



EVROPSKÁ UNIE  
Evropský zemědělský fond pro rozvoj venkova  
Evropa investuje do venkovských oblastí  
Program rozvoje venkova



PROGRAM ROZVOJE VENKOVA

Vzdělávací akce s názvem

## **Půdní úrodnost - nezbytný předpoklad pro setrvalou rostlinnou produkci**

Reg.č. 16/002/01110/120/000124

Realizovaná v rámci Programu rozvoje venkova ČR na období 2014–2020

Kdy: ..... Dne 7.4 2017, od 9:00 do 16:00 hod.

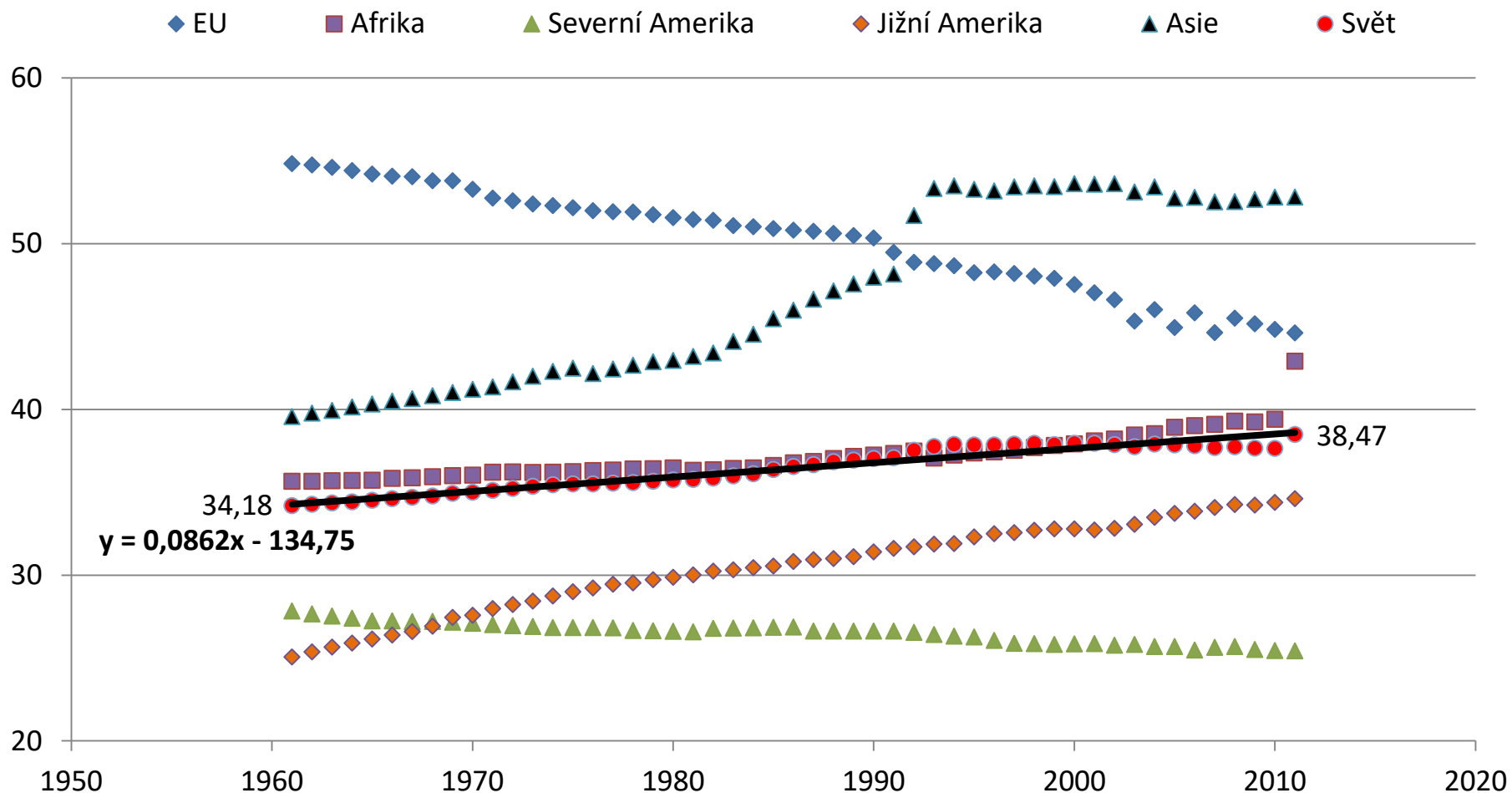
Kde: ZS ČR ú. o. Příbram a Beroun, Poštovní 4, 261 00 Příbram (k.u. Příbram)



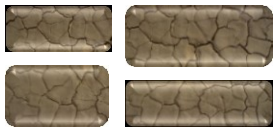
# **Půdní úrodnost nezbytný předpoklad pro setrvalou rostlinnou produkci**



# Zemědělská půda ve světě - % výměry zem. ploch (FAO)



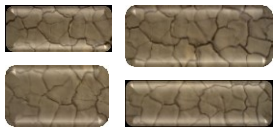




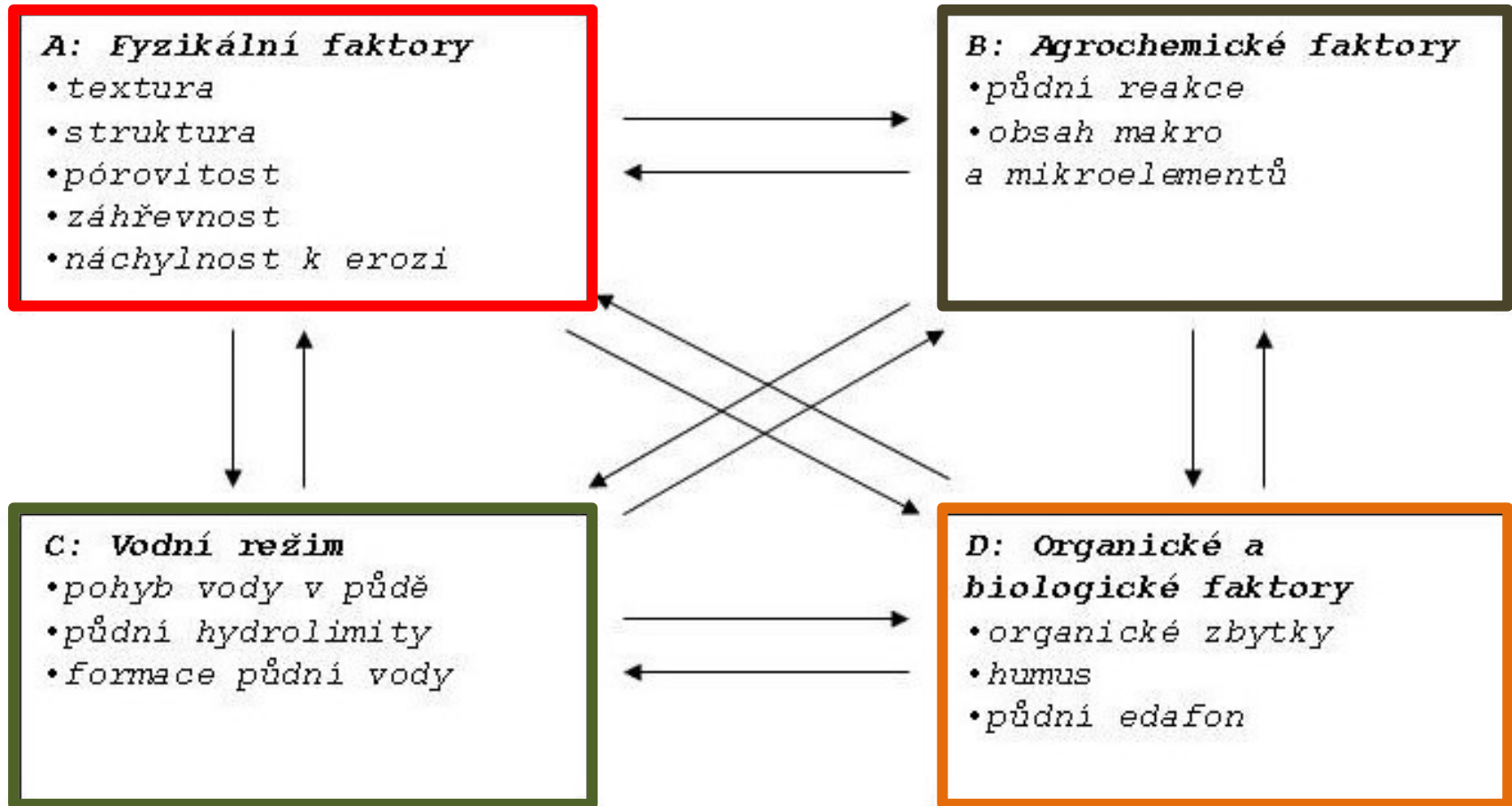
# Půdní úrodnost

Úrodnost půdy je její schopnost

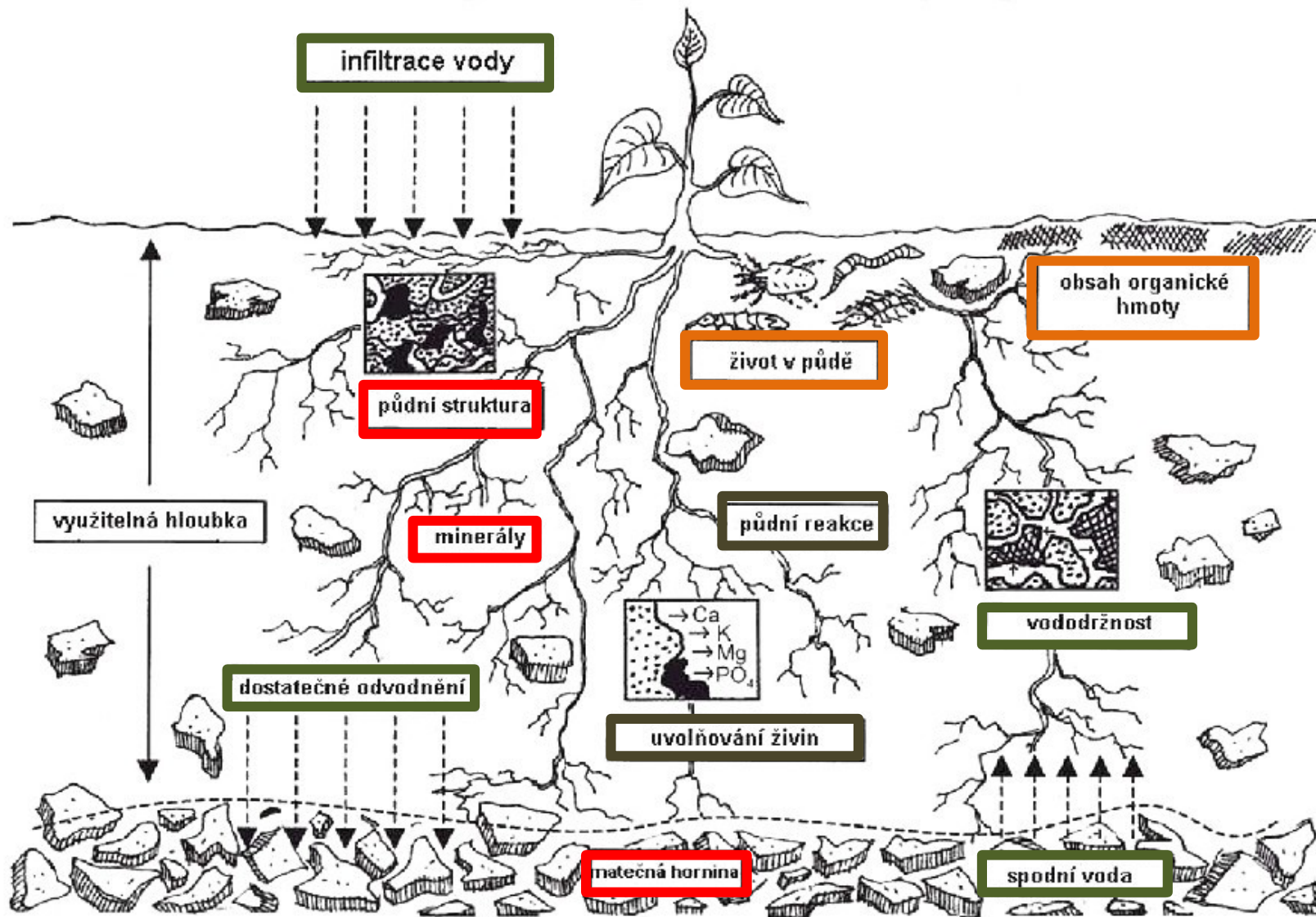
- **poskytovat rostlinám prostředí pro optimální růst a vývoj** (uspokojit jejich požadavky na vodu, živiny a půdní vzduch po celé vegetační období a tak zabezpečit jejich úrodu)
- poskytovat optimální podmínky pro život edafonu
- vyrovnávat změny v půdním prostředí

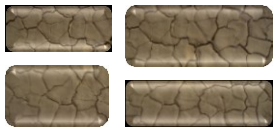


# Faktory (prvky) půdní úrodnosti



# Faktory ovlivňující úrodnost půdy





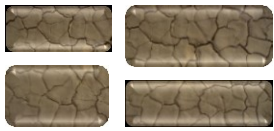
# 1. Fyzikální faktory

## Význam půdní struktury

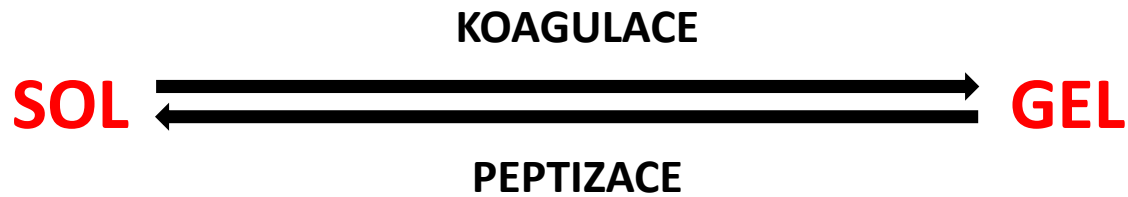
- retence vody, vsak (infiltrace)
- plynná fáze půdy
- biologická činnost
- rovnováha mezi rozkladnými a syntetickými procesy v půdě (mineralizace a humifikace)







# Půdní struktura vs Stabilita koloidního systému

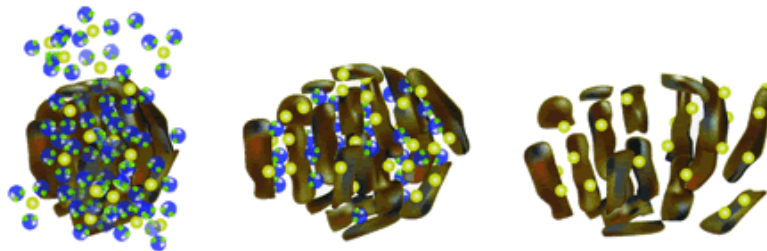


Koloidní systém je stabilní ve stavu SOL

Stabilní koloidní systémy jsou v půdě nežádoucí

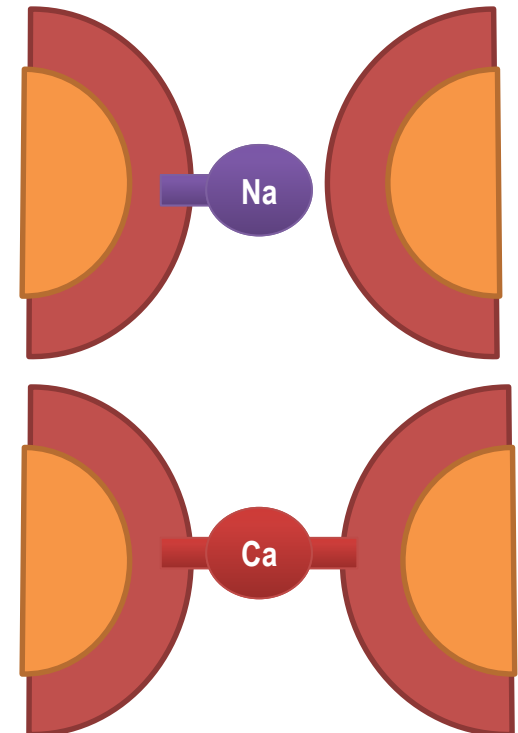
**půdní strukturu narušují = stabilitu koloidního systému zvyšují**

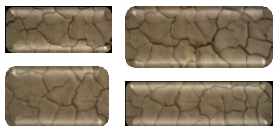
jednomocné kationty ( $K^+$ ,  $Na^+$ )



**půdní strukturu zvyšují = stabilitu koloidního systému narušují**

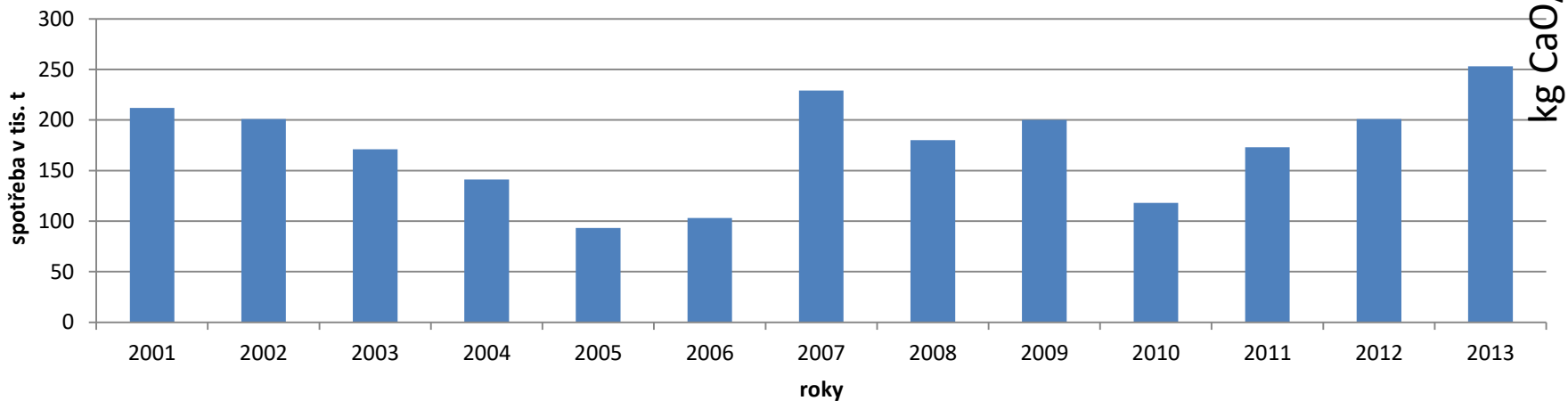
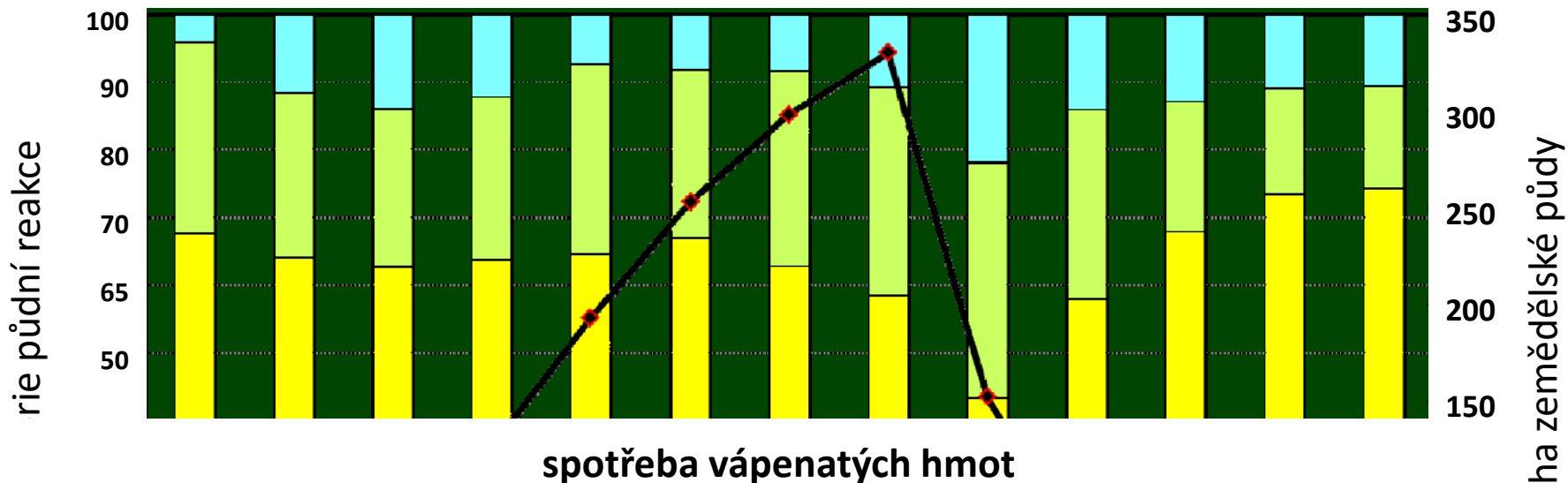
vícemocné kationty ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ )





# vápnění půdy – pH půdy

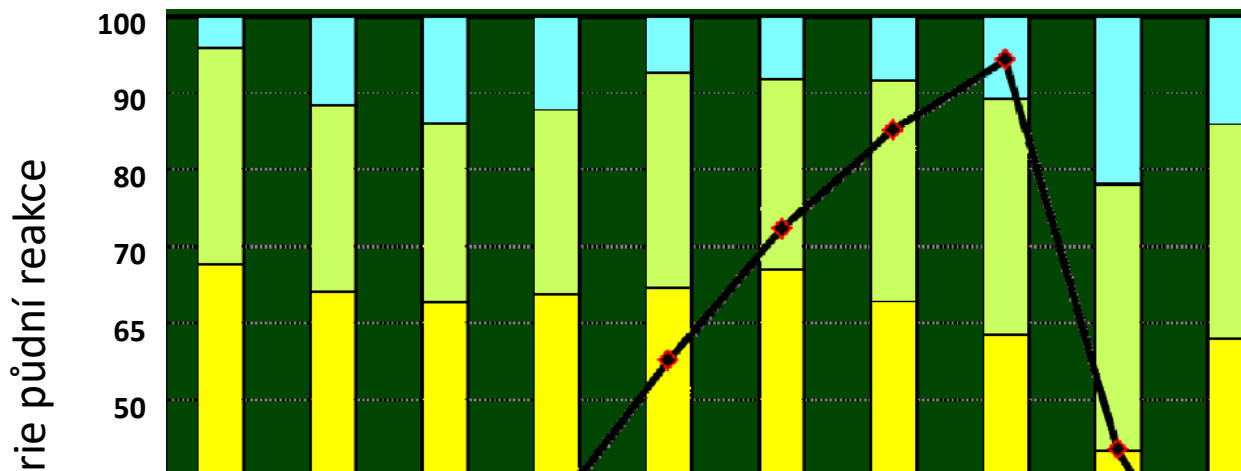
## Změny půdní reakce v z.p. a spotřeba vápenatých hmot



