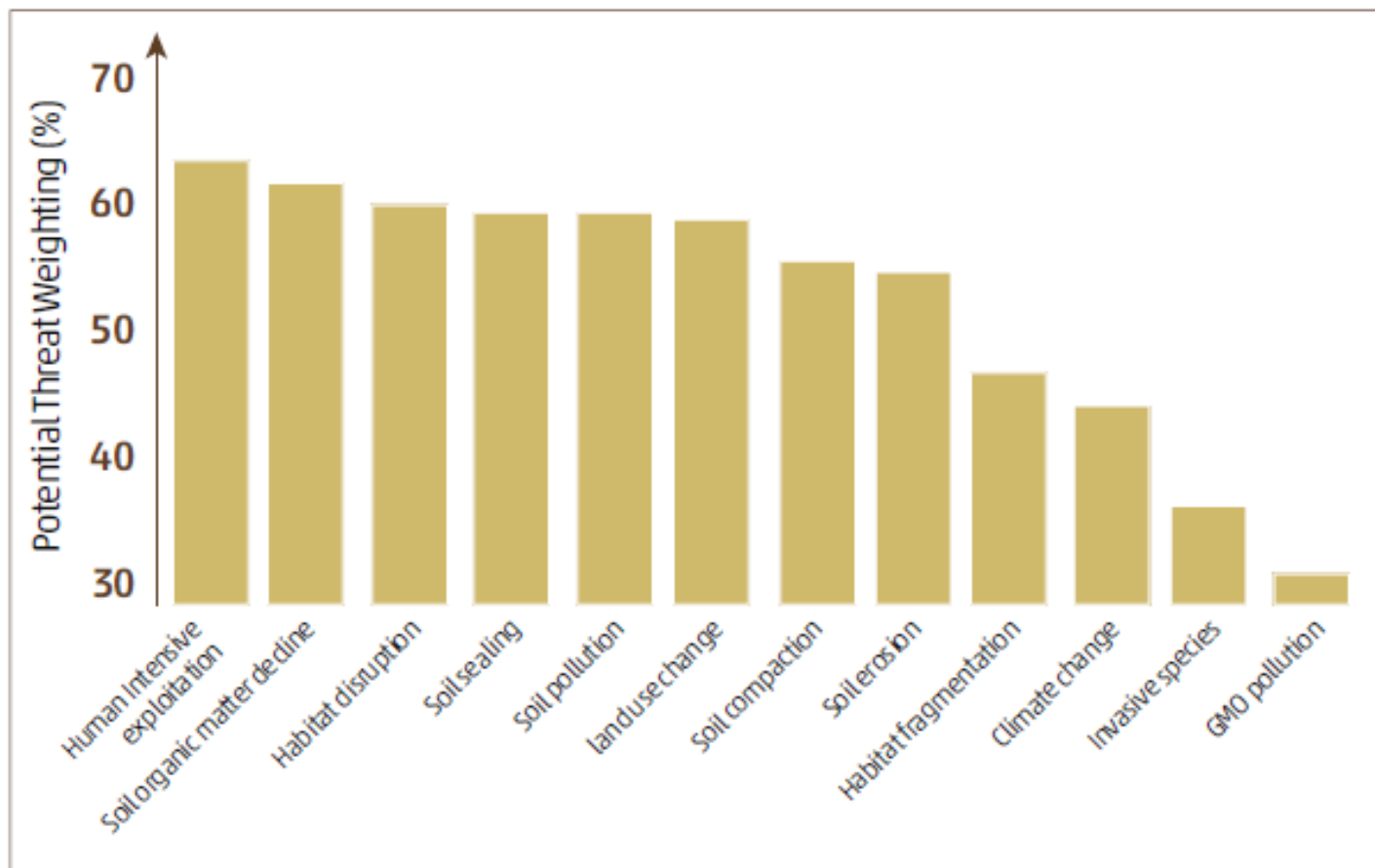
Example of operation using IMC... measuring results



Fig. 8.10: Collection of microarthropods using the Berlese-Tullgren funnel method. (CG)



# Dopady degradace půd na půdní biotu



**Figure 4.3.3.1 | Importance of threats to soil biodiversity in Europe**

The potential threat weighting given by specialists to a selection of soil threats to soil biodiversity in Europe (after Jefferey *et al.*, 2010).

FAO, ITPS, GSBI, SCBD and EC. 2020. State of knowledge of soil biodiversity - Status, challenges and potentialities, Report 2020. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb1928en>

# Dopady degradace půd na půdní biotu

Table 4-5: Possible impacts of chemical pollution on soil biodiversity related services, on the basis of its impacts on soil organisms

Chemical pollutant	Affected soil organisms	Affected soil function	Affected soil service
Pesticides	Biological regulators, ecosystem engineers	Organic matter decomposition, residue fragmentation	Nutrient cycling, soil fertility
Pesticides	Chemical engineers (microorganisms), biological regulators (micro-fauna)	Mineralisation, immobilisation	Nutrient cycling, soil fertility
Pesticides	Ecosystem engineers	Bioturbation, Soil structure regulation Soil organic matter production	Nutrient cycling, soil fertility, Water regulation
Pesticides	Biological regulators	Population control	Pest control
GM plants	Chemical engineers	Mineralisation, organic matter decomposition	Nutrient cycling, soil fertility
Industrial chemicals (heavy metals)	Chemical engineers		Nutrient cycling, soil fertility
Industrial chemicals (heavy metals)	Biological regulators (Nematodes)	Soil structure regulation Soil organic matter production and transformation, regulation predation	Nutrient cycling, soil fertility, pest control, water control, climate control
Industrial chemicals (heavy metals)	Ecosystem engineers (Earthworms)	Soil structure regulation Soil organic matter production and transformation	Nutrient cycling, soil fertility; water control
GM plants	Ecosystem engineers (Earthworms)	Soil structure regulation Soil organic matter production and transformation	Nutrient cycling, soil fertility; water control

EC (2010): Soil biodiversity: functions, threats and tools for policy makers.  
<https://core.ac.uk/display/29245351>



# Dopady

5.2 Map of Soil Biodiversity Potential Threats



Soil biodiversity potential threats have been selected and ranked on the basis of Expert Evaluation, realised on the basis of the Budget Allocation approach. The following threats have been considered in the calculation of the indicator, where data existed:

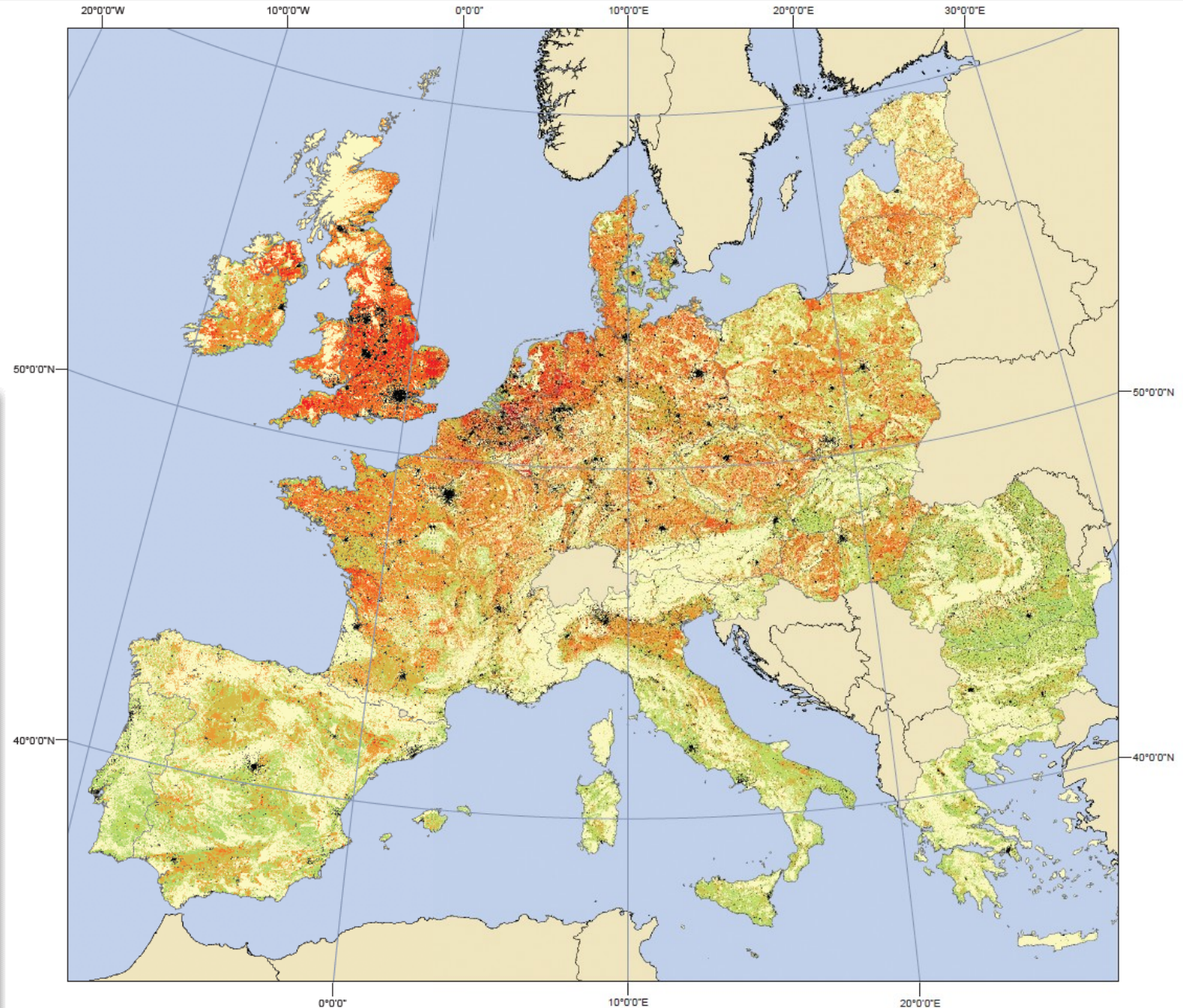
- Land use change/Habitat disruption
- Human intensive exploitation
- Invasive species
- Soil compaction
- Soil erosion
- Soil organic matter decline
- Soil pollution

For each of the above parameters a map, in form of a raster layer (1 x 1 km grid cells) has been realized. The values present in each grid have been classified into 5 classes. These values have been weighted using the coefficients obtained from the expert evaluation (Fig. 5.2).

The final indicator has been calculated, with an operation of map algebra, as the sum of the individual raster values. The values displayed on the map are related to the potential threats on soil biodiversity, for twenty three EU countries and are not representative of the actual level of soil biodiversity. In the following two pages, maps showing the distribution of four of the seven factors considered in the calculation of the index are presented.

