



Téma 1: Zdravá půda a organická hmota

Kapitola 1: Vznik organické složky půdy

Kapitola 2: Procesy přeměny půdní organické hmoty

Kapitola 3: Utváření půdní struktury ve vazbě na obsah a kvalitu půdní organické hmoty

Kapitola 4: Význam organické hmoty pro zachování zdraví půdy

Kapitola 5: Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v zemědělství

Sít' poradenství pro udržitelné zemědělství s nižší uhlíkovou stopou na území ČR

Tento projekt je financován Evropskou unií v rámci Národního plánu obnovy.

Vyškolit 70 zájemců, kteří aplikují znalosti přímo ve svém hospodářství nebo je využijí pro poradenskou činnost. Oslovit dalších 150 zájemců z řad zemědělské a odborné veřejnosti a studenty. Vytvořit edukační videa a platformu pro sdílení informací.

Realizace projektu: únor 2024 – listopad 2025

Spolupracující organizace:

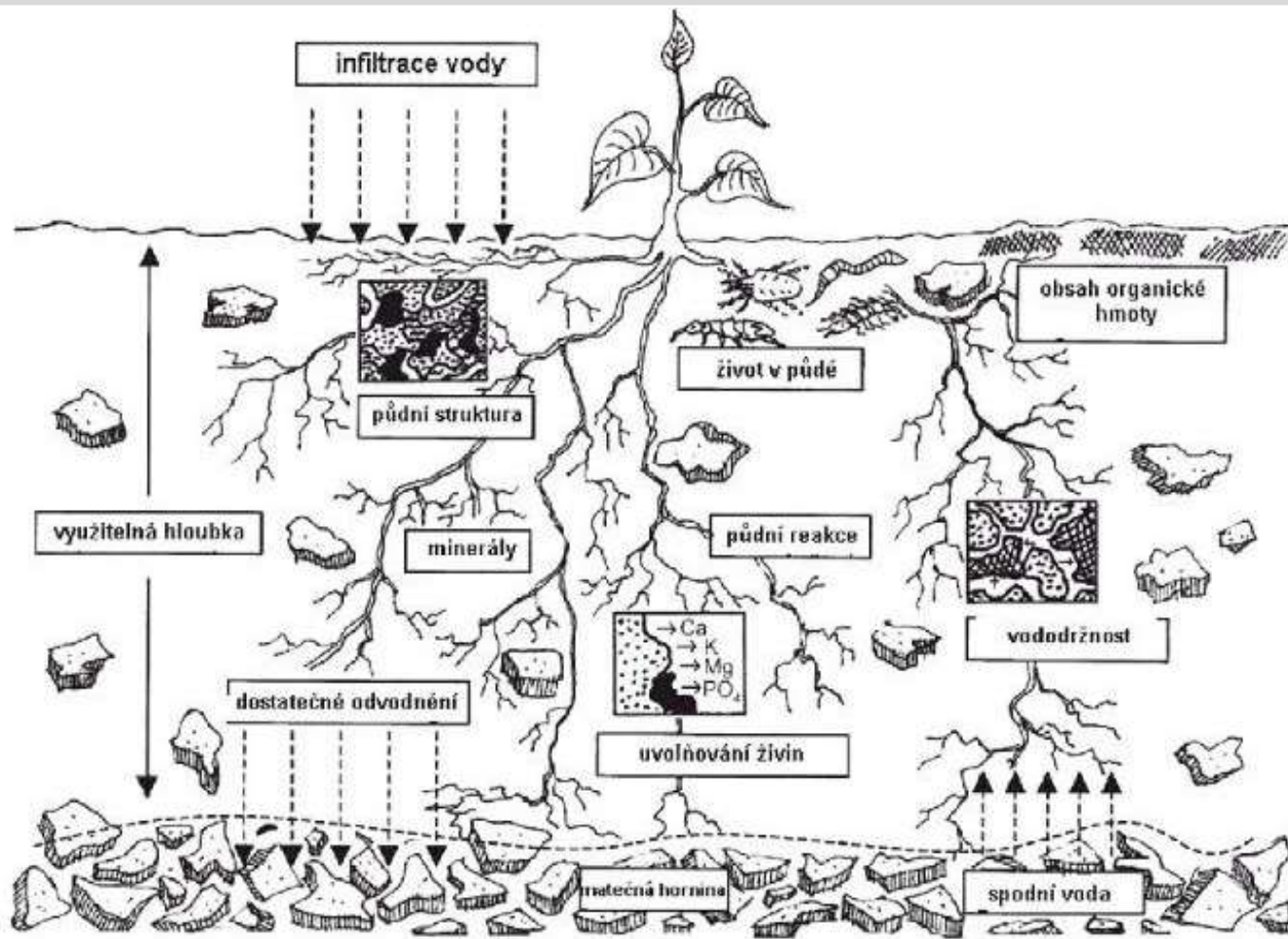


Výzkumný ústav meliorací
a ochrany půdy, v.v.i.



Výzkumný ústav
rostlinné výroby

Půda – porézní biogeochemický systém zahrnující pevné částice, kapaliny a plyny

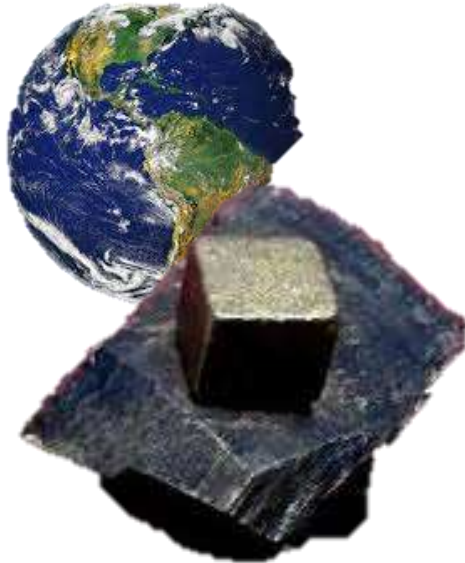


Význam organické složky půdy



Vznik organické složky půdy

Složky půdní BIOTY



Autochtonní složka lidí



Zymogenní složka lidí

Vznik organické složky půdy

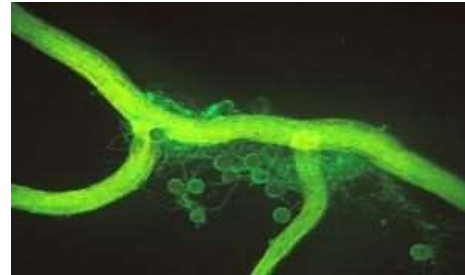
Bakterie a Aktinomycety

- ✓ 1g půdy žije až 10^{10} bakterií
- ✓ hmotnostně představují 0,45 – 4,50 t / ha
- ✓ žijí na aktivním povrchu koloidních látek - zejména sekundárních humusových látek



Houby (Fungi)

- ✓ 1g půdy 10^6 spór mikromycet
- ✓ hmotnostně představují mikroskopické houby 1,12 – 11,20 t / ha
- ✓ hmot. nejvýznamnějšími rozkládají veškeré druhy organických látek



Autochtonní složka půdy

- metabolicky adaptovaná na transformaci stabilních složek půdní organické hmoty
(Actinobacteria, Streptomyces, Micrococcus)



Zymogenní složka půdy

- převažují klidová stadia
- metabolicky aktivní po vnesení snadno rozložitelných organických látek hlavní (Pseudomonas, Azotobacter, Rhizobium)

Vznik organické složky půdy

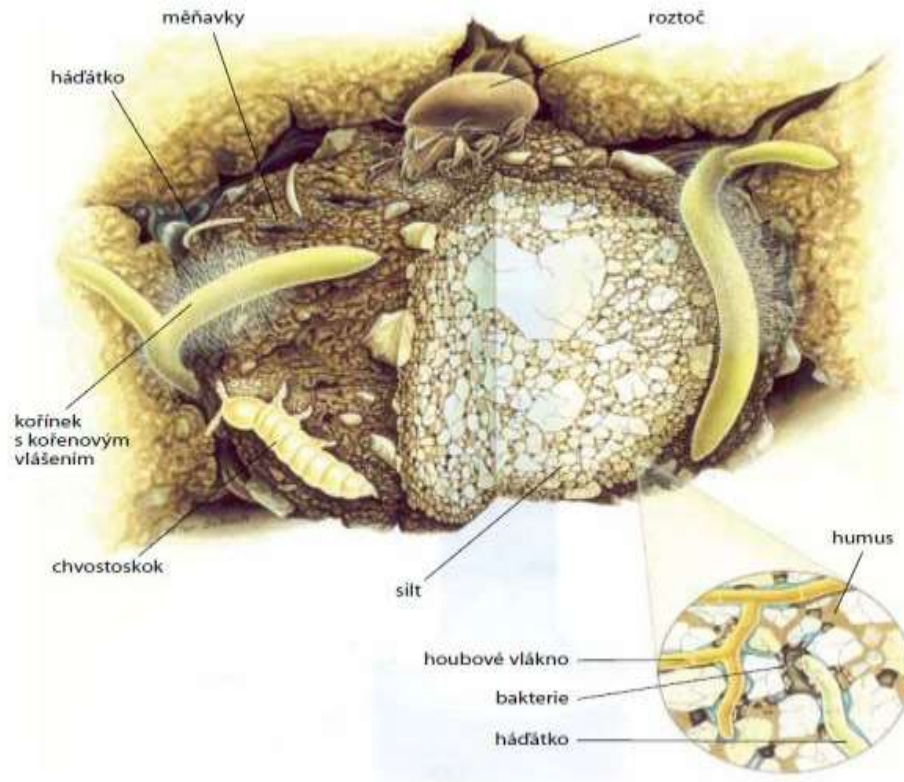
Rostlinné mikroorganismy		
	bakterie	
	50 g	1 000 000 000 000
	aktinomycety	
	50 g	10 000 000 000
	houby	
	100 g	1 000 000 000
	řasy	
	1 g	1 000 000
Živočišné mikroorganismy		
	bičíkovci	
	500 000 000 000	
	kořenonožci	
	10 g	100 000 000 000
	nálevníci	
	1 000 000	
Malí živočichové		
	viřníci	
	0,01 g	25 000
	hádátka	
	1 000 000	
	roztoči	
	1 g	100 000
	chvostoskoci	
	0,6 g	50 000
Větší živočichové		

	mnohoštětinatci	
	2 g	10 000
	plži	
	1 g	50
	pavoukovci	
	0,2 g	50
	stejnonožci	
	0,5 g	50
	mnohonožci	
	4,5 g	300
	brouci a jejich larvy	
	1,5 g	100
	larvy dvoukřídlých	
	1 g	100
	ostatní hmyz	
	1 g	150
	žížaly	
	40 g	80

Živé organismy v jednom čtverečním metru horní vrstvy půdy (hloubka 30 cm); podle: <http://hypersoil.uni-muenster.de/0/06/04.htm> (převzato z: JEDICKE, E.: Boden - Entstehung, Ökologie, Schutz. O. Maier, Ravensburg 1989, s. 68, nakreslil Erhard Pošin).

Vznik organické složky půdy

Půda - živý polydisperzní systém



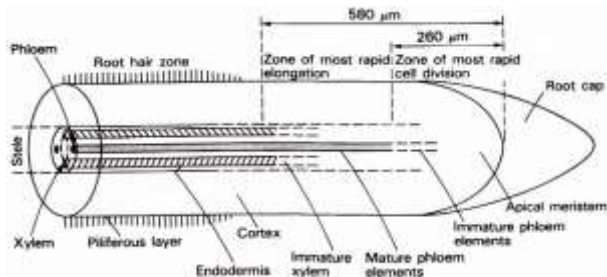
Půda je tvořena shluky minerálních částic různé velikosti a pojena organickou hmotou

Vznik organické složky půdy

Aktivní části rostliny umožňující přeměny organických látek v půdě

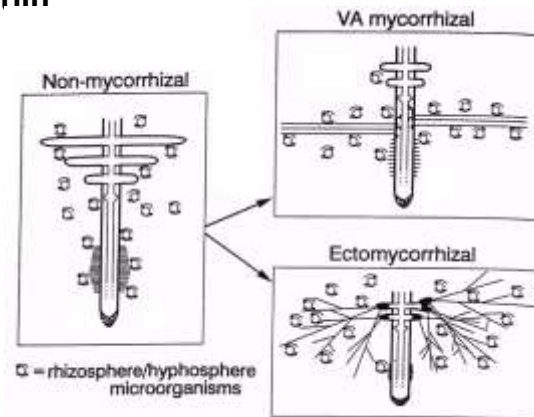
Rhizosfera

- **tenká vrstvička (1-2mm)** půdy přiléhající ke kořenům rostlin
- specifické prostředí podporující **příjem iontů kořeny**
- kořenovými **exudáty (slabé kyseliny)** vytváří rostlina substrát pro mikroorganismy
- usnadňuje či omezuje pohyblivost / **přístupnost živin**



Mykorrhiza

- **asociace** mezi převážně **houbami** a **vyššími rostlinami**
- houba je silně závislá na rostlině
- **rostlina profituje** či strádá z **přítomnosti houby**
- přítomnost mykorrhizy podporuje **formuje kořeny rostlin**



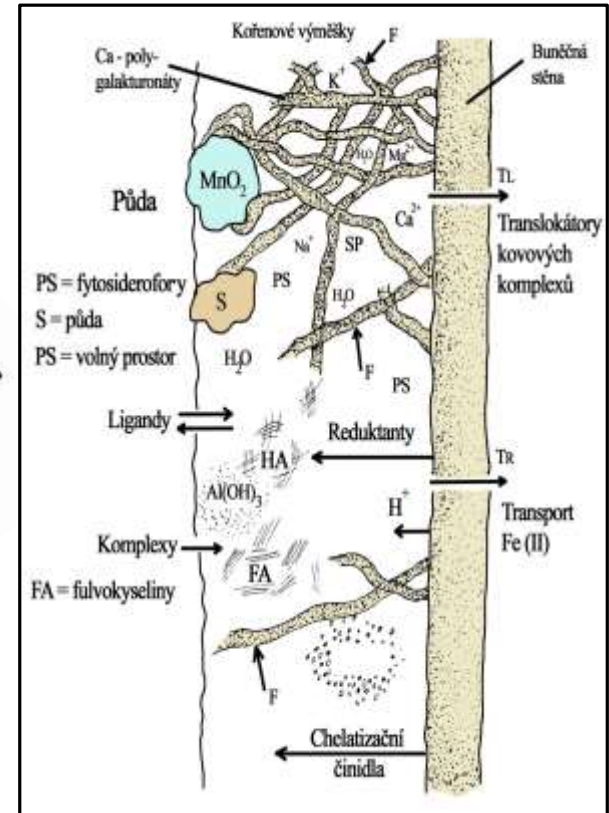
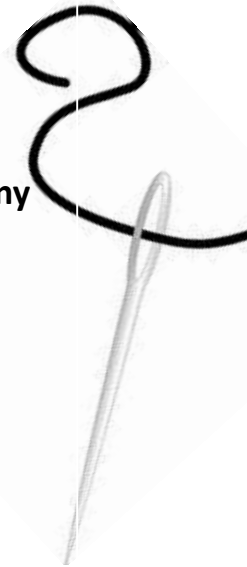
Vznik organické složky půdy

Biotransformace POM

- ❖ Vznik půdní organické hmoty (POM)
- ❖ Mikrobiální procesy probíhají z větší části na povrchu kořenů v **rhizosféře** ($d = 1-5 \text{ mm}$)
- ❖ Primární organické látky (pletiva rostlin) jsou **mikroorganismy** (vnějšími enzymy - hydrolázami) **štěpeny** => na základní stavební jednotky, které jsou následně **transformovány** (buněčnými procesy – přes **Cbiom**)

SEKUNDÁRNÍ ORGANICKÉ LÁTKY = HUMUSOVÉ LÁTKY

- ❖ Nejvíce povrchově - **chemicky aktivní** jsou molekuly velikosti do $1 \mu\text{m}$ (**HK a humáty**).
- ❖ Průměrný obsah HUMUSU = 50 -100 t/ha