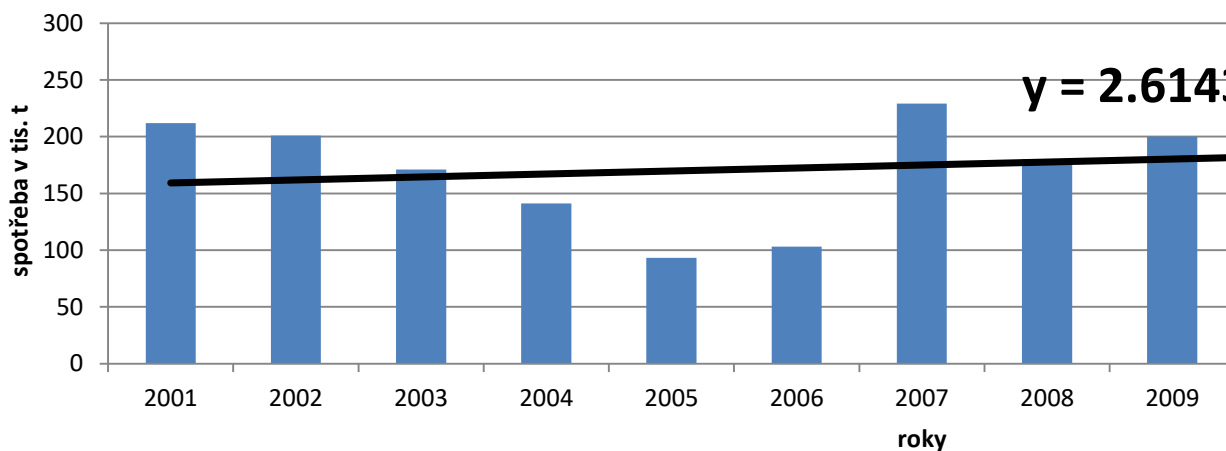


# vápnění půdy – pH půdy

## Změny půdní reakce v z.p. a spotřeba vápenatých hmot



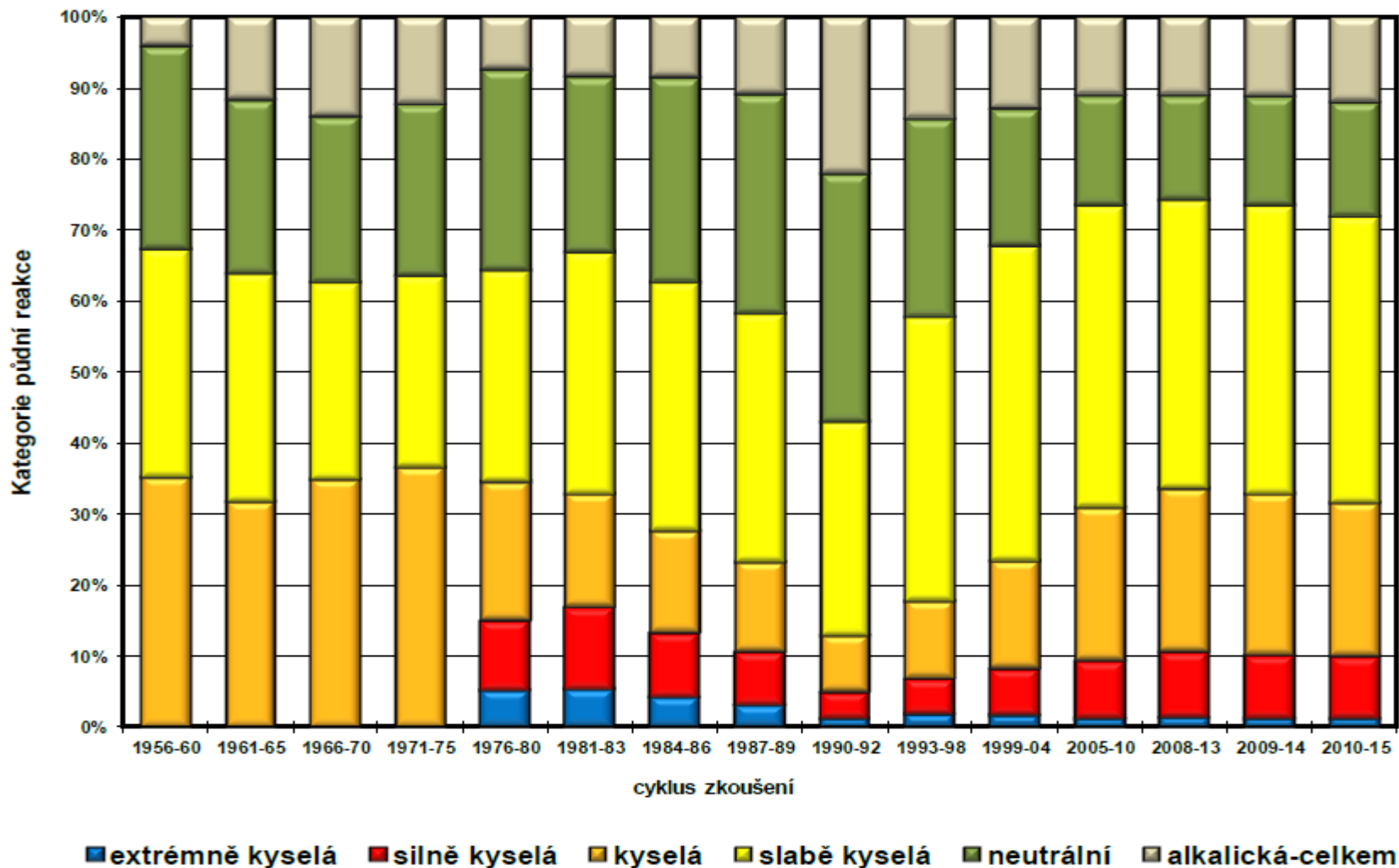
spotřeba vápenatých hmot



Cyklus AZZP	pH vým.
1990 - 1992	6,4
1993 - 1998	6,4
1994 - 2004	6,3
2005 - 2010	6,2
2008 - 2013	6,1
<b>Úbytek</b>	<b>- 0,3</b>



## Změny pH na zemědělské půdě během cyklů AZP





## ČR – výměra půdy – pH půdy

Základní statistické zpracování za období 2010-2015

kultura	půdní reakce (v % výměry)						
	EK	SiK	K	SlA	N	A	SiA
orná půda	0,85	6,74	18,78	41,80	18,18	13,59	0,08
chmelnice	1,49	3,42	10,17	33,64	33,80	17,49	-
vinice	0,06	0,48	0,71	8,93	18,42	69,10	2,30
ovocné sady	1,11	4,80	12,58	37,61	22,60	21,10	0,20
travní porosty	3,08	19,80	39,04	33,11	4,40	0,58	0,00
zemědělská půda	1,19	8,69	21,76	40,37	16,13	11,79	0,07



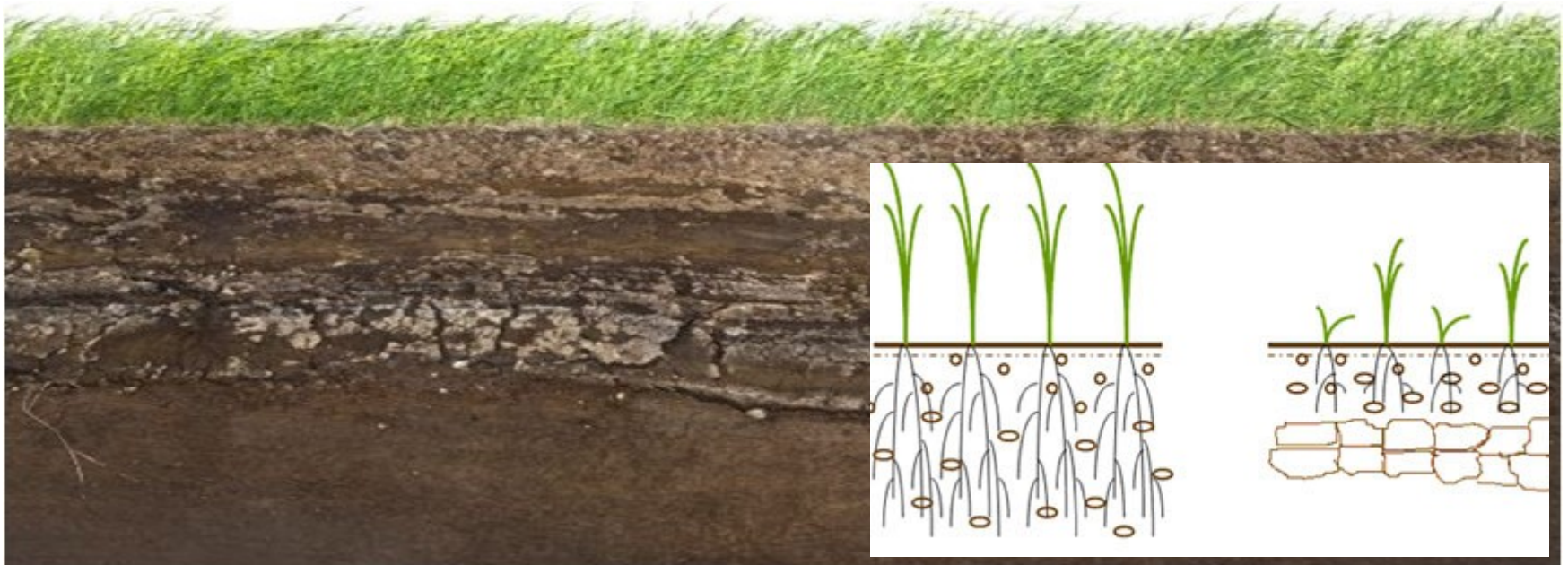
## Špatná půdní struktura = utužení půdy

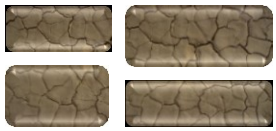
Utužením je v ČR ohroženo kolem **49 % zemědělských půd**

více než **70 % je vystaveno tzv. technogennímu utužení**

**absence vápnění ➡ acidifikace půdy**

**vysokým hnojením draselnými hnojivy**





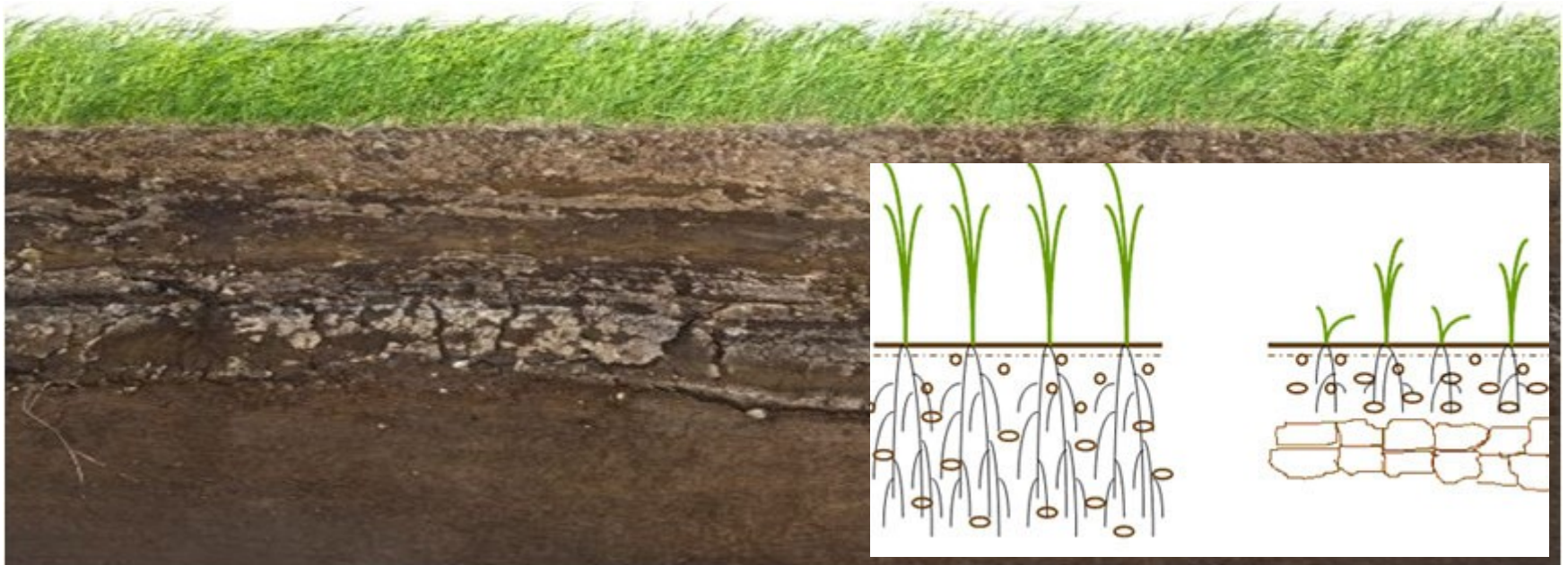
## Špatná půdní struktura = utužení půdy

Utužením je v ČR ohroženo kolem **49 % zemědělských půd**

více než **70 % je vystaveno tzv. technogennímu utužení**

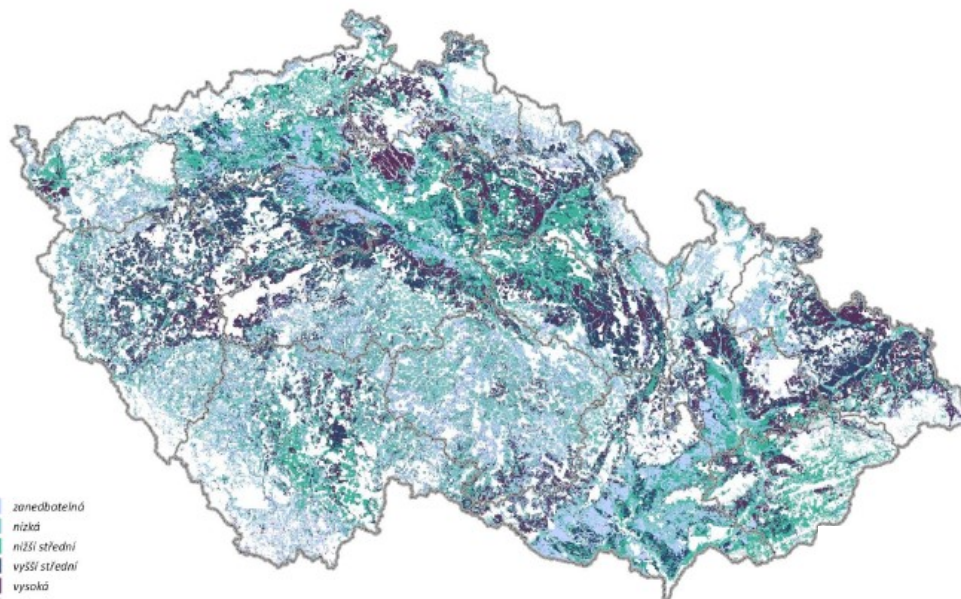
**absence vápnění** ➡ **acidifikace půdy**

**vysokým hnojením** draselnými hnojivy



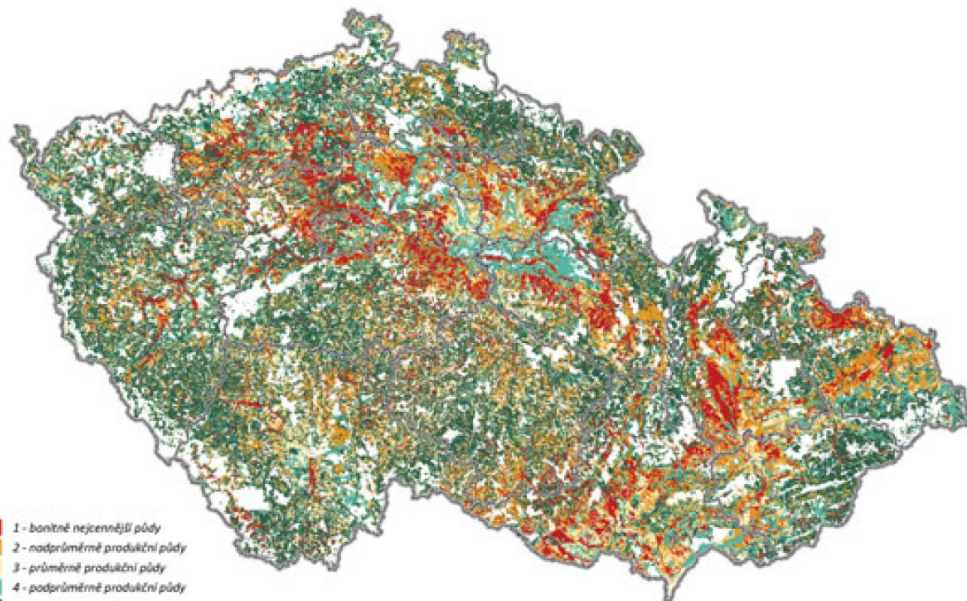


## Potenciální zranitelnost spodních vrstev půdy utužením, ČR, 2010 (VÚMOP, v.v.i.)



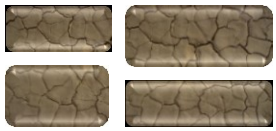
- zanedbatelná
- nízká
- nižší střední
- vyšší střední
- vysoká
- nehodnoceno
- hranice kraje
- hranice ČR

## Třídy ochrany zemědělského půdního fondu, ČR, 2010 (VÚMOP, v.v.i.)



- 1 - bonitné nejčernější půdy
- 2 - nadprůměrně produkční půdy
- 3 - průměrně produkční půdy
- 4 - podprůměrně produkční půdy
- 5 - velmi málo produkční půdy
- hranice kraje
- hranice ČR



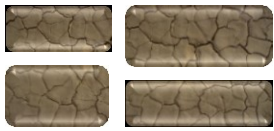


## 2. Organické a biologické faktory

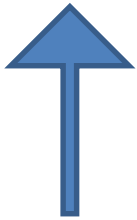
- koloběh látek začíná a opět by měl končit na půdě
- rostliny odčerpávají živiny z půdy a ukládají je do hlavního nebo vedlejšího produktu
  - část produkce je **předmětem trhu**
  - část se **vrací do půdy** jako hnojivo

Podíl organických látek vstupujících zpět do půdy

Kvalita organických látek



**ztráty skladováním**



**HNOJIŠTĚ,  
JÍMKA**

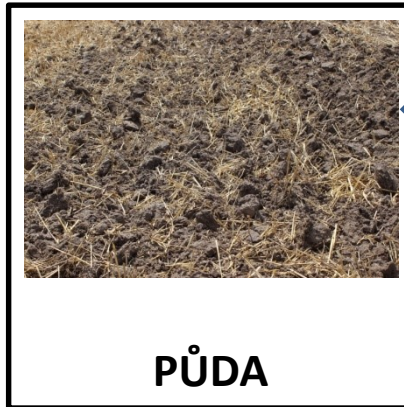
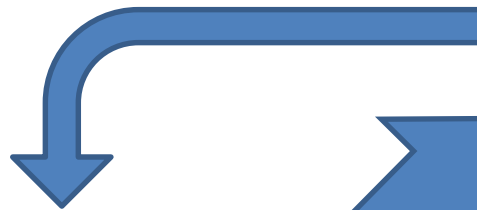
**ztráty volatilizací**

**ztráty vyplavením**



**STÁJ**

**sláma, zelené hnojení**

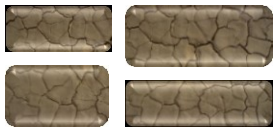


**PŮDA**



**PLODINY**





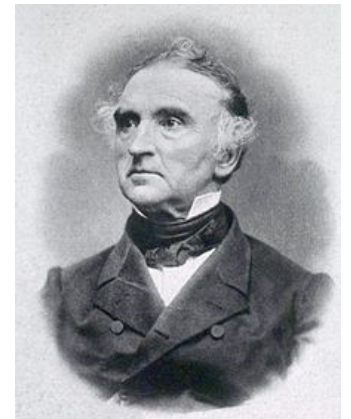
# Základní princip výživy rostlin

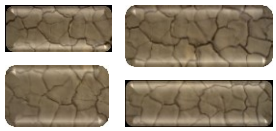
## Bilanční princip



**Náhrada mineralizované půdní organické hmoty do půdy**

Náhrada odebraných živiny (N, P, K, ...)





V podmínkách ČR se roční spotřeba nehumifikovaných organických látek pohybuje v rozmezí **4 až 4,5 t.ha<sup>-1</sup>**.

- **50 až 60 % - úhrada posklizňovými zbytky**
- **40 až 50 % - doplnění organickými hnojivy**



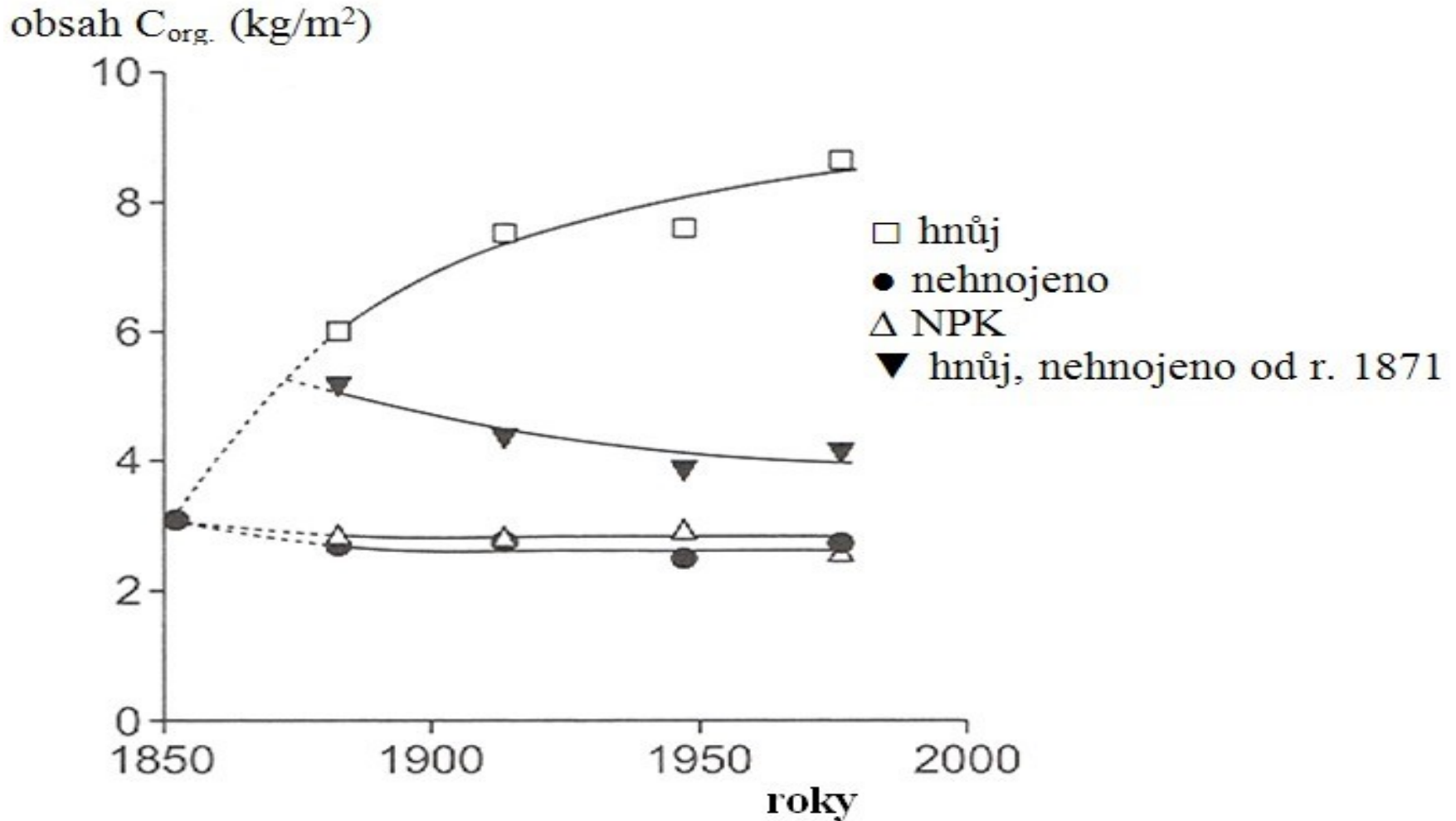


Hodnoty  
normativů  
roční potřeby  
OL pro ornou  
půdu ( $t \cdot ha^{-1}$ )  
(Richter, Kubát 2003)

Zastoupení hlavních druhů plodin v osevním postupu (%)			Potřeba organických látek podle druhů půdy ( $t \cdot ha^{-1}$ )	
zrniny	okopaniny, jednoleté píceňiny, zelenina	víceleté píceňiny	L, T	S, VT
			(p-hp) (jh)	(ph-hp) (jv-j)
20	80	0	<b>2,50</b>	<b>2,85</b>
40	60	0	<b>2,20</b>	<b>2,55</b>
60	40	0	<b>1,90</b>	<b>2,25</b>
80	20	0	<b>1,70</b>	<b>1,90</b>
<b>100</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1,50</b>	<b>1,70</b>
20	70	10	<b>2,10</b>	<b>2,60</b>
40	50	10	<b>1,75</b>	<b>2,30</b>
60	30	10	<b>1,50</b>	<b>1,90</b>
80	10	10	<b>1,30</b>	<b>1,70</b>
90	0	10	<b>1,20</b>	<b>1,60</b>



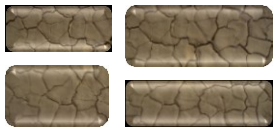
## Změny obsahu humusu v kambizemi v dlouhodobém pokusu v Rothamstadu od roku 1852 (*Rusel 1988*)





## Obsah $C_{ox}$ v dlouhodobých výživářských pokusech

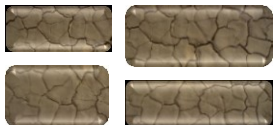
Stanoviště	Halle	Askow	Lauchstädt	Bonn
Doba pokusů (roky)	80	50	50	52
jílkaté částice (%)	13	4	9	26
pH (KCl)	6,4	5,9	7,2	7,0
dávka chlévského hnoje (t/ha/rok)	12	9,5	9,5	10
varianty hnojení	obsah $C_{ox}$ (%) v ornici			
nehnojeno	1,14	0,79	1,3	1,49
PK	-	-	-	1,48
NPK	1,26	0,96	1,43	1,61
<b>hnůj</b>	<b>1,69</b>	<b>1,09</b>	<b>1,52</b>	<b>1,77</b>
<b>NPK + hnůj</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1,86</b>