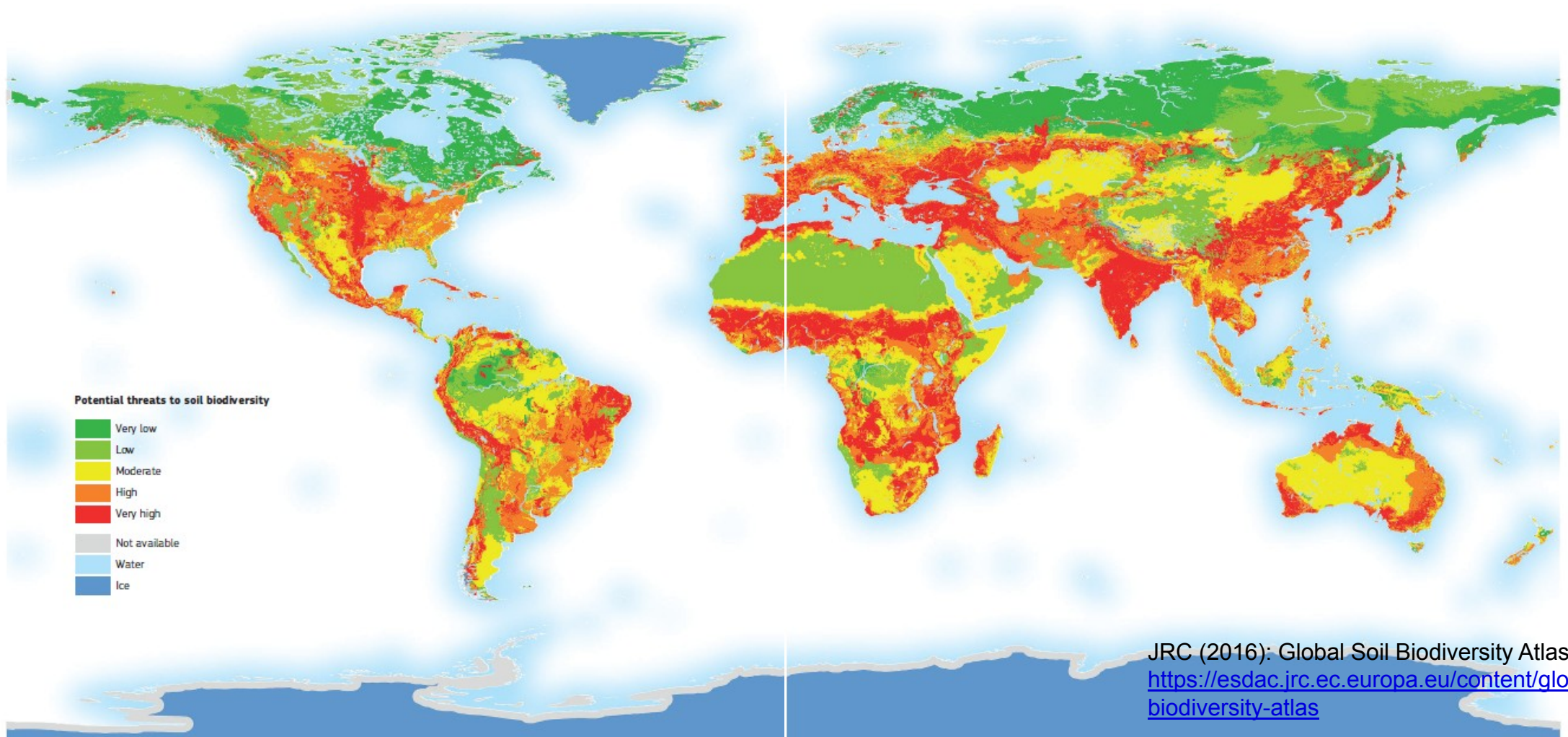
The high score (high potential threats) of several parts of the UK and central Europe are determined by the combined effect of a high intensity agriculture, with a high number of invasive species and by the risk for soil to lose organic carbon. Compared to these situations, the intensive agricultural areas of southern Europe are less affected by the risk of losing organic carbon, and by the effect of invasive species.

It should be kept in mind that the map indicates an evaluation of the potential risk of soil biodiversity decline (with respect to the current situation) and is not a representation of the actual level of soil biodiversity.





# Dopady degradace půd na půdní biotu



JRC (2016): Global Soil Biodiversity Atlas.  
<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/global-soil-biodiversity-atlas>

# **Malé shrnutí ekologie, biologie půdních bezobratlých**



**Žižaly**

## Proč žížaly jako ekotoxikologický endpoint ?

- celý jejich vývojový cyklus probíhá v půdě (**typický geobiont**)
- konzumují velká množství půdy (**vysoká expozice potravou a akumulace kontaminantů**)
- mají velmi úzký fyzikální kontakt s půdou (**expozice pokožkou**)
- mají výrazné **bioakumulační a biokoncentrační charaktery** (jejich analýzou posuzujeme vliv delšího časového období) = patří mezi tzv. **makrokoncentrátory**
- vysoký a významný podíl na **tvorbě půdy, dekompozičních procesech, půdní úrodnosti**
- klíčové postavení v **přenosu polutantů v potravních řetězcích**
- výskyt téměř **ve všech půdách** ve vysokých počtech i váhách
- osvědčené, zavedené v laboratorních testech (**nenáročný chov**)
- snadno se identifikují v reálných vzorcích (díky **velikosti**)
- vysoce a dlouho standardizované postupy
- propracované začlenění do systému hodnocení ekologických rizik

## Proč žížaly jako ekotoxikologický endpoint ?

- vysoce a dlouho standardizované postupy
- propracované začlenění do systému hodnocení ekologických rizik
- řada terénních studií a pokusy vytvoření standardního polního testu (Dánsko) - byl vytvořen ekotoxikologický systém pro predikci nechtěných účinků (side-effects) pesticidů a chemikálií v reálném ekosystému
- predikce na základě standardních laboratorních testů se validuje polním testováním, **tzv. tiered approach**



# Žížaly – biologie, ekologie

Kmen: kroužkovci (*Annelida*)

Podkmen: opaskovci (*Clitellata*)

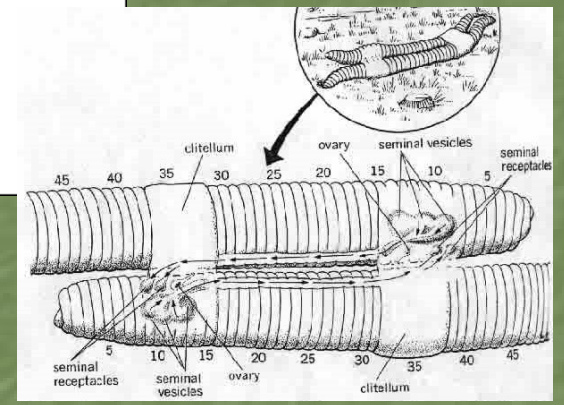
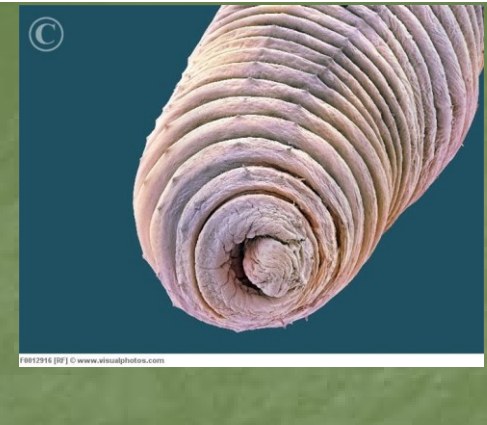
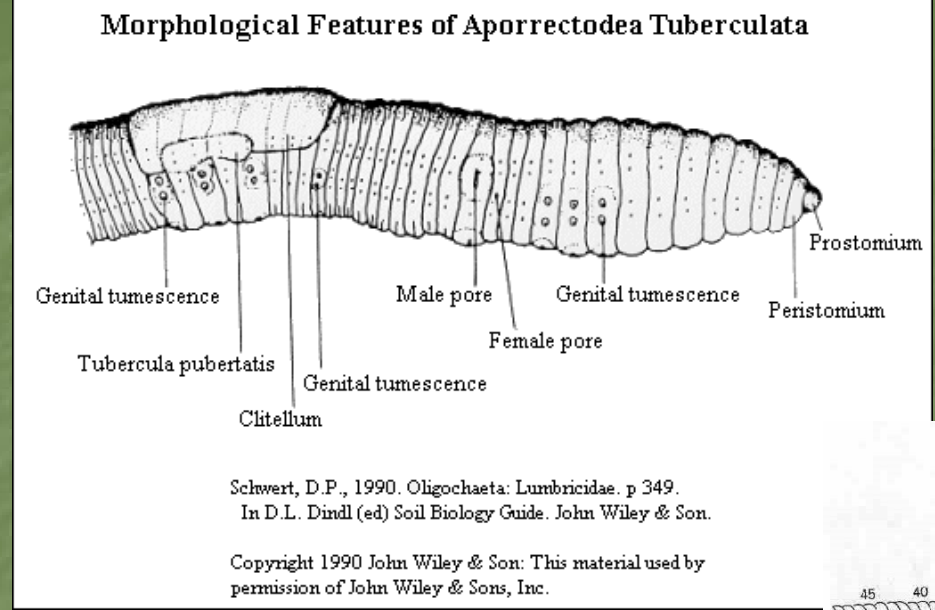
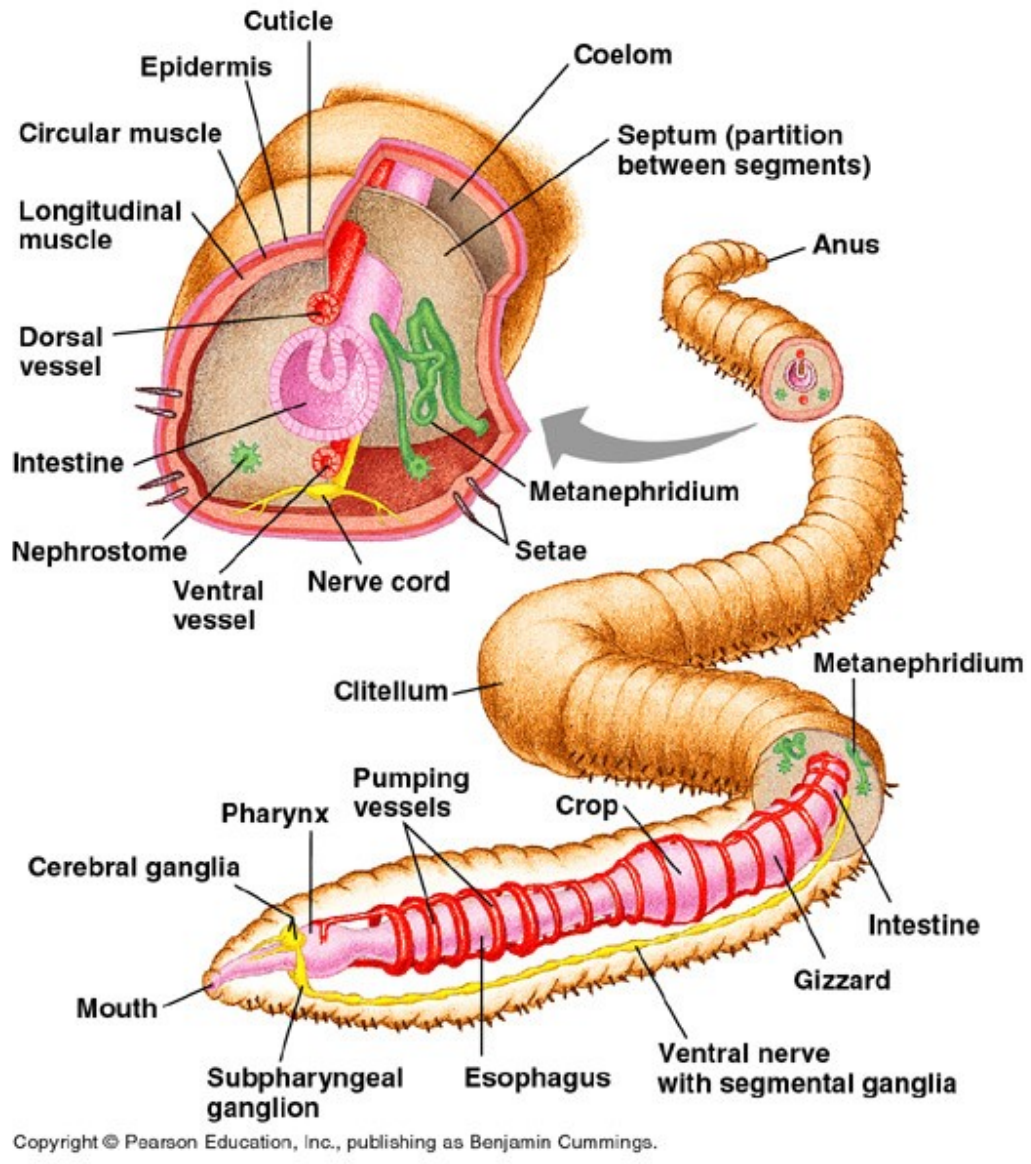
Třída: máloštětinatci (*Oligochaeta*)