Vznik organické složky půdy

Biotransformace POM

Primární zdroje POM

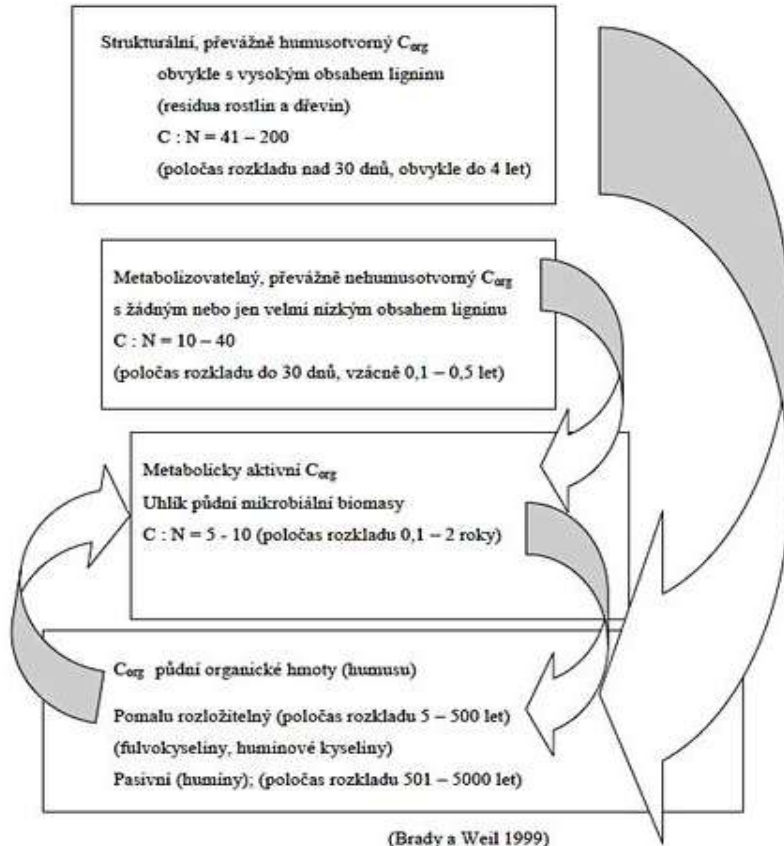
Zdroje půdní organické hmoty

- posklizňové rostlinné zbytky
- odumřelé kořeny
- kořenové výměšky
- odumřelé mikroorganismy
- odumřelý půdní edafon
- statková hnojiva (hnůj, kejda aj.)
- zelené hnojení, komposty
- čistírenské kaly, sedimenty



Vznik organické složky půdy

Biotransformace POM



- ❖ **Strukturální C:** rostlin až **23 t/ ha**
- ❖ **Metabolizovatelný C:** kořenové exudáty rostlin (2,5 t /ha/veget.)+ odumřelé kořenové vlášení (1,5 t/ha/veget.) + odumřelé mikrobiální buňky (**bakterie + mikromycety až 18 t /ha/rok**) (Tesařová 1990).
- ❖ **Metabolicky aktivního C** neboli **uhlíku mikrobiální biomasy ($C_{biom.}$)** na orných a zatravněných půdách ČR v průměru **6,7 t /ha.**
- ❖ **C Půdní organické hmoty = Humus:**
průměrný obsah sek. org. l. = **50 -100 t/ha**

Vznik organické složky půdy

Biotransformace POM

Primární zdroje POM

Druh hnojiva	Poločas rozkladu	Forma C_{org}
Močůvka	několik dnů	Metabolizovatelný, převážně nehumusotvorný C_{org}
Kejda skotu, prasat	několik týdnů	Metabolizovatelný, převážně nehumusotvorný C_{org}
Hnůj	< 2 let	Strukturální, převážně humusotvorný C_{org}
Kompost	> 4 roky	Strukturální, převážně humusotvorný C_{org} + humus

Zdroj strukturálního C_{org}	Polní ekosystém
Zbytky nadzemních částí bylin, trav a dřevin	< 5,5 t /ha
Podzemní orgány bylin a trav	< 7,0 t /ha
Kořeny rostlin	< 10,0 t /ha
Odumřelé půdní organismy, mezo a makroedafon	0,05 – 0,3 t/ha
Exkrementy (koprolity) půdních organismů	0,5-2,5 t /ha

Plodina	t/ha
Brambory	0,91
Cukrovka	1,08
Hořčice	1,42
Řepka ozimá	1,84
Ječmen jarní	2,48
Žito ozimé	3,22
Pšenice ozimá	3,49
Jetel luční	5,23
Vojtěška (2.rok)	8,20

(Kvěch 1985)

Zdroj: Skripta Pedobiologie a Mikrobiologie: Růžek et Voříšek, ČZU v Praze 2010

Vznik organické složky půdy

Shrnutí

Nejvýznamnějšími funkcemi (mikro)organismů v půdě jsou:

- ❖ **Rozklad organické hmoty v půdě a syntéza nových organických látek** (humusu).
- ❖ **Promíchávání organické a minerální hmoty v půdě.**
- ❖ **Tvorba strukturních agregátů** – mikroorganismy vytvářejí biofilmy – **tmely**.
- ❖ **Zvětrávání minerálů** – **uvolňování minerálních látek** - účast na půdotvorném procesu.
- ❖ **Zadržování živin v půdě** – mikroorganismy ukládají do svých těl velké množství živin (především dusíkatých látek), které jsou po jejich odumření uvolňovány a zpřístupňovány rostlinám.



Procesy přeměny půdní organické hmoty



Procesy přeměny půdní organické hmoty

Vznik - neustálé reakce mezi organickými látkami a minerálním podílem

1. HUMUSOTVORNÝ MATERIÁL

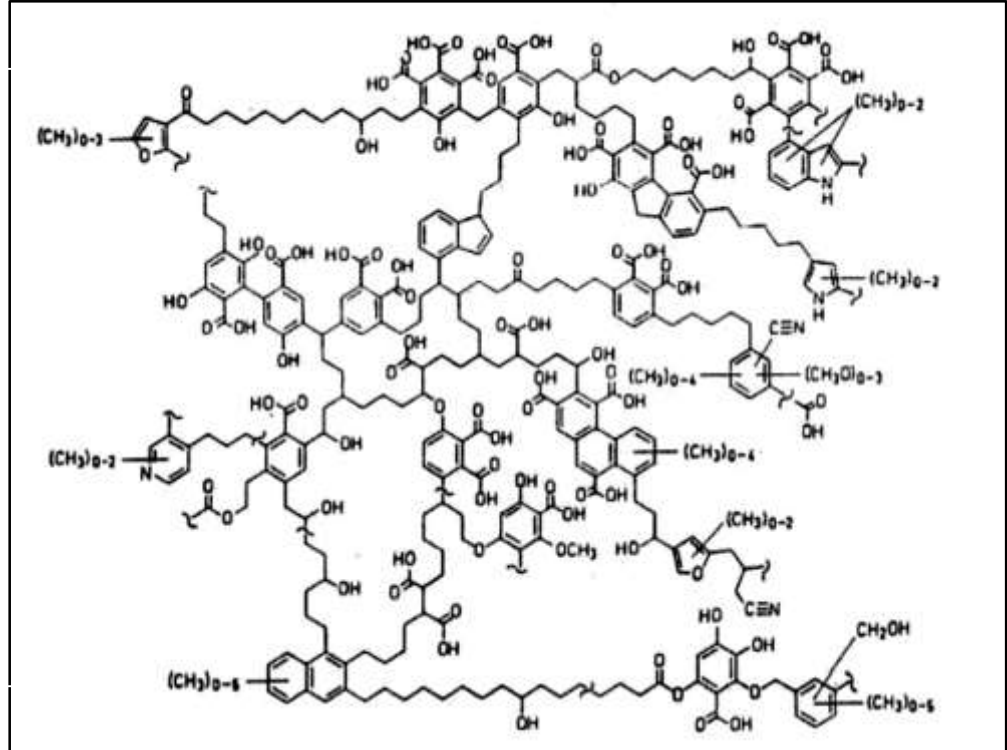
- odumřelé zbytky rostlin, živočichů a mikroorganismů

2. NEHUMUSOVÉ LÁTKY

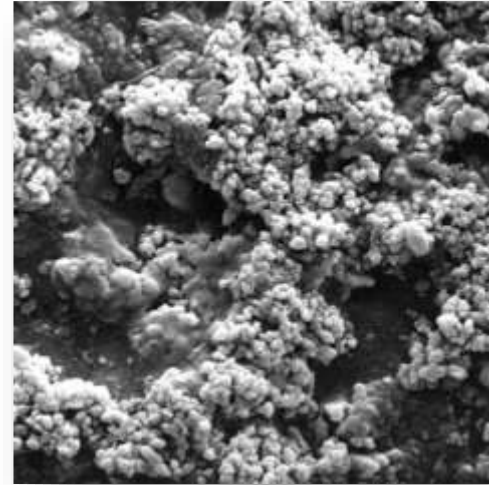
- meziprodukty rozkladu a syntézy
- celulóza, lignin, proteiny, hemicelulózy, aminokyseliny a jiné organické kyseliny

3. HUMUSOVÉ LÁTKY

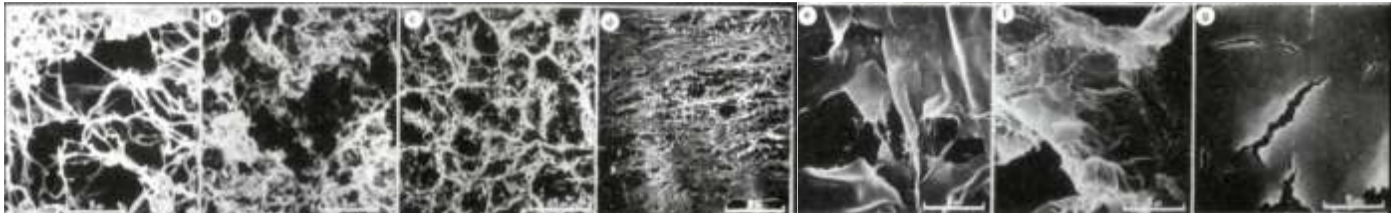
- konečné produkty humifikačních pochodů
- HK, FK, Humáty



Procesy přeměny půdní organické hmoty



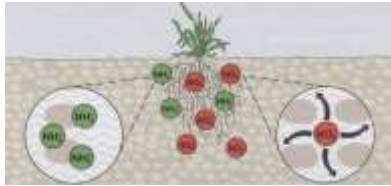
Snímek HK – El. mikroskop - SEM (2000 x zvětšeno)



Série snímků lyofilizované FK - pH 2 – 10

Procesy přeměny půdní organické hmoty

MINERALIZACE = rozklad organické hmoty na jednoduché anorganické sloučeniny

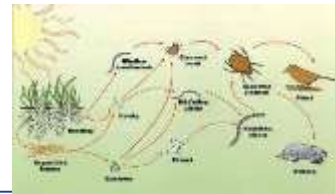


Podmínky mineralizace:

- především **aerobní** rozklad !
- uvolňuje se CO_2 , H_2O , N_2
- probíhá proces:
 - i. **amonizace** -> tvorba NH_3
 - ii. **nitrifikace** $\text{NH}_3 \rightarrow \text{HNO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3$



HUMIFIKACE = transformace primárních zdrojů organické hmoty na složitější a stabilnější látky (aromatické povahy) = humus



Podmínky humifikace:

- nutná změna prostředí z aerobního na **anaerobní**
- množství **O_2** rozhoduje o procesech:
 - **Tlení**..... dostatek O_2 a CO_2
 - **Hnití**..... málo $\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{S}$
 - **Kvašení**málo O_2 (mléčné, alkoholové, octové)



Procesy přeměny půdní organické hmoty

Faktory ovlivňující akumulaci organických látek

➤ **Půdní typ – podmínky vzniku**

- obsah jílu – stabilizace POM
- strukturnost půdy – agregace ochrana POM
- pH – stabilizace, podmínky reakce, pufrace

➤ **Klima (půdní vlhkost a teplota)**

- podmínky pro činnost mikroorganismů
- procesy humifikace / mineralizace

➤ **Čas**

- akumulace POM

➤ **Topografie**

- erozní ztráty POM

➤ **Rozmanitost půdní bioty**

- zvyšuje kvalitu POM
- odolnost a **zdraví půdy**

➤ **Vstupy POM:**

- množství a kvalita rostlinné a živočišné biomasy
- hnojení

➤ **Stabilizace POM:**

Přítomnost mikroorganismů

- produkce polysacharidových obalů (cukry)
- Rychlost vzniku mikroagregátů

Obsah hub

- Rychlost produkce tmelících látek - glykoprotein Glomalin

Kořenové výměšky

- Rychlost produkce - kys. šťavelová, citronová tvorba **chelátů**

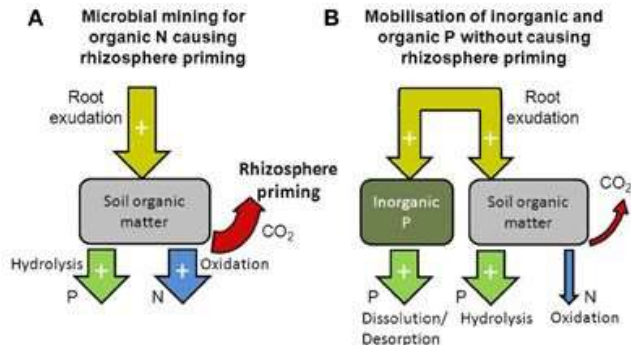
Význam organické hmoty a zachování zdraví půdy

Priming effect

- Přídavek snadno mineralizovatelného C-substrátu => akceleraci rozkladu C-látek v půdě

Dva mechanismy PE:

- 1) Extracelulární enzymy, které produkují mikroorganismy, podílející se na **rozkladu snadno mineralizovatelného substrátu** mají i částečný podíl na rozkladu ostatního „půdního C“
- 2) Kompetice (**soutěž**) **mezi mikroorganismy** o využití přidaného substrátu vede k navýšení populací rozkladačů ostatního „půdního C“



Půda, stejně tak jako člověk nebo tažné zvíře po těžké práci, musí si odpočinout

Procesy přeměny půdní organické hmoty

Shrnutí

Rychlost akumulace organické hmoty SOM = f (**klima, organismy, půdotvorný substrát, topografie, čas**)

❖ **Aktivní povrch organické hmoty v půdních strukturních elementech**

- **Řídí její dynamickou rovnováhu = fyzikální a chemické procesy**
- Kolonizace rostlinných zbytků mikroorganismy
- **Řídí rychlost - mineralizace, humifikace**

❖ **Přítomnost organické hmoty formuje živý systém**

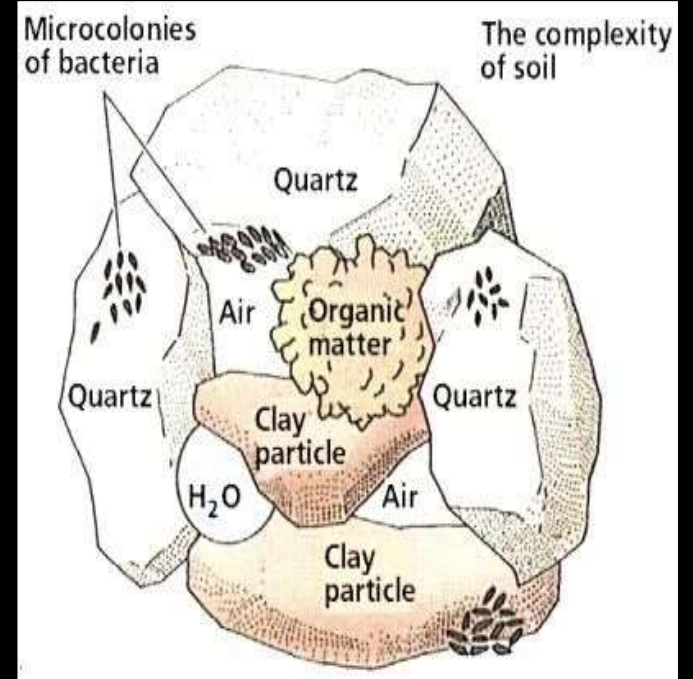
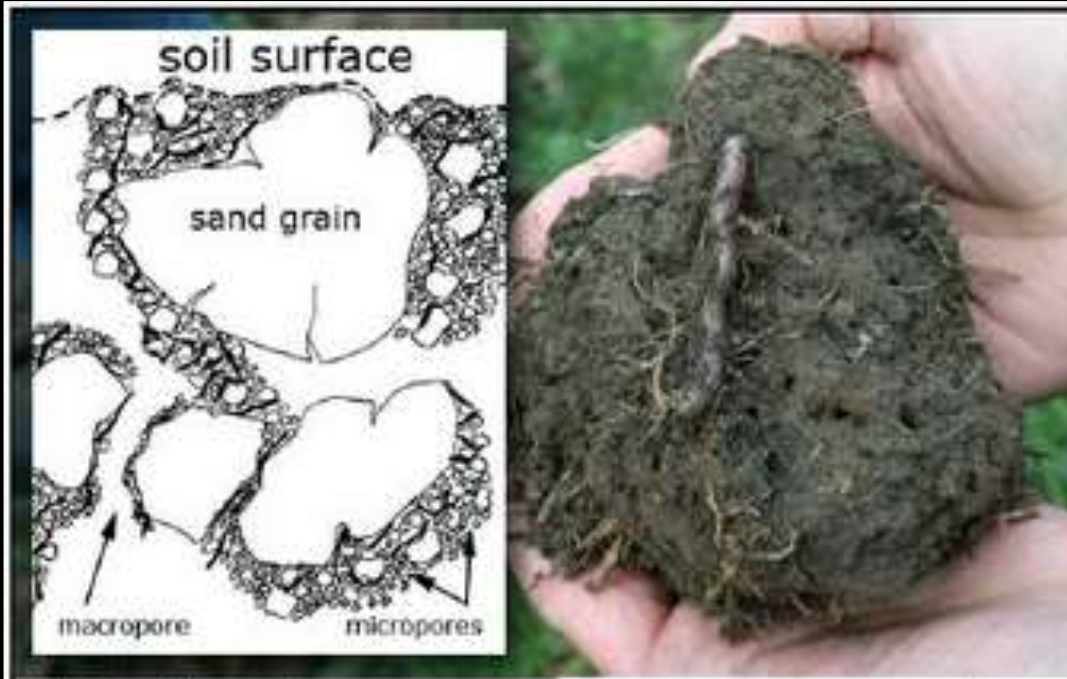
- Základní stavební prvek – tvorba **půdní struktura**
- **Aktivní povrch => sorpce - zásobárna živin**
- **Substrát pro mikrobiální činnost**
- Základní výrobní prostředek **zemědělské produkce**