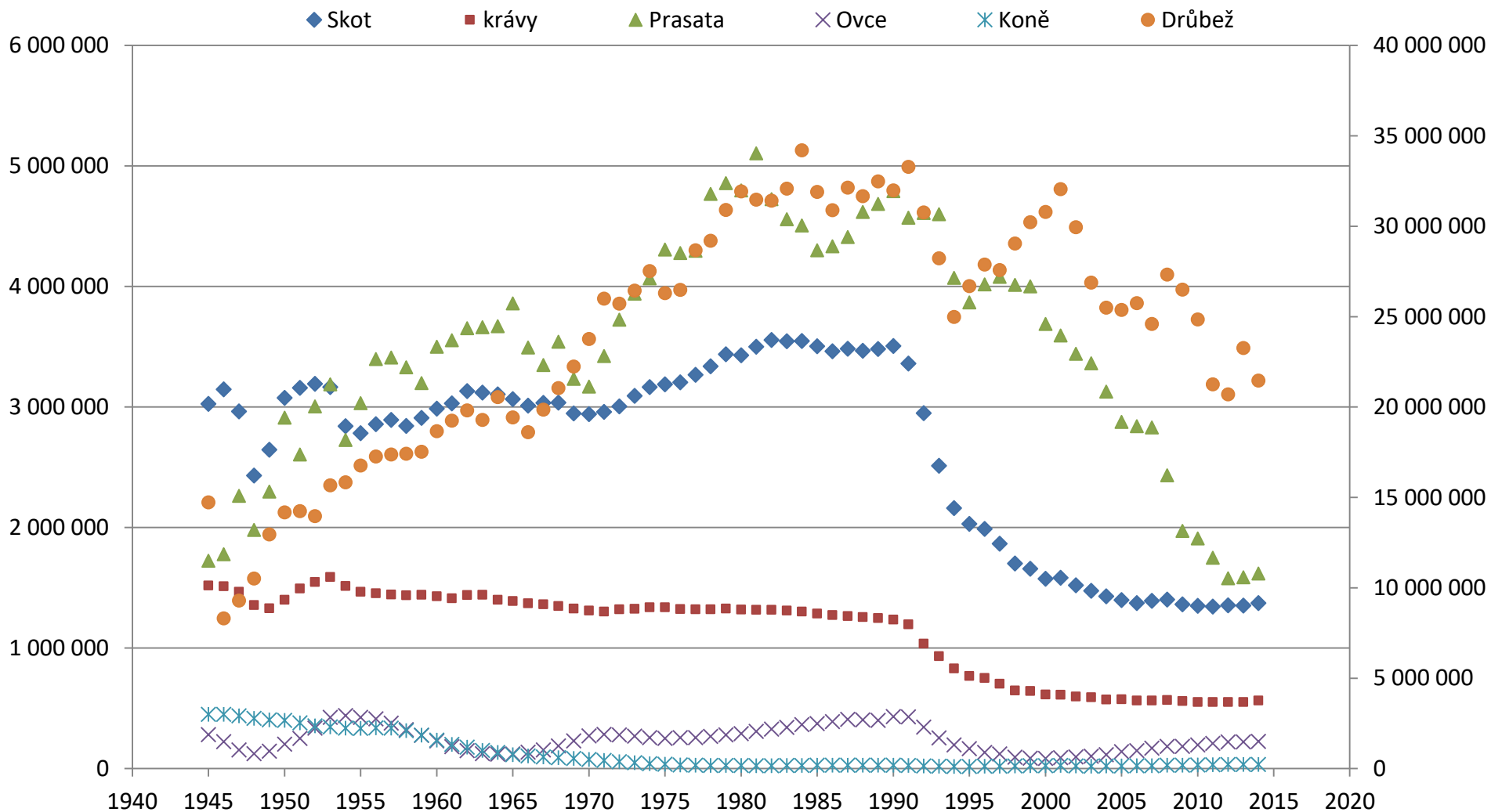
## Faktory bezprostředně se podílející na množství a kvalitě dodávané **organické hmoty** do půdy

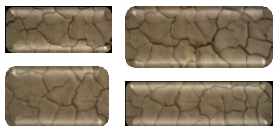
- Pokles stavů hospodářských zvířat, zejména skotu a v důsledku toho snížená produkce statkových hnojiv.





# Stavy hospodářských zvířat (tis. ks) 1945 -2014 (ČSÚ)





# Odhad produkce statkových hnojiv v ČR

(mil. t; vypočteno na základě stavu zvířat, způsobů ustájení a normativní produkce statkových hnojiv) (VÚRV, v.v.i.)

	1985	1990	1995	2000	2005	2006	2007
Hnůj*)	26,2	25,6	15,6	12,4	10,9	10,7	10,8
Močůvka	13,3	13,1	8,0	6,3	5,5	5,4	5,5
Kejda	11,9	12,4	9,0	8,1	6,5	6,3	6,4
Drůbeží trus	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

\*) včetně drůbežího trusu s podestýlkou („drůbeží podestýlka“)



## Spotřeba hnojiv 1 ha obhospodařované zem. půdy (ČSÚ)

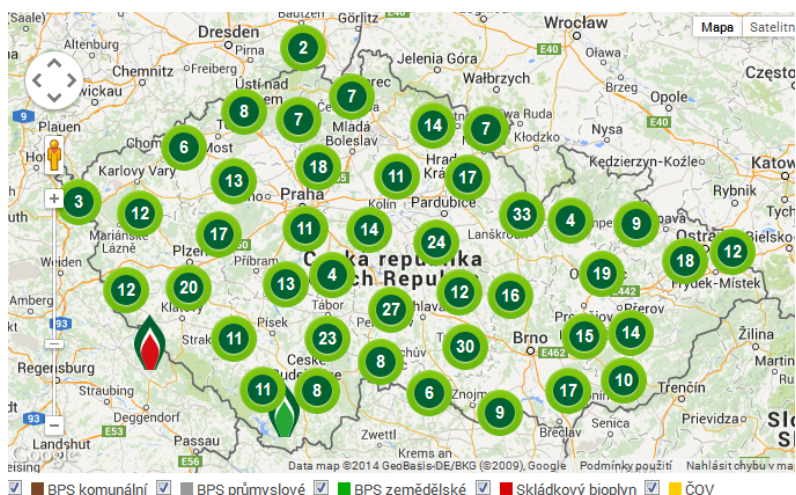
ročník	Statková hnojiva (t)	Organická hnojiva (kg)*
2005/2006		177
2006/2007		87
2007/2008		87
2008/2009		
2010/2011		
2011/2012		
2012/2013		

\* např. kompost (digestáty, výpalky)



## Podíl bioplynu na OZE

<b>2008</b>	<b>podíl bioplynu na OZE: 6.0 %</b>
<b>2010</b>	<b>podíl bioplynu na OZE: 9.2 %</b>
<b>2011</b>	<b>podíl bioplynu na OZE: 11.1 %</b>
<b>2012</b>	<b>podíl bioplynu na OZE: 15.9 %</b>
<b>2013</b>	<b>podíl bioplynu na OZE: 22.1 %</b>
<b>2014</b>	<b>podíl bioplynu na OZE: 24.6 %</b>



(Česká bioplynová asociace <http://www.czba.cz>)





## Spotřeba hnojiv 1 ha obhospodařované zem. půdy (ČSÚ)

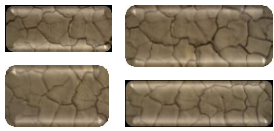
ročník	Organické látky (t OL/ha z.p.)			
	hnůj <sup>(17)</sup>	kejda <sup>(5,7)</sup>	močůvka <sup>(2)</sup>	$\Sigma$
<b>2006/2007</b>	<b>0,539</b>	<b>0,063</b>	<b>0,019</b>	<b>0,622</b>
<b>2007/2008</b>	<b>0,513</b>	<b>0,069</b>	<b>0,018</b>	<b>0,599</b>
<b>2008/2009</b>	<b>0,502</b>	<b>0,073</b>	<b>0,016</b>	<b>0,591</b>
<b>2009/2010</b>	<b>0,480</b>	<b>0,070</b>	<b>0,014</b>	<b>0,564</b>
<b>2010/2011</b>	<b>0,477</b>	<b>0,071</b>	<b>0,013</b>	<b>0,562</b>
<b>2011/2012</b>	<b>0,460</b>	<b>0,065</b>	<b>0,013</b>	<b>0,538</b>
<b>2012/2013</b>	<b>0,451</b>	<b>0,066</b>	<b>0,012</b>	<b>0,529</b>
<b>2013/2014</b>	<b>0,436</b>	<b>0,062</b>	<b>0,012</b>	<b>0,510</b>



**V podmínkách ČR se roční potřeba OL pohybuje v rozmezí 4,0 – 4,5 t/ha.**

**Z potřeby je 50 – 60 % (cca 2,5 t OL) uhrazeno posklizňovými zbytky.**

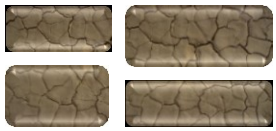
**Pro vyrovnanou bilanci je zapotřebí aplikovat 1,5 - 2 t OL/ha.**



## Faktory bezprostředně se podílející na množství a kvalitě dodávané **organické hmoty** do půdy

- Pokles stavů hospodářských zvířat, zejména skotu a v důsledku toho snížená produkce statkových hnojiv.
- Nevhodná struktura pěstovaných plodin (OP)
  - snížená reprodukce půdní organické hmoty (pokles ploch plodin zanechávajících v půdě kvalitní posklizňové zbytky)
  - převládají ekonomické aspekty nad agronomickými potřebami





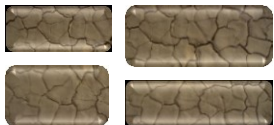
## **Předplodinová hodnota plodin a jejich vliv na půdní úrodnost**

### **komplexní působení plodiny na stanovišti:**

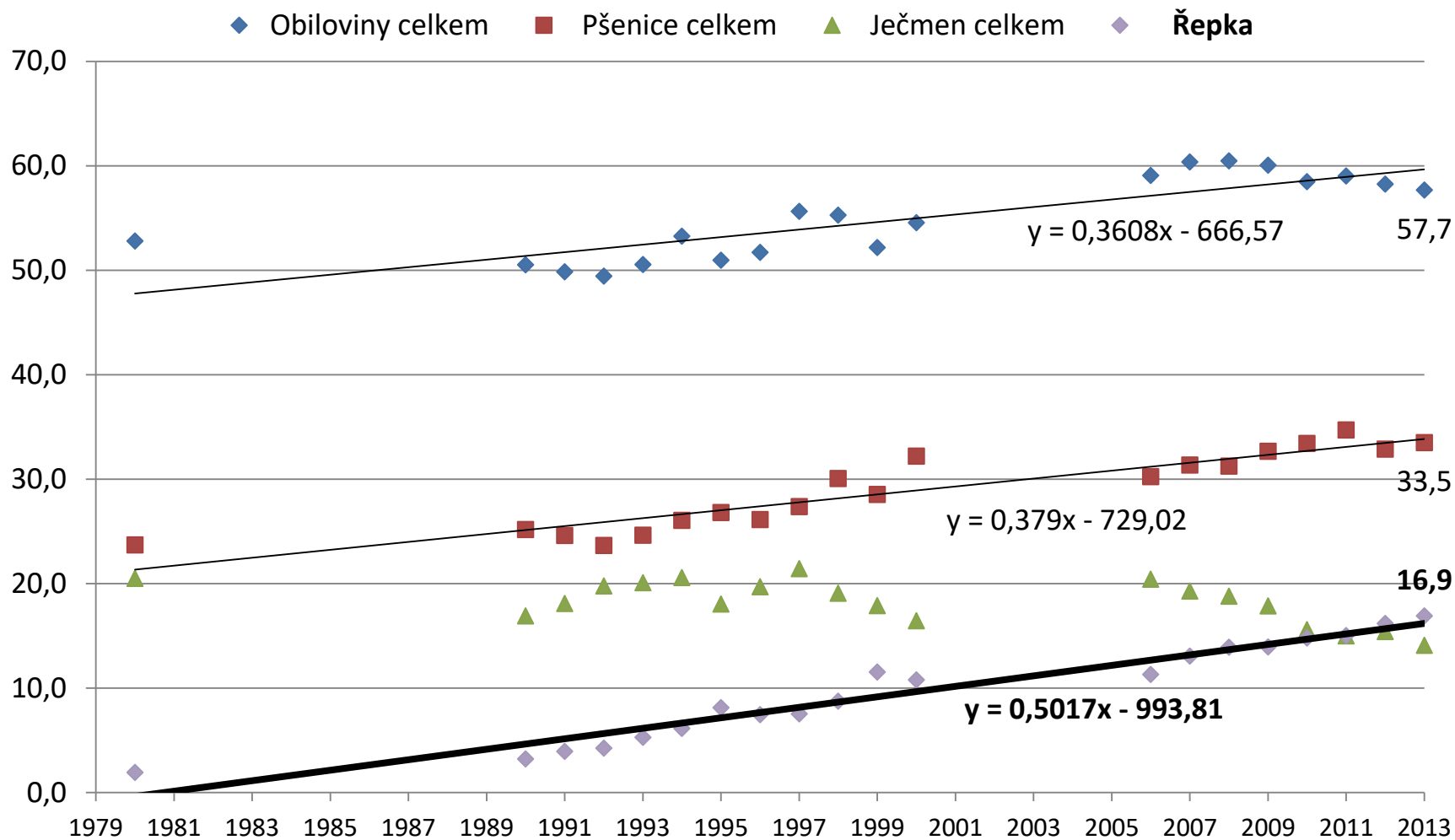
- Stupeň zastínění
- Vliv kořenového systému na půdní prostředí
- **Množství a kvalita posklizňových zbytků (C:N)**
- Odčerpání vody a živin – navrácení do půdy
- Zaplevelení, choroby, škůdci

# Osevní plochy zem, plodin (%) 1980 -2015 (ČSÚ)

Plodina	1980	1990	2000	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>Obiloviny celkem</b>	52,8	52,2	54,5	60,3	60,4	60,0	58,5	59,0	58,2	<b>33,8 %</b>		
pšenice	23,7	25,2	32,2	31,3	31,2	32,7	33,4	34,7	32,9	<b>14,9 %</b>		
ječmen	20,5	16,9	16,4	19,3	18,8	17,9	15,6	15,0	15,4			
kukuřice zrn.	0,7	1,4	1,3	3,6	4,2	<b>76,8 %</b>				4,5	4,1	3,8
Luskoviny cel	2,1	1,7	1,3	1,2	0,9	<b>76,8 %</b>				0,7	0,8	1,4
Brambory celk.	3,9	3,4	2,3	1,2	1,2	<b>76,8 %</b>				0,9	1,0	0,9
Cukrovka tech.	4,7	3,6	2,0	2,1	2,0	2,1	2,3	2,3	2,5			
<b>Olejníny celkem</b>	2,3	4,0	13,5	17,5	18,8	19,1	19,6	18,7	19,0	<b>14,9 %</b>		
řepka	1,9	3,2	10,8	13,0	13,9	13,9	14,8	15,0	16,2	16,9	15,8	14,9
mák	0,2	0,3	1,0	2,2	2,7	2,1	2,0	1,3	0,7			
<b>Píceřiny na OP</b>	30,7	33,6	24,0	16,6	15,8	15,6	16,3	17,0	17,6	<b>13,2 %</b>		
kukuřice sil.	8,5	11,7	7,7	7,0	7,0	7,1	7,3	7,9	8,7	8,8	9,5	9,4
vojtěška	4,1	4,8	3,4	3,0	2,8	2,7	2,6	2,5	2,3	2,3	2,3	2,3



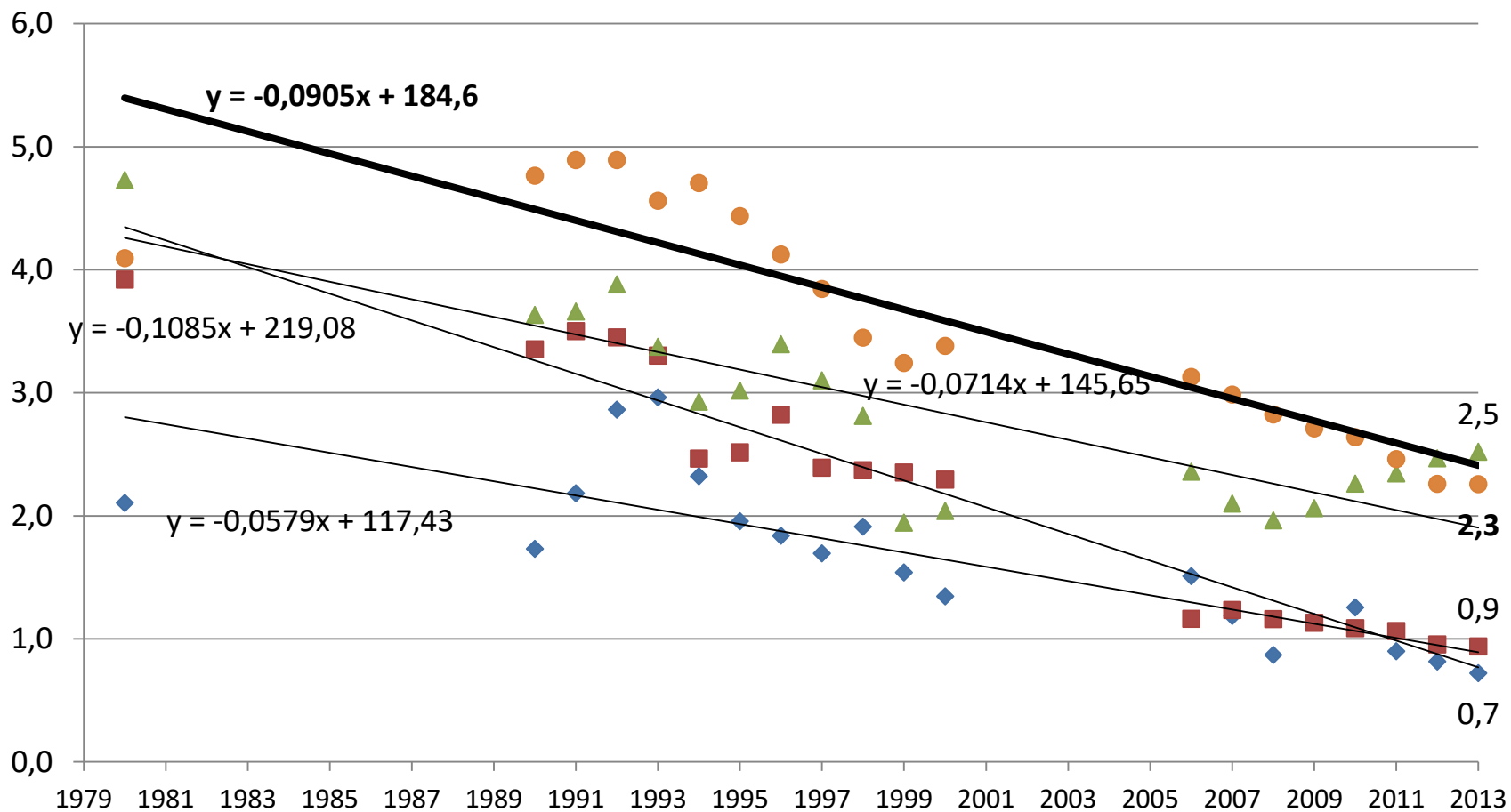
# Osevní plochy zem, plodin (%) 1980 -2013

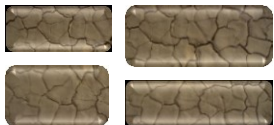




# Osevní plochy zem. plodin (%) 1980 - 2013

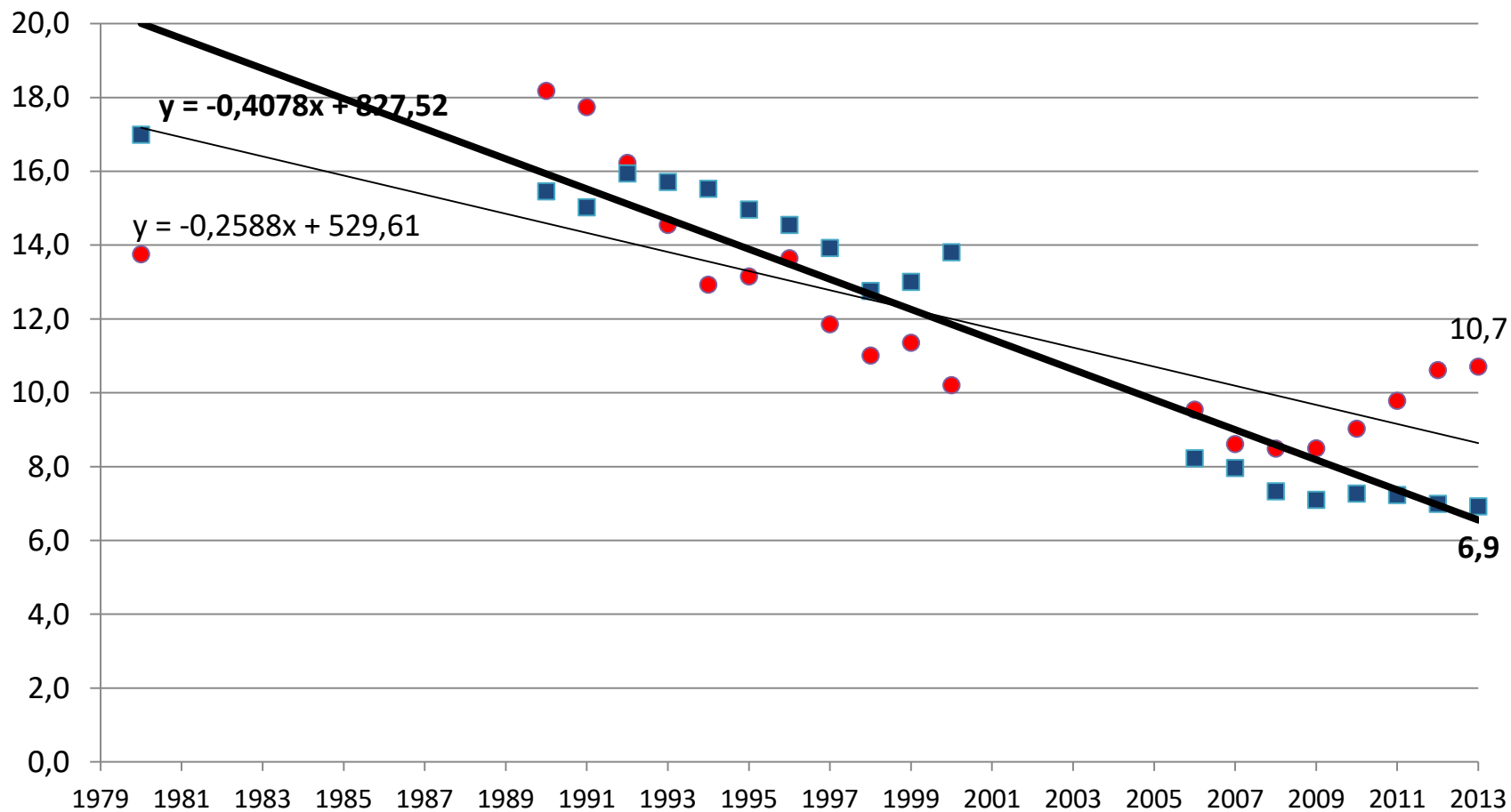
◆ Luskoviny na zrno celkem    ■ Brambory celkem    ▲ Cukrovka technická    ● Vojtěška





# Osevní plochy zem. plodin (%) 1980 - 2013

● Jednoleté pícniny celkem    ■ Víceleté pícniny celkem








## Faktory bezprostředně se podílející na množství a kvalitě dodávané **organické hmoty** do půdy

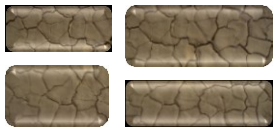
- Pokles stavů hospodářských zvířat, zejména skotu a v důsledku toho snížená produkce statkových hnojiv.
- Nevhodná struktura pěstovaných plodin (OP)
  - snížená reprodukce POH (pokles ploch plodin zanechávajících v půdě kvalitní posklizňové zbytky)
  - převládají ekonomické aspekty nad agronomickými potřebami
- Aplikace nekvalitní organické hmoty do půdy



## Průměrný obsah živin v digestátu, slámě a v chlévském hnoji

(Dostál, Richter 2007; Richter, Hlušek 1994)

Druh hnojiva	% čerstvé hmoty						
	Sušina	OL	N	P	K	Ca	Mg
Digestát (kejdý prasat a kuk. siláže) 	<b>6,7</b>	<b>4,67</b>	<b>0,51</b>	0,17	0,31	016	0,05
Sláma obilnin 	<b>86</b>	<b>82</b>	<b>0,45</b>	0,09	0,79	0,24	0,06
Chlévský hnůj 	<b>23,0</b>	<b>15,6</b>	<b>0,42</b>	0,11	0,50	0,4	0,05



# poměr C:N

**chlévký hnůj**



**20 – 30 : 1**

**OPTIMÁLNÍ  
POMĚR**

**sláma obilnin**



**80 – 100 : 1**

**DUSÍKATÁ  
DEPRESE**

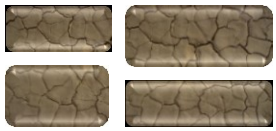
**digestát**



**<10 : 1**

**ÚNIK  
DUSÍKU**





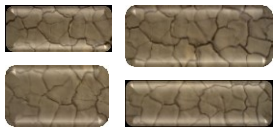
# Působení kejdy a digestátu na půdu

## A. SAMOTNÁ APLIKACE BEZ OL - snižuje obsah humusu v ornici

- nižší obsah OL s úzkým poměrem C:N snižuje obsah humusu
- zhoršují se fyzikální vlastnosti půdy:
  - zvyšuje se objemová hmotnost
  - snižuje se pórovitost
  - snižuje se vzdušnost půd

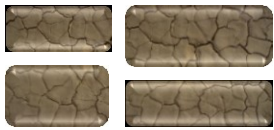
## B. APLIKACE SPOLU S OL (sláma obilovin – drcená, kukuřice, slunečnice)

- zvýší biologickou sorpci a dochází k imobilizaci N



# Kvalita digestátu

- nižší obsah sušiny a OL
- odbourání labilní OH ➡ zdroj E pro mikroorganismy
- užší poměr C : N
- vyšší obsah rychle uvolnitelného N ( $\text{NH}_4$ )
- vyšší hodnota pH



## Podmínky dobrého zemědělského a environmentálního stavu (GAEC)

V rámci 2. tematického okruhu

### Organické složky půdy

Jsou platné 2 standardy

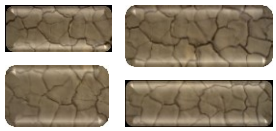
#### GAEC 3

Žadatel na minimálně 20 % jím užívané výměry půdních bloků OP (užívané ž k 31. květnu příslušného roku ) bude každoročně:

- aplikace tuhých statková, nebo organických hnojiv v min. dávce 25 t/ha
- výjimka tuhých statkových hnojiv z chovu drůbeže (min. dávka 4 t/ha)
- **při plnění podmínky zapravením ponechaných produktů při pěst. rostlin (sláma) není stanovena minimální dávka**

#### GAEC 4

Žadatel nebude na jím užívaném půdním bloku, popřípadě jeho dílu pálit bylinné zbytky.