Řád: Haplotaxida / *Opisthopora*

Podřád: žížaly (*Lumbricina*)

- zkoumány již od 1881
- pigmentované tělo cca 3 - 30 cm dlouhé, povrch pokryt hlenem
- pohlavní rozmnožování, hermafrodité, spermie dozrávají dříve než vajíčka
- opasek (clitellum) – sekret + výměna pohlavních buněk, tvorba kokonu
- dýchají celým povrchem těla, uzavřená oběhová soustava, žebříčková nervová soustava, vylučování - metanefridia

# Žížaly – biologie, ekologie



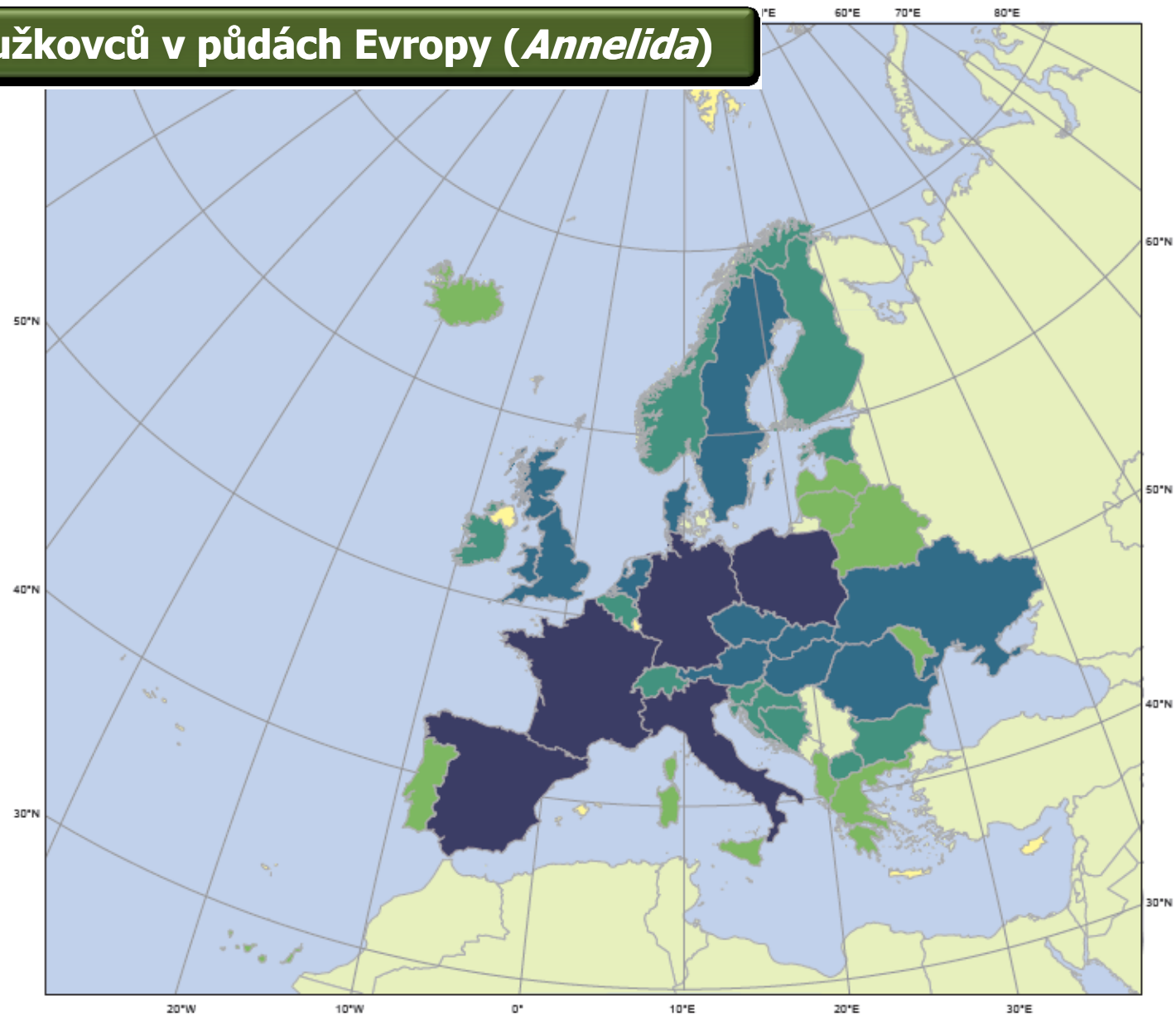
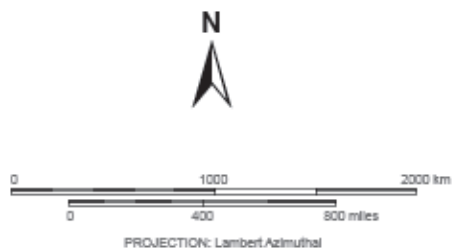
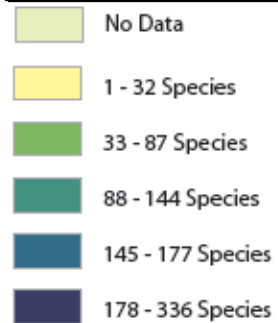
## Žížaly – biologie, ekologie

- v půdách jsou desítky (lesy) až stovky (travní porosty) žížal (10-200g) a až kilogramy žížalinců na 1 m<sup>2</sup>
- za rok přemístí až 80 tun na ha materiálu
- celosvětově kolem 500 druhů, v ČR kolem 30 druhů
- prokousávají se půdou, takže stravují kromě zeminy, organických reziduí rostlin i přítomný mikroedafon, houby, plísně, hlístice a mikroorganismy
- většina žížal dobře stravují listnatý opad, ale hůře jehličí a bukové a dubové listí, pokud nebylo předtím mikrobiálně změkčeno
- součást potravního řetězce: ptáci, krtci, ježci apod.
- většina preferuje pH kolem 7, ale jsou i v pH 5,2-5,4 (*L. terrestris*), *E. fetida* i pH 8, dokáží neutralizovat potravu v trávicím traktu
- optimální teploty 10 °C, kolem 30-40 °C letalita
- citlivé na vlhkost, 12-30 % vlhkost půdy je optimum



# Žížaly – biologie, ekologie

## počty druhů kroužkovců v půdách Evropy (*Annelida*)



# Žížaly – biologie, ekologie

- druhy v ČR: *Allolobophora caliginosa*, *A. rosea*, *Lumbricus terrestris*, *A. longa*, *Aporrectodea caliginosa*, *Lumbricus rubellus*, *Octolasion cyaneum*, *Dendrobaena octaedra*



# Žížaly – biologie, ekologie

**epigeické** - žijí na povrchu půdy, v opadu, na rozhraní půdy a humusu či v humusu, živí se opadem – rychlý průchod střevem, sytě zbarvené, menší, 10 – 50 mm, krátký cyklus, rychlý vývoj, vysoká reprodukce, nepříznivé období v kokonech, *Dendrobaena octoedra*, *Dendrotilus rubellus*

*Eisenia foetida* a *E.andrei* jsou původem hnojní a kompostní druhy



**endogeické** - žijí v půdě, bez pigmentu, cca 15 cm, hlouběji v minerální půdě, nepříznivé období přečkají quiescencí = hibernace, ale ne v snížené teplotě ale za sucha = letní diapauza, *Octolasion lacteum*, *Aporrectodea caliginosa*



**aneické** - vytváří a žijí ve vertikálních chodbičkách; v celém profilu až 6 metrů hluboko, zatahují residua dolů, 10 – 100 cm, pomalý vývoj, v minerální půdě, v černozemích – přísun letních přísušků, diapauza nebo v klidu, *Lumbricus terrestris*, *L. rubellus*, *Allobophora longa*





# Žížaly – biologie, ekologie

TABLE 4.11. Ecological Categories, Habitat, Feeding, and Morphological Characteristics of Earthworms

Category	Subcategory	Habitat	Food	Size and pigmentation
Epigeic	Epigeic	Litter	Leaf litter, microbes	<10 cm, highly pigmented
	Epi-endogeic /Epi-aneic	Surface soil	Leaf litter, microbes	10–15 cm, partially pigmented
Endogeic	Polyhumic	Surface soil or root zone	Soil with high organic content	<15 cm, filiform unpigmented
	Mesohumic	Upper 0–20 cm soil	Soil from 0–10 cm strata	10–20 cm, unpigmented
	Endo-aneic	0–50 cm soil, some make burrows	Soil from 0–10 cm strata	>20 cm, unpigmented
	Oligohumic	15–80 cm soil	Soil from 20–40 cm strata	>20 cm, unpigmented
Anecic	Anecic	Lives in burrows in soil	Litter and soil	>15 cm, anterodorsal pigmentation

Modified from Barois *et al.*, 1999.