Utváření půdní struktury ve vazbě na obsah a kvalitu půdní organické hmoty

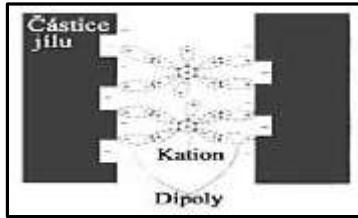


Utváření půdní struktury

Velikost a stabilita agregátů závisí na povaze a množství tmelících látek



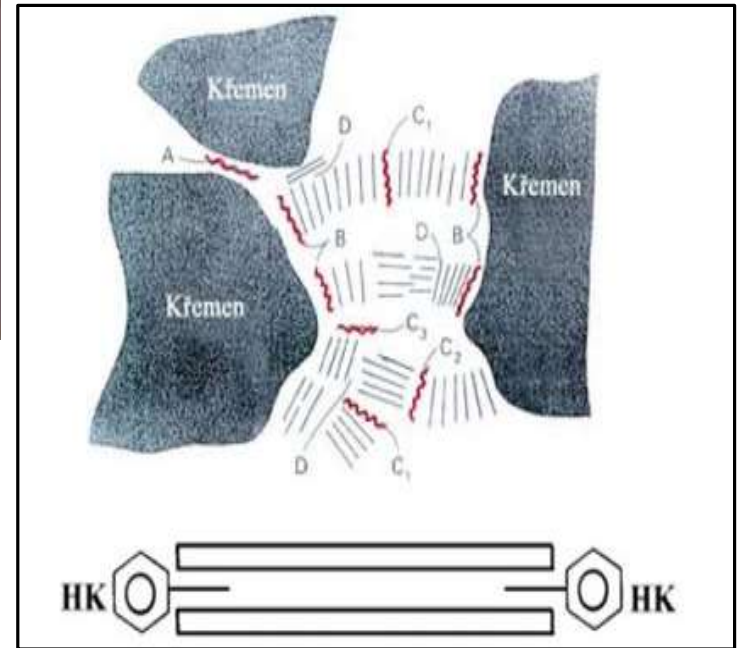
Utváření půdní struktury



Jednotlivé agregáty v půdě vznikají převážně fyzikálně chemickými procesy t.j. **koagulací minerálních a organických koloidních látek** v prostředí elektrolytů (Ca^{2+} , Mn^{2+} , K^+ , Na^+ , Fe^{3+}) a jejich další agregací (přirozené agregáty).

Faktory ovlivňující tvorby půdní struktury:

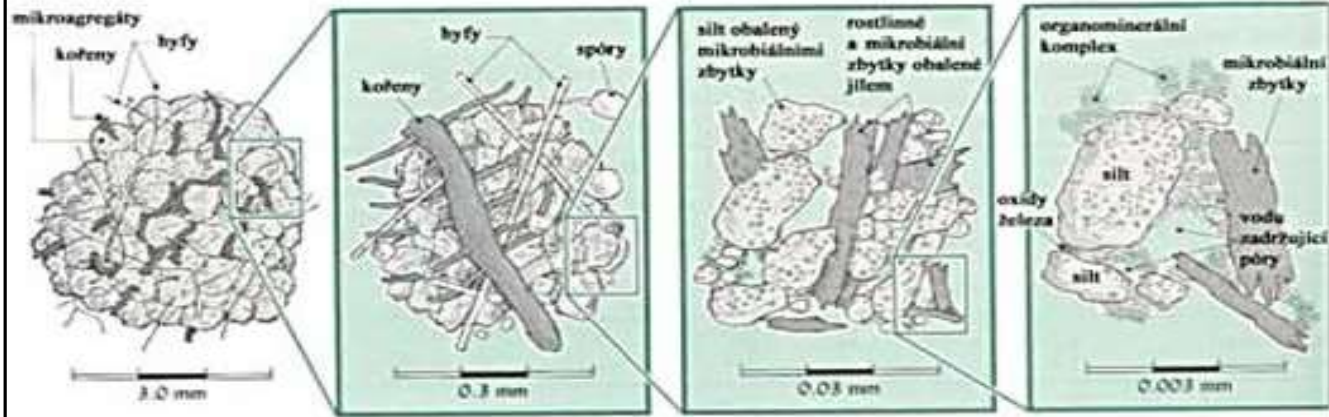
- **zrnitost** (textura)
- intenzita zvětrávání
- **přítomnost vícemocných kationtů** (Ca)
- hydroxidy a seskvioxidy Al a Fe
- **kvalita POM - humusové látky (HK, humáty)**
- **interakce mezi jílnatými částicemi a molekulami organické hmoty** (vazba dipól-dipól)
- **půdní organismy** (mikroorganismy – nositelé iontů)
- zpracování půdy
- fyzikální podmínky (objemové změny)



Utváření půdní struktury

Procesy utváření půdní struktury

Hierarchie půdních agregátů



Makroagregáty

- kořeny
- hyfy

Mikroagregáty

- vlásečnicové kořeny
- hyfy
- polysacharidy

Submikroagregáty

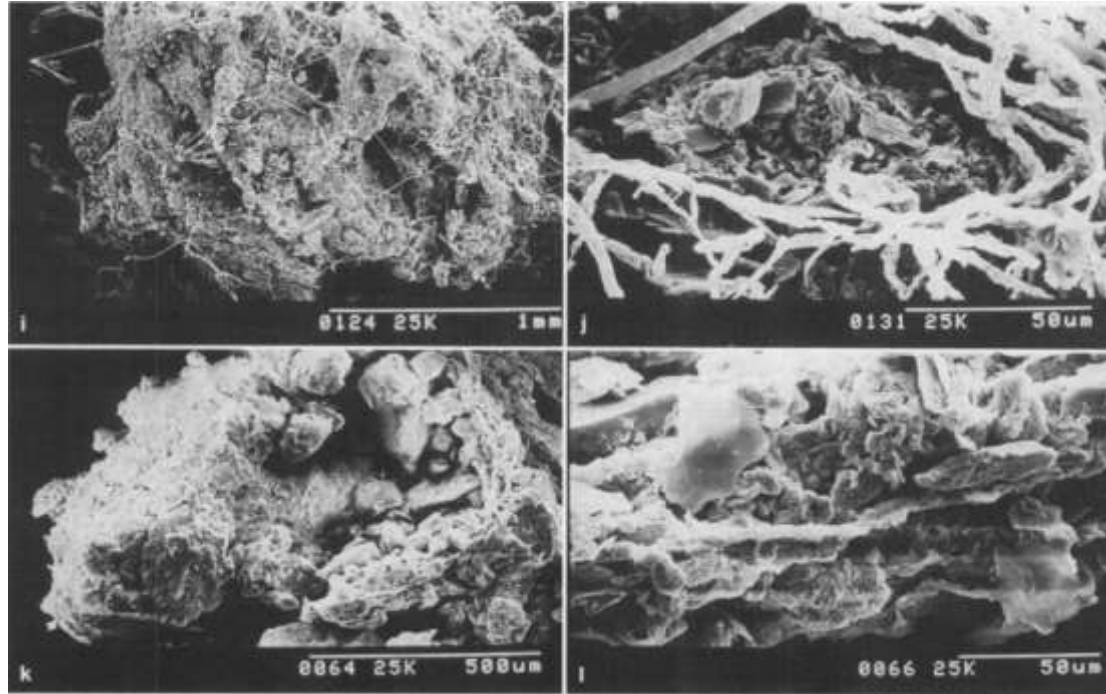
- minerální částice obalené rostlinnými a mikrob. zbytky
- rostlinné zbytky potažené jilem

Primární částice prachu, jíl a humusu

- jíl a organominerální komplex

Utváření půdní struktury

Velikost a stabilita agregátů závisí na povaze a množství tmelících látek



i) jemné agregáty uspořádané v menších konstrukčních celcích spojené houbovými hyfami

j) strukturní detail předchozího agregátu, mycelium zahalující skupinu prachových a jílovitých částic s obalem semena tisu

k) agregát pevně stmelený z mikroagregátů s pórem pro přenos vody o velikosti 30 μ

l) detail předchozího agregátu, pletivo s navázanými prachovými a jílovitými částicemi spojeny edafickými tmely, tvořící vrstvy oddíly.

(Sanchez-Maranon et al, 2002)

Utváření půdní struktury

Půdní struktura je fyzikálně-chemická stavba - **prostorové uspořádání** minerálních a organických částic **půdy** do agregátů

Agregáty dělíme podle velikosti a tvaru

1) Podle velikosti:

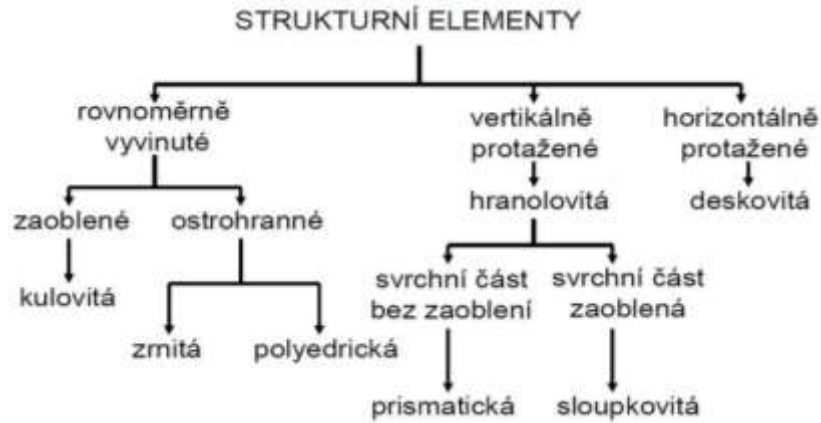
A) mikroagregáty (< 0,25 cm) B) makroagregáty (> 0,25 cm) C) megaagregáty (> 10 cm)



Utváření půdní struktury

2) Podle tvaru:

(dělí se do 4 tříd)



I. Třída (všechny osy stejně dlouhé, tvar zaoblený):
**práškovitá, zrnitá (drobtová, jemně drobtovitá),
hrudovitá, hrudkovitá**

II. Třída (všechny osy stejně dlouhé tvar
ostrohraný): **kostkovitá, kostečková,
polyedrická, drobně polyedrická (krupatá)**



práškovitá



zrnitá (drobtová)



hrudovitá



polyedrická

Utváření půdní struktury

2) Podle tvaru: (dělí se do 4 tříd)

III. Třída (delší svislá osa): (hrubě, drobně) **prismatická, sloupcovitá, hranolovitá**



prismatická



sloupcovitá

IV. Třída (delší vodorovné osy): **deskovitá, destičkovitá, lístkovitá**



deskovitá



lístkovitá

Základní struktury ornice: IN SITU

zrnitá



drobtovitá



hrudkovitá



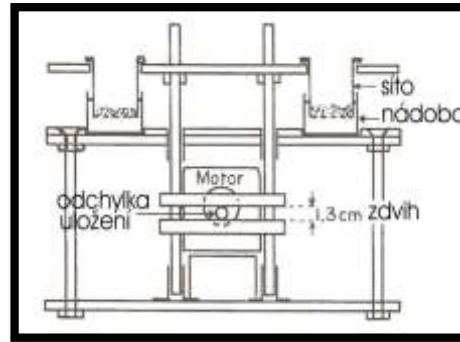
prismatická (podorniční)



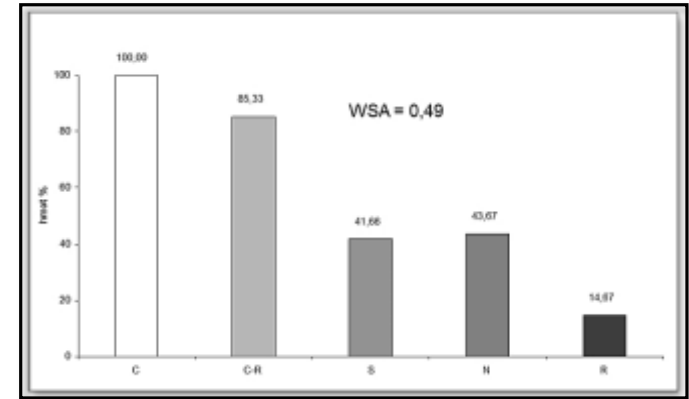
Utváření půdní struktury

Metody stanovení půdní struktury

WSA (Water Stable Aggregate):



síta: $\varnothing$ (ok) = 0.25 mm
nádoba: 100 ml



- Aparatura dle Kemper et Rossenau (1986)

❖ analytická metoda sloužící k popisu fyzikálních vlastností půdy, stability půdní struktury při řízeném procesu namáčení.

➤ Výsledný index WSA charakterizuje stabilitu (vododržnost) půdních makroagregátů velikosti 1-2 mm.

Utváření půdní struktury

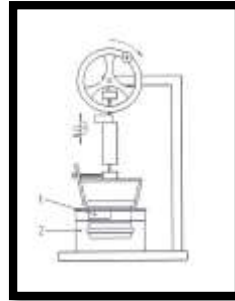
Metody stanovení půdní struktury



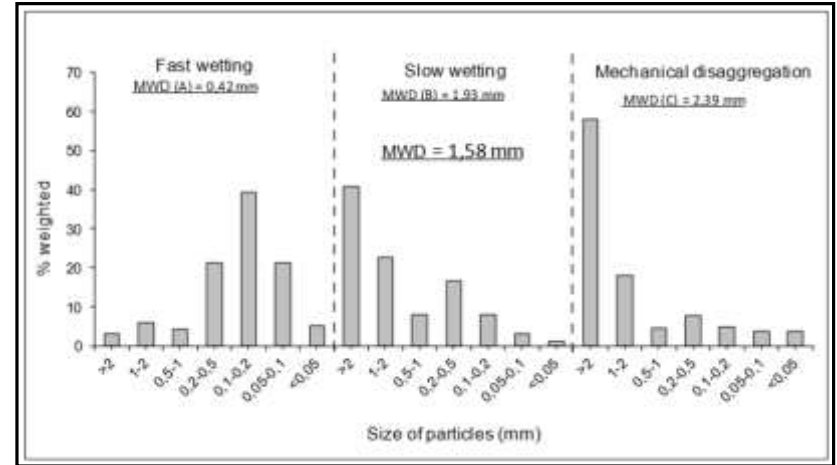
Utváření půdní struktury

Metody stanovení půdní struktury

MWD (Mean Weight Diameter):



- 1 - 50 μm síto
- 2 - válcová nádoba s EtOH



- Aparatura dle Henin-Féodoroff pro simulaci heliakálního pohybu v EtOH

❖ analytická metoda k detailnímu popisu změny fyzikálních vlastností půdních makroagregátů při simulaci tří disruptčních testů (tří procesů účinku dešťových kapek)

➤ Výsledkem je hmotnostní zastoupení rozpadu půdních makroagregátů velikosti 3-5 mm reprezentované střední hodnotou MWD [mm].