## 3. Agrochemické faktory

### komplexního průzkumu zemědělských půd

zavedení programu periodického sledování obsahu přístupných živin, půdní reakce a potřeby vápnění v orničním horizontu zemědělských půd (dnes AZZP)

Výsledky **AZZP** jsou využívány pro:

- stanovení dávek hnojiv na zemědělských pozemcích
- sledování změn v zásobenosti zemědělských půd živinami

**Spotřeba minerálních hnojiv v ČR**



# Obsahy čistých živin v OP ČR v cyklech AZZP

( Klement et al. 2012, 2014 ÚKZÚZ Brno)

Cyklus rok	pH	Obsah živin v mg/kg zeminy				K/Mg
		P	K	Mg	Ca	
1990 - 1992	6,4	108	279	178	3 216	1,57
1993 - 1998	6,4	101	253	186	3 238	1,36
1994 - 2004	6,3	95	225	184	3 031	1,22
2005 - 2010	6,2	90	239	185	2 999	1,29
2008 - 2013	6,1	89	246	185	2 978	1,33
<b>Úbytek</b>	<b>- 0,3</b>	<b>- 19</b>	<b>- 33</b>	<b>7</b>	<b>- 238</b>	<b>- 0,24</b>

# ČR – výměra půdy – obsah živin

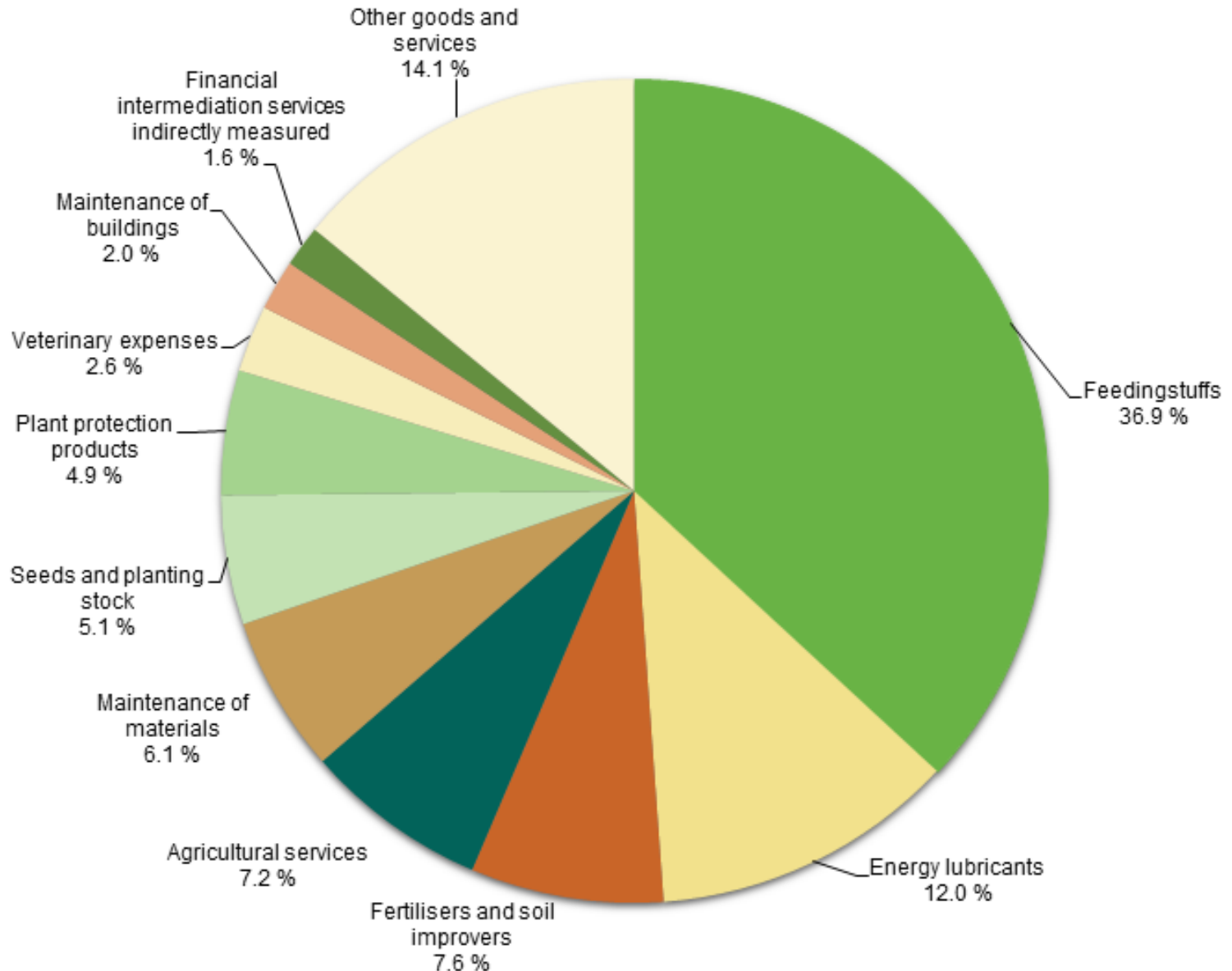
kultura	obsah přístupného FOSFORU (v % výměry)				
	N	VH	D	V	VV
orná půda	26,72	28,29	21,46	16,67	6,84
chmelnice	55,01			28,12	17,92
vinice				7,42	1,94
ovocné sady				8,98	3,77
travní porosty				18,15	9,93
zemědělská půda				16,84	7,30

kultura	obsah přístupného DRASLÍKU (v % výměry)				
	N	VH	D	V	VV
orná půda	7,87	27,71	42,91	12,17	9,35
chmelnice	35,58			17,95	16,87
vinice				16,68	2,30
ovocné sady				15,80	10,93
travní porosty				17,44	12,75
zemědělská půda				13,01	9,87

kultura	obsah přístupného HOŘČÍKU (v % výměry)				
	N	VH	D	V	VV
orná půda	16,72	34,24	32,88	9,12	7,05
chmelnice	50,96			17,52	8,59
vinice				15,74	13,31
ovocné sady				6,36	5,74
travní porosty				22,51	20,86
zemědělská půda				11,16	9,16

# **Spotřeba minerálních hnojiv v ČR**

# Intermediate inputs consumed by the agricultural industry at basic prices, EU-28, 2014





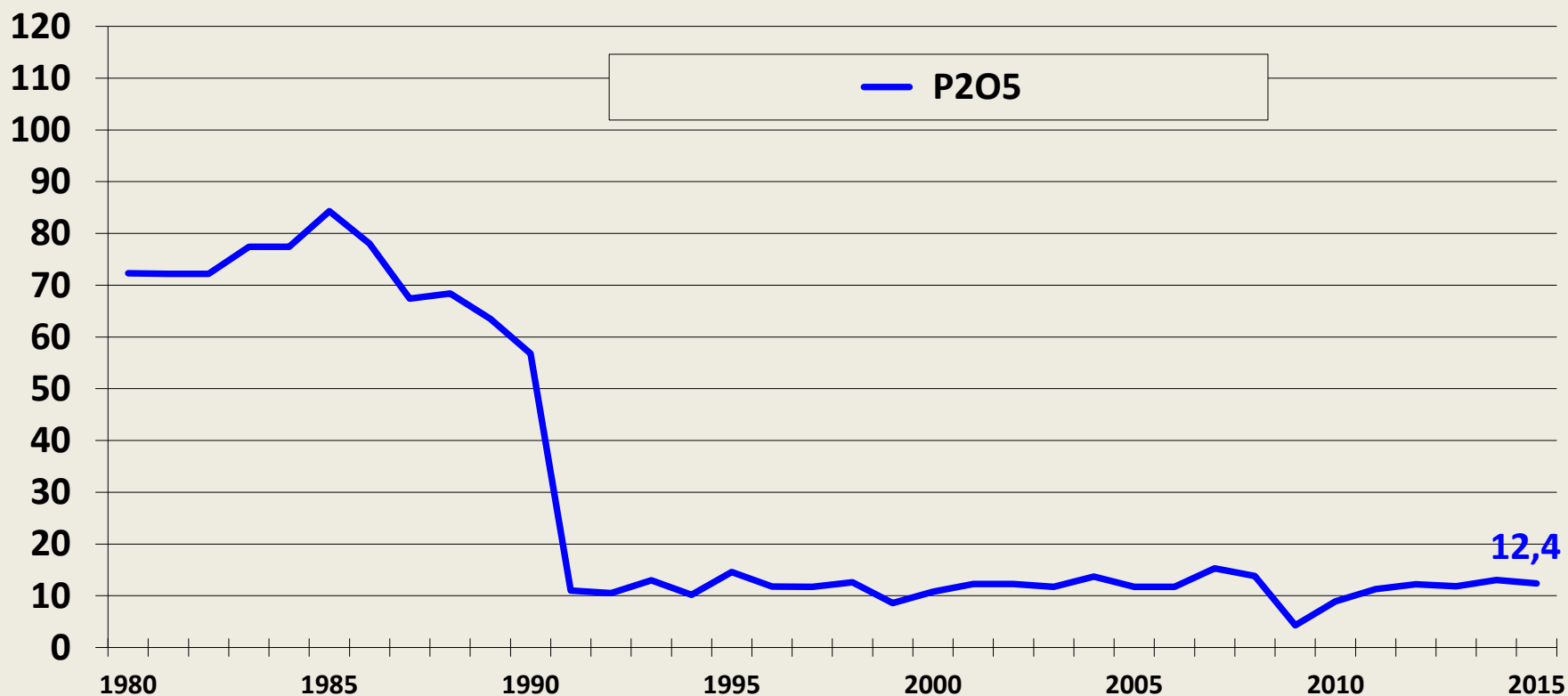
# Význam hnojiv



**Lidská populace se v uplynulých padesáti letech více než zdvojnásobila.**

Kultura	Cyklus zkoušení	Výměra	pH	P	K	Mg	Ca	K:Mg
		(ha)		mg.kg <sup>-1</sup>				
orná půda	A: 1990 - 1992	2 727 315	6,4	108	279	178	3216	1,57
	B: 1993 - 1998	2 235 838	6,4	101	253	186	3238	1,36
	C: 1999 - 2004	2 535 519	6,3	95	225	184	3031	1,22
	D: 2005 - 2010	2 696 398	6,2	90	239	185	2999	1,29
	rozdíl D - A	- 30 917	- 0,2	- 18	- 40	7	- 217	- 0,28

Spotřeba živin v kg na 1 ha zemědělské půdy – minerální hnojiva



# Agrochemické zkoušení zemědělských půd 1999 - 2004

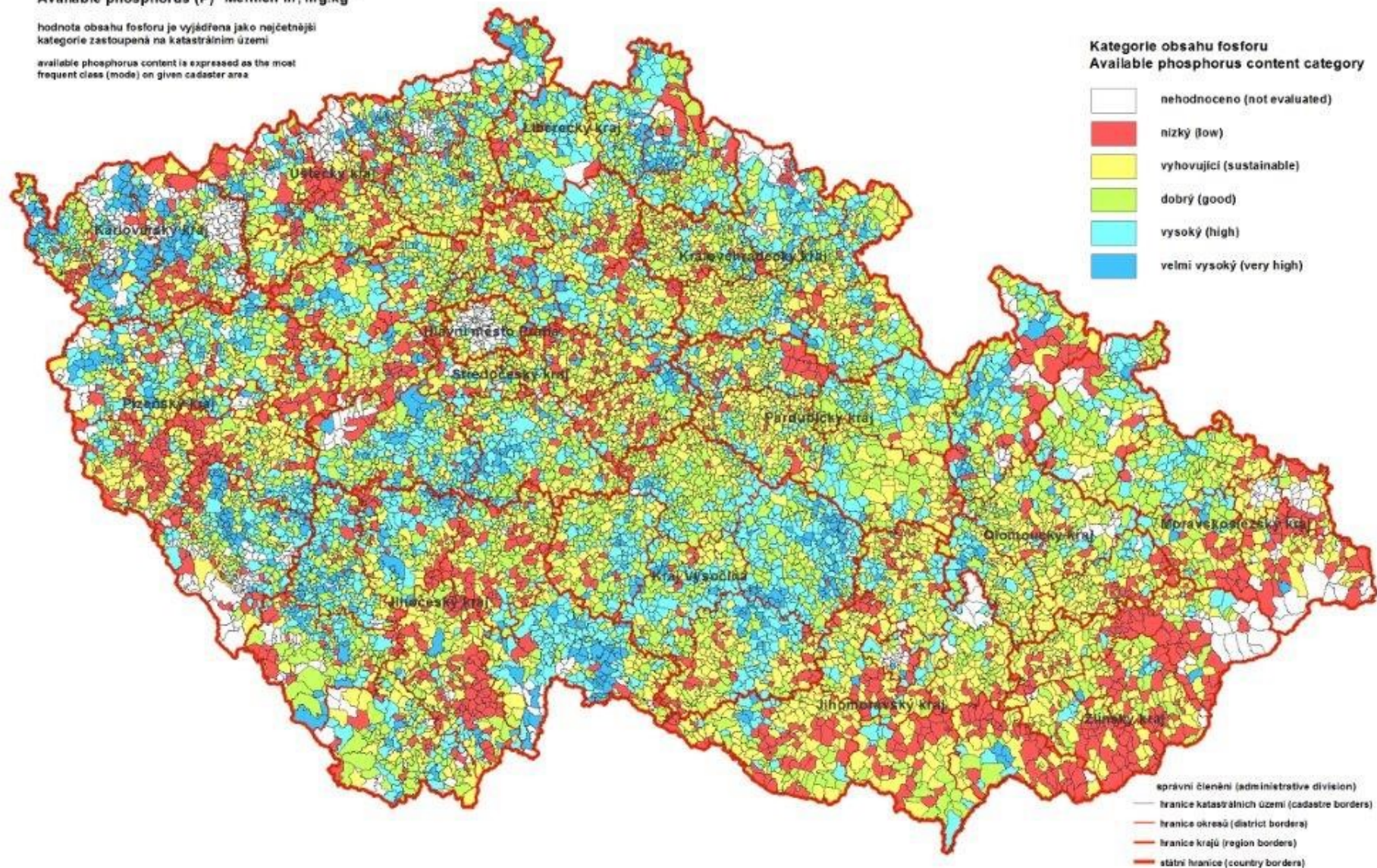
## Agrochemical soil testing 1999 - 2004

Fosfor (P) Mehlich III,  $\text{mg.kg}^{-1}$   
Available phosphorus (P) Mehlich III,  $\text{mg.kg}^{-1}$

hodnota obsahu fosforu je vyjádřena jako nejčastější  
kategorie zastoupená na katastrálním území

available phosphorus content is expressed as the most  
frequent class (mode) on given cadastral area

# P



# Agrochemické zkoušení zemědělských půd 2005 - 2010

## Agrochemical soil testing 2005 - 2010

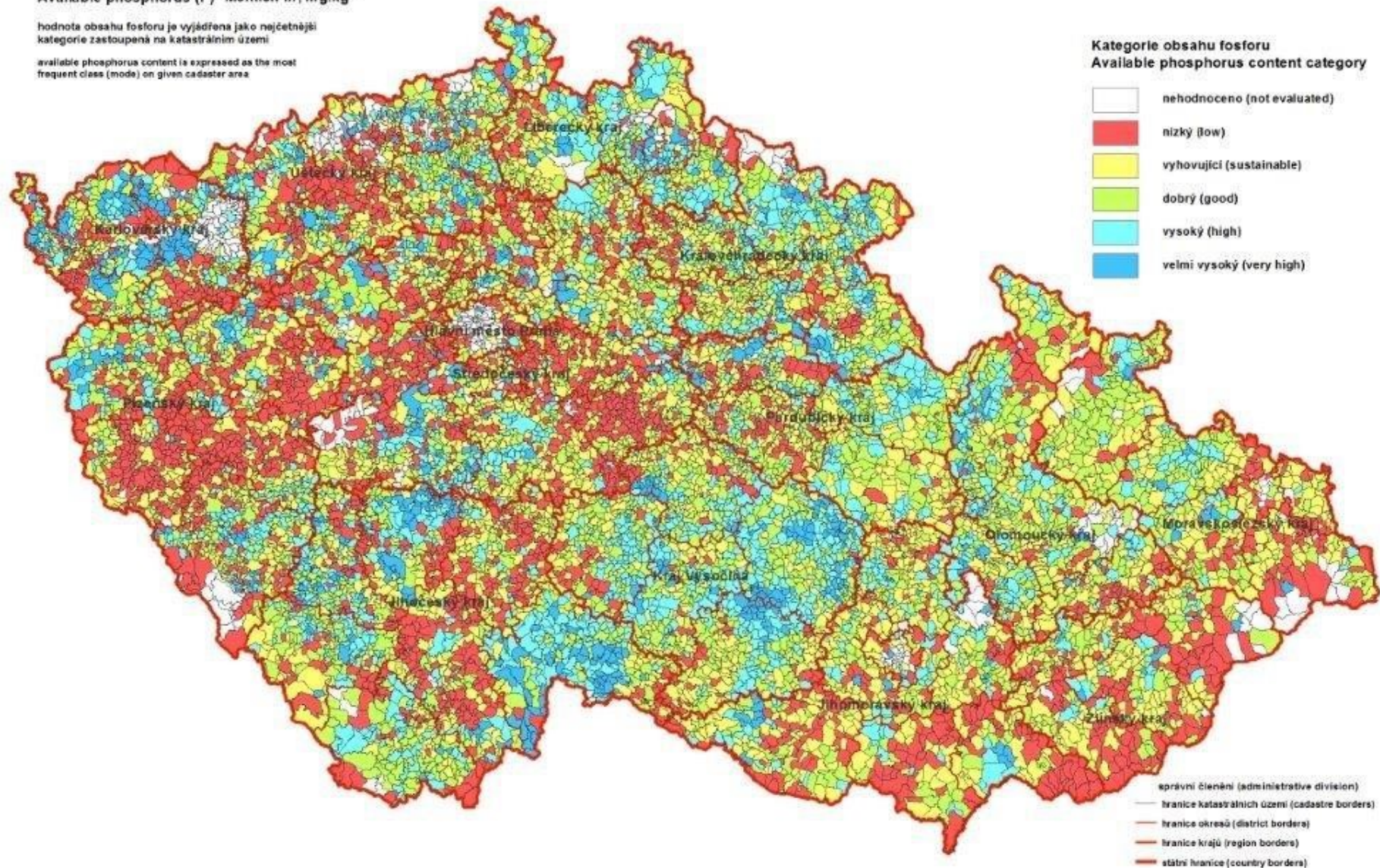
Fosfor (P) Mehlich III,  $\text{mg.kg}^{-1}$

Available phosphorus (P) Mehlich III,  $\text{mg.kg}^{-1}$

hodnota obsahu fosforu je vyjádřena jako nejčastější kategorie zastoupená na katastrálním území

available phosphorus content is expressed as the most frequent class (mode) on given cadaster area

# P



# Agrochemické zkoušení zemědělských půd 2009 - 2014

## Agrochemical soil testing 2009 - 2014

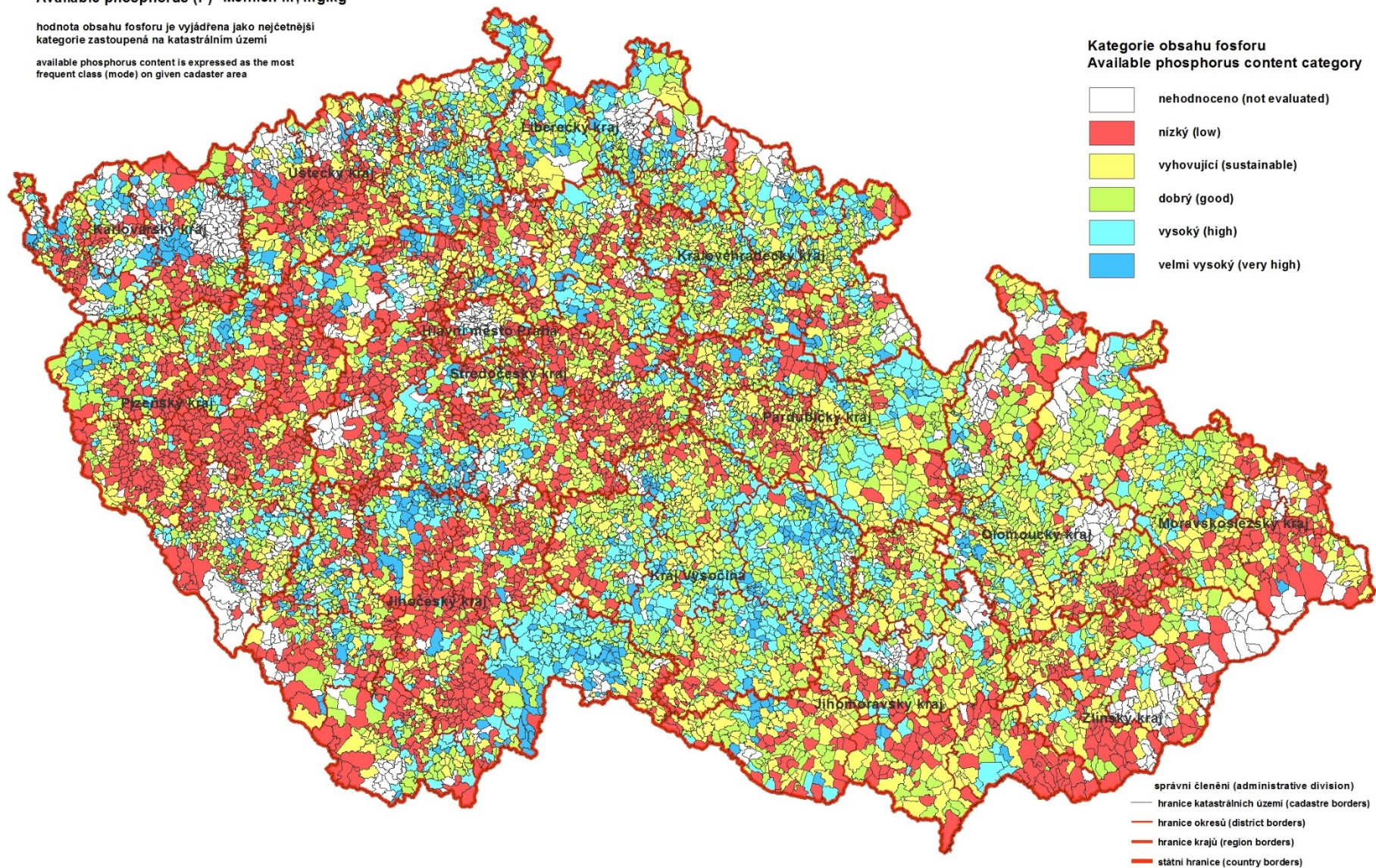
Fosfor (P) Mehlich III,  $\text{mg.kg}^{-1}$