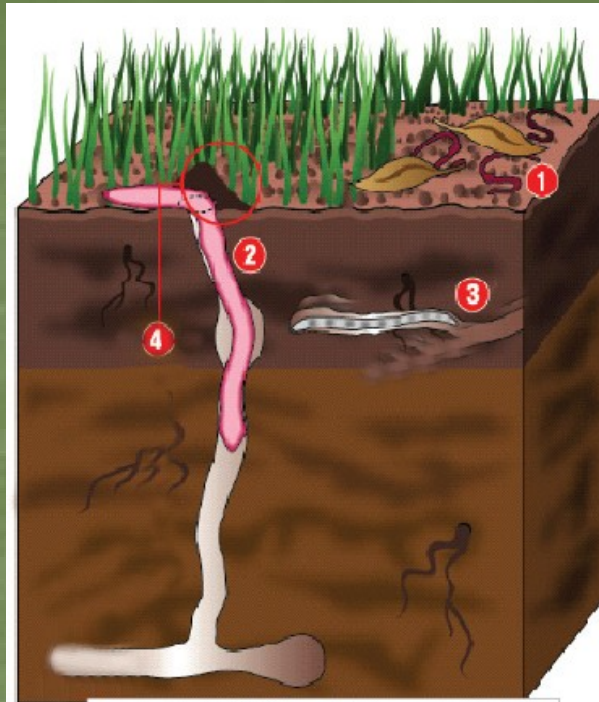
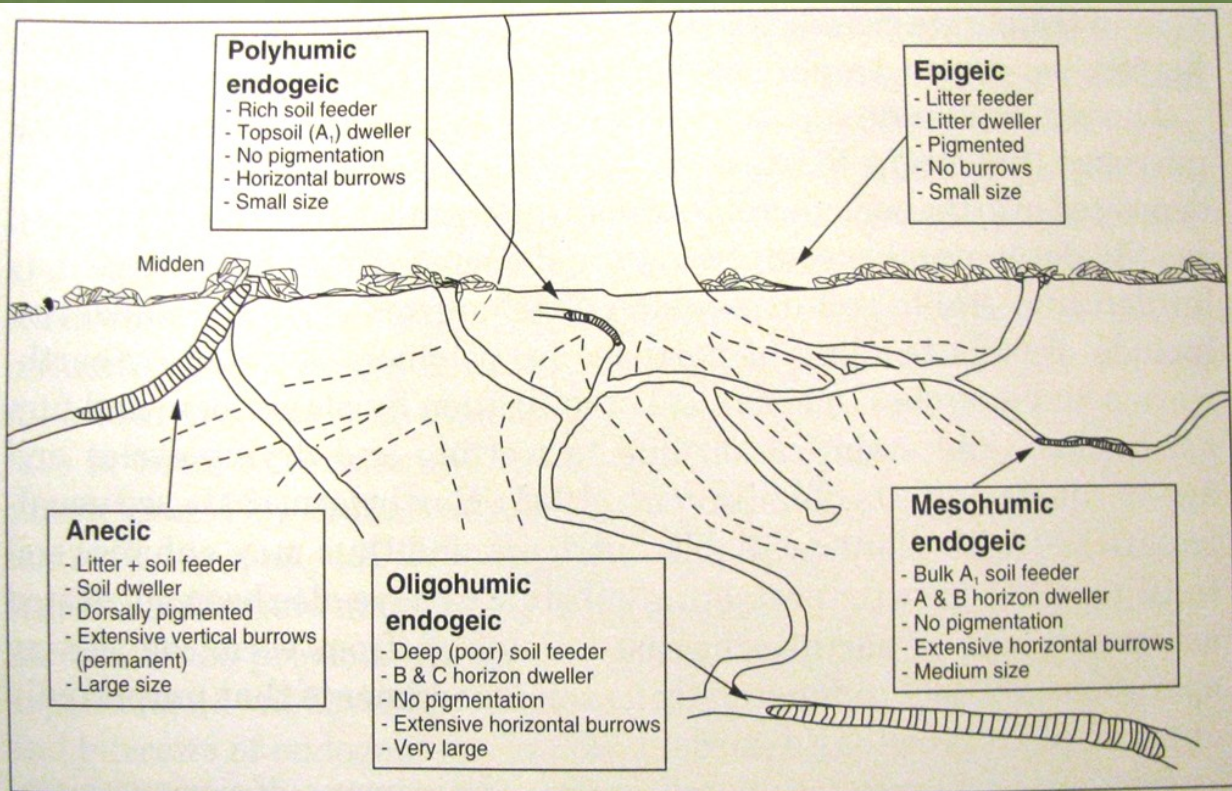


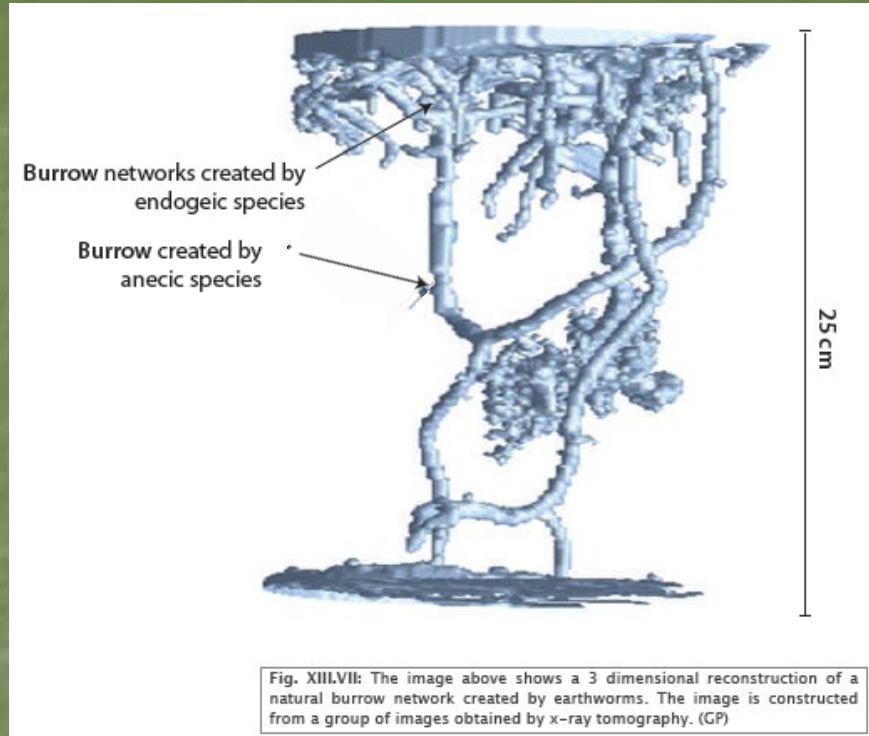
Fig. XIII.1: Spatial distribution of the three earthworm ecological groups. 1 = epigeic species, 2 = anecic species, 3 = endogeic species and 4 = cast deposition on the soil surface. (DC)



# Žižaly – biologie, ekologie



**FIGURE 4.64.** Pictorial representation of some of the characteristics of earthworm ecological strategies (categories) as proposed by Bouché (1977), Lavelle (1981), and Lavelle *et al.* (1989) (from Brown *et al.*, 1995).





# Žížaly – biologie, ekologie



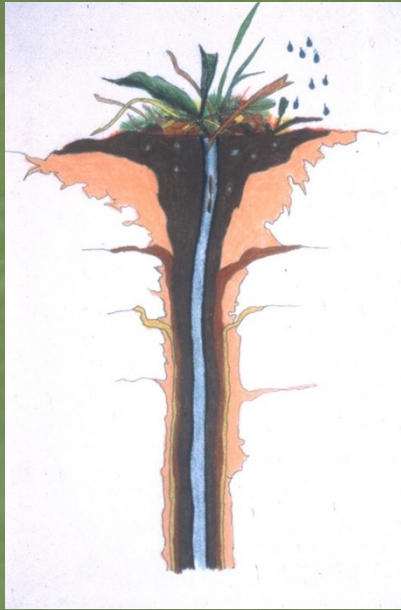
Fig. XIII.II: The photo to the left shows *Allolobophora eiseni*, an epigeic species which lives in the leaf litter and mulch layer and only sometimes moves down into the top few centimetres of the soil. The photo on the right shows *Aporrectodea giardi*, an anecic earthworm of a different genus. Photos: left (MBo) and right (DC)



Fig. XIII.III: Above are three different species of endogeic earthworms (Left - *Aporrectodea icterica*; middle - *Octolasion cyaneum*; and right - *Allolobophora c. chlorotica albanica*). While all three species fall into the same ecological group, clear morphological differences can be seen in both the pigmentation, size, shape and position of the clitellum (saddle). (DC)



# Žížaly – biologie, ekologie





# Žížaly – význam

- pro půdu mají **velmi velký význam**
- chodbičky, kterými proniká voda i vzduch, rostou kořeny
- spoluvytváří stálý humus, enzymatický rozklad půdní organické hmoty
- zdrobňují rostlinná rezidua, zatahují je do hlubších vrstev půdy, promíchávání organických residuí s minerální složkou půdy
- přes trávící trakt mísí organickou hmotu s minerální, mění organickou hmotu i chemicky → **výměty žížal (žížalince)** - důležitá složka půdní struktury, koncentrují dusík, vápník, draslík, fosfor, zakoncentrování mikroorganismů
- obohacení půdy dusíkem výměšky a těly žížal až 100 kg/ha/rok, snižují poměr C:N v půdě



# Žížaly – význam

**TABLE 2.1**  
**The Seven Main Mechanisms by Which Earthworms Affect Plant (Mostly Root) Growth either Directly or Indirectly through Physicochemical or Biological Changes to the Soil Environment**

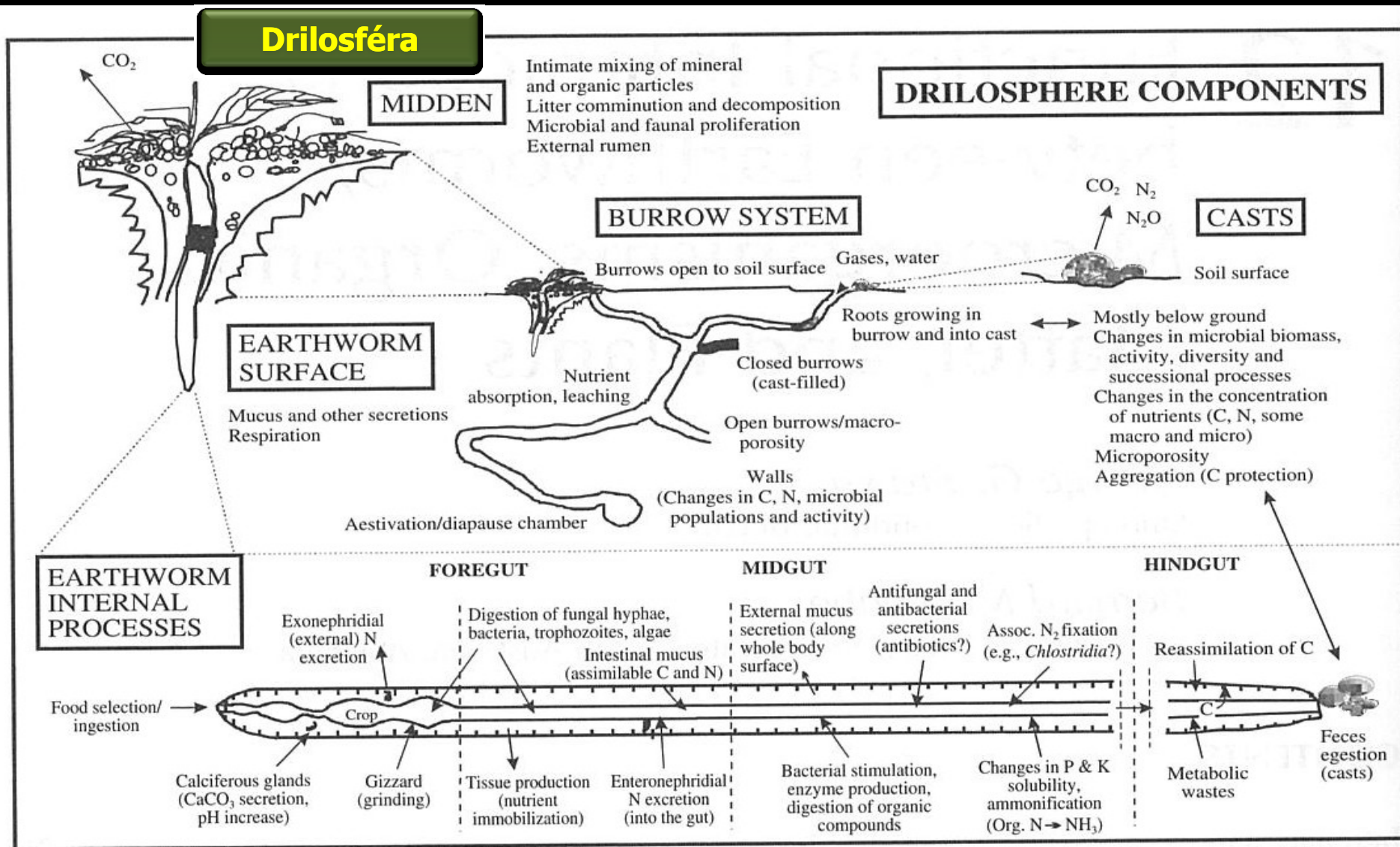
Mechanism Mode	Mechanism Category (Type)		
	Biological	Physical	Chemical
<b>Indirect</b> (mediated through changes in the rooting environment, or via interactions with organisms that affect root growth and production)	<b>1. Dispersal or changes in populations and activity of beneficial microorganisms</b> (plant growth promoting rhizobacteria, N <sub>2</sub> fixing root symbionts, saprophytic and mycorrhizal fungi, microbial biocontrol agents, microbivorous and entomopathogenic nematodes, protozoa)	<b>6. Changes in soil structure caused by earthworms</b> (pore and aggregate size distribution and associated processes, including aeration, water retention, hydraulic conductivity, infiltration, erosion, runoff, aggregate and crust formation and breakdown, compaction/soil slumping and decompaction/soil loosening)	<b>7. Changes in nutrient spatiotemporal availability caused by earthworms</b> (release or immobilization of different plant nutrients, leaching, denitrification, volatilization, OM mineralization, protection and/or humification, chelation of metals, pH changes)
	<b>2. Effects of earthworms on populations of plant pests, parasites, and pathogens</b> (increase or decrease in populations and incidence of plant-parasitic nematodes, phytopathogenic fungi and bacteria, plant viruses?, shoot- and root-feeding insects)		
	<b>3. Production of plant growth promoting/regulating substances</b> (hormones, vitamins, humic matter, auxins, cytokinins, gibberellins, ethylene, microbially induced and/or excreted by earthworms.		
	<b>4. Root abbrasion and ingestion of living plant parts by earthworms</b> (feeding and/or ingestion by earthworms of living roots or plant shoots, and direct damage to growing roots)		
	<b>5. Interactions between earthworms and seeds</b> (ingestion, digestion, burial, dispersal, changes in germination rates and potential)		
	<b>Direct</b> (earthworm activities that influence root growth/production in a direct manner)		
	(This cell is empty as the mechanisms are already listed in the rows above)		