Utváření půdní struktury

Metody stanovení půdní struktury

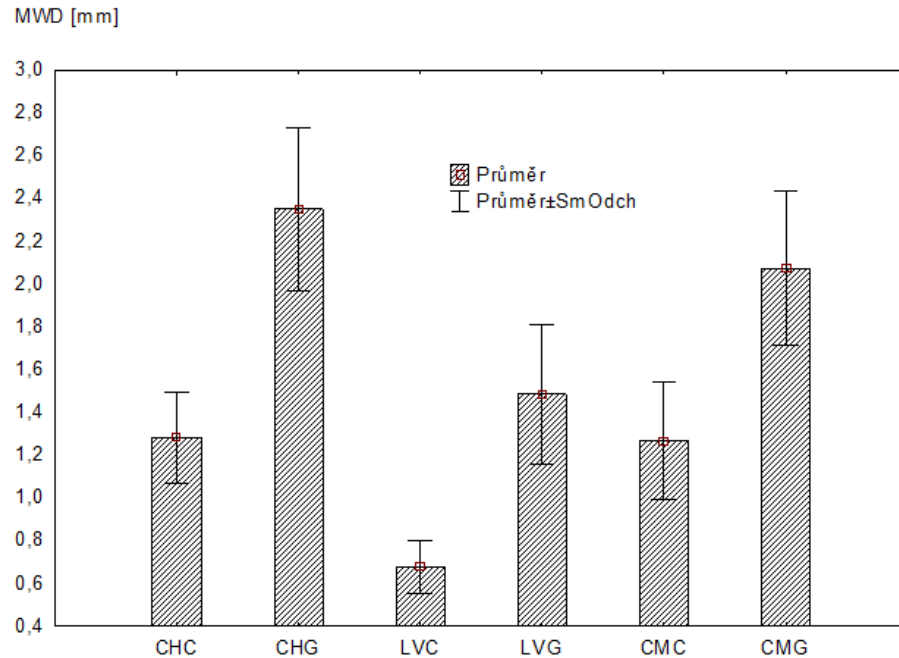
Vyhodnocení stability půdní struktury MWD:

2 způsoby využití půd:

- 1) zatravněná - G (Grassland)
- 2) orná půda – C (Cropland)

3 půdní typy ČR:

- i. černozem – CH
- ii. hnědozem – LV
- iii. kambizem - CM



Pozitivní vliv zatravnění na stabilitu půdní struktury je statisticky prokazatelný

Utváření půdní struktury

Shrnutí

Půdní struktura definuje kvalitu a zdraví půdy

- a. Uspořádání pevných částic v porézním systému (v půdním profilu)
- b. Potenciál k rozpadu půdní struktury - Sílu absorpčních vazeb
- c. Ukazuje na kvalitu půdní organické složky
- d. Zdraví půdy - stav mikrobiálních procesů
- e. Retenční a infiltrační potenciál
- f. Potenciál k odnosu půdních částic vodní erozí



Význam organické hmoty pro zachování zdraví půdy



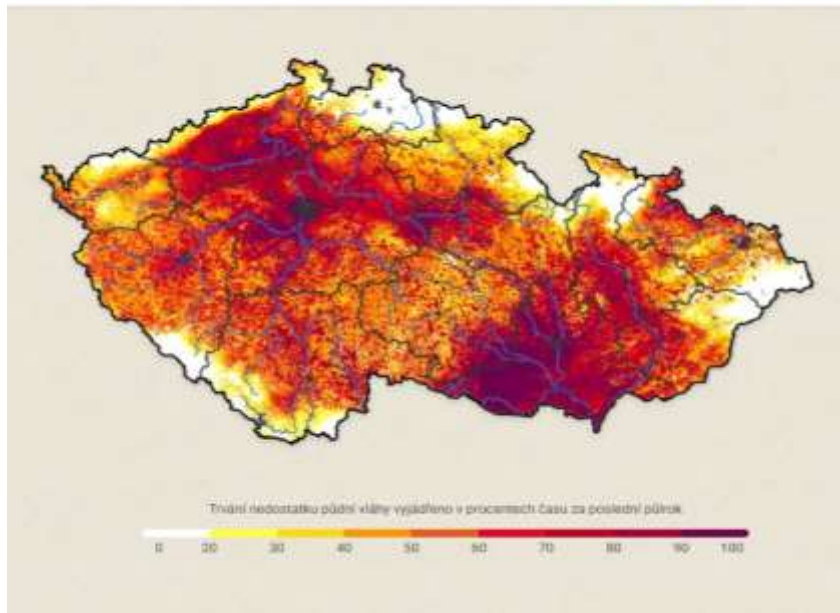
Význam organické hmoty a zachování zdraví půdy



1cm půdy se vyvíjí 100 a více let - ztracen však může být během několika minut

Co akceleruje projevy eroze je Klima

INTERSUCHO ČESKO



Nerovnoměrné rozložení srážek během roku



<https://www.intersucho.cz/cs/ceska-republika/aktualni-stav-intenzita-sucha/>

Význam organické hmoty a zachování zdraví půdy

EROZE

- rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentace uvolněných půdních částic působením vody, větru, ledu apod.

Eroze vodní (fluviální)



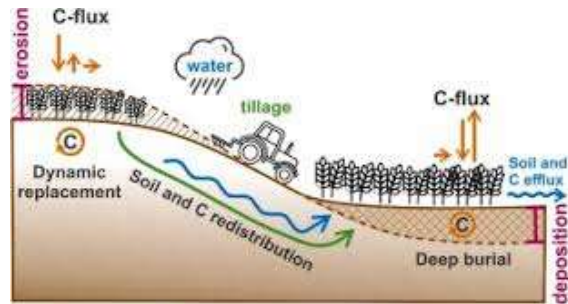
56 %

Eroze větrná (eolická)



28 %

Eroze orbou (tillage erosion)



?

Ochrození půd ZPF v ČR [%]

Protierozní ochrana v praxi

ORGANIZAČNÍ



Pásové střídání plodin



Delimitace pozemku



Fragmentace krajiny (Česká
Republika vs. Rakousko)



Travnatý pás kolem vodního toku



Zatravnění meziřadí ve vinicích

Protierozní ochrana v praxi

AGROTECHNICKÁ



Silt fence



Úprava hrubku pomocí důlkování



Protierozní opatření na chmelnici



Strip-till



Bezorebný secí stroj (no-till)

Protierozní ochrana v praxi

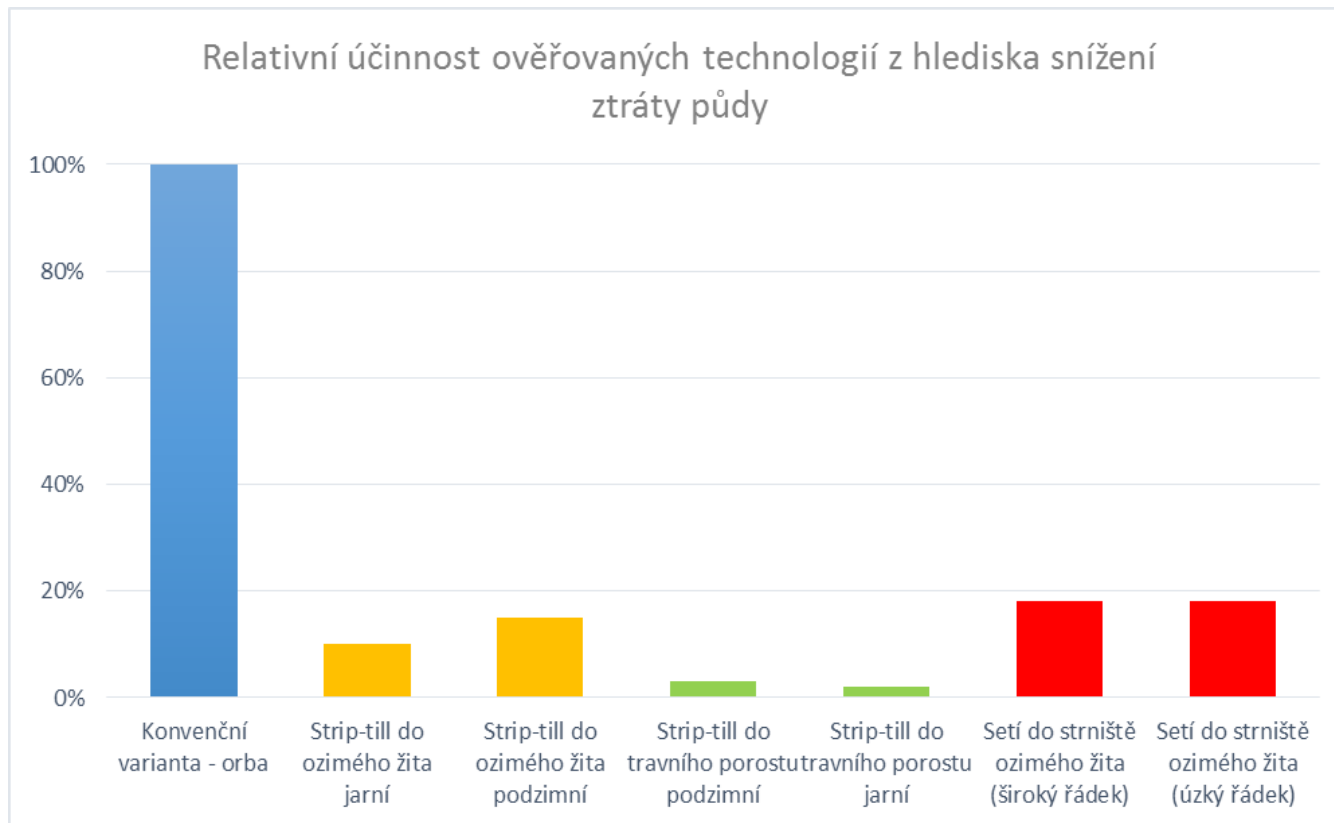
Možnost zvýšení ploch pěstování kukuřice

polní simulátor deště



Protierozní ochrana v praxi

Možnost zvýšení ploch pěstování kukuřice



Protierozní ochrana v praxi

Možnost zvýšení ploch pěstování kukuřice

velkoparcelové pokusy



Datové zdroje KOMPLEXNÍ PRŮZKUM PŮD

- **Komplexního průzkumu půd (KPP)¹** - uskutečněn v letech 1962 – 1972 (Usnesení vlády ČSSR č.11 ze dne 4. 1. 1961)



**Terénní průzkumu
půd**

**Agrochem. zkoušení
ornic**

-> Souběžně rozsáhlé **meliorace zamokřených půd** – hydropedologický průzkum

- Zmapováno **7,2mil ha** zemědělských půd bývalého ČSSR
- Odebráno a analyzováno cca **700 000 kopaných půdních sond** (cca 2 mil rozborů)

(příst. živiny, pH, org. polutanty v 5 let cyklech dodnes UKZUZ)

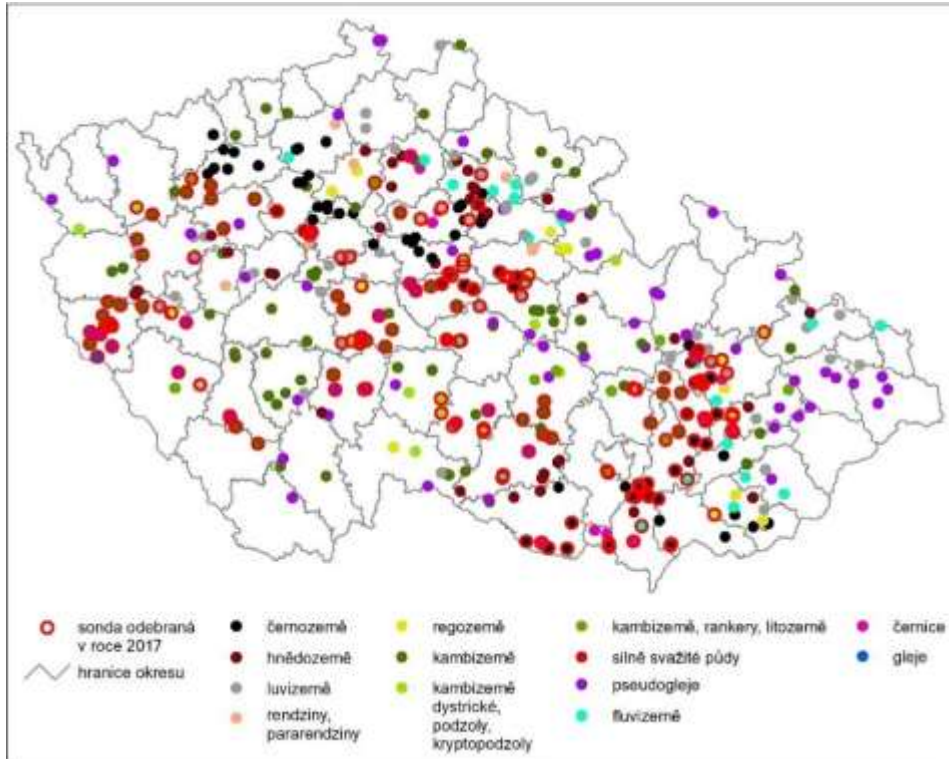


<https://geoportal.vumop.cz/>

1 NĚMEČEK, J., DAMAŠKA, J., HRAŠKO, J., BEDRNA, Z., ZUSKA, V., TOMÁŠEK, M., KALENDA, M., 1967: Průzkum zemědělských půd ČSSR. 1. díl: Metodika terénního průzkumu. Min. Zem. a výž., Praha, 246 pp.