Available phosphorus (P) Mehlich III,  $\text{mg.kg}^{-1}$

hodnota obsahu fosforu je vyjádřena jako nejčastější  
kategorie zastoupená na katastrálním území

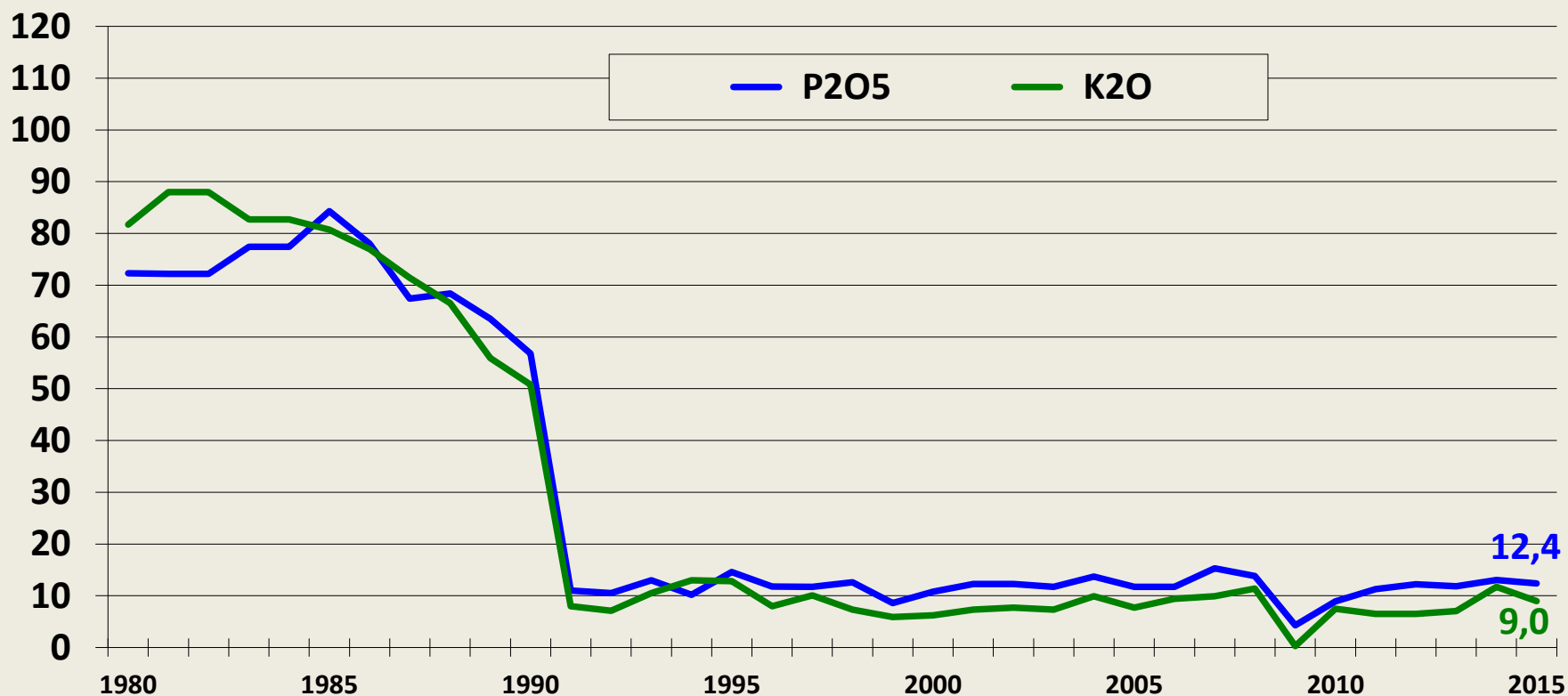
available phosphorus content is expressed as the most  
frequent class (mode) on given cadaster area

# P



Kultura	Cyklus zkoušení	Výměra	pH	P	K	Mg	Ca	K:Mg
		(ha)		mg.kg <sup>-1</sup>				
orná půda	A: 1990 - 1992	2 727 315	6,4	108	279	178	3216	1,57
	B: 1993 - 1998	2 235 838	6,4	101	253	186	3238	1,36
	C: 1999 - 2004	2 535 519	6,3	95	225	184	3031	1,22
	D: 2005 - 2010	2 696 398	6,2	90	239	185	2999	1,29
	rozdíl D - A	- 30 917	- 0,2	- 18	- 40	7	- 217	- 0,28

Spotřeba živin v kg na 1 ha zemědělské půdy – minerální hnojiva



# Agrochemické zkoušení zemědělských půd 1999 - 2004

## Agrochemical soil testing 1999 - 2004

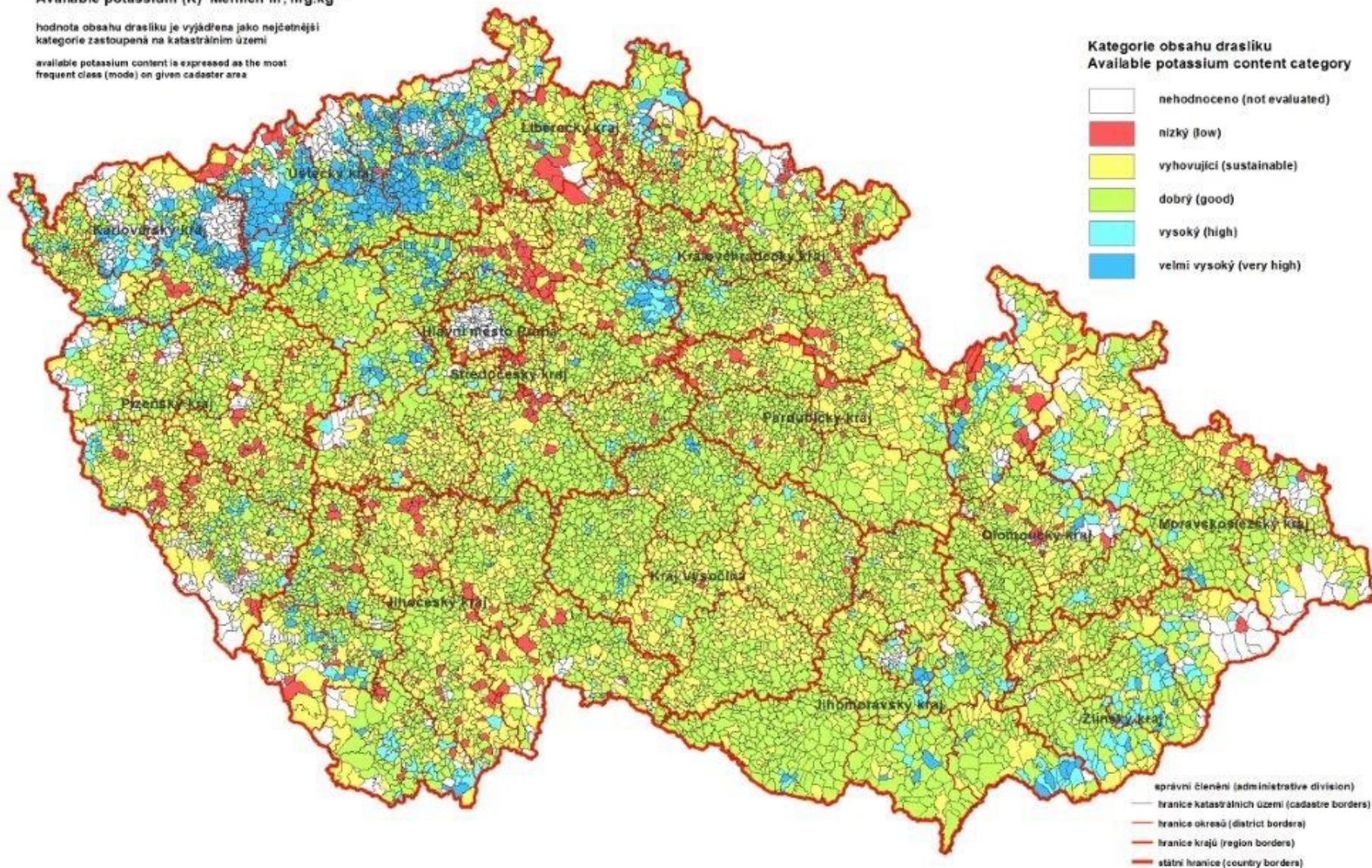
Draslík (K) Mehlich III,  $\text{mg.kg}^{-1}$

Available potassium (K) Mehlich III,  $\text{mg.kg}^{-1}$

hodnota obsahu draslíku je vyjádřena jako nejčastější  
kategorie zastoupená na katastrálním území

available potassium content is expressed as the most  
frequent class (mode) on given cadastral area

# K



# Agrochemické zkoušení zemědělských půd 2005 - 2010

## Agrochemical soil testing 2005 - 2010

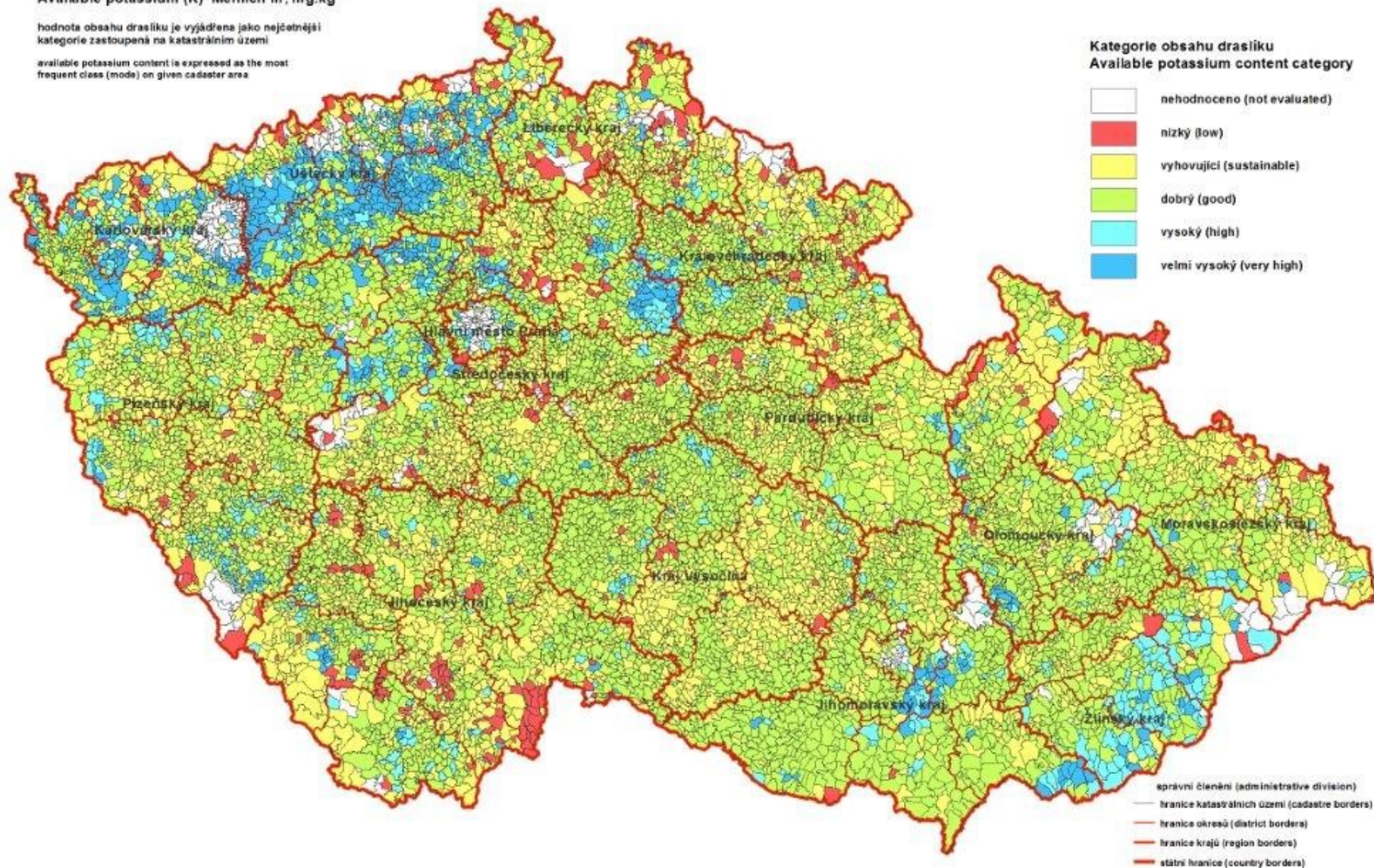
Draslík (K) Mehlich III,  $\text{mg.kg}^{-1}$

Available potassium (K) Mehlich III,  $\text{mg.kg}^{-1}$

hodnota obsahu draslíku je vyjádřena jako nejčastější  
kategorie zastoupená na katastrálním území

available potassium content is expressed as the most  
frequent class (mode) on given cadaster area

# K





# Agrochemické zkoušení zemědělských půd 2009 - 2014

## Agrochemical soil testing 2009 - 2014

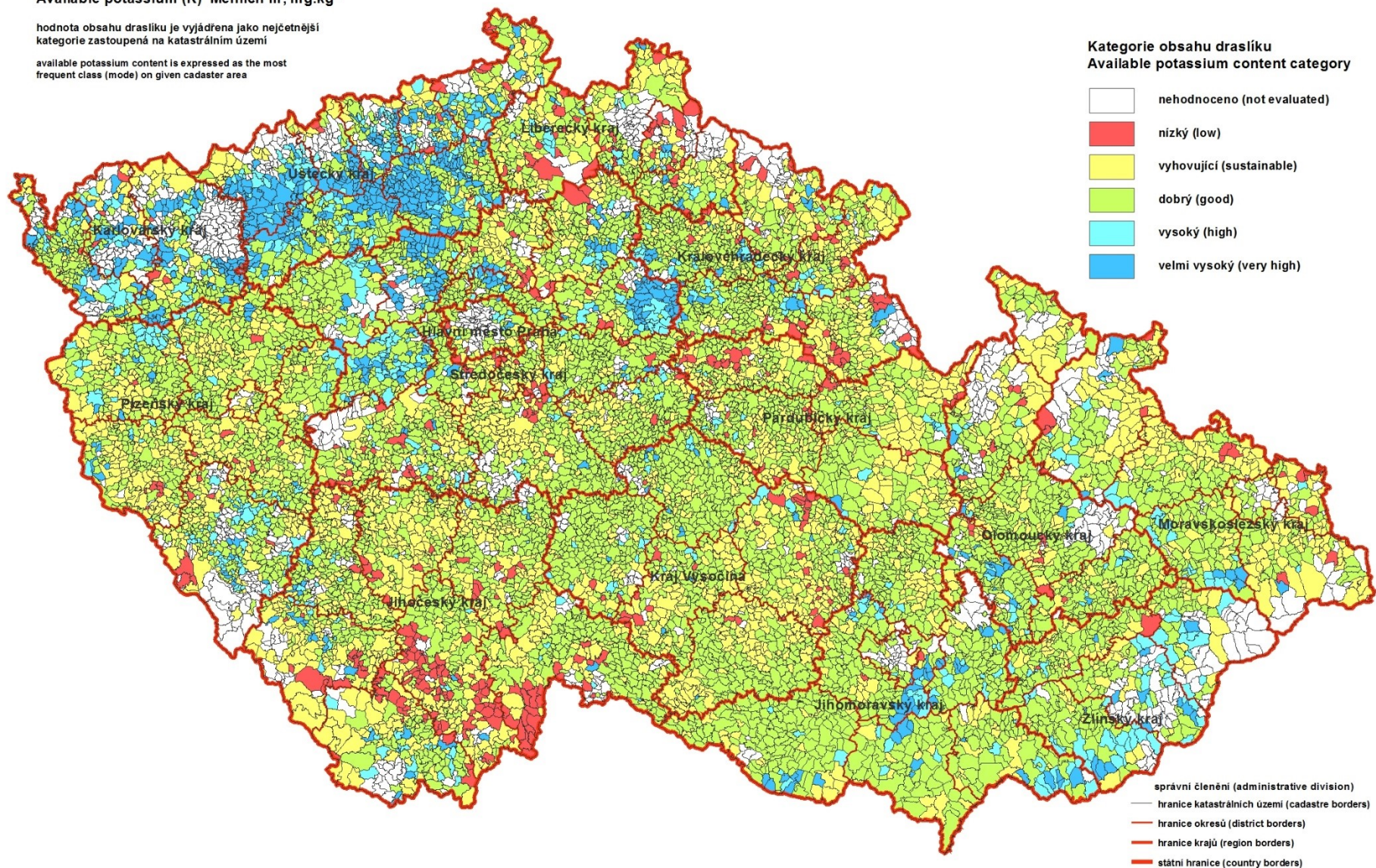
# K

Draslík (K) Mehlich III,  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

Available potassium (K) Mehlich III,  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

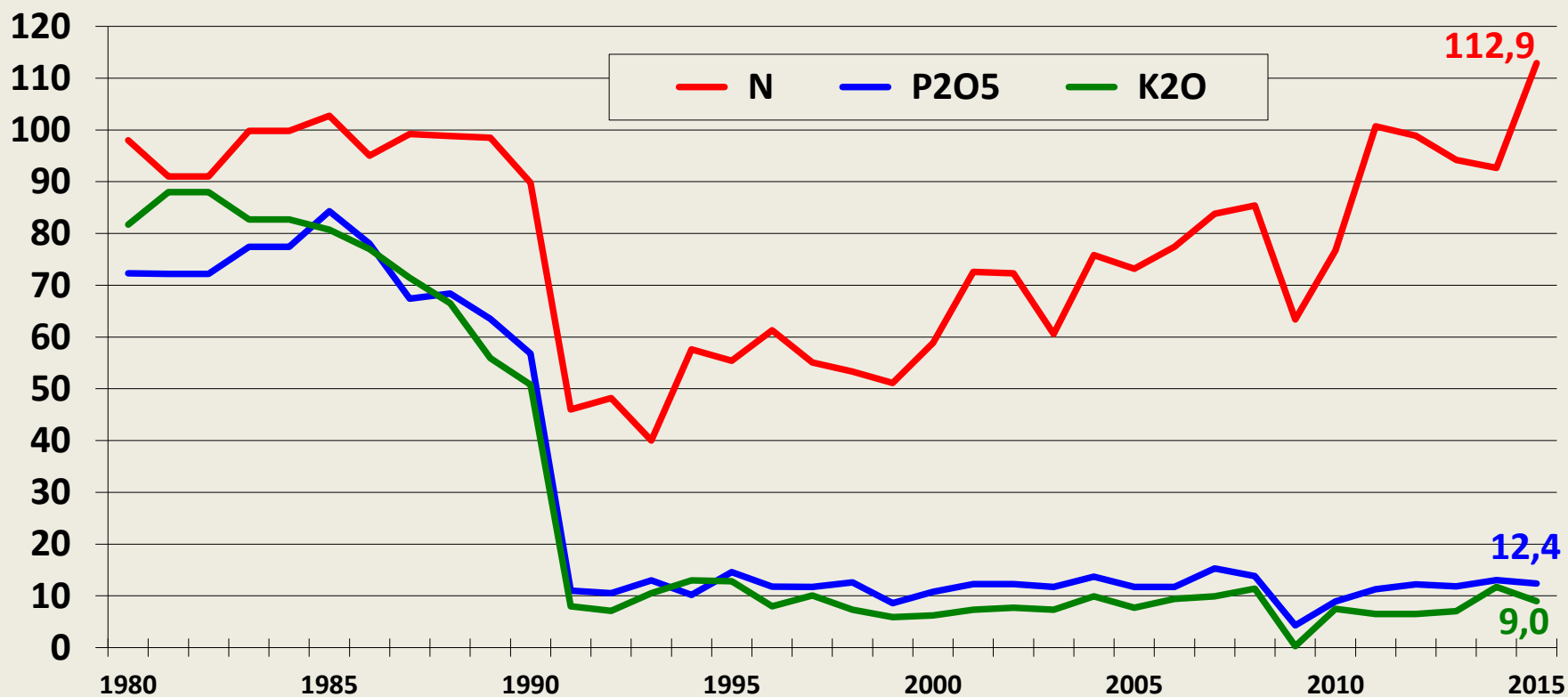
hodnota obsahu draslíku je vyjádřena jako nejčastější  
kategorie zastoupená na katastrálním území

available potassium content is expressed as the most  
frequent class (mode) on given cadaster area



Kultura	Cyklus zkoušení	Výměra	pH	P	K	Mg	Ca	K:Mg
		(ha)		mg.kg <sup>-1</sup>				
orná půda	A: 1990 - 1992	2 727 315	6,4	108	279	178	3216	1,57
	B: 1993 - 1998	2 235 838	6,4	101	253	186	3238	1,36
	C: 1999 - 2004	2 535 519	6,3	95	225	184	3031	1,22
	D: 2005 - 2010	2 696 398	6,2	90	239	185	2999	1,29
	rozdíl D - A	- 30 917	- 0,2	- 18	- 40	7	- 217	- 0,28

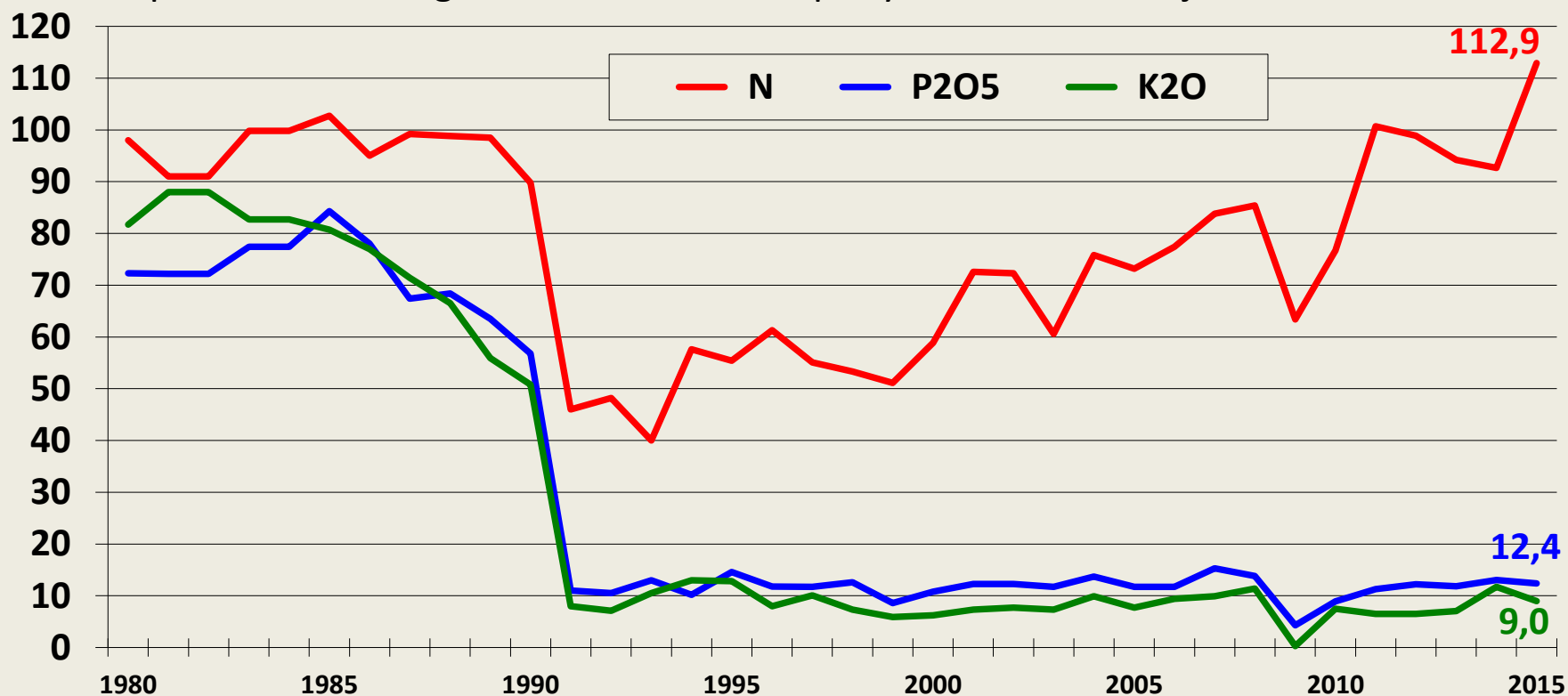
Spotřeba živin v kg na 1 ha zemědělské půdy – minerální hnojiva