**FIGURE 2.4** Stimulation of *Eugenia stipitata* (arazá) growth and root mycorrhizal colonization 120 days after inoculating tree nursery bags (filled with 2 parts soil and 1 part composted sawdust) with five (0.35 g total wet weight) or ten (0.7 g) individuals of the pantropical geophagous endogeic earthworm species *P. corethrurus*. (Ydrago 1994; Photograph P. Lavelle.)



# Žížaly – význam



**Figure 12.1** Schematic representation of the drilosphere components and their relationships with the external and internal earthworm environment, microorganisms, and organic matter. (Modified from Brown et al. 2000.)

**Roupice**

# Roupice – biologie, ekologie

Kmen: kroužkovci (*Annelida*)

Podkmen: opaskovci (*Clitellata*)

Třída: máloštětinatci (*Oligochaeta*)

Řád: nítěnkovci (*Plesiopora*)

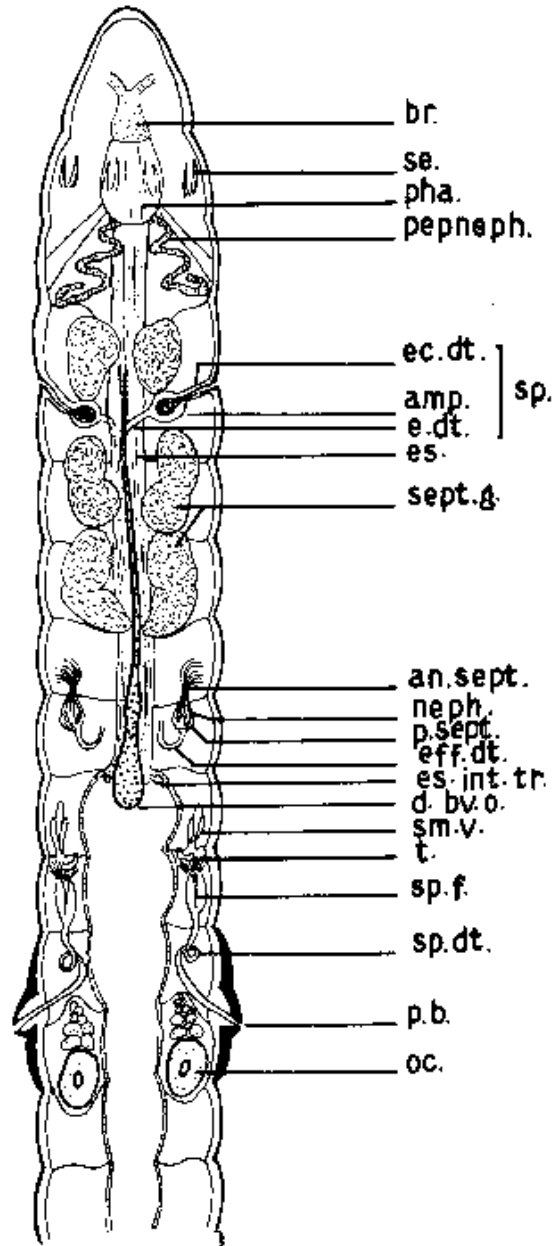
Čeleď: roupicovití (*Enchytraeidae*)



- malí (10 – 20 mm), nevýrazně zbarvení červi, od bledé a šedé přes žlutou až po hnědou barvu
- „potworms“, „microdrile“
- kratší životní cyklus než žížaly - doba dospění – 65 – 120 dní
- podobné ekologické funkce v jiných ekosystémech



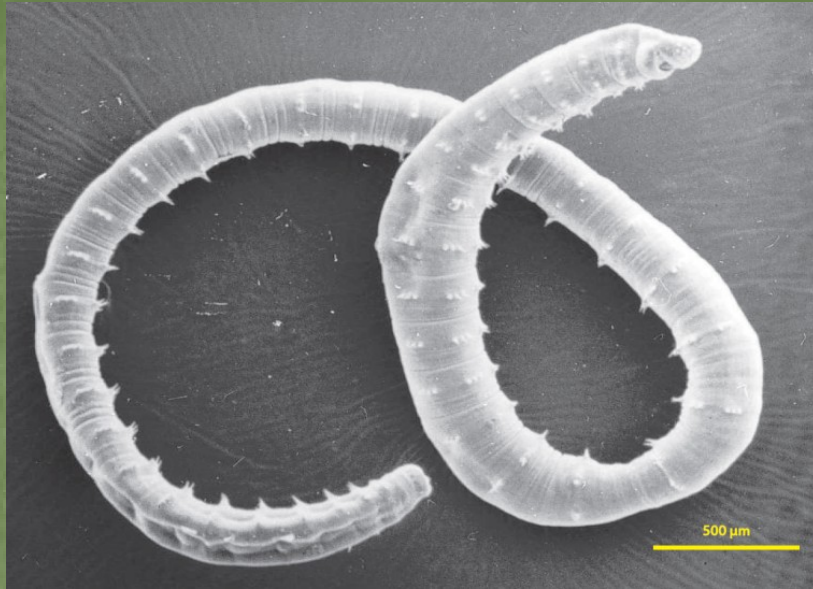
# Rouvice – biologie, ekologie



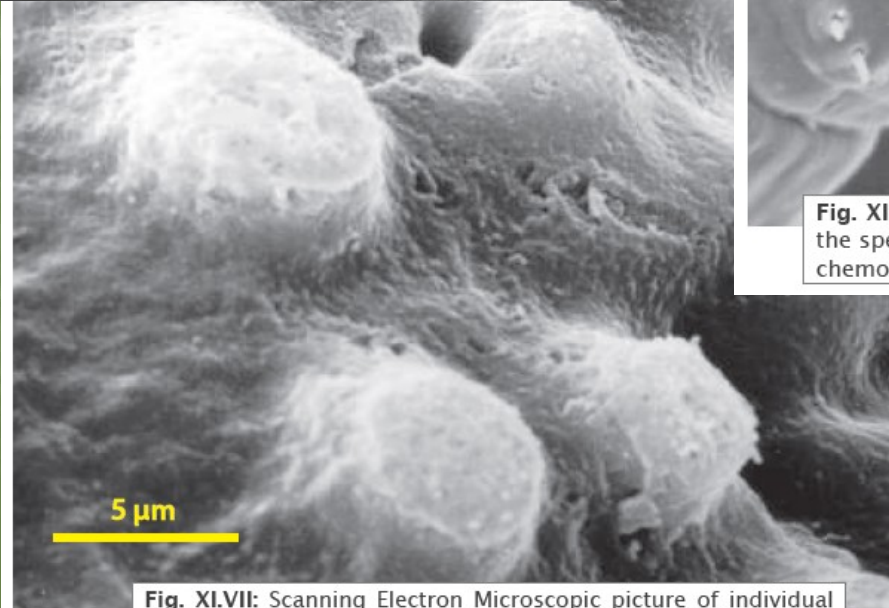
- **anatomicky podobné žížalám**
- tělo se skládá ze segmentů, jejichž počet se od vylíhnutí (15-20 segmentů) rovnoměrně zvyšuje s věkem
- u všech roupic kromě rodu *Achaeta* se v hlavové části vyskytují **štětiny** – **důležité pro identifikaci**
- významnými orgány jsou **chemoreceptory a hmatové receptory** na hlavě (konec prostomia)
- **opasek** zakrývá většinou segmenty XII-XIII obsahující vývody samčích a samičích pohlavních žláz
- **rozmnožování** jako žížaly + fragmentace
- **trávicí soustava** sestává z ústní dutiny, hltanu, jícnu a střeva, mohou se vyskytnout slinné žlázy
- **vylučovacími orgány** jsou nefridia v každém segmentu

Fig. 10.1. Typical morphological characters of an enchytraeid worm. *amp.*, ampulla; *an. sept.*, ante-septal; *br.*, brain; *d. bv. o.*, dorsal blood vessel origin; *ec. g.*, ectal gland; *eff. dt.*, efferent duct; *e. op.*, ental opening; *es.*, esophagus; *es. int. tr.*, esophageal intestinal transition; *m. pha.*, muscular pharynx; *neph.*, nephridia; *oc.*, oocyte; *pha.*, pharynx; *p. b.*, penial bulb; *pepneph.*, peptonephridia; *p. sept.*, postseptal; *se.*, setae; *sept. g.*, septal gland; *sm. v.*, seminal vesicle; *sp.*, spermatheca; *sp. dt.*, sperm duct; *sp. f.*, sperm funnel; *t.*, testes.