Význam organické hmoty a zachování zdraví půdy

Výsledky retrospektivního monitoringu VUMOP



*Vyhodnocení trendů změn
půdních vlastností v průběhu 40
let - 150 sond*



Význam organické hmoty a zachování zdraví půdy

Výsledky retrospektivního monitoringu VUMOP



❖ **Zastavování území** - zastavěné plochy jsou mapovány pouze druhotně



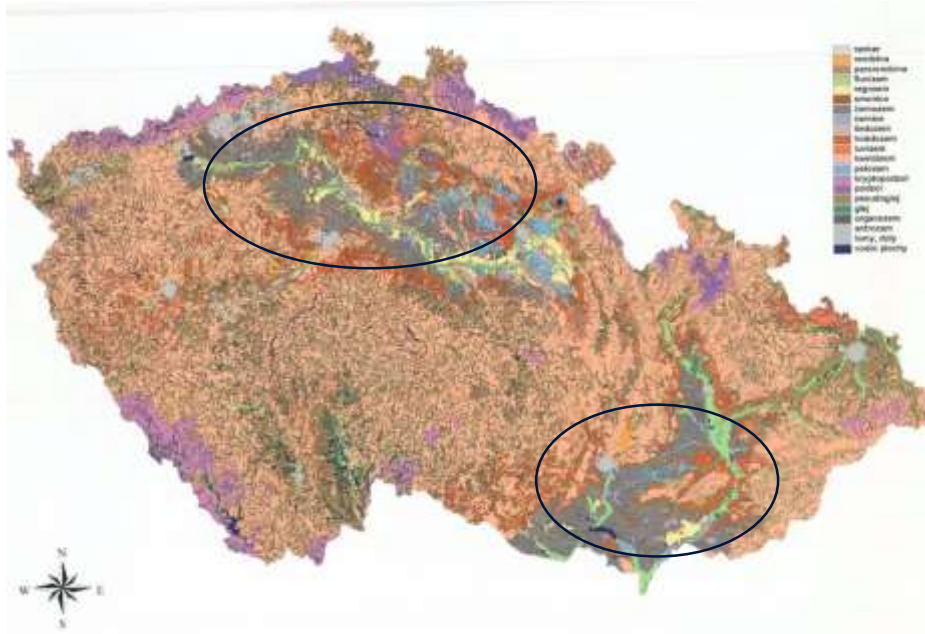
každý den ubývá v ČR až 15 ha zemědělské půdy = 20 fotbalových hřišť

Význam organické hmoty a zachování zdraví půdy

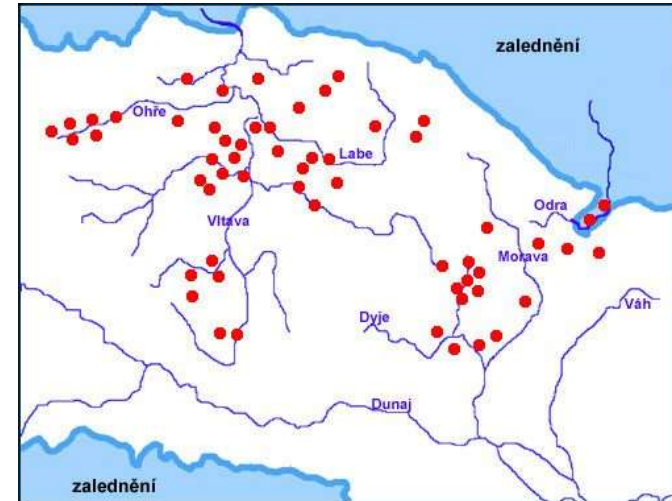
Výsledky retrospektivního monitoringu VUMOP



- ❖ **Zastavování území** - zastavěné plochy jsou mapovány pouze druhotně



Pravěké osídlení



Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v praxi

- od roku 1930 bylo zastavěno téměř jeden **milion hektarů zemědělské půdy**
- **dnes máme 2,4 mil ha půdy v ZPF**
- tato půda by dokázala zadržet ve svém profilu až přes **10 miliard kubíků (m³) vody**
- **přibližná roční spotřeba vody v ČR je 1,7 miliardy kubíků vody**

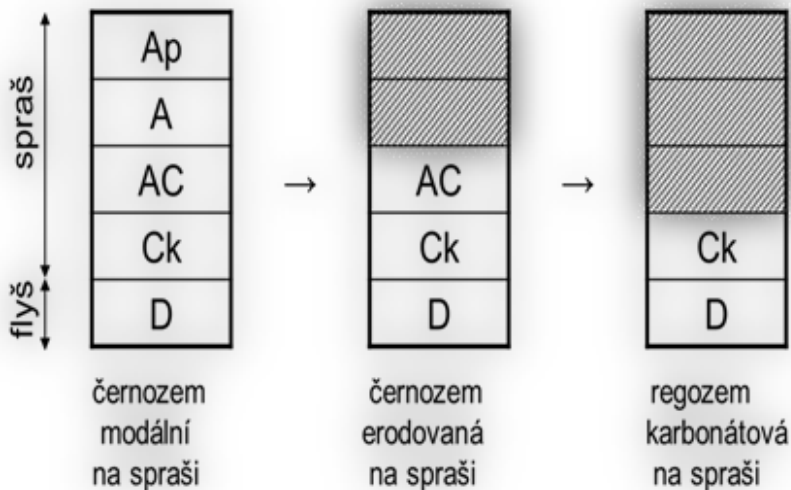


1 ha hluboké černozemě může akumulovat až 3500 m³ vody

Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v praxi



- ❖ Eroze půdy - znatelné projevy především na území Jižní Moravy – změny na úrovni půdního typu



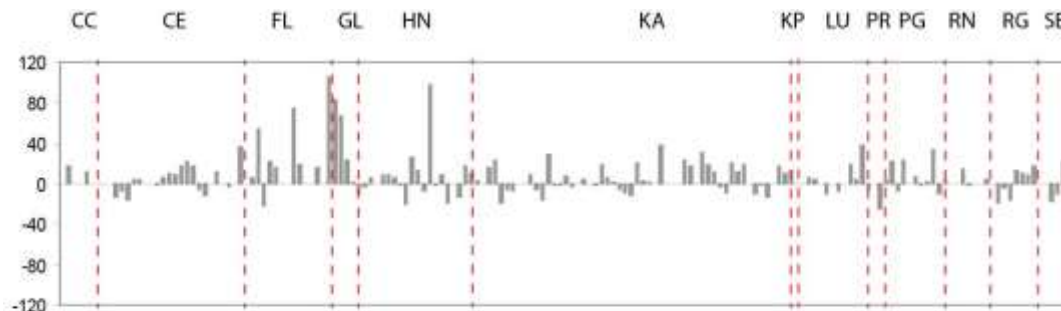
1 ha hluboké černozemě může akumulovat až 3500 m³ vody

Význam organické hmoty a zachování zdraví půdy

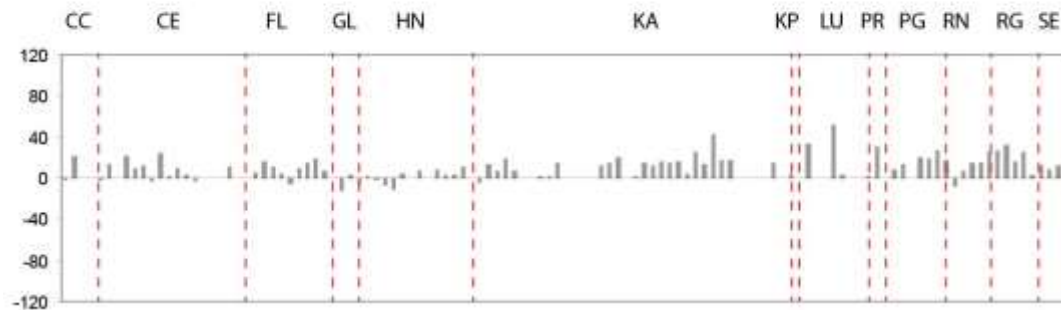
Výsledky retrospektivního monitoringu VUMOP

UTUŽENO
je až 50%
zemědělské
půdy

ORNICE



PODORNIČNÍ



Změna [%]
objemové
hmotnosti (OHR)
rozdělená po
půdních typech

Poznámka: KP – kryptopodzol, PR – pararendzina, GL – glej, SE – šedoze, CC – černice, RA – ranker, PG – pseudoglej, RG – regozem, LU – luvizem, FL – fluvizem, HN – hnědozem, CE – černozem, KA – kambizem

Význam organické hmoty a zachování zdraví půdy

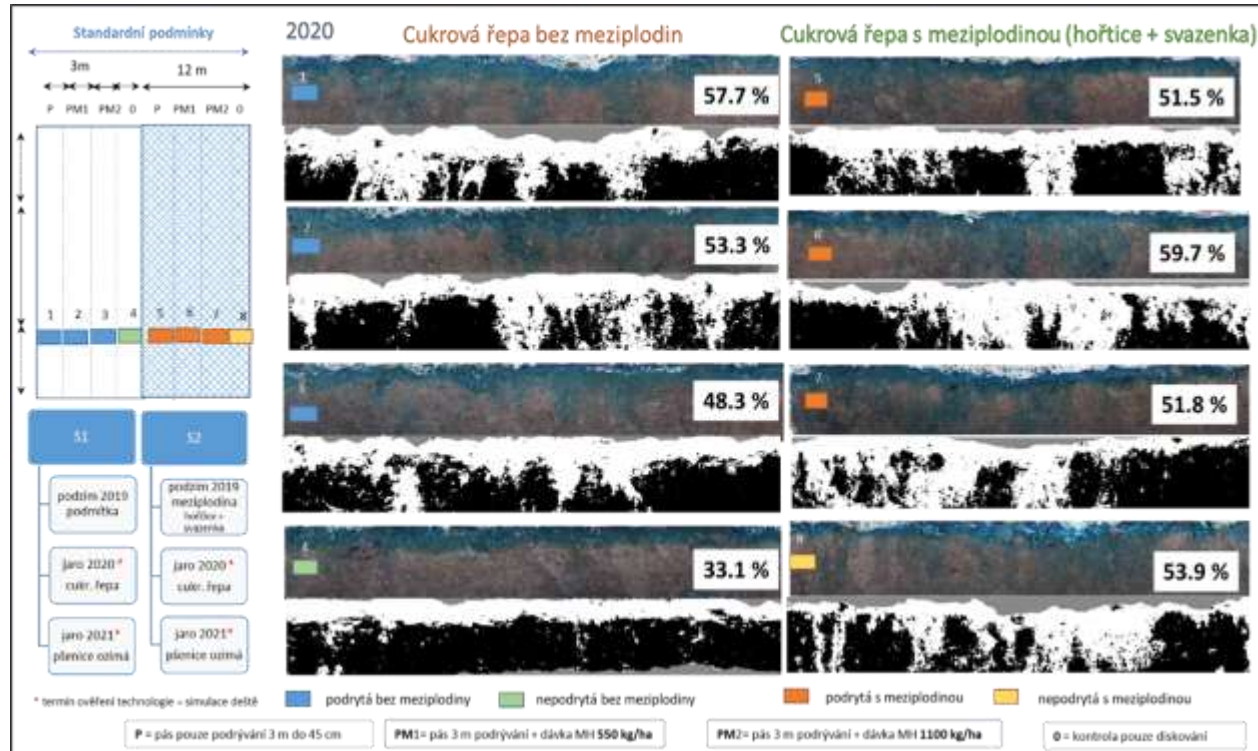
Návrhy agromelioračních opatření k revitalizaci utužených půd



- ✓ zásadní je **posílení živočišné výroby** a s tím spojené pěstování hlubocekořenících plodin (vojtěšky a jetelů a jejich směsí s travami)
- ✓ větší pestrost osevních postupů
- ✓ podpora zařazení meziplodin

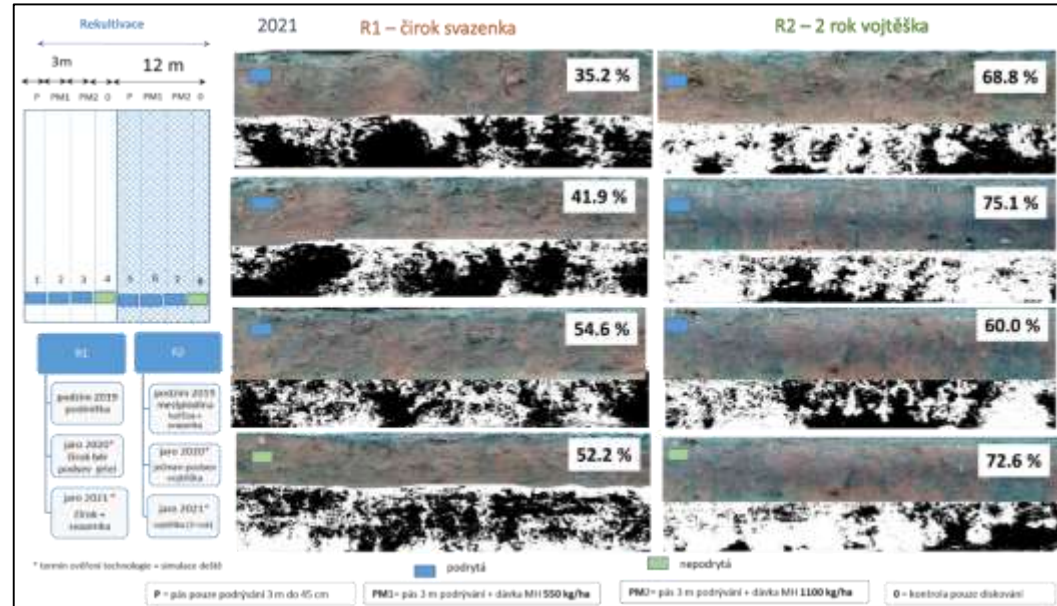
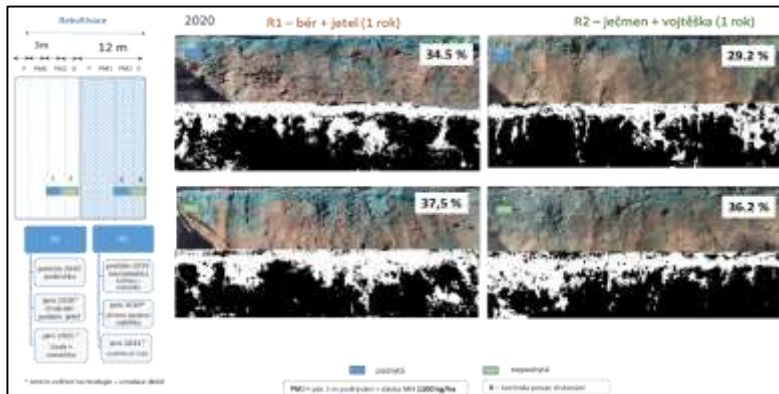
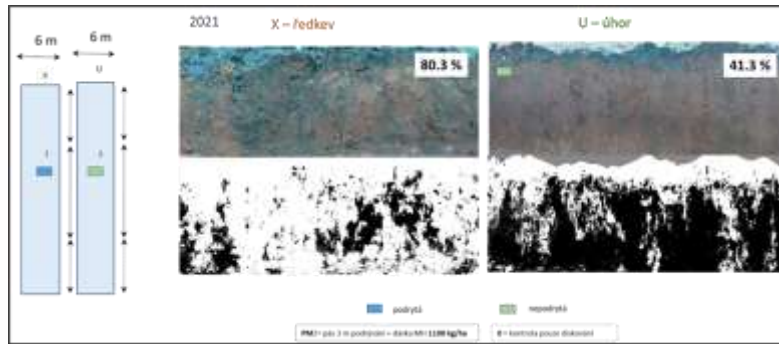
Význam organické hmoty a zachování zdraví půdy

Návrhy agromelioračních opatření k revitalizaci utužených půd



Význam organické hmoty a zachování zdraví půdy

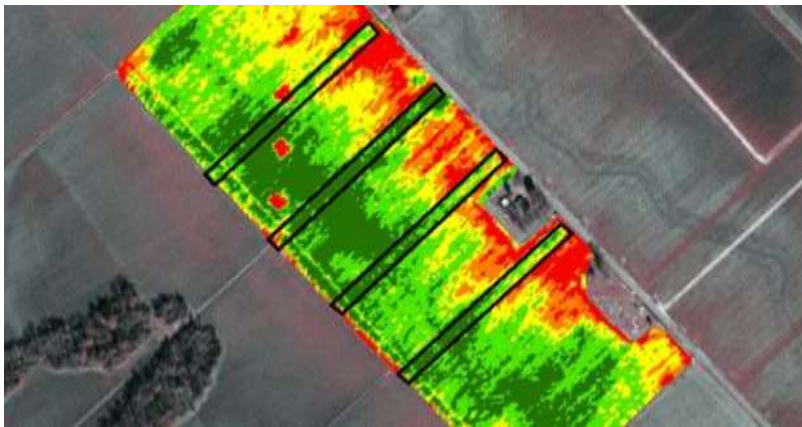
Návrhy agromelioračních opatření k revitalizaci utužených půd



Význam organické hmoty a zachování zdraví půdy

PRINCIPY PRECIZNÍHO ZEMĚDĚLSTVÍ

Základní myšlenku položily [Pierce et al., 1994](#), kdy principem precizního zemědělství je **"Usměrňovat vstupy a technologie v závislosti na lokálních podmínkách v rámci lokality tak, aby bylo možné vykonat správný zásah na správném místě ve správném čase a správným způsobem"**



- ☐ Prostorovou variabilitu **navrhnout vhodný management zpracování půdy a maximální dávky hnojiv**
- ☐ Pro časovou variabilitu navrhnout **systém zonální aplikace hnojiv s pomalu uvolnitelnou živinou**

Význam organické hmoty a zachování zdraví půdy

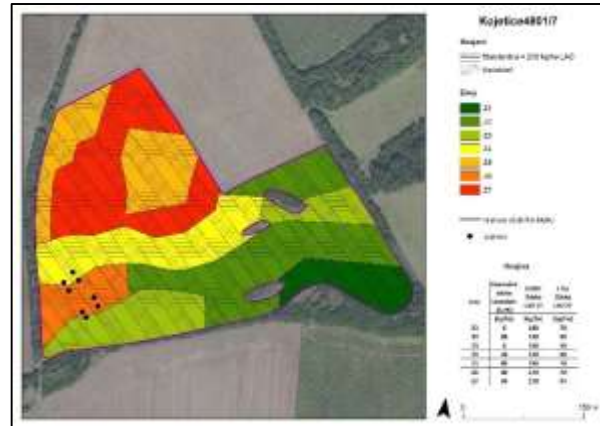
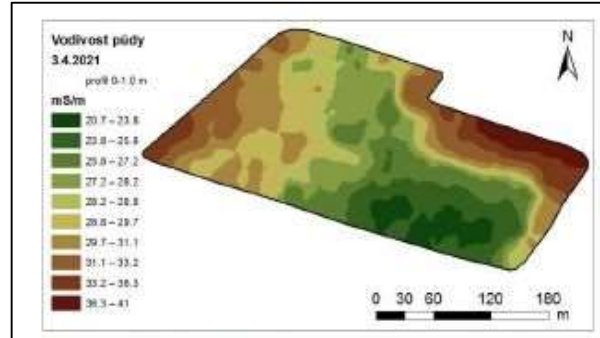
PRINCIPY PRECIZNÍHO ZEMĚDĚLSTVÍ - ROBOTIZACE

Skenování z družice



<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/copernicus/sentinel-2>

Plošné skenování



Setí postřiky z dronu



Autonomní setí roboty



Význam organické hmoty pro zachování zdraví půdy

PRINCIPY PRECIZNÍHO ZEMĚDĚLSTVÍ

- ❖ Efektivní systém, kde se **neplýtvá materiály, časem ani penězi**, který **umožní zemědělcům se správně rozhodovat**.
- ❖ Systém, který v ideálním případě sníží materiálové toky a **zlepší životní prostředí**.
- ❖ Systém, který se právě v dnešní době při extrémní rozkolísanosti cen všech energií, hnojiv a ochranných prostředků může stát **vodítkem pro šetrné hospodaření** (s minimálními vstupy dusíkatých hnojiv, herbicidů a pesticidů).