# Srovnání podílu aplikovaných živin s jejich potřebou na výnos pšenice a řepky

	N	P	K
Minerální hnojiva	16,2	1,0	1,7
Pšenice ozimá			
Řepka ozimá			

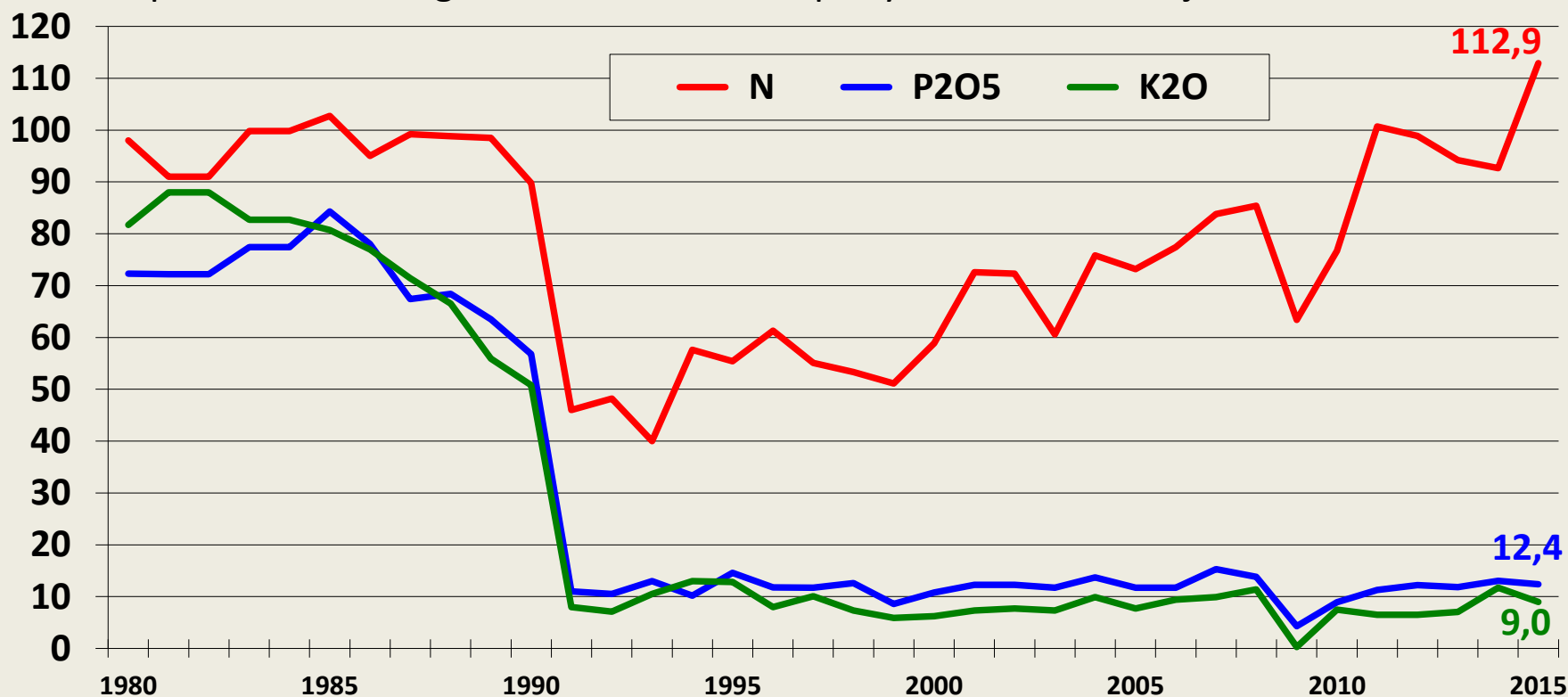
Spotřeba živin v kg na 1 ha zemědělské půdy – minerální hnojiva



# Srovnání podílu aplikovaných živin s jejich potřebou na výnos pšenice a řepky

	N	P	K
Minerální hnojiva	16,2	1,0	1,7
Pšenice ozimá	5,0	1,0	4,0
Řepka ozimá			

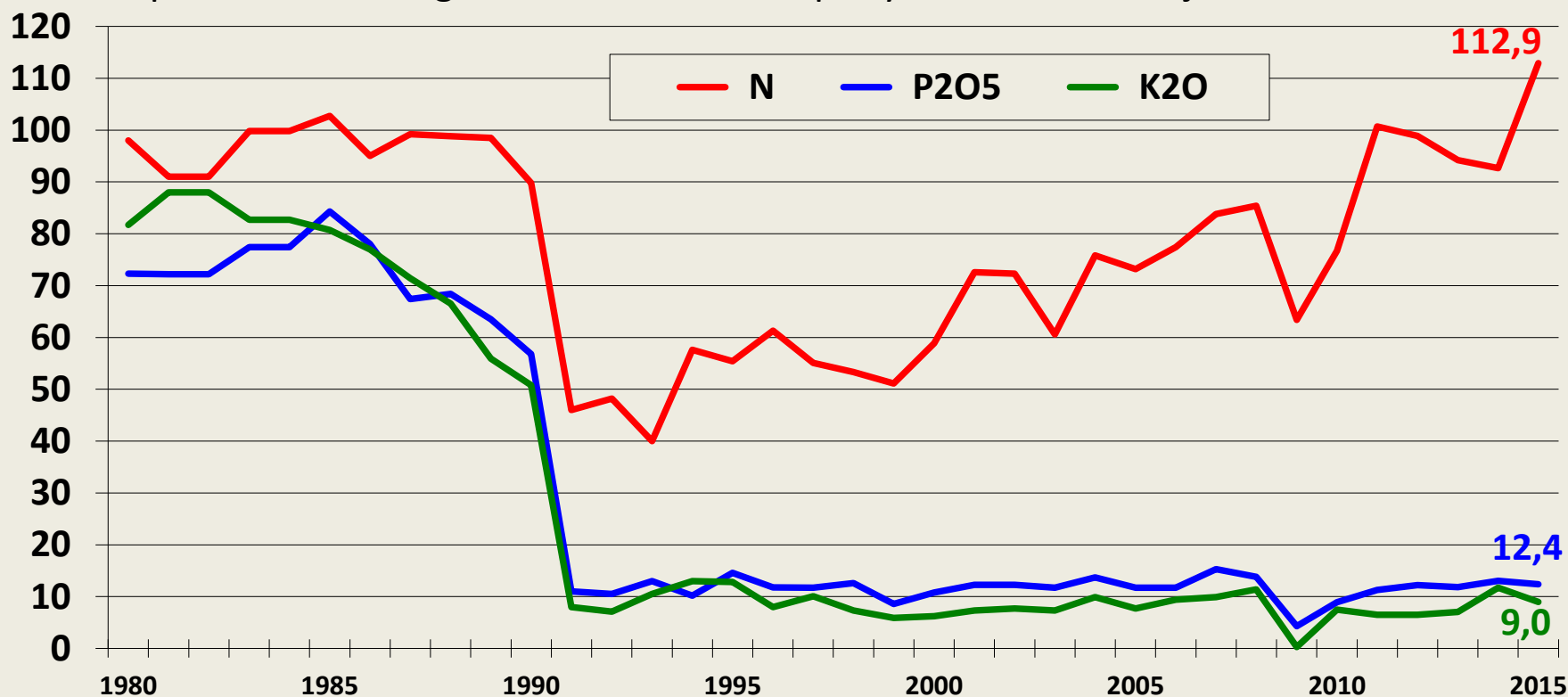
Spotřeba živin v kg na 1 ha zemědělské půdy – minerální hnojiva



## Srovnání podílu aplikovaných živin s jejich potřebou na výnos pšenice a řepky

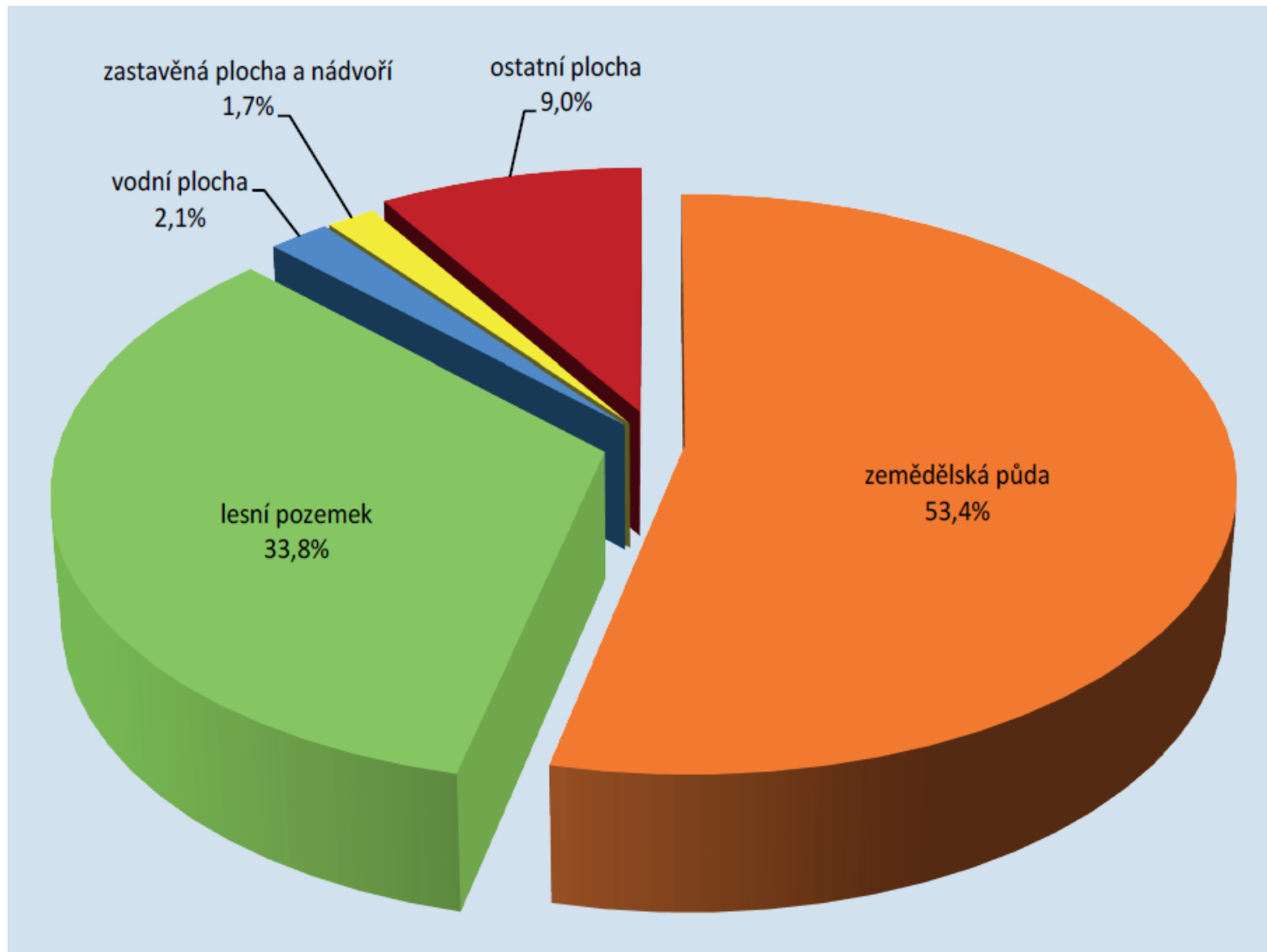
	N	P	K
<b>Minerální hnojiva</b>	16,2	1,0	1,7
<b>Pšenice ozimá</b>	5,0	1,0	4,0
<b>Řepka ozimá</b>	4,2	1,0	4,2

Spotřeba živin v kg na 1 ha zemědělské půdy – minerální hnojiva



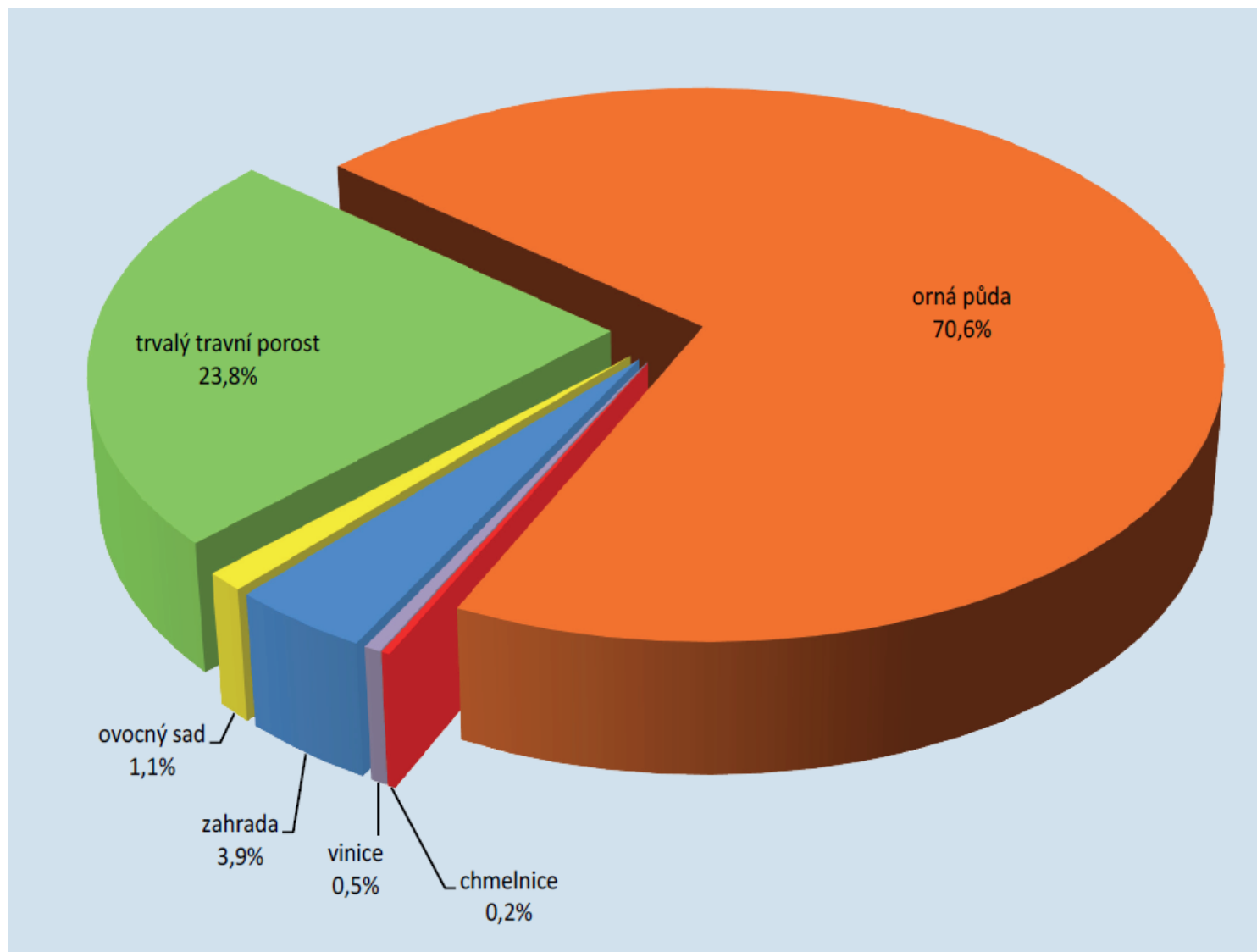


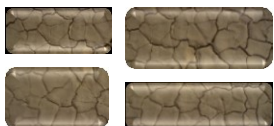
# Půda v ČR k 31.12.2015





# Půda v ČR k 31.12.2015





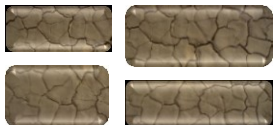
Půda  
půdní fond České republiky (ČÚZK) – porovnání let 2014 a 2015

Druh pozemku	Údaje k 31. 12. 2014					Údaje k 31. 12. 2015					Rozdíl	
	Výměra		Parcely		Průměr. parcela	Výměra		Parcely		Průměr. parcela	Výměra	Parcely
	ha	v %	počet	v %	ha	ha	v %	počet	v %	ha	ha	počet
orná půda	2978989	37,77	4615863	21,36	0,65	2971957	37,68	4855280	21,95	0,61	-7032	239417
chmelnice	10276	0,13	23417	0,11	0,44	10149	0,13	24775	0,11	0,41	-127	1358
vinice	19611	0,25	91395	0,42	0,21	19811	0,25	93723	0,42	0,21	200	2328
zahrada	163601	2,70	2608836	12,70	0,06	163785	2,80	2620277	11,84	0,06	184	11441
ovocný sad	45920	0,58	98255	0,45	0,47	45613	0,58	101593	0,46	0,45	-307	3338
trvalý travní porost	997225	12,64	2723215	12,60	0,37	1000620	12,69	2808998	12,70	0,36	3395	85783
<b>zemědělská půda</b>	<b>4215621</b>	<b>53,45</b>	<b>10160981</b>	<b>47,02</b>	<b>0,41</b>	<b>4211935</b>	<b>53,40</b>	<b>10504646</b>	<b>47,48</b>	<b>0,40</b>	<b>-3686</b>	<b>343665</b>
lesní pozemek	2666376	33,81	1509686	6,99	1,77	2668392	33,83	1539443	6,96	1,73	2016	29757
vodní plocha	164835	2,90	620120	2,87	0,27	165485	2,10	643508	2,91	0,26	650	23388
zastavěná plocha a nádvoří	132192	1,68	4267378	19,75	0,03	132119	1,68	4274447	19,32	0,03	-73	7069
ostatní plocha	707755	8,97	5051054	23,37	0,14	709042	8,99	5161284	23,33	0,14	1287	110230
<b>nezemědělská půda</b>	<b>3671158</b>	<b>46,55</b>	<b>11448238</b>	<b>52,98</b>	<b>0,32</b>	<b>3675038</b>	<b>46,60</b>	<b>11618682</b>	<b>52,52</b>	<b>0,32</b>	<b>3880</b>	<b>170444</b>
<b>celkem</b>	<b>7886779</b>	<b>100,00</b>	<b>21609219</b>	<b>100,00</b>	<b>0,36</b>	<b>7886973</b>	<b>100,00</b>	<b>22123328</b>	<b>100,00</b>	<b>0,36</b>	<b>194</b>	<b>514109</b>

**Denní pokles z.p.: 10,1 ha**

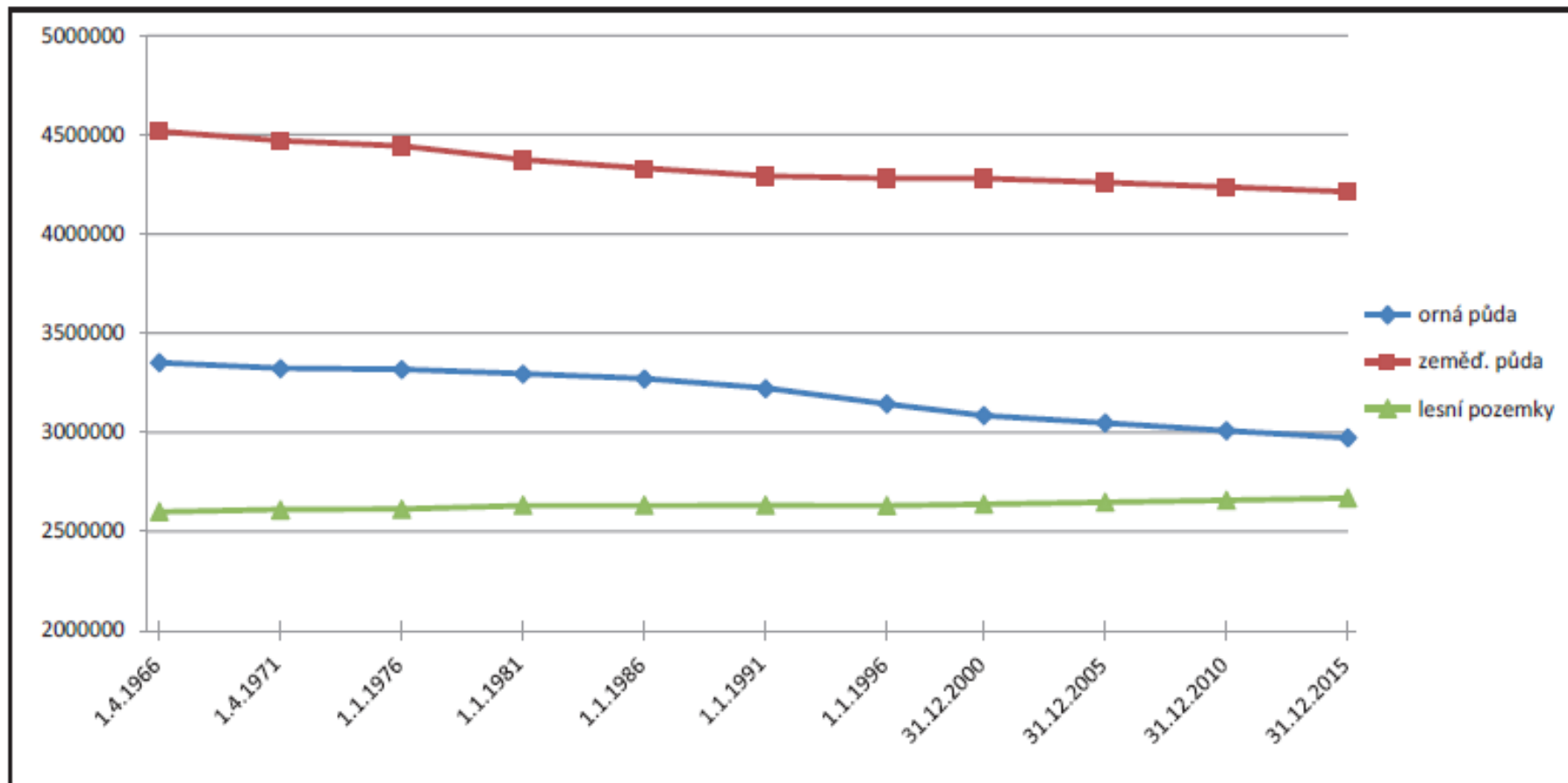
**Denní pokles o.p.: 19,3 ha**





## Agrochemické vlastnosti půd

### Vývoj půdního fondu České republiky (ČÚZK)





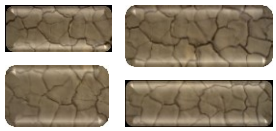
## Agrochemické vlastnosti půd

### Výměra z.p. a o.p. půdy na 1 obyvatele k 31. 12. 2015

Rok	Výměra na 1 obyvatele	
	zemědř. půdy (ha)	orné půdy (ha)
1936	0,4710	0,3640
1950	0,5660	0,4330
1960	0,4790	0,3530
1970	0,4497	0,3340
1980	0,4251	0,3201
1990	0,4137	0,3106
2000	0,4164	0,2999
2010	0,4029	0,2863
2015	0,3997	0,2820

Kraj	Výměra na 1 obyvatele		Počet obyvatel
	zemědělské půdy (ha)	orné půdy (ha)	
CZ010 Hlavní město Praha	0,0158	0,0114	1 259 079
CZ020 Středočeský	0,5021	0,4156	1 315 299
CZ031 Jihočeský	0,7679	0,4842	637 300
CZ032 Plzeňský	0,6568	0,4422	575 123
CZ041 Karlovarský	0,4142	0,1797	299 293
CZ042 Ústecký	0,3341	0,2195	823 972
CZ051 Liberecký	0,3179	0,1462	438 851
CZ052 Královéhradecký	0,5024	0,3447	551 590
CZ053 Pardubický	0,5240	0,3794	516 372
CZ063 Vysočina	0,8016	0,6192	509 895
CZ064 Jihomoravský	0,3620	0,2996	1 172 853
CZ071 Olomoucký	0,4376	0,3234	635 711
CZ072 Zlínský	0,3293	0,2071	585 261
CZ080 Moravskoslezský	0,2249	0,1390	1 217 676
<b>ČR</b>	<b>0,3997</b>	<b>0,2820</b>	<b>10 538 275</b>

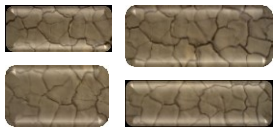




# Půdní úrodnost

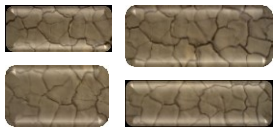
Úrodnost půdy je její schopnost

- poskytovat rostlinám prostředí pro optimální růst a vývoj (uspokojit jejich požadavky na vodu, živiny a půdní vzduch po celé vegetační období a tak zabezpečit jejich úrodu)
- poskytovat optimální podmínky pro život edafonu
- vyrovnávat změny v půdním prostředí



# Půdní úrodnost

- Souhrnná vlastnost, která je dána celým souborem **fyzikálních, biologických a chemických charakteristik celého půdního profilu** v návaznosti na stanoviště, na kterém se půda nachází.
- Úrodnost půdy **není absolutní veličinou**, ale je **relativní hodnotou** vzhledem k daným podmínkám, pěstovaným plodinám a vkladům do půdy při procesu jejího obhospodařování.
- Orientačně je možno stanovit **rozpětí optimálních hodnot hlavních agrochemických vlastností** z hlediska půdní úrodnosti.