# Roupice – biologie, ekologie



**Fig. XLVI:** Scanning Electron Microscopic picture of the head of the species *Cognettia sphagnetorum* showing a high number of chemo and tactile receptors, especially around the mouth. (JR)



**Fig. XLVII:** Scanning Electron Microscopic picture of individual chemo and tactile receptors located on the head of the species *Cognettia sphagnetorum*. (JR)

# Roupage – biologie, ekologie

**Table 2.18** Reproductive strategies in enchytraeids [After Dószá-Farkas, 1996]

Reproduction	Description	Genera/species
Only sexually, all during the year possible	irregular reproduction periods, specimens with eggs can be found any time of the year	many <i>Fridericia</i> sp., most <i>Enchytraeus</i> sp., <i>Henlea</i> species, <i>Enchytronia</i> sp., <i>Marionina</i> sp., <i>Achaeta</i> sp.
Only sexually, become mature once a year	thereafter they regress and stay in rejuvenile state till the next reproduction period	<i>Mesenchytraeus</i> species <i>Stercutus niveaus</i>
Parthenogenesis	egg development without fertilization	<i>Lumbricillus</i> sp. and <i>Fridericia</i> sp.
Fragmentation		<i>Buchholzia</i> sp. and <i>Cognettia</i> sp.
Self-fertilization		<i>Enchytraeus buchholzi</i> , <i>E. bulbosis</i>



## Roupice – biologie, ekologie

- využívají různé zdroje potravy, požírají rozložené rostlinné zbytky (saprofágové) a také velké množství houbového mycelia, mohou se živit řasami a bakteriemi (mikrobivorní)
- **hrají významnou roli** při rozkladu organického materiálu a účastní se **tvorby půdy**
- stejně jako u žížal je důležitou součástí procesu **průchod organických residuí trávicími systémy**, neboť vyloučené zbytky jsou pak lépe přístupné dalším dekompozitorům



**Fig. XI.III:** Casts of a geophagous enchytraeid (*Fridericia* sp.) deposited at the soil surface. (OE)

## Roupice – biologie, ekologie

- roupic je známo asi 28 rodů s 600 druhy
- 19 rodů žije v půdě: *Achaeta*, *Bryodrilus*, *Buchholzia*, *Cognettia*, *Enchytraeus*, *Fridericia*, *Henlea*, *Lumbricillus*, *Mesenchytraeus* atd.
- většinou je v přirozených populacích dominantní druh *Cognettia sphagnetorum*, který může být, na rozdíl od ostatní půdní mikrofauny, ve své funkci nenahraditelný jinými druhy
- na laboratorní testy se užívá jen několik druhů (*Enchytraeus albidus*, *Cognettia sphagnetorum*, *E. crypticus*, *E. buchholzi*, *E. minutus*)

# Roupice – biologie, ekologie



**Fig. XI.I:** The thin, white organism on the left of the photograph is an enchytraeid (*Mesenchytraeus* sp. :) laying alongside a small earthworm (*Dendrobaena attemsi*: on the centre/right). The image clearly demonstrates the differences in size and appearance between both related groups. (HCF)

## Roupice versus žížaly

- Roupice jsou rozšířené zejména **na stanovištích nevhodných pro žížaly** (lesní morovité půdy, které jsou kyselé a s velmi vysokým obsahem organické hmoty), kde zastávají podobnou úlohu
- Na rozdíl od žížal se nachází ve svrchní několikacentimetrové vrstvičce půdy a jsou exponovány jiným životním podmínkám a tím i jiné kontaminaci než žížaly
- I když v reálném ekosystému jsou žížaly pravděpodobně důležitější, roupice představují také velmi dobrý bioindikátor
- Navíc jsou ideálními modelovými (laboratorními) organismy pro testování účinků chemických látek, neboť jsou malé a lehce kultivovatelné

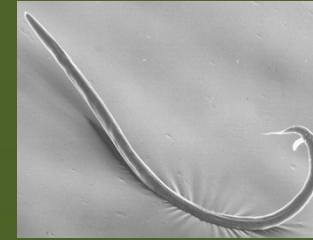


# Hlístice

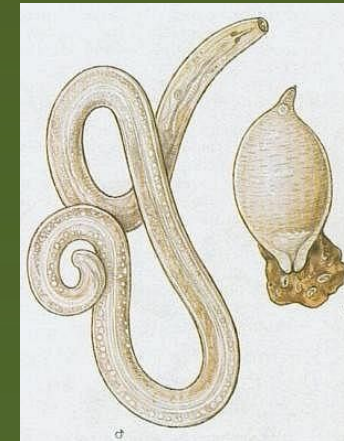
# Hlístice – biologie, ekologie, význam

Kmen: hlísti (*Nemathelminthes*)

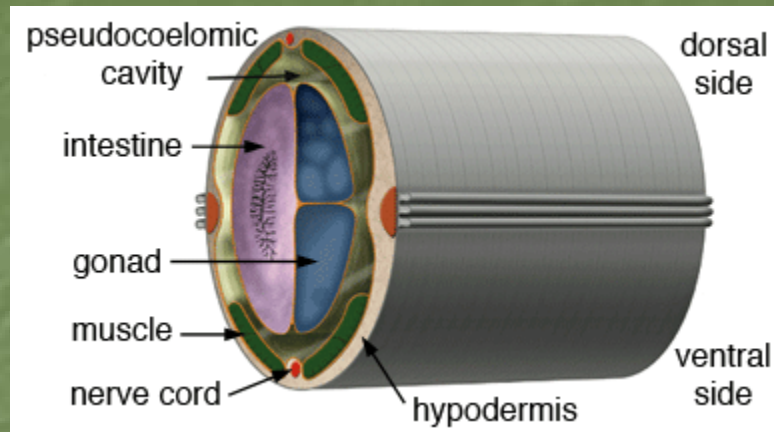
**Třída: hlístice (*Nematoda*)**



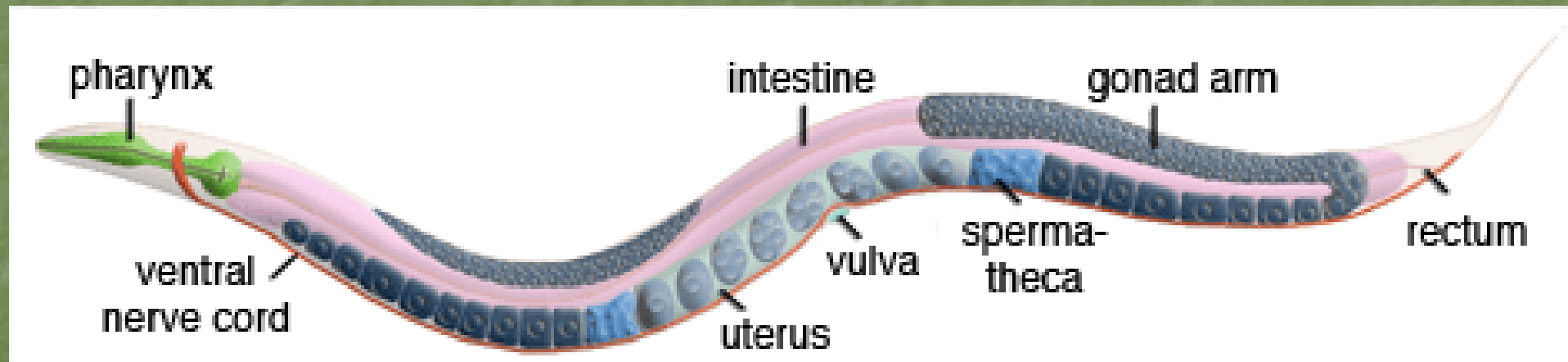
- válcoví červi bez článkovitého těla, neobrvení  
0,5 - 2 mm délky
- v půdách nejpočetnější zastoupení z mnohobuněčných  
(1g lesního humusu - až 2000 jedinců);  $10^7$  na  $1 \text{ m}^2$
- biomasa až 0,2 t / ha
- řád háďátka (*Tylenchida*) - háďátko řepné  
(*Heterodera schachtii*), r. *Plectus*, *Bunodema*, *Tylenchus*
- řád háďata (*Rhabditida*) – *Panagrellus redivivus*, r. *Rhabditis*



# Hlístice



4 svaly = esovitý pohyb





# Hlístice



Figure 3: Fungal-feeding nematodes have small, narrow stylets, or spears, in their stoma (mouth) which they use to puncture the cell walls of fungal hyphae and withdraw the cell fluid. This interaction releases plant-available nitrogen from fungal biomass.

**Credit:** Elaine R. Ingham, Oregon State University, Corvallis

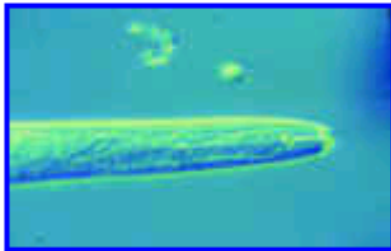


Figure 5: The *Pratylenchus*, or lesion nematode, has a shorter, thicker stylet in its mouth than the root feeder in Figure 6.

**Credit:** Kathy Merrifield, Oregon State University, Corvallis



Figure 4: This bacterial-feeding nematode, *Elaphonema*, has ornate lip structures that distinguish it from other nematodes. Bacterial-feeders release plant-available nitrogen when they consume bacteria.

**Credit:** Elaine R. Ingham, Oregon State University, Corvallis

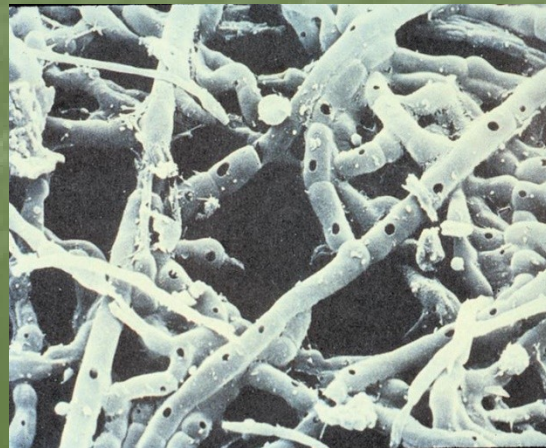


Figure 6: Root-feeding nematodes use their stylets to puncture the thick cell wall of plant root cells and siphon off the internal contents of the plant cell. This usually causes economically significant damage to crops. The curved stylet seen inside this nematode is characteristic of the genus *Trichodorus*.

**Credit:** Elaine R. Ingham, Oregon State University, Corvallis

# Hlístice

- **jsou velmi významné** při rozkladu organických látek v půdách, tím, že konzumují primární dekompozitory; stimulují mineralizaci organických látek, zejména **dusíku**; částečně i mechanicky kypří půdu
- většinou saprofágové, poloparazité, méně parazité: živí se bakteriemi, rostlinami, houbami, i predátoři
- rozdělení na fytofágy (endoparazitní a ektoparazitní), mikrobivory, fungivory, omnivory a predátory - toto rozdělení je důležité a identifikačním znakem bývá **podoba ústního ústrojí**
- suché období dovedou přežít v podobě cyst



# Mikročlenovci



## Co jsou mikročlenovci ?

- mikročlenovci = zejména chvostoskoci a roztoči (mikroedafon)

# Chvostokoci – biologie, ekologie

Kmen: členovci (*Arthropoda*)

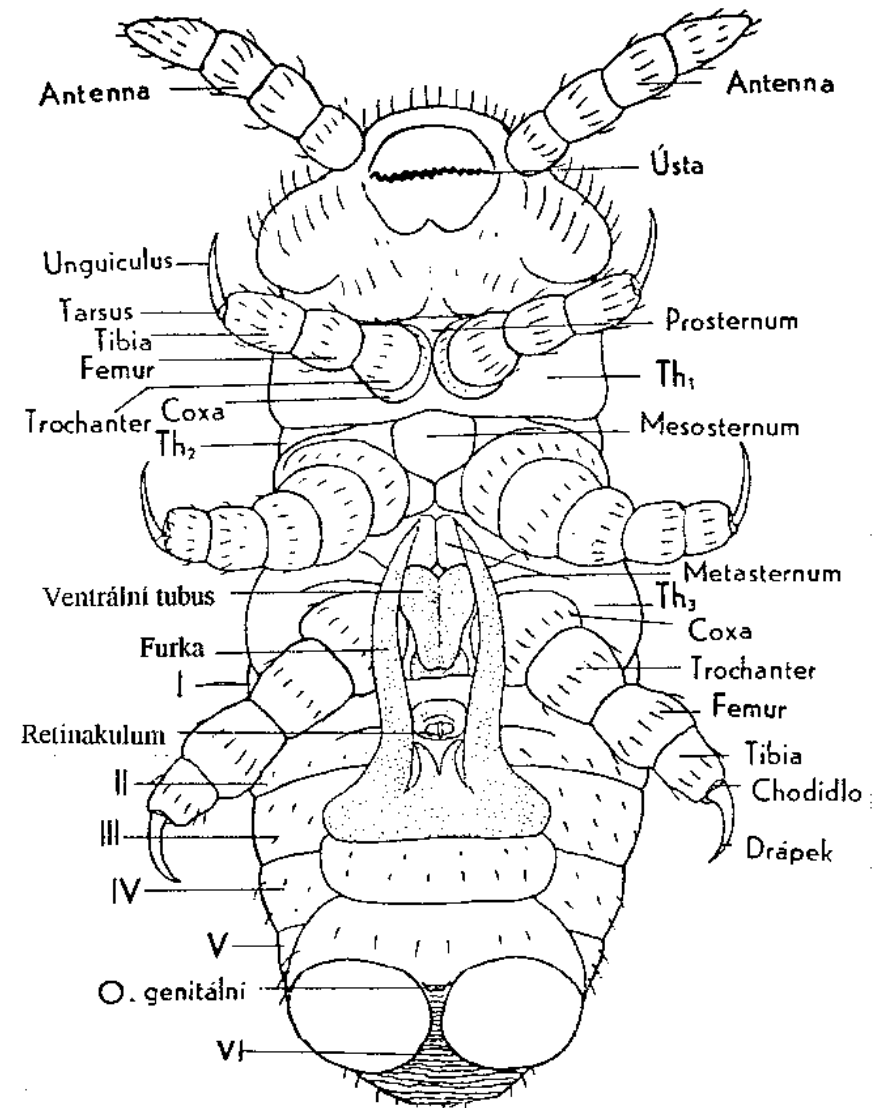
Podkmen: vzdušnicovci (*Tracheata*)