ZONÁLNÍ hnojení je **uložení hnojiva do spodních vrstev půdy, kde se bude následně vyvíjet kořenový systém rostlin** (Brant et al., 2017).

Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v praxi

Praktické ověření pomocí simulátoru deště

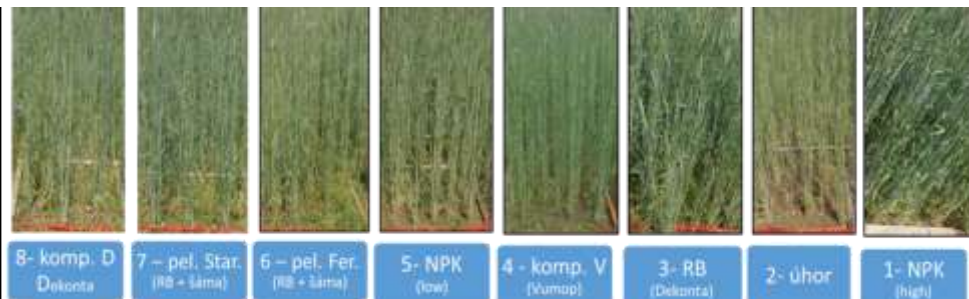


Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v praxi

KOMPOSTY



PELETY



Vynos biomasy ozimého zita [t/ha]

13,0 13,5 11,9 12,9 15,9 23,3 7,2 27,2

Odnos půdy ze simulované srážky [kg/ha]

100 350 420 620 90 60 890 3 020

Ztráta živin ze simulované srážky [kg/ha]

Corg 2,3 Ntot 0,3 Ptot 0,02	Corg 5,6 Ntot 0,7 Ptot 0,06	Corg 7,6 Ntot 0,8 Ptot 0,09	Corg 10,0 Ntot 1,2 Ptot 0,24	Corg 2,4 Ntot 0,0 Ptot 0,03	Corg 1,8 Ntot 0,3 Ptot 0,01	Corg 11,4 Ntot 1,2 Ptot 0,15	Corg 30,2 Ntot 5,3 Ptot 2,28
-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

Průměrné vyplavení N a jeho forem – odběr z lyzimetru [mg/m²]

Norg 7 NH ₄ ⁺ 4 NO ₃ ⁻ 1455	Norg 25 NH ₄ ⁺ 6 NO ₃ ⁻ 2792	Norg 5 NH ₄ ⁺ 2 NO ₃ ⁻ 505	Norg 13 NH ₄ ⁺ 4 NO ₃ ⁻ 1595	Norg 35 NH ₄ ⁺ 12 NO ₃ ⁻ 1190	Norg 31 NH ₄ ⁺ 15 NO ₃ ⁻ 6382	Norg 1 NH ₄ ⁺ 4 NO ₃ ⁻ 244	Norg 646 NH ₄ ⁺ 272 NO ₃ ⁻ 17755
---	--	--	--	---	---	--	--

Upravené ČOV



Reed bed systém



Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v zemědělství



Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v praxi

Princip uplatnění zdrojů organické hmoty

❖ Využití všech zdrojů organické hmoty:

- kompostu ze sběru zeleně
- upravených ČOV kalů
- separátu a fugátu BPS

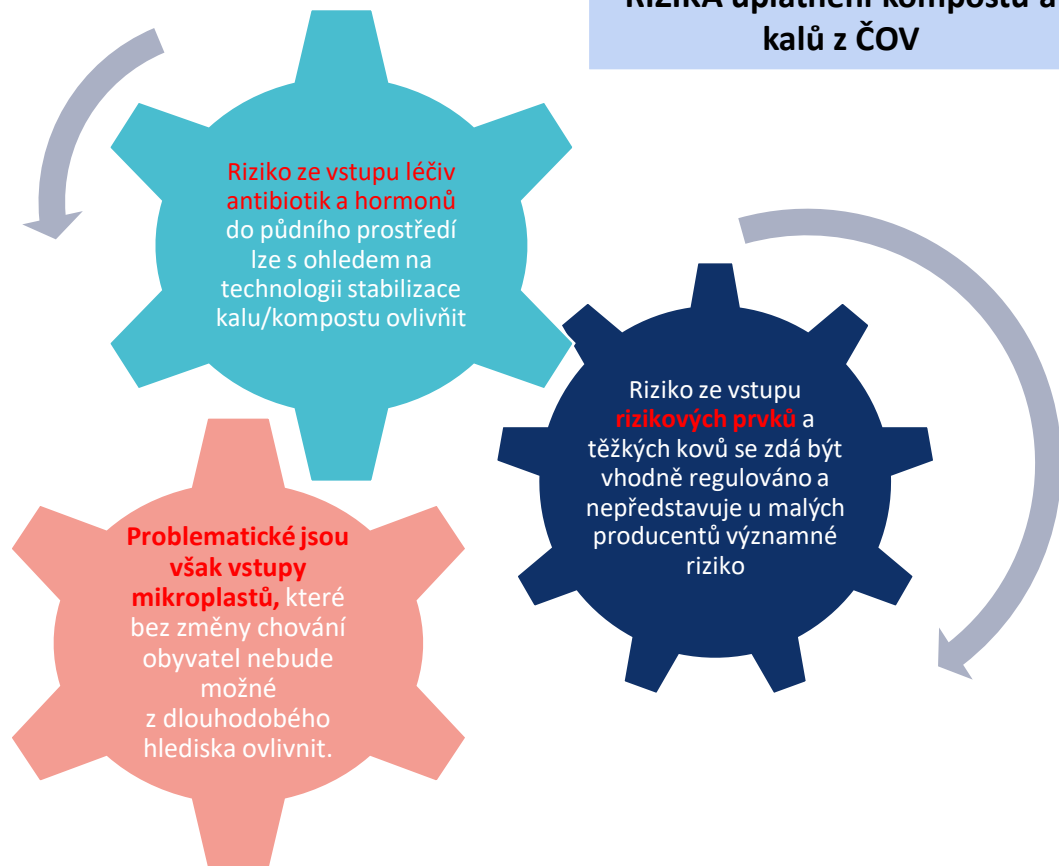
❖ Výroba a aplikace organických a organominerálních hnojiv

❖ Aplikace hnojiv do zóny růstu konvenčních plodin – principy precizního zemědělství



Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v praxi

RIZIKA uplatnění kompostů a kalů z ČOV



I přes uvedená možná rizika spojená s aplikací kalu na půdu, je a bude uplatnění kalů z ČOV jakožto vysoce hodnotných materiálových zdrojů pro naše přežití v měnícím se klimatu zcela zásadní, ne-li esenciální.

Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v praxi

RIZIKA uplatnění kompostů a kalů z ČOV



Globální roční produkce plastů se blíží **400 milionům tun**.

Přibližně **1/3** z tohoto objemu **se nikdy nedočká recyklace** nebo jiné formy sekundárního zpracování



IGB

Leibniz Institute of Freshwater Ecology
and Inland Fisheries

<https://www.igb-berlin.de/en/news/underestimated-threat-land-based-pollution-microplastics>

Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v praxi

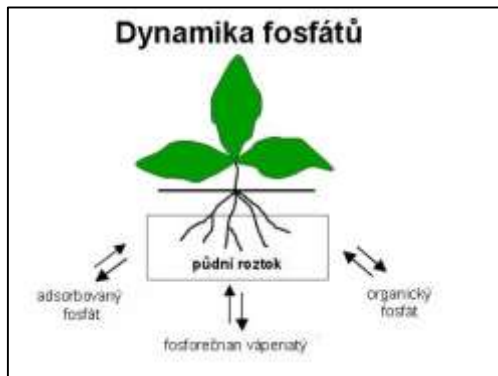
Možnosti využití KALU Z ČOV



Naprostá většina fosforu aplikovaného v průmyslových hnojivech do půdy přechází díky různým fixačním mechanismům do forem pro rostliny nedostupných.

Význam organické hmoty a zachování zdraví půdy

Pro půdy černozemí na spraších bývá živinou v deficitu FOSFOR



Zdroj:

<https://web2.mendelu.cz/>

Fosfor v
půdě
Karel
Voplakal



V půdách s neutrální až alkalickou reakcí je **za sorpci P v minerálních vazbách zodpovědný především Ca** - nejčastější formou je CaHPO_4 , který může reagovat s dalším Ca z výměnného sorpčního komplexu až na $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

Vznik těžce rozpustného trikalciem fosfátu je třeba agronomickými zásahy omezovat. K tomu přispívá **STŘÍDÁNÍ PLODIN A ZAŘAZOVÁNÍ BOBOVITÝCH DO OSEVNÍCH SLEDŮ**, které v důsledku agresivnějších kořenových exkretů mohou využít a zpřístupnit větší část méně rozpustných P sloučenin v půdě.

Naprostá většina fosforu aplikovaného v průmyslových hnojivech do půdy přechází díky různým fixačním mechanismům do forem pro rostliny nedostupných. Kromě toho téměř veškerý aplikovaný fosfor zůstane působením fixace vázán na místě aplikace, tedy v ornici, takže při běžném způsobu zapravování hnojiv se do podorníčky prakticky vůbec nedostane“.

Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v praxi

Zemědělské – zdroje zbytky +
opad zeleně

Produkujeme 4
druhy kompostů

Obecní – zdroje zbytky + opad
zeleně + BRKO + cokoliv

ČERSTVÝ



Mulč
protierozní
efekt

VYZRÁLÝ



HNOJIVO
aplikace do
půdy

Nadsítné



Rekultivace staveb –
svahy silnic



Podsítné

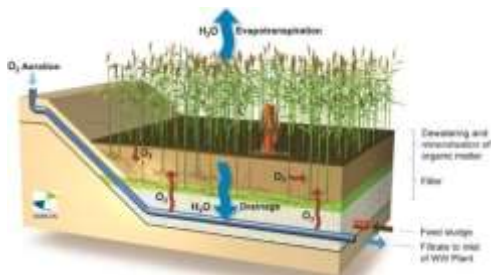


Revitalizace obecní
zeleně

Kompostování je přirozená biochemická přeměna, kdy za aerobních podmínek dochází k rozkladu organických látek a jejich přeměně na látky humusové povahy (Plíva et al., 2006)

Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v praxi

Možnosti využití KALU Z ČOV



Převzato z publikace Larsen et al., 2017



Příklad **stacionární** R-B jednotky



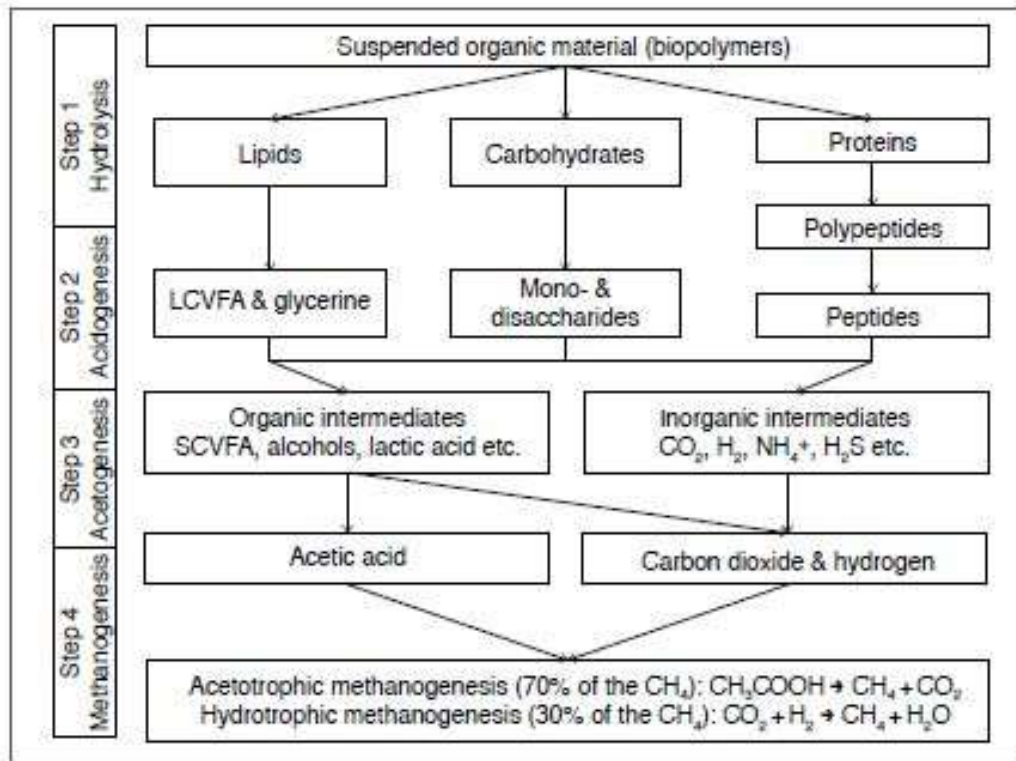
Příklad **mobilní** R-B jednotky



DEKONTA + VUV

Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v praxi

ZEMĚDĚLSKÁ BPS



Zymogenní složka
mikroorganismů
pracuje pro nás

Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v praxi

VODNATÝ MATERIÁL
DIGESTÁT (suš. 7-8
hmot.%)

PROBLÉM USKLADNĚNÍ

Zastřešení ?