# Prvky půdní úrodnosti

## A: Fyzikální faktory

textura  
struktura  
pórovitost  
záhřevnost  
náchylnost k erozi

## B: Agrochemické faktory

půdní reakce  
obsah MaE a MiE

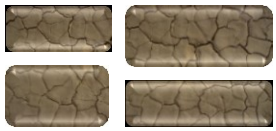
## C: Vodní režim

pohyb vody v půdě  
půdní hydrolimity  
formace půdní vody

## D: Organické a biologické faktory

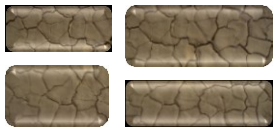
*organické zbytky*

humus  
půdní edafon



K nejdůležitějším **faktorům**, které spolupůsobí při tvorbě **půdní úrodnosti** náleží:

- **složení půdy,**
- *hloubka ornice,*
- *hloubka spodní vody,*
- *svahovitost a expozice terénu,*
- *povětrnostní podmínky,*
- *činnost člověka.*



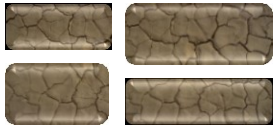
# Složení půdy

- fázové (tuhá, kapalná, plynná fáze),
- zrnitostní,
- chemické

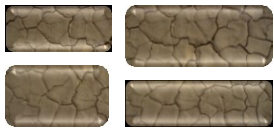
### Složení půdy – ovlivnění vlastností půdy

- sorpci živin v půdě,
- půdní reakci,
- ústojčivou schopnost půdy,
- koncentraci solí v půdním roztoku,
- obsah vody a vzduchu v půdě,
- teplotu půdy,
- redukční a oxidační procesy v půdě,
- biologickou činnost půdy,
- obsah přístupných živin (makroelementů, mikroelementů, cizorodých prvků).

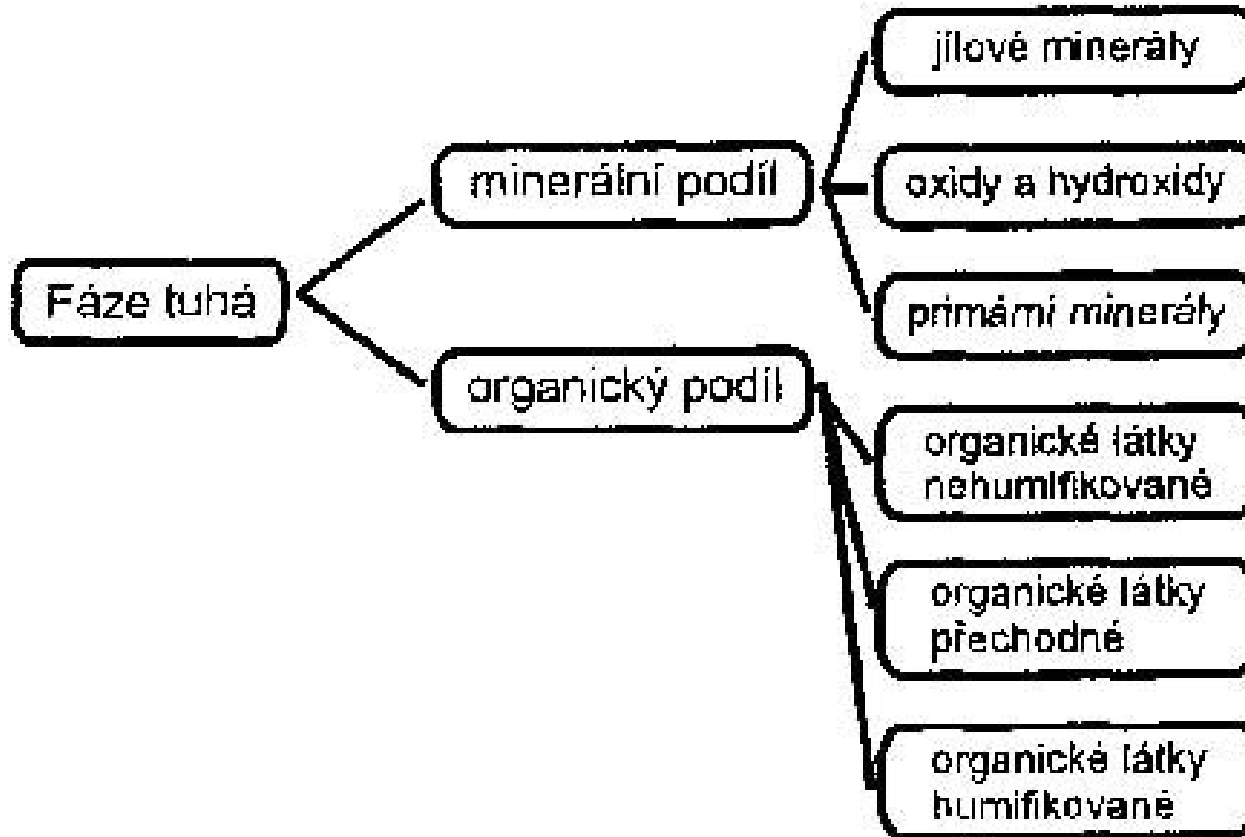


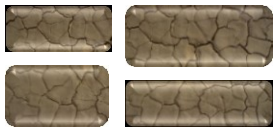


# Fázové složení půdy

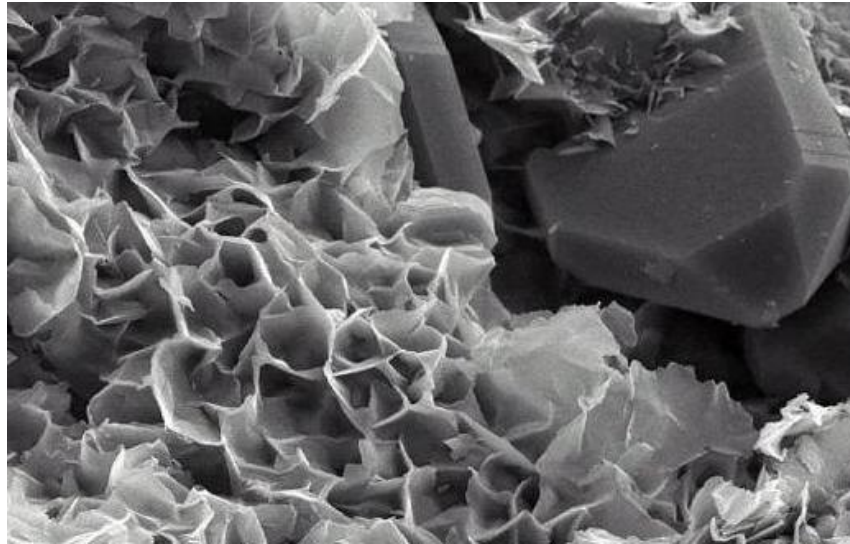


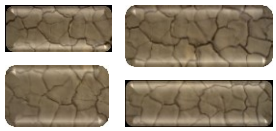
# Tuhá fáze PŮDY





# minerální podíl tuhé fáze





## Agrochemické vlastnosti půd

---

Minerální podíl tuhé fáze:

- **disperze** (nad  $1\mu\text{m}$ ),
- **koloidní disperze** (částice od  $1\mu\text{m}$  do  $1\text{nm}$  - koloidní jíl, hydratované sesquioxidy, kyselina křemičitá),
- **molekulární disperze** (pod  $1\text{nm}$  - rozpuštěné kyseliny, soli, zásady, disociované ionty v půdě).

Velikost půdních částic

- **skelet** (nad 2 mm)
- **jemnozem** (pod 2 mm)
  - písek (2,00-0,25 mm),
  - jemný písek (0,25-0,05 mm),
  - hrubý prach (0,05-0,01 mm),
  - střední a jemný prach (0,01-0,001 mm)
  - jíl (pod 0,001 mm).

***Jílnaté částice zahrnují kategorii pod 0,01 mm.***

## zrnitostní frakce

Velikost zrn	název frakce	způsob stanovení
menší 0,001 mm	jíl	přímo
0,001 - 0,01 mm	jemný a střední prach	dopočtem
menší 0,01 mm	jílkaté částice	přímo
0,01 - 0,05 mm	hrubý prach	přímo + dopočtem
0,05 - 0,25 mm	jemný písek	dopočtem
0,25 - 2,00 mm	střední písek	přímo

velikost částic v mm	název
2 - 8	drobný štěrk
8 - 32	střední štěrk
32 - 128	hrubý štěrk
128 - 256	kameny
nad 256	balvany

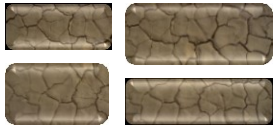


### Zrnitostní složení půd ovlivňuje:

- zásoba přístupných živin,
- schopnost živiny poutat,
- vodní a vzdušný režim půdy,
- biologickou činnost půdy aj.

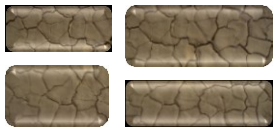
**V soustavě hnojení bereme zrnitostní složení půdy v úvahu při:**

- určování kritérií zásobenosti půdy živinami,
- volbě druhu hnojiv,
- techniky hnojení a
- hloubce zapravení hnojiv.



**minerální podíl** půdy, je tvořen:

- **jílovými minerály,**
- **oxidy a hydroxidy,**
- **primárními minerály**



## 1) jílové minerály

- vznikají rozpadem primárních křemičitanů, nebo syntézou produktů, které se uvolňují při zvětrávání minerálů
- tvoří až 70-80% z celkové hmotnosti půdy
- jsou složeny převážně z Si, Al, O, H
- stavebním kamenem krystalové mřížky JM jsou anionty kyseliny **ortokřemičité  $\text{SiO}_4^{4-}$  (tetraedry)** a druhou základní jednotkou krystalové mřížky JM tvoří aniont  **$\text{Al}(\text{OH})_6^{3-}$  (oktaedry)**

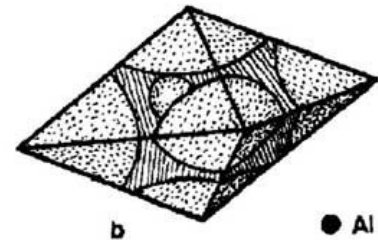
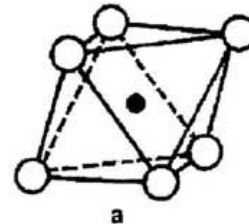
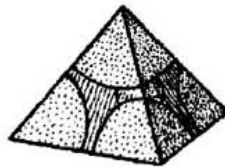
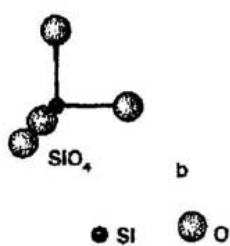
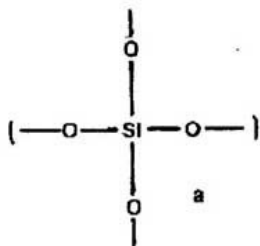
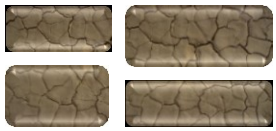


Schéma stavby tetraedru  
(a – kyselina ortokřemičitá, b – tetraedr)

Schéma uspořádání hlinitohydroxylových oktaedrů  
(a – vazba Al s OH ionty, b – hlinitohydroxylový oktaedr)





## Agrochemické vlastnosti půd

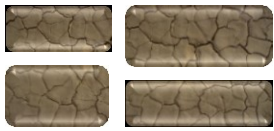
---

Krystalová mřížka všech jílových minerálů je tvořena z vrstev tetraedrů a oktaedrů.

- elektroneutrální struktura
- vrstvy vytváří **lamely** krystalové mřížky JM (ze dvou nebo ze tří vrstev tetraedrů a oktaedrů).

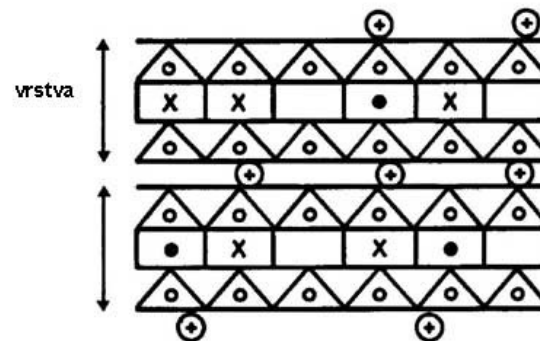
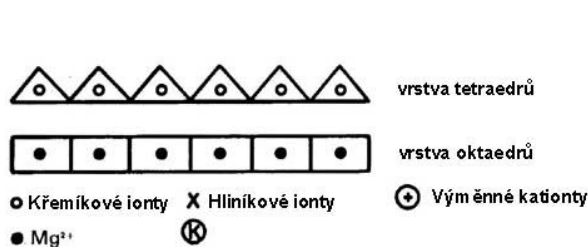
JM dělíme na skupinu:

- **smektitu,**
- **kaolinitu,**
- **illitu,**
- **allofánu**

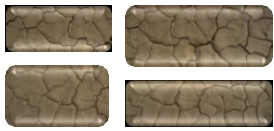


# Skupina smektitu

- **montmorillonit**, beidellit a saponit,
- lamela - 2 vrstvy tetraedrů a 1 vrstva oktaedru,
- **vysokou disperzitou částic** (80% je pod  $1\mu\text{m}$ ),
- **velkou vnější i vnitřní povrchovou plochou** (měrný povrch činí  $500\text{-}600\text{ m}^2\cdot\text{g}^{-1}$ ),
- **vysoká sorpční kapacita 80-120 mmol na 100 g minerálu**,
- **vysoká plasticita, vaznost a hydrofilnost**,
- **montmorillonity - nejvíce rozšířeny v půdách černozemního typu.**

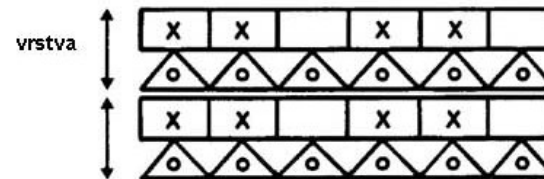
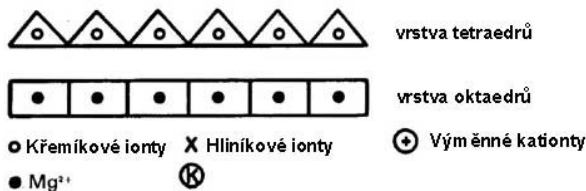


**Montmorillonit**, 2:1 jílový minerál. Ionty a molekuly vody mohou pronikat krystalickou mřížkou. Vysoká výměnná kapacita pro Ca.

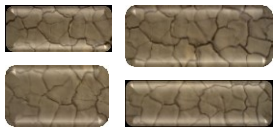


# Skupina kaolinitu

- **kaolinit**, halluisit aj.,
- lamela – 1 vrstva tetraedru a 1 vrstva oktaedru,
- velká pevnost krystalové mřížky,
- **menší disperzitou částic** (pouze 20 - 25% částic je pod  $1\mu\text{m}$ ),
- **malý vnější i vnitřní povrch**,
- **nízká sorpční kapacita** (5-10 mmol na 100g),
- nepatrná bobtnavost pro vodu,
- **minerály méně hodnotné, zastoupeny hlavně v půdách podzolových.**

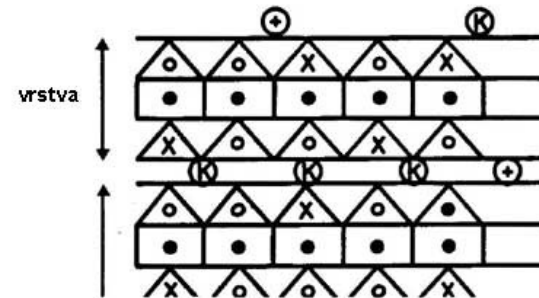
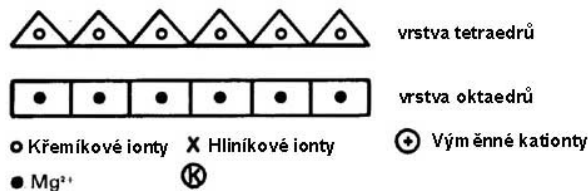


**Kaolinit**, 1:1 jílový minerál.  
Jednotlivé vrstvy jsou spojeny vodíkovými vazbami.  
Nízká výměnná kapacita.

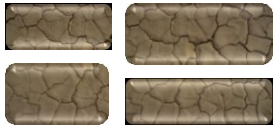


# Skupina illitu

- **illit, glaukonit, vermikulit** aj. s nekonstantním chemickým složením,
- skupina přechodných jílových minerálů
- **svými vlastnostmi zauímají místo mezi smektity a kaolinity,**
- **měrný povrch mají 50 - 90 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>,**
- přičemž vnitřní povrch tvoří více než 50% celkového měrného povrchu. -
- **sorpční kapacita činí 10-40 mmol/100g,**
- minerály ze skupiny illitu jsou tvořeny z trojvrstev,
- v krystalické mřížce se nachází **K**

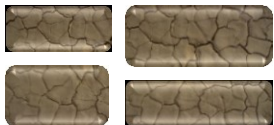


**Illit**, 2:1 jílový minerál. Vrstva draselných iontů je připojena, ovšem nebrání průniku výměnných iontů. Střední výměnná kapacita.



# Skupina allofánu

- vzniká zvětráváním allumosilikátového skla (sopečný popel), nebo krystalizací Si-Al-solů.
- vysoká kationtová výměnná kapacita (135 mmol na 100g)
- vysoká sorpční kapacitu pro anionty (až 30 mmol na 100g)
- Allofán silně poutá humusové kyseliny, fosforečnanové anionty a enzymy.



### 2) oxidy a hydroxidy

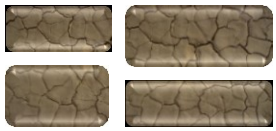
- vznik - při zvětrávání PM nebo mineralizací organických zbytků,
- z celkové hmotnosti půdy zaujímají 10-15%,
- převážně sloučeniny amorfnní povahy:
  - hydratované oxidy Fe, Al, Si nebo Mn.
- **vykazují určitou schopnost poutat na svém povrchu živiny do forem pro rostlinu přístupných.**

#### Fe a Al oxidy a hydroxidy (např. $\text{Al}(\text{OH})_3$ , $\text{AlOOH}$ )

- *adsorbují živiny v závislosti na pH a náboji,*
- *podílí se na fixaci fosforečnanů a na agregaci půdy.*

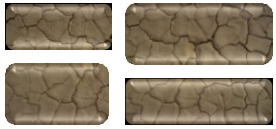
#### Mn oxidy a hydroxidy

- v půdách značně labilní - změny oxidačních podmínek.
- vysoká sorpční kapacita zejména pro TK (Co, Ni, Pb, Cr, Zn).
- Vliv oxidů a hydroxidů se uplatňuje hlavně **ve fyzikálních a fyzikálně chemických vlastnostech půdy.**



### 3) primární minerály

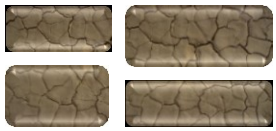
- v minerálním podílu půdy pouze 7-10 %,
- **význam pro bezprostřední výživu rostlin je malý,**
- křemen, živce, slídy, pyroxémy aj.,
- v půdě ve formě větších částic (prach, písek, skelet),
- **postupně zvětrávají, uvolňují ionty ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$  aj.),**
- **pomalý průběh zvětrávacích procesů - vliv na výživu rostlin zanedbatelný.**



# organický podíl tuhé fáze





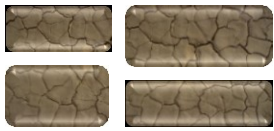


## Organický podíl

- živá složka (půdní mikroorganismy),
- neživá složka (organické látky)

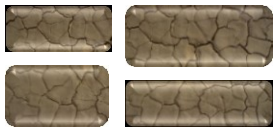
*OL v půdě tvoří veškerý spalitelný podíl půdy*

- **nehumifikované,**
- **přechodné,**
- **humifikované.**

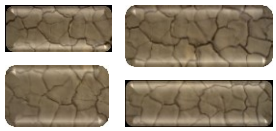


# Nehumifikované organické látky

- v půdě většinou pouze **10-15% z celkového organického podílu půdy**,
- odumřelé, nerozložené, nebo polorozložené zbytky rostlin, organických hnojiv, zooedafonu a mikroedafonu
- **postupně v aerobních podmínkách rozkládány (*mineralizovány*) až na konečné produkty mineralizace ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  aj.)**

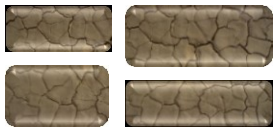


- uvolněné živiny slouží jako **zdroj výživy pro rostliny i půdní mikroflóru**
- tyto procesy jsou v podstatě základem biologické činnosti půdy – **aerobní podmínky**
- **intenzita mineralizace OL v půdě může být značně rozdílná a závisí na:**
  - vlastnostech výchozího materiálu a jeho množství v půdě
  - teplotě,
  - přístupu vzduchu (aeraci)
  - vlhkosti,
  - půdní reakci (pH),
  - obsahu N látek v půdě aj.



# Humifikované organické látky

- veškeré množství OL se však v půdě úplně nemineralizuje až na jednoduché produkty
- **tvorba stabilnějších OL většinou aromatické povahy (humifikace)**
- **produkci a tvorbu energeticky bohatých sloučenin v důsledku humifikace (rašelinění) a karbonizace (uhelnatění)**
- převážně za **anaerobních podmínek**



## Agrochemické vlastnosti půd

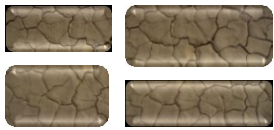
---

- **humifikace - syntetická povaha,**
- *humusové látky mají podstatně komplikovanější stavbu a vyšší molekulární hmotnost než výchozí humusotvorný materiál*
- **Humus** tedy zahrnuje půdní OL, které prošly humifikačními procesy
- Výsledné produkty humifikace označujeme jako **humusové látky** (humus pravý nebo vlastní), mezi které řadíme:
  - fulvokyseliny
  - humínové kyseliny (+hymatomelanová kys.)
  - huminy a humusové uhlí

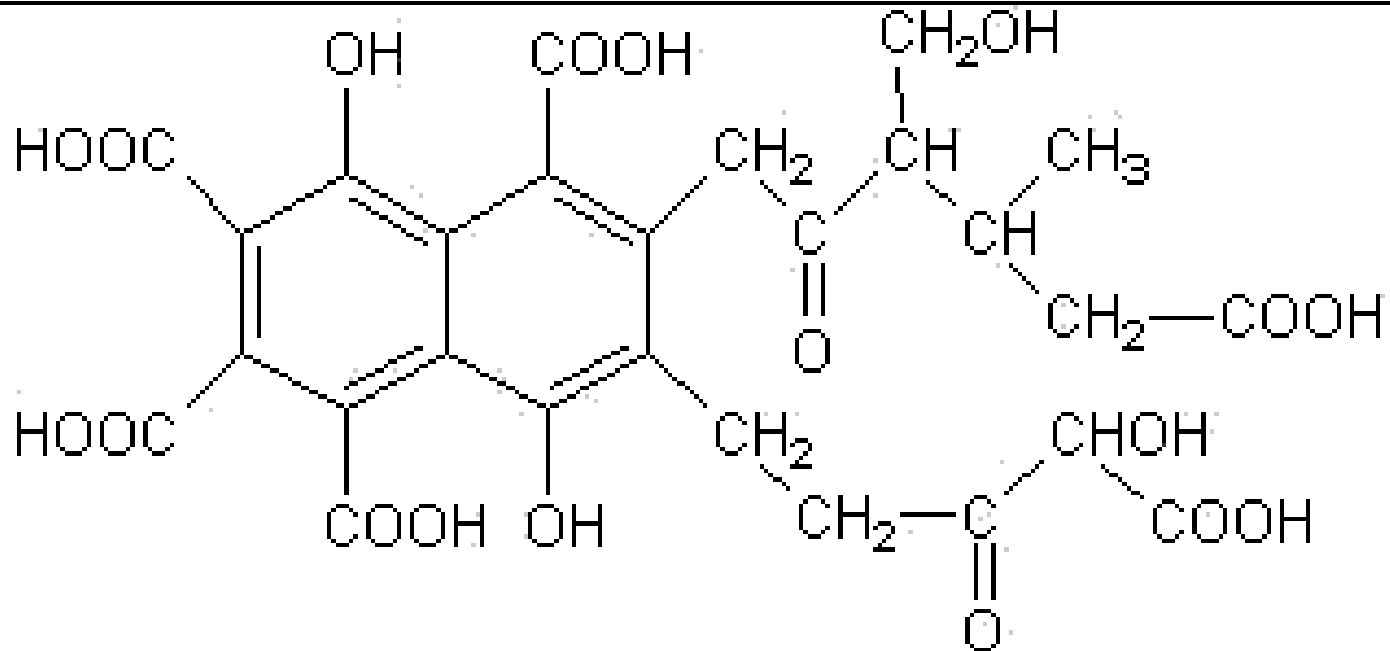


## Fulvokyseliny

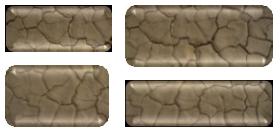
- **nejnižší molekulová hmotnost**
- **nejsvětlejší barva**
- **rozpustnost (ve vodě a kyselinách)**
- **nejmenší odolnost vůči mineralizaci**
- **složení:**  
C 40 - 49 %, O 40 – 49 %, H 4 - 6 %, N 1 - 5 %
- **lehce se rozkládají i syntetizují (mineralizace/hmuifikace)**
- **při vysoké biologické aktivitě – nižší obsah**
- **sorpční kapacita 3000 mmol na kg půdy**