Nadtřída: *Hexapoda*

Třída: skrytočelistní (*Entognatha*)

Řád: chvostokoci (*Collembola*)

- malí bezkřídlí členovci se žvýkacím nebo bodavě-sacím ústrojím úst
- velikost cca 0,5 až několik mm
- Tělo: hlava, tříčlánková hrud' s 3 páry končetin, zadeček s 6 články, 4-6 článků tykadla
- slepí, většinou bez pigmentu
- mají tzv. furku, vymršťovací vidlici, která je součástí skákacího aparátu



## Chvostokoci – biologie, ekologie

- atmobionti – žijí na rostlinách a dřevě, v zemědělské půdě jen náhodně
- edafobionti – žijí v půdě a na jejím povrchu
  - epigeonti – porch, opad, kameny a dřevo na půdě
  - hemiedafobionti – vrchní horizonty a povrch
  - euedafobionti – výlučně v půdě

### **velmi důležití jako půdotvorný činitel:**

- pomáhají zpracovat půdní organickou hmotu
- převážně rostlinná strava (opad polorozložený, řasy, houby, pyl, amorfni organické zbytky)
- obývají i lesní půdy se silným rozvojem hub
- spolupodílí se svými aktivitami na tvorbě půdní struktury



# Chvostoskoci – biologie, ekologie

- desítky tisíc jedinců na 1 m<sup>2</sup> půdy, jen v ČR asi 400 druhů
- typičtí zástupci: *Mesaphorura*, *Isotoma*, *Pseudosinella*
- lesní půdy: *Onychiurus*, *Hypogastrula*, *Tetradontophora*, *Entomobrya*



# Roztoči

Kmen: členovci (*Arthropoda*)

Podkmen: klepítkatci (*Chelicerata*)

Třída: pavoukovci (*Arachnida*)

Řád: roztoči (*Acarina*)



- v půdě 3 podřády:
- *Parasitiformes* – tlející listí, mech, traviny, parazité – *Ixodus*, *Eugamasus*, *Zercon*, **draví – *Gamasida* (čmelíkovci)**
- *Trombidiformes* – mech, opad, humus, saprofágní, *Trombidium* - sametka
- *Sarcoptiformes* :
  - nadčeleď *Acaridia* – měkké, bělavé tělo, opadanka – *Rhizoglyphus echinopus*
  - **nadčeleď *Oribatei* – pancířníci**, chitinový pancíř, povrchové vrstvy půdy, *Carabodes*, *Belba*, *Liacarus*, *Pelops*



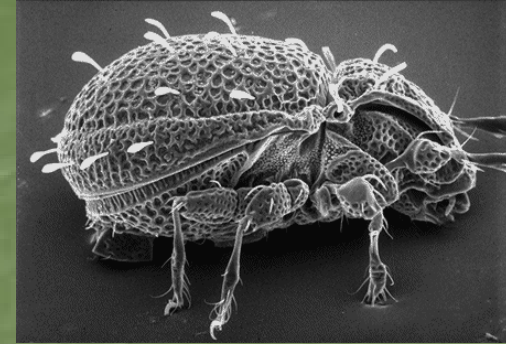
# Roztoči



*Trombidium*



*Rhizoglyphus*



*Carabodes,*



*Belba*



*Liacarus*





## Roztoči

- drobní pavoukovci, kde všechny části těla splývají v jeden celek
- velikost cca 0,1 - 2 mm
- volně žijící druhy jsou buď dravé, nebo se podílí na dekompozici OM, konzumují rostlinný materiál, organický detrit (zejména *Oribatida* - pancířníci)
- průchodem přes střevo roztočů velice pokročí rozklad reziduí
- v půdě velmi početní a rozmanití, až stovky tisíc na 1 m<sup>2</sup> půdy

# Proč roztoči v ekotoxikologii ?

- vhodné testovací organismy, zastávají řadu potravních typů – herbivoři, fungivoři, detritivoři a carnivoroři
- donedávna byli roztoči používáni jen v několika laboratorních studiích, kdy byly užity různé druhy, látky byly aplikovány topicky či v potravě (zelené řasy), **nyní 2 testy SECOFASE a 1 test OECD**
- ekotoxikologicky nejvíce využívané druhy jsou: *Platynothrus peltifer* a *Hypoaspis aculeifer*

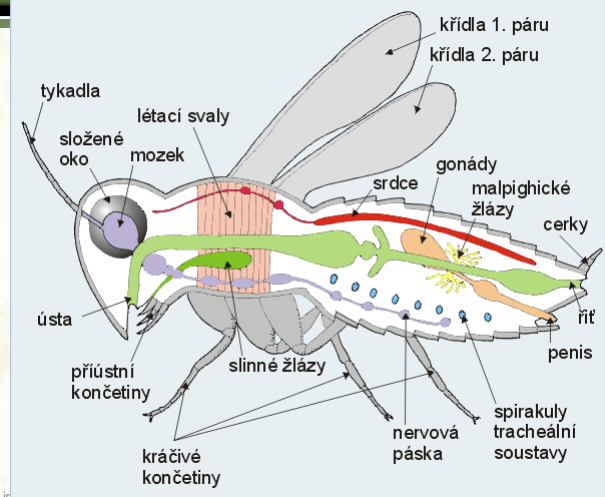
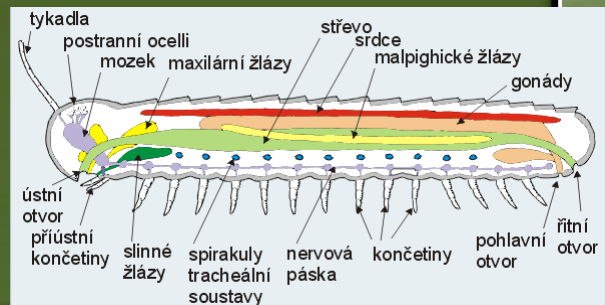
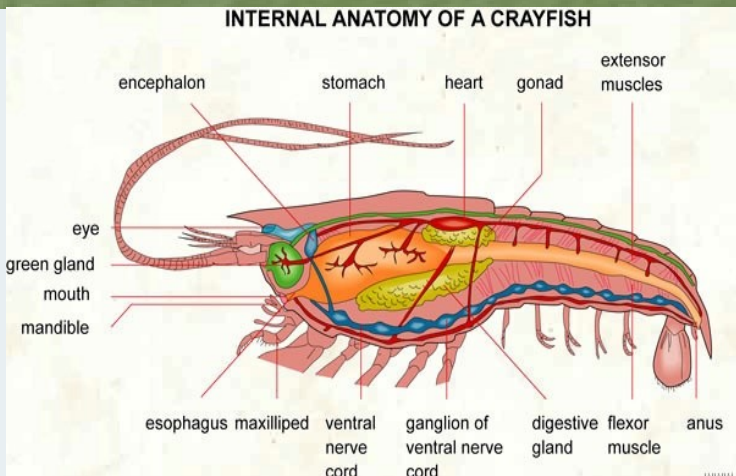
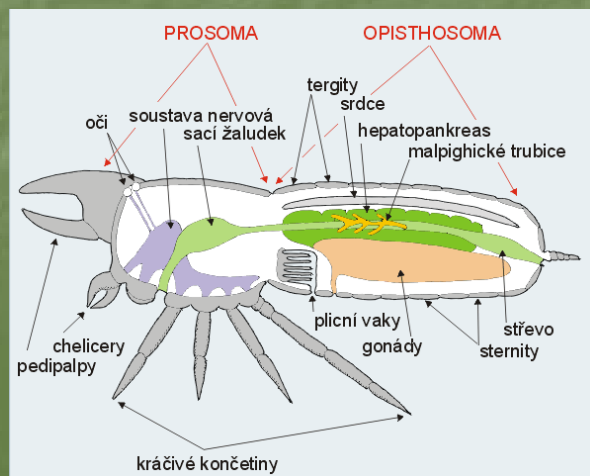


# **Ostatní bezobratlí v půdě a na půdě**



# Další členovci

- kromě chvostoskoků, roztočů a stejnonožců, kteří jsou nejvíce využíváni v ekotoxikologii, se používají i **další skupiny členovců**
- v půdě jsou významní zástupci všech tří podkmenů *Arthropoda*:
  - **klepítkaci (*Chelicerata*)** – zejména roztoči, pavouci, štírci, sekáči
  - **korýši (*Crustacea*)** – jen stejnonožci (Isopoda)
  - **vzdušnicovci (*Tracheata*)**
    - velice zásadní skupina velická pestrost
    - dnes dva podkmeny:
      - **šestinozí (*Hexapoda*) a stonožkovci (*Myriapoda*)**



# Typy členovců

- Shredders (okusovači)



- Predators (dravci)



- Herbivores (hebivoři)



- Fungal-feeders (fungivoři)



# Pavouci, sekáči

Kmen: členovci (*Arthropoda*)

Podkmen: klepítkatci (*Chelicerata*)

Třída: pavoukovci (*Arachnida*)

Řády: sekáči (*Opilionida*), pavouci (*Aranae*), štírci (*Pseudoscorpiones*)

## Pavouci

- draví – hmyz, drobní živočichové
- až 100 ks / m<sup>2</sup>
- sklípkánci (*Atypidae*) hloubí svislé nory v půdě až 15 cm, nory také rod
- slídáci (čeleď *Lycosidae*) – doupata v půdě – r. *Lycosa*, *Trochosa*, nebo žijí v opadance r. *Pardosa*
- plachetkovití, r. *Linyphiidae*



## Sekáči

- většinou také predátoři, často ale i rostlinná strava
- hlavně rody *Opilio*, *Oligolophus*, *Phalangium*, *Platybunus*, *Trogulus*





# Stonožkovci - *Myriapoda*

Kmen: členovci (*Arthropoda*)

Podkmen: Vzdušnicovci (*Tracheata*)

Nadtřída: stonožkovci (*Myriapoda*)

- je známo, že extrémně akumulují těžké kovy, a letální účinky se projevují až při plném nasycení akumulační kapacity – **makrokoncentrátoři** – vhodné pro indikaci znečištěného prostředí

# Stonožky

Kmen: členovci (*Arthropoda*)

Podkmen: Vzdušnicovci (*Tracheata*)

Nadtřída: stonožkovci (*Myriapoda*)