APLIKACE NA PŮDU



APLIKACE DO PŮDY



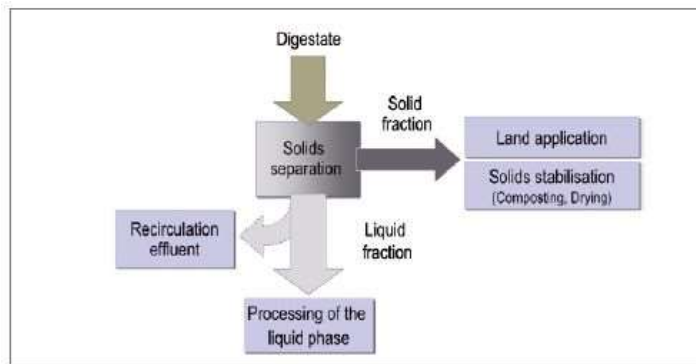
Ideálně **bezprostředně** zapraven do
minimální hloubky **15 cm** (Wang et al. 2016)

Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v praxi

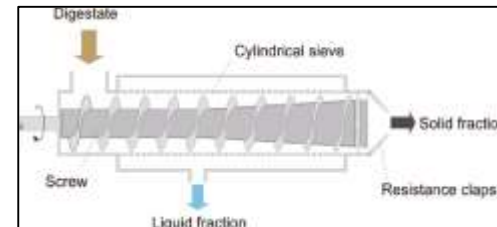
Nutrient Recovery by Biogas Digestate Processing

Reinhard Drosch
Werner Fuchs
Tobias Altmann
Michael Maden
David Linder

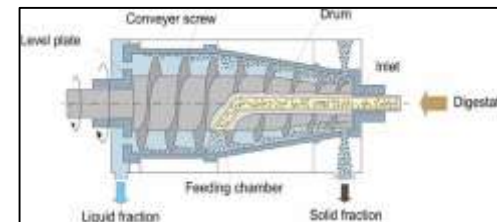
Možnosti SEPARACE



ŠNEK



CENTRIFUGA

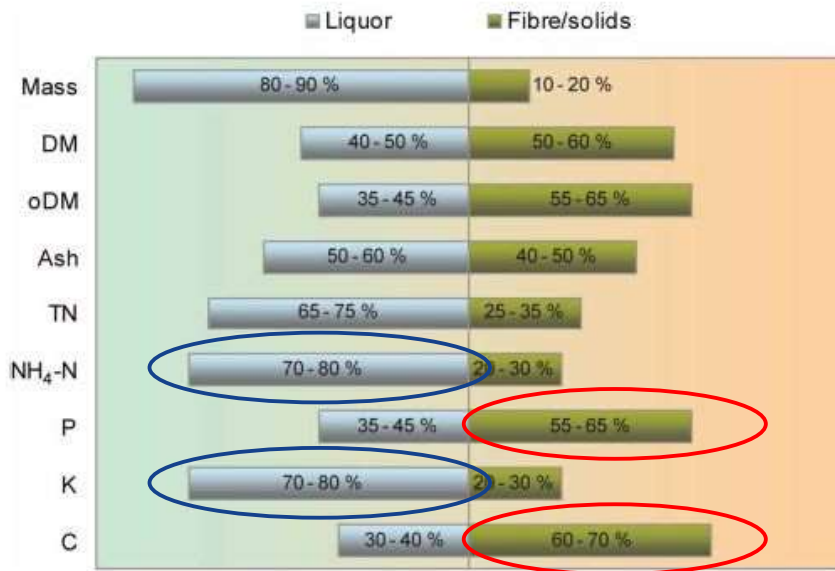


Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v praxi

SEPARÁT

VÝSLEDKY SEPARACE

FUGÁT



Separací dochází nejen k oddělení tuhých látek, ale také některých živin. **Dusík (N) a draslík (K)** se stávají převážně **součástí fugátu**, **fosfor (P) a uhlík (C)** zůstávají **v separátu**. Již z tohoto předpokladu je vhodné pevný separát využít k zásobnímu hnojení a podpoře vzniku humusu a tekutý fugát naopak k přímému hnojení rostlin v době vegetačního období.

Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v praxi

MOŽNOSTI PRO SEPARÁT

PODESTÝLKA



KOMPOSTOVÁNÍ



APLIKACE NA PŮDU

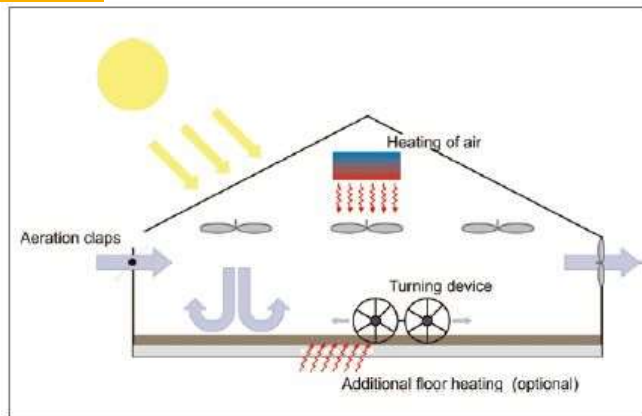


Správná aplikace digestátu, respektive jeho separovaných složek, separátu (ve formě kompostů, pevných hnojiv, popř. peletovaných hnojiv) a fugátu (pro závlahu, zkrápění kompostů, popř. k získávání kapalných hnojiv pomocí evaporace, stripování apod.), mají významný environmentální dopad, a to nejen z pohledu efektivního využití živin v půdě pro rostliny, ale především při úspoře nákladů, materiálů, vody a pohonných hmot při jejich aplikaci.

Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v praxi

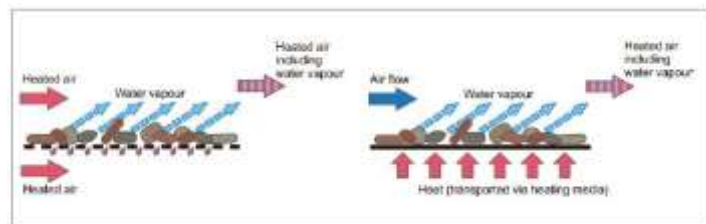
SEPARÁT

DOSOUŠENÍ → PŘÍPRAVA HNOJIV



KOMPOSTOVÁNÍ

PŘEDSUŠENÍ



DOSUŠENÍ



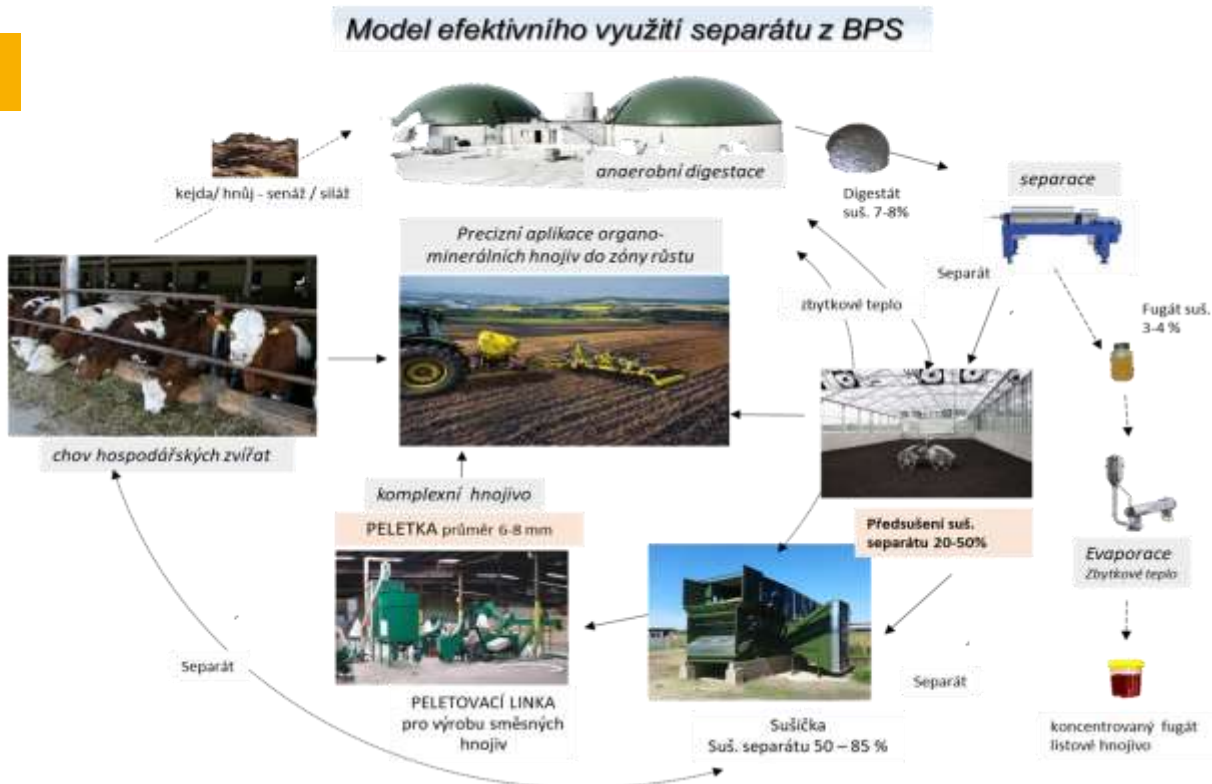
PELETOVÁNÍ



Ve směsi s NPK
ORGANO -
MINERÁLNÍ
HNOJIVO

Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v praxi

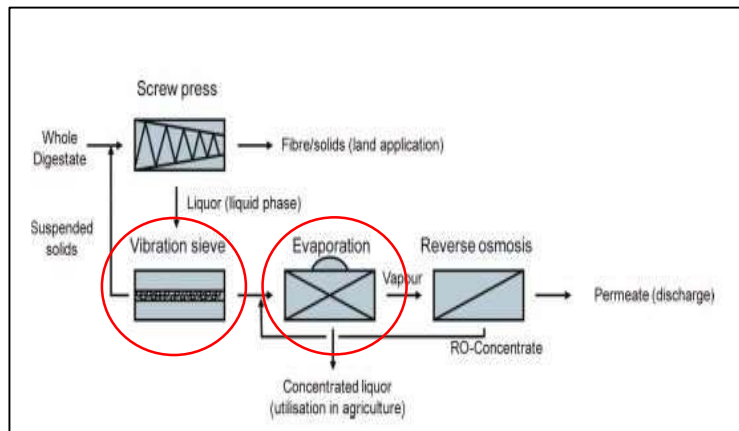
SEPARÁT



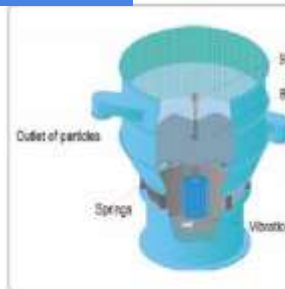
Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v praxi

SYSTÉM ŠNEK / VIBRAČNÍ SÍTO / EVAPORACE / OSMÓZA

PŘEDČIŠTĚNÍ – SEDIMENTACE / FLOTACE - ZÁVLAHA



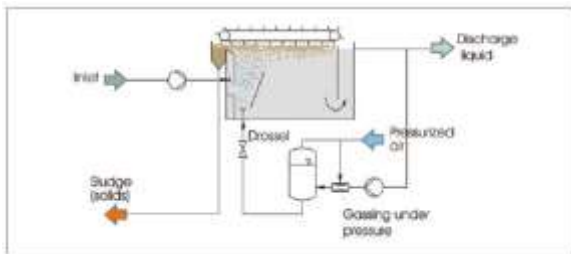
FUGÁT



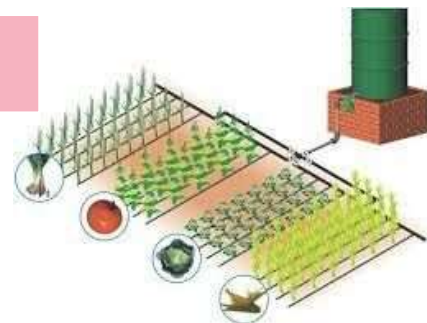
VIBRAČNÍ SÍTA



FLOTAČNÍ
KOMORA



ZÁVLAHA
FUGÁTEM



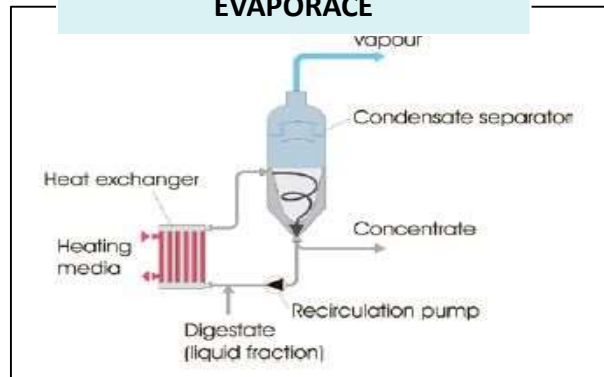
Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v praxi

FUGÁT

STRIPOVÁNÍ – ZAHŘÍVÁNÍ – CHEMISORPCE NA K. SÍROVOU



EVAPORACE



EU - dotačně
podporovány
technologie s tepelnou
stabilizací produktu
(evaporace, sušení)

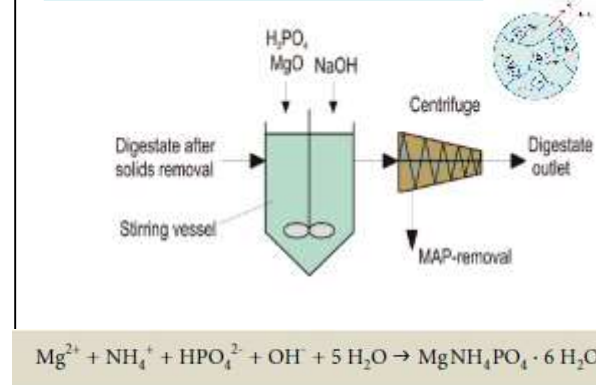


ZÍSKÁVÁNÍ
DUSÍKU A
FOSFORU



TEKUTÉ HNOJIVO
TYPU DAM

SRÁŽENÍ NA STRUVIT – FOSFOREČNAN HOŘEČNATO AMONNÝ



MEMBRÁNY



Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v praxi

Chemická předúprava fugátu

ZÍSKÁVÁNÍ ŽIVIN



sítópásový lis



šroubový lis



deskový kalolis

Pro získání živin nutná drastická změna podmínek pH = technologicky náročné

Postup podle patentového spisu 306188:

- 1) úprava na pH = 4 pomocí k. fosforečné
- 2) aplikace síranu železitého.
- 3) aplikace vápenné mléko na pH 8
- 4) aplikace flokulantu



- ❖ Fixní náklady cca 5,7 mil Kč
- ❖ Provozní náklady cca 260 Kč / m³ fugátu

Tab.: 4. Přehled investičních nákladů lisování fugátu. Ceny jsou bez DPH.

Strojní zařízení			1 841 000
Montáž technologie	%	15	276 150
Základy zařízení, OK	%	8	147 280
Potrubí	%	30	552 300
Izolace potrubí	%	12	220 920
Elektroinstalace technologická	%	20	368 200
Měření a regulace	%	30	552 300
Stavební část	%	40	736 400
Vybavení budov	%	2	36 820
Transportní náklady	%	6	110 460
Projektové práce	%	15	317 573
Inženýrské práce	%	20	578 074
Suma			5 737 477

Tab.: 6. Přehled provozních nákladů při lisování fugátu

	l	Kč/l	spotřeba	celkem Kč
Elektrická energie	kWh	3,2	5	16
Údržba (% z poř.)	set	77	1	77
Chemikálie	set	163,8	1	166
Náklady celkem				259

Z tabulky 6 vyplývá, že přímé náklady na materiál a energie jsou asi 259 Kč/m³, zbytek je pak dán zejména mzdovými náklady.

Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v praxi

EVAPORACE



Zbytek po destilaci



Destilát

Tab.: 1. Přehled účinnosti odpařování

parametr	jednotka	fugát	destilát	účinnost
pH	-	7,69	9,83	
Fosfor	mg/l	571	0,062	99,9%
Dusík	mg/l	946	499	47%
TOC	mg/l	24290	11,9	99,9%
Vodivost	mS/m	1315	86	93%

- ❖ Účinnost odpaření 67 %
- ❖ Fixní náklady cca 15,7 mil Kč
- ❖ Provozní náklady cca 731 Kč / m³

Tab.: 5. Přehled investičních nákladů odpařování fugátu. Ceny jsou bez DPH.