**Třída: stonožky (*Chilopoda*)**

- jsou **dravé**, loví žížaly, isopoda, larvy hmyzu
- na každém článku pár nohou, první pár nohou uchopovací s jedovými žlázami
- *Lithobius*, *Geophilus*, *Scolopendra*



# Mnohonožky

Kmen: členovci (*Arthropoda*)

Podkmen: Vzdušnicovci (*Tracheata*)

Nadtřída: stonožkovci (*Myriapoda*)

## Třída: mnohonožky (*Diplopoda*)

- saprofágní, konzumují rostlinné zbytky a drobí je tím na menší kousky, čím jsou velmi významní
- obývají horní vrstvy půdy - výrazná expozice látkám
- *Julidae*, *Glomeridae*, *Polydesmidae*, *Polyzonidae*





# Hexapoda - šestinozí

Kmen: členovci (*Arthropoda*)

Podkmen: šestinozí (*Hexapoda*)

- *Hexapoda* mají zřejmě největší význam z celé půdní fauny – konzumují OM, drobí rezidua, kypří půdu, trusem přispívá k tvorbě kvalitní půdní OM a půdní struktury
- *Hexapoda* zahrnují také třídu **entognatha (skrytočelistní)**: řády **vidličnatky** a **hmyzenky**, které mají pro půdu malý význam, a řád **chvostoskoci (*Collembola*)**, kteří mají pro půdu veliký význam
- **Třída: jevnočelistní, hmyz (*Ectognatha, Insecta*)**
- pro půdu zásadní **zejména jejich larvy**
- zejména **podtřída: křídlatí (*Pterygota*)** a její řády

# *Insecta* – hmyz významný v půdě

## řád dvoukřídlí (*Diptera*)

- jejich larvy významná saprofágní funkce, dekompozice OM, zejména
  - čeleď tiplicovití (*Tipulidae*) – larvy se živí rostlinným materiálem, r. *Tipulida*, *Pales*
  - čeleď muchnicovití (*Bibionidae*) - kladou vajíčka do půd, živí se tlejícím listím a kořínky rostlin, r. *Bibio*

## řád blanokřídlí (*Hymenoptera*)

- čeleď mravenci (*Formicoidea*) – ovlivňují fyzikální i chemické vlastnosti půd, budování chodeb, provzdušnění půdy, u mravenišť a v okolí zakoncentrované mikroorganismy a kationty, r. *Formica*, *Tetramorium*, *Lasius*, *Campognotus*



# Insecta – hmyz významný v půdě

## řád brouci (*Coleoptera*)

- draví i saprofágní + larvy žijící v půdě; asi 400 tis druhů, 6000 v ČR

### masožraví:

- čeleď *Carabidae* (střevlíci) – v noci chytají hmyz a larvy, r. *Carabus*, *Calosoma*, *Pterostichus*
- čeleď *Cicindilidae* (svižníci) – larvy mají pod zemí chodby, kam tahají polapenou kořist, r. *Cicindela*

### všežraví:

- čeleď *Silphidae* (mrchožroutovití) – rozkládají a požírají mršiny, larvy hrobaříků, r. *Necrophorus*
- čeleď *Staphylinidae* (drabčící) – horní vrstvy půdy, hrabanka – většinou masožraví, r. *Oxyporus*, *Paederus*, *Staphylinus*
- čeleď *Elateridae* (kovaříkovití) – tenké larvy – drátovci, ožírají kořínky, masožravé, či trouchnivějící dřevo, r. *Adelocera*, *Corymbites*
- čeleď *Scarabaeidae* (vrubounovití) – do půdy vtahuje trus, r. *Geotrupes*





# Plži

Kmen: měkkýši (*Molusca*)

Třída: plži (*Gastropoda*)

Podtřída: plicnatí (*Pulmonata*)

Řád: Stylommatophora (stopkoocí)

- Žijí ve svrchní vrstvě půdy a rostlinném opadu
- Daří se jim na vápnatých půdách než kyselých (stavba ulity), preferují teplejší a vlhčí klima
- Živí se tlejícími rostlinami, lišejníky, řasami, někteří karnivorové – čeleď *Zonitidae*, *Vitrinidae*
- čeledi *Helicidae* (hlemýžďovití), *Arionidae* (plzákovití), *Limacidae* (slimákovití)
- významné rody *Cepaea*, *Pomatia*
- Lesy: rody *Discus*, *Ena*, *Faustina*
- TTP: *Helicella*, *Pupilla*, *Cepea*
- Kyselé mokřiny: *Succinea*, *Vertigo*



# Literatura – půdní biota

- Šimek M., Elhottová D., Pižl V. (2015): Živá půda. AVČR. ISBN 9788020025678. [www.bc.cas.cz/Cds/Download/?filename=5544\\_Strategie\\_Ziva\\_puda](http://www.bc.cas.cz/Cds/Download/?filename=5544_Strategie_Ziva_puda)
- Šimek M. (2019): Živá půda. Academia. ISBN 9788020029768
- Šimek (2020): Bez půdy to nepůjde. ISBN 978-80-86668-59-8  
[https://www.bc.cas.cz/Cds/Download/?filename=8135\\_FINALNI\\_Brozura\\_Bez\\_pudy\\_to\\_nepujde\\_WEB](https://www.bc.cas.cz/Cds/Download/?filename=8135_FINALNI_Brozura_Bez_pudy_to_nepujde_WEB)
- FAO, ITPS, GSBI, SCBD and EC. 2020. State of knowledge of soil biodiversity - Status, challenges and potentialities, Report 2020. Rome, FAO.  
<https://doi.org/10.4060/cb1928en>
- JRC (2016): Global Soil Biodiversity Atlas. <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/global-soil-biodiversity-atlas>
- JRC (2010): European Atlas of Soil Biodiversity. <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/atlas-soil-biodiversity>
- Bardgett R.D. (2005): The biology of soil: a community and ecosystem approach. ISBN 0198525036
- Coleman C. et al. (2004): Fundamentals of soil ecology. ISBN 0121797260
- Doelman P. & Eijsackers H.J.P. (2004): Vital Soil - Function, Value and Properties. ISBN: 0-444-51772-3.
- EC (2010): Soil biodiversity: functions, threats and tools for policy makers. <https://core.ac.uk/display/29245351>
- Dindal, D.L. (1990): Soil Biology Guide. John Wiley & Sons. ISBN-10: 0471045519.
- NZM (2018): Půda. <https://www.nzm.cz/publikace/obrazkove-statistiky/puda-obrazkova-statistika-o-tom-co-se-deje-v-pude-a-o-tom-proc-by-mela-puda-byt-narodnim-bohatstvim>
- Glropolis (2018): Atlas půdy. ISBN 978-80-88289-07-4. <https://www.glopolis.org/publikace/atlas-pudy/>

# **Terestrická biota**



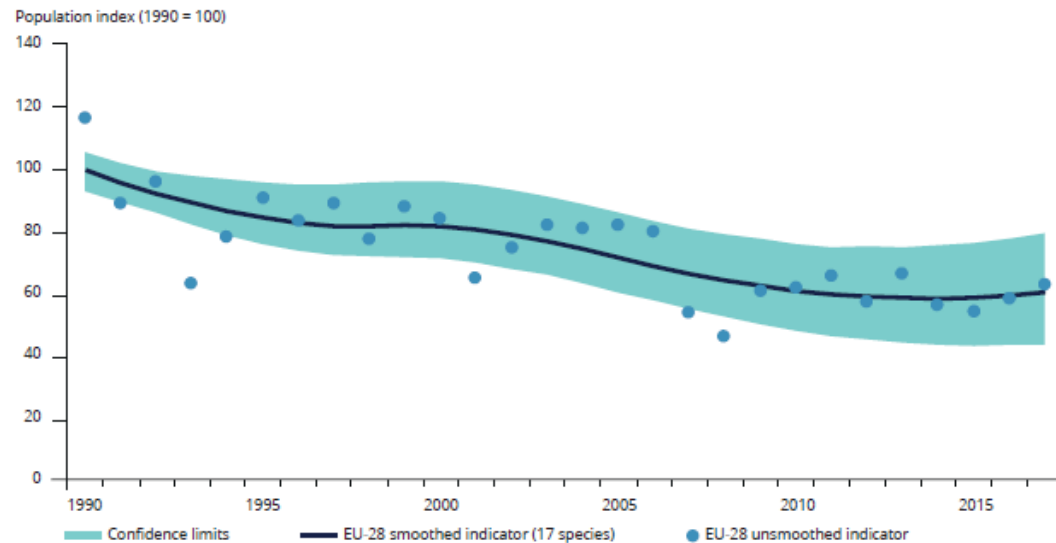
# Terestrická biota

- Terestrická fauna
  - členovci – pavouci, roztoči, isopoda, stonožky, mnohonožky, hmyz
  - obojživelníci
  - plazi
  - ptáci
  - savci
- Terestrická flora

# Hmyz - příklad

- soer 2020

FIGURE 3.6 Grassland butterflies population Index, 1990-2017



**Note:** The shaded area represents the confidence limits. Geographical coverage: Belgium, Estonia, Finland, France, Germany, Ireland, Lithuania, Luxembourg, the Netherlands, Portugal, Romania, Slovenia, Spain, Sweden, United Kingdom.

**Source:** EEA (2019a), Butterfly Conservation Europe, European Butterfly Monitoring Scheme partnership, Assessing Butterflies in Europe (ABLE) project.

Agricultural intensification can entail high inputs of agrochemicals, including pesticides. Their environmental impacts on the environment are described in Chapter 10. Increased use of pesticides results in reduced insect populations and seed production by plants, thereby reducing food for birds (Vickery et al., 2009; Musitelli et al., 2016). Apart from being an important source of food for birds and other animals, insects play a key role in ecosystem processes and provide various ecosystem services (Schowalter et al., 2018). Their most widely recognised role is pollination (Section 3.4.4 and Box 3.2) but they are also instrumental in developing soil nutrient cycling and providing



Grassland butterfly populations declined by 39 % in 15 EU Member States since 1990.

pests, diseases and invasive alien species regulation (Noriega et al., 2018).

Recently, reports of dramatic losses of insects have been widely discussed. Hallmann et al. (2017) reported a decline of more than 75 % over 27 years in total

flying insect biomass in protected areas in Germany. Declines concern pollinators too, including butterflies, as discussed earlier, but also honey bees and wild bees (Potts et al., 2010; EC, 2018b). An exhaustive global review of 73 reports of insect species declines (Sánchez-Bayo and Wyckhuys, 2019) concluded that habitat loss by conversion to intensive agriculture, followed by urbanisation, pollution (mainly pesticides and fertilisers), invasive alien species and climate change (to the least extent in moderate climatic zones) are the main drivers of decline. Moreover, there is increasing evidence that the use of pesticides such as neonicotinoid insecticides has a much wider impact on biodiversity, not only affecting non-target invertebrate (insect)

# Ptáci - příklad

- <https://www.youtube.com/watch?v=jlQdEI8hqr4>





# Samostatný úkol

- [https://docs.google.com/spreadsheets/d/1hSHVzGZ9Nnolgi9VsDvmPxbzV\\_PkLeFXPv7ue8dlYEpE/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1hSHVzGZ9Nnolgi9VsDvmPxbzV_PkLeFXPv7ue8dlYEpE/edit?usp=sharing)
- vyberte si jednu skupinu organismů (kdo dřív přijde ...)
- najděte v literatuře nějakou zajímavou případovou studii, kdy dané organismy byly negativně ovlivněny antropogenním stresem v prostředí
- popište v rozsahu půl až jedné strany danou situaci a výsledky studie
- odevzdejte do odevzdáárny