Strojní zařízení			11 550 000
Montáž technologie	%	5	577 500
Základy zařízení, OK	%	2	231 000
Potrubí	%	2	231 000
Izolace potrubí	%	5	577 500
Elektroinstalace technologická	%	2	231 000
Měření a regulace	%	5	577 500
Stavební část	%	6	693 000
Vybavení budov	%	2	231 000
Transportní náklady	%	2	231 000
Projektové práce	%	10	242 550
Inženýrské práce	%	10	334 950
Suma			15 708 000

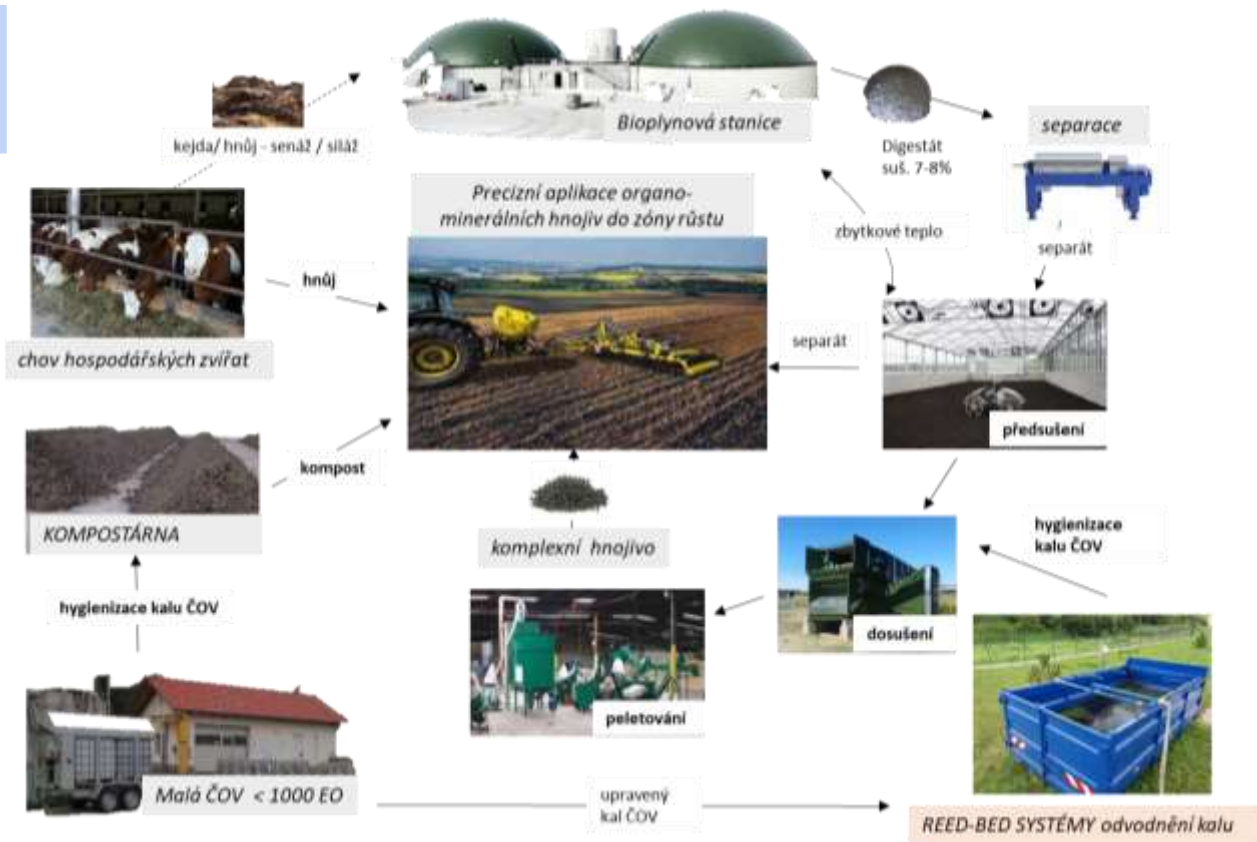
Tab.: 7. Přehled provozních nákladů při odpařování fugátu

		Kč/l	spotřeba	celkem Kč
Elektrická energie	kWh	3,2	73	240
Údržba (% z prof.)	set	481	1	481
Chemikálie	set	10	1	10
Náklady celkem				731

Z tabulky vyplývá, že přímé náklady na materiál a energii jsou asi 731 Kč/m³, zbytek je pak dán zejména mzdovými náklady.

Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v praxi

Model Propojení ČOV a BPS



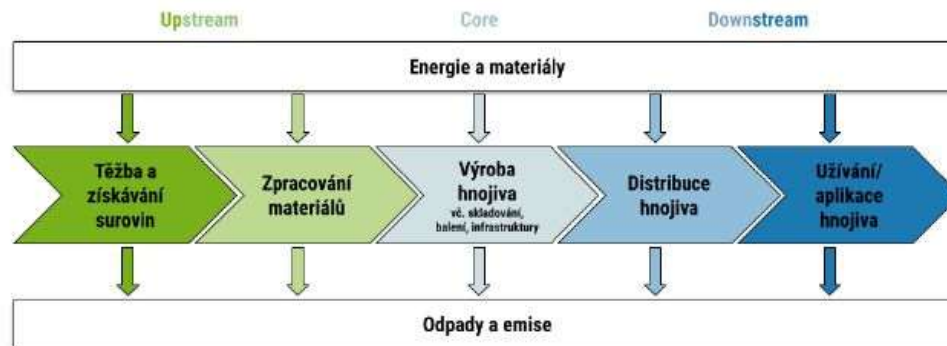
Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v praxi



EnviTrail



Posuzování životního cyklu digestátu (LCA)



Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v praxi



LCA porovnává 4 scénáře při aplikaci 200 kg N na 1 ha



SCÉNÁŘ 1

Digestát bez úpravy, bez zastřešení, s aplikací na půdu (bez zapravení)



SCÉNÁŘ 2

Digestát bez úpravy, bez zastřešení koncového skladu, s aplikací na půdu (bez zapravení)



SCÉNÁŘ 3

Digestát s úpravou prostřednictvím separace, se zastřešením koncového skladu, s okamžitým zapravením produktů separace do půdy



3A: aplikace separátu do půdy



3B: aplikace fugátu do půdy



SCÉNÁŘ 4

Digestát s úpravou prostřednictvím pokročilé technologie, se zastřešením koncového skladu, s okamžitým zapravením produktů separace do půdy



4A: aplikace vysušeného separátu ve formě pelet do půdy



4B: aplikace zakonzentrovaného fugátu z evaporace do půdy



Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v praxi



CORE

EFEKT ZASTŘEŠENÍ

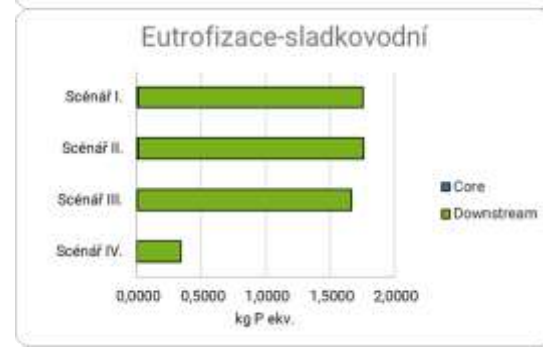
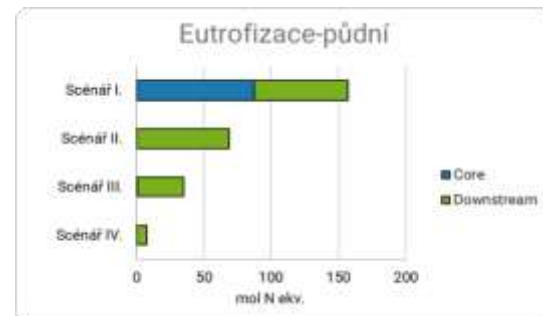
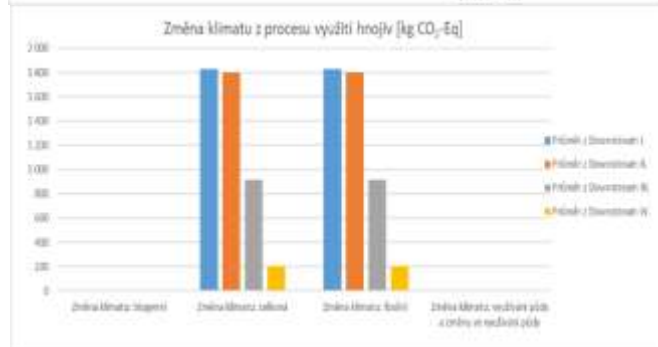
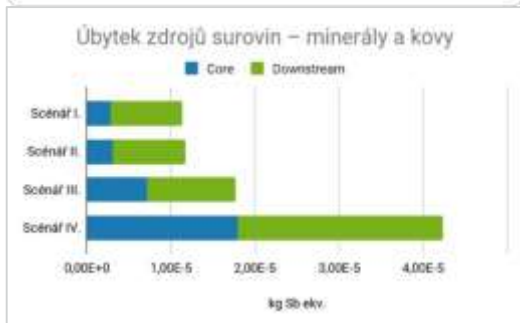
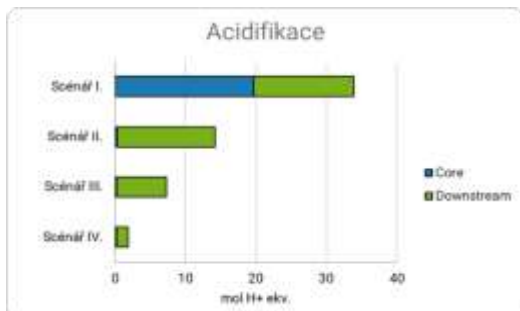
EnviTrail

SROVNÁNÍ ZÁTĚŽE PRO ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



Downstream

VLIV NA PŮDU, VODU, VZDUCH

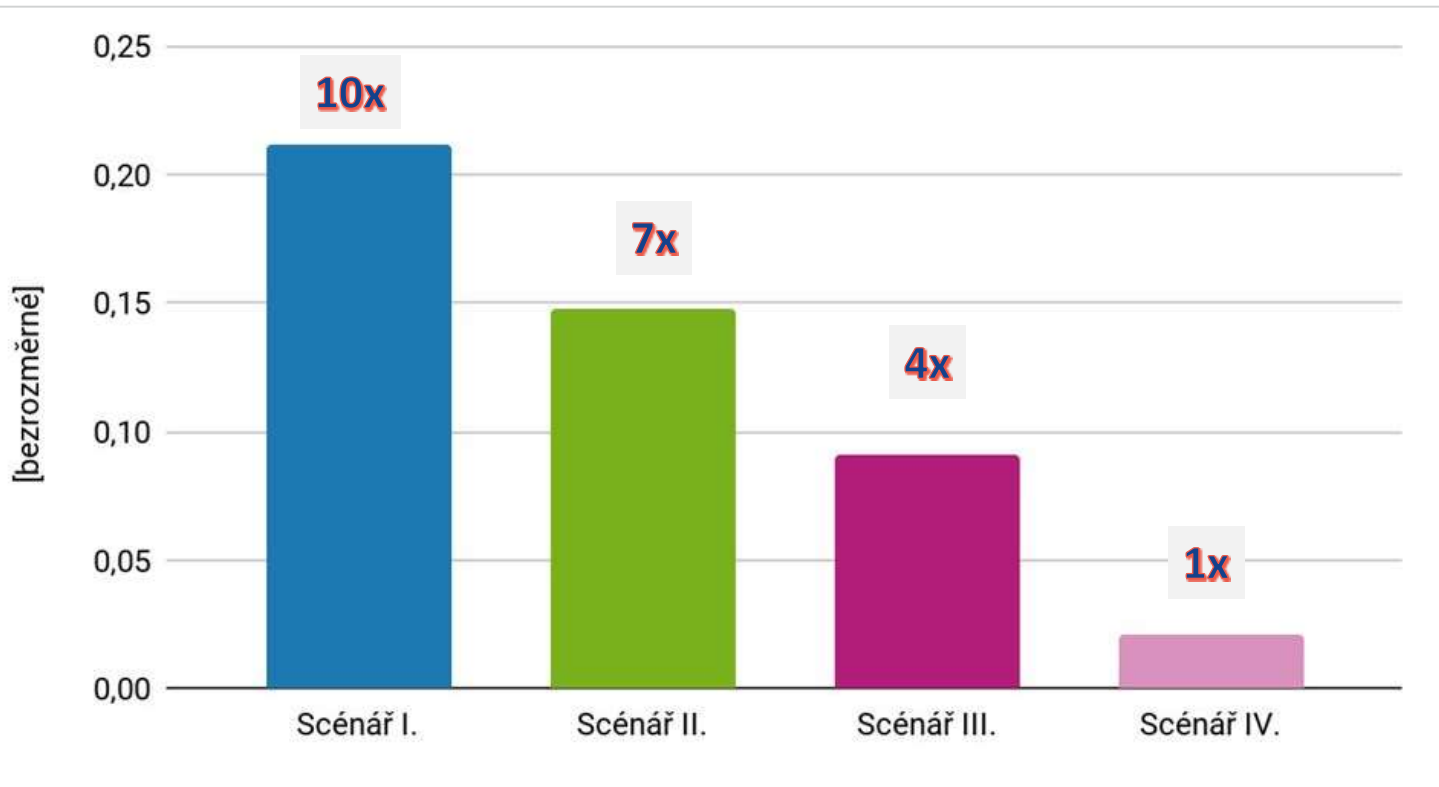


Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v praxi



SROVNÁNÍ ZÁTĚŽE PRO ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

EnviTrail



Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v praxi



EKONOMIKA

Envitrail

Skladování digestátu

Náklad na skladování digestátu 104 Kč/m³

- **DOTAZNÍK:** 68 subjektů
- Průměrným instalovaným výkonem **879 kW**
- Průměrná roční produkci digestátu **21 926 t**
- Průměrně **60 tun digestátu /den**

Náklady na rozvoz a aplikaci

Aplikace digestátu 50 Kč/t + 2 Kč za tunokilometr

Roční náklad na skladování digestátu a fugátu [tis. Kč]	
Scénář I.	2280
Scénář II.	2280
Scénář III.	1710
Scénář IV.	1376

Scénář	Dávka odpovídající aplikaci 200 kgN [t/ha]	Náklad odpovídající aplikaci 200 kgN na 1ha [Kč]	Náklad odpovídající průměrné roční produkci [tis. Kč]
Scénář I.	46,5	2787	1316
Scénář II.	46,5	2787	1316
Scénář III.	55,9	3357	1316
Scénář IV.	2,3	139	383

Při využití pokročilé technologie snížení vlhkosti digestátu/fugátu pomocí **evaporační jednotky** činí roční **úspora na uskladnění** zahuštěného zbytku na provozu se separací 334 tis. Kč a **na provozu bez separace 904 tis. Kč za rok.**

Při využití úpravy digestátu (scénář IV. = evaporace + pelety) při prům. aplikační vzdálenosti 5 km je úspora nafty za aplikaci pro průměrnou BPS **933 tis. Kč za rok**

Význam organické hmoty a zachování zdraví půdy



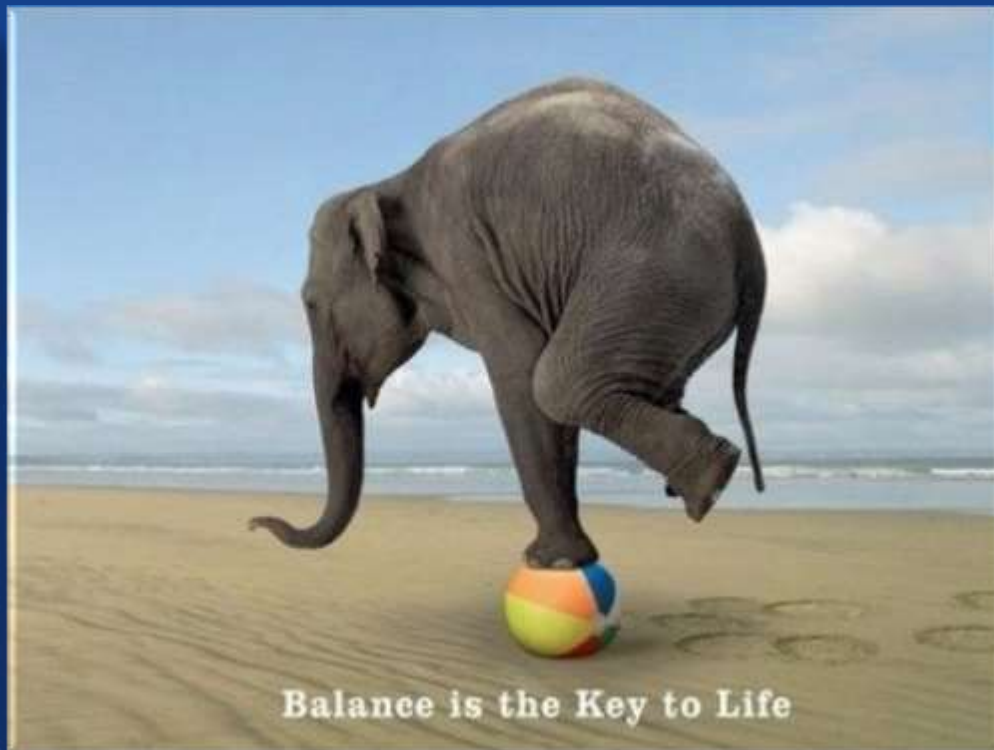
www.organickahmota.cz



Balance =

- +C z posklizňových zbytků**
- + C z organického hnojení**
- + C z meziplodiny**
- ztráta C erozí a vyplavováním**
- ztráta C rozkladem (respirace)**





Děkuji za pozornost



Ondřej Holubík

Tel: 601 589 133

e-mail: holubik.ondrej@vumop.cz

web: www.vumop.cz