## Agrochemické vlastnosti půd



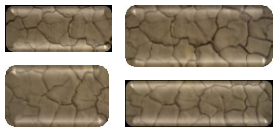
Fulvokyselina (Buffle 1977)



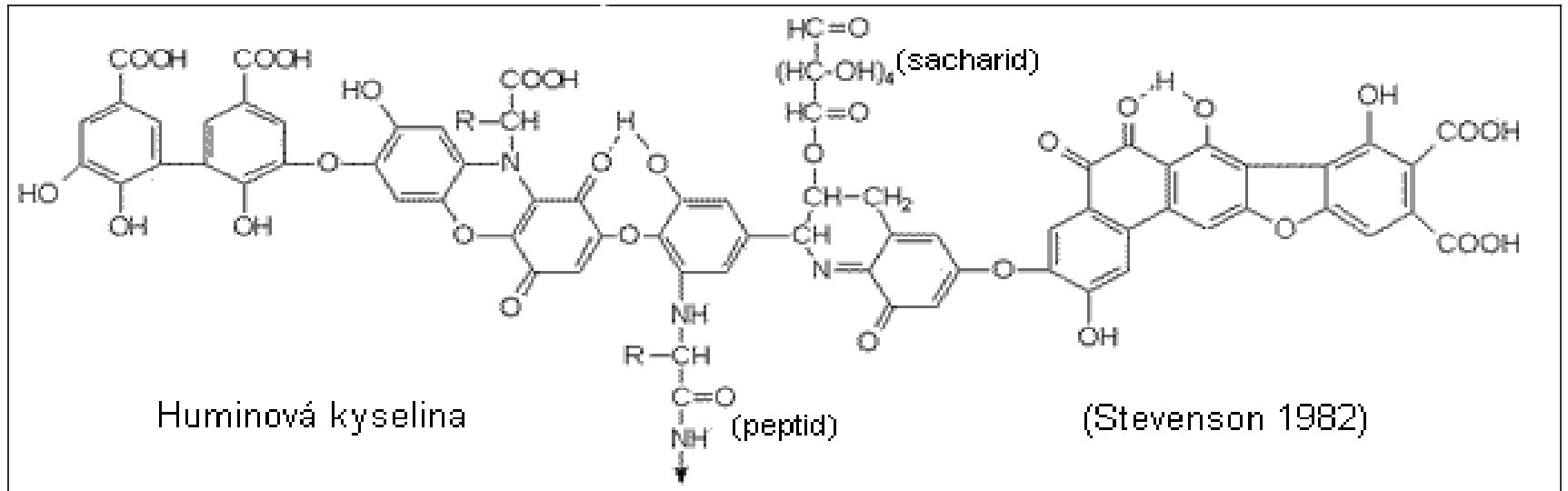
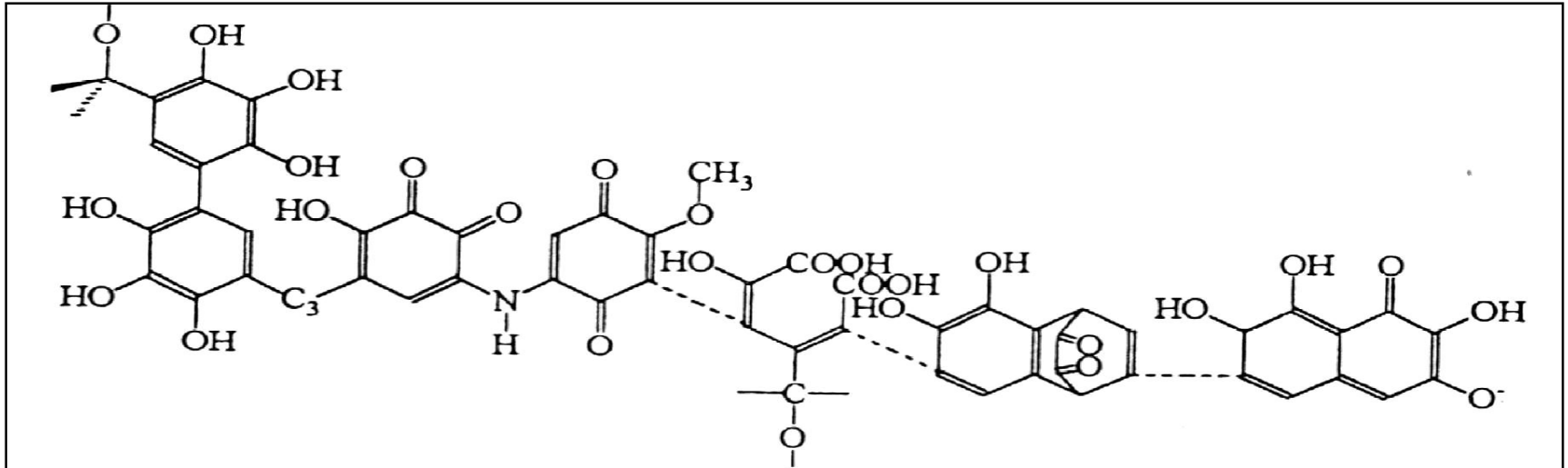
## Huminové kyseliny

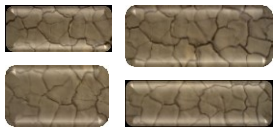
- tmavší barvy
- vysokomolekulární dusíkaté organické sloučeniny s cyklickou stavbou
- rozpustné v hydroxidech, v kyselinách se vysráží
- složení:  
C 52 - 65 %, O 30 - 39 %, H 2 - 6 %, N 2 - 6 %
- vysoká sorpční schopnost (přes 4000 mmol na kg půdy)
- v půdách jako soli s kationty – HUMÁTY
- odolnost HK k rozkladu je střední
- součástí HK jsou i *hymatomelanové kyseliny* (žluté až žlutohnědé zbarvení – kvalita nižší )





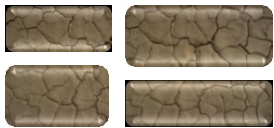
# Agrochemické vlastnosti půd



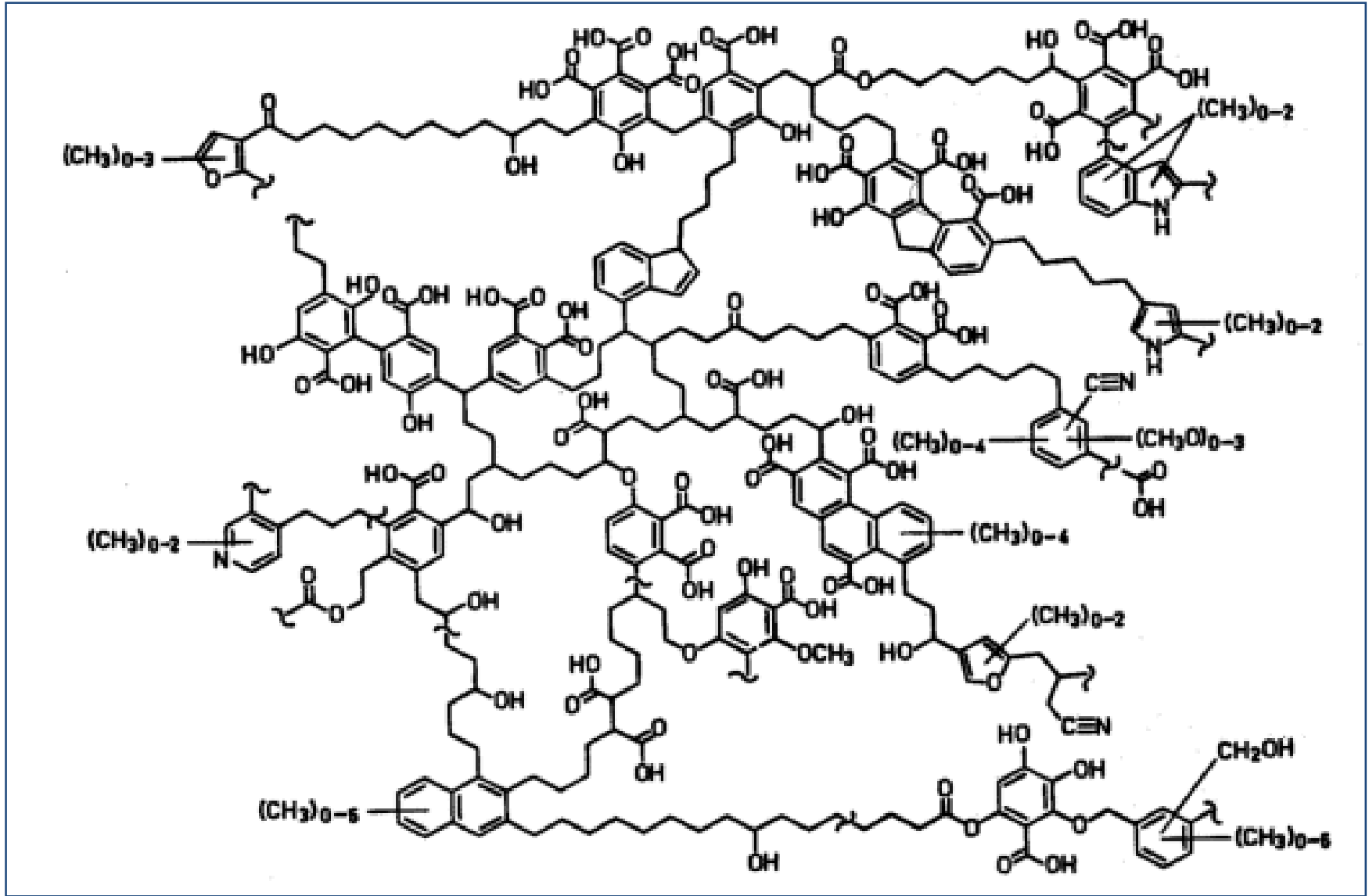


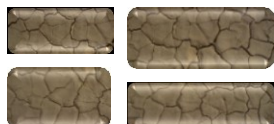
# Huminy

- **Tmavá barva**
- **Nejvyšší molekulová hmotnost**
- **Nerozpustný v kyselinách i zásadách**
- **Odolný vůči mikrobiálnímu rozkladu**
- **Má vysokou sorpční schopnost**
- Humusové uhlí – vývojově nejstarší složka půdní organické hmoty

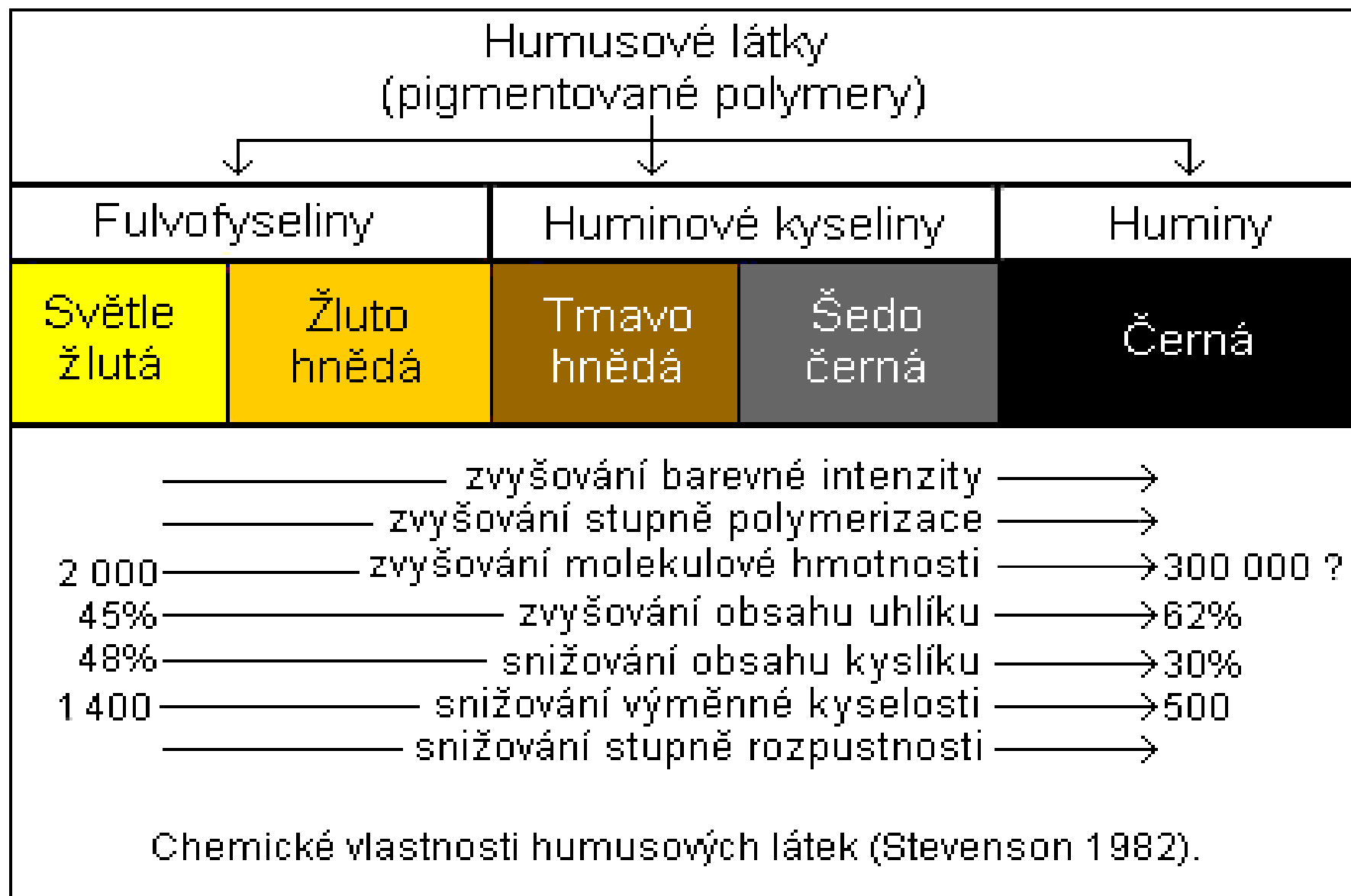


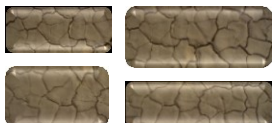
# Agrochemické vlastnosti půd





## Agrochemické vlastnosti půd





## Agrochemické vlastnosti půd

---

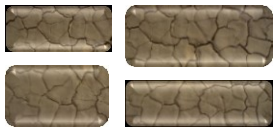
### Vlastnosti humusových látek

Parametr	Fulvokyseliny	Huminové kyseliny	Huminy
Stupeň polymerizace	nízký	sřední	vysoký
mobilita	vysoká	sřední	malá
obsah C (%)	45	55	>60
obsah N (%)	0,5-2	3-8	.
sorpce živin	nízká	vysoká	nízká
barva	žlutorezavá	hnědočerná	černá
vznik	převážně abiotický		převážně biotický



# Význam humusových látek

- vliv HL v půdě je mnohostranný
- **spočívá v kladném ovlivnění všech půdních vlastností působících rozhodující měrou na obsah živin v půdě i na půdní úrodnost.**
- Jejich přítomnost vede:
  - **k vysokému poutání živin v půdě (6-7x vyšší než u jílových minerálů),**
  - jsou důležitým faktorem **drobtovité struktury**, jejímž důsledkem je příznivý vodní, vzdušný a tepelný režim půdy,
  - kladně ovlivňují **ústoječivou schopnost půd**,
  - **detoxikují škodlivé sloučeniny** a částečně váží i **těžké kovy**,
  - **humusovým efektem omezují retrogradaci fosforečnanů.**

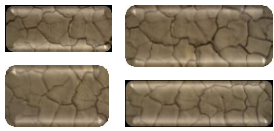


## Agrochemické vlastnosti půd

---

### Hodnocení obsahu humusu v půdě (Scheffer a Schachtschabel, 1984)

Půdy	Humus (%)	C (%)
chudé na humus	<1	<0,6
slabě humózní	1-2	0,6-1,2
středně humózní	2-4	1,2-2,3
silně humózní	4-8	2,3-4,6
velmi silně humózní	8-15	4,6-8,7
bohaté na humus	15-30	8,7-17,4



# Kapalná fáze PŮDY

### - půdní voda (půdní roztok)

funkce: dispergační,  
rozpouštěcími,  
hydrolytickými a  
transportními.

- podmiňuje existenci koloběhu látek

- **z hlediska výživy - transport látek z půdního roztoku do živých buněk kořenového systému rostlin,**

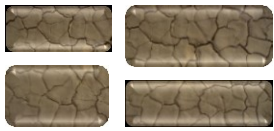
- **vertikální transport půdním profilem (vymývání živin)**

### Složení i koncentrace půdního roztoku

- výsledkem působení fyzikálních, chemických, fyzikálně chemických i biologických procesů

- v souvislosti s teplotou, vlhkostí, aerací a složením tuhé fáze půdy





## Agrochemické vlastnosti půd

---

- obsahuje řadu rozpuštěných min. i org. látek v různém množství a poměru.

### Z minerálních látek

**kationty**  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $H^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  aj.,

**anionty**  $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $H_2PO_4^-$ ,  $OH^-$ ,  $Cl^-$

- **složení i koncentrace solí se v půdním roztoku během roku mění**
- **ve „zdravých půdách“ činí obsah solí v půdním roztoku asi 0,05%.**

**Koncentrace solí se zvyšuje:** hnojením, vysycháním půdy, zvětráváním a intenzívní mineralizací organických látek.

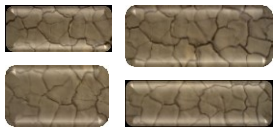
**Koncentrace solí se snižuje:** zvýšením půdní vlhkosti, odčerpání živin rostlinami i mikroorg., vyplavení nebo jejich imobilizace do nerozpustných forem atp.

---

### Rozdělení rostlin podle reakce na hodnotu osmotického tlaku v Mpa

Skupina rostlin	Osmotický tlak v MPa	Vliv na rostliny
1.	< 0,076	vliv solí lze pominout
2.	0,076-0,145	projevuje se deprese jen u citlivých rostlin
3.	0,146-0,288	projevuje se silnější deprese u většiny rostlin
4.	0,289-0,576	snášejí jen rostliny odolné vůči solím

---



# Plynná fáze PŮDY

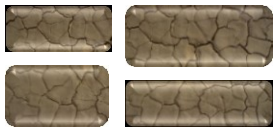
plynná fáze půdy je tvořena **půdním vzduchem**,  
oproti atmosférickému vzduchu obsahuje zpravidla více CO<sub>2</sub>, méně O<sub>2</sub> a zvýšené množství vodních par.

### Oxid uhličitý

- v průměru 0,3 % (až 1-5%).
- zvyšuje se v důsledku rozkladu OL půdními mikroorg., dýcháním kořeny rostlin, nedostatečným provzdušněním.
- tvoří s vodou **H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>**, která je významným *regulátorem reakce půdy (rozmezí pH 5,2-6,5) a působí přímo i při výživě rostlin uhlíkem.*

### Obsah kyslíku

- v rozmezí 10-20%
- zajišťuje dýchání všech půdních organismů, k oxidaci OL i minerál. L
- nedostatek – redukce Fe a Mn sloučenin.



## Agrochemické vlastnosti půd

---

### Obsah dusíku

ve formě  $\text{NH}_3$

ve formě  $\text{N}_2$  - volná a symbiotická fixaci

v anaerobních podm. - přeměna  $\text{NO}_3^-$  přes  $\text{NO}_x$  až na  $\text{N}_2$  - **denitrifikace**.

### Rozpustnost plynů

- závislá na teplotě a parciálním tlaku.

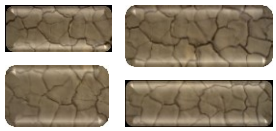
- rozpustnost kyslíku asi 30x, dusíku 60x nižší než  $\text{CO}_2$ .

*-průměrný poměr parciálních tlaků v půdním vzduchu  $\text{CO}_2:\text{O}_2$  1:60*

*-poměru jejich rozpustnosti 30:1*

*-poměr obsahu rozpuštěných  $\text{CO}_2:\text{O}_2$  1:2.*

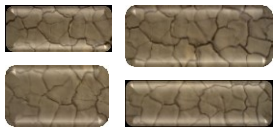
*poměr je velmi důležitý pro všechny biologické procesy v půdě včetně samotné výživy pěstovaných plodin*



Výživu rostlin neovlivňuje pouze množství živin obsažených v půdě, ale také **schopnost půdy poskytovat tyto živiny během vegetace pěstovaným plodinám.**

Složení půdy podmiňuje řadu dalších půdních vlastností, které ovlivňují příjem živin kořeny rostlin. Jsou to:

***sorpční schopnost půdy,  
půdní reakce,  
pufrovací schopnost půd,  
redukčně oxidační poměry v půdě,  
biologická aktivita půdy.***



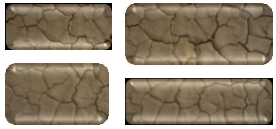
# SORPČNÍ SCHOPNOST PŮDY

**schopnost půdy poutat ionty nebo celé molekuly různých sloučenin z půdního roztoku do pevné fáze půdy.**

- *ochrana proti vyplavení,*
- *vytvoření rezervoáru lehce přijatelných živin pro rostliny*  
*umožnění postupného příjmu živin během vegetace*
- *omezení nežádoucího zvýšení konc. solí v půdním roztoku*

Každá půda vykazuje několik druhů sorpce živin. Rozlišujeme následující druhy sorpce živin v půdě:

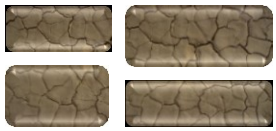
- 1. mechanická,**
- 2. fyzikální,**
- 3. chemická,**
- 4. fyzikálně chemická,**
- 5. biologická.**



# SORPČNÍ SCHOPNOST PŮDY

## Mechanická sorpce

Mechanická sorpce se uskutečňuje **mechanickým zadržováním disperzních částic** nebo velkých agregátů koloidních částic a sražením v povrchových, zúžených nebo slepě končících pórech.  
*Pro výživu rostlin má omezený význam.*

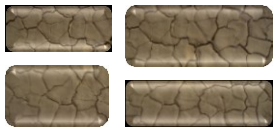


# SORPČNÍ SCHOPNOST PŮDY

## Fyzikální sorpce (adsorpce)

Fyzikální sorpce **souvisí s povrchovými jevy na fázovém rozhraní**. Je daná obsahem jemně disperzních částic, které zvyšují výrazně celkový povrch.

Při fyzikální sorpci dochází k **vyvázání iontů i celých molekul vlivem fyzikálních sil**. Jsou-li molekuly určité látky půdního roztoku přitahovány k pevným částicím půdy většími fyzikálními silami nežli molekuly vody, jde o **kladnou fyzikální sorpci**. V opačném případě se jedná o **zápornou fyzikální adsorpci**, která vede k vyplavování živin do spodních vrstev a ke kontaminaci podpovrchových vod.



# SORPČNÍ SCHOPNOST PŮDY

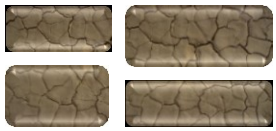
## Chemická sorpce

Jedná se o schopnost půdy zadržovat některé živiny v důsledku chemických reakcí, při nichž vznikají ze sloučenin rozpustných ve vodě (iontů) sloučeniny ve vodě málo rozpustné nebo nerozpustné (sraženiny).

- $Ca^{2+}$  a  $Mg^{2+}$  vytváří s anionty  $CO_3^{2-}$  a  $SO_4^{2-}$   $CaCO_3$ ,  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ,  $MgCO_3$ .
- $H_2PO_4^-$  spolu s  $Ca^{2+}$  tvoří -  $Ca(H_2PO_4)_2$ ,  $CaHPO_4$ ,  $Ca_3(PO_4)_2$ ,  $Ca_4H(PO_4)_3 \cdot 2H_2O$ ,  $Ca_5(PO_4)_3 \cdot OH$  – **apatit**
- chemisorpce P na  $Al^{3+}$  a  $Fe^{3+}$  za vzniku  $Al(OH)_2 \cdot H_2PO_4$  – **variscit**, apod.
- K chemisorpci dochází i u mikroelementů (B, Fe, Zn, Cu, Mn, Mo) – vliv zejména pH

Z hlediska výživy rostlin - důležité omezit chemisorpci - **vznik těžce rozpustných sloučenin!!!!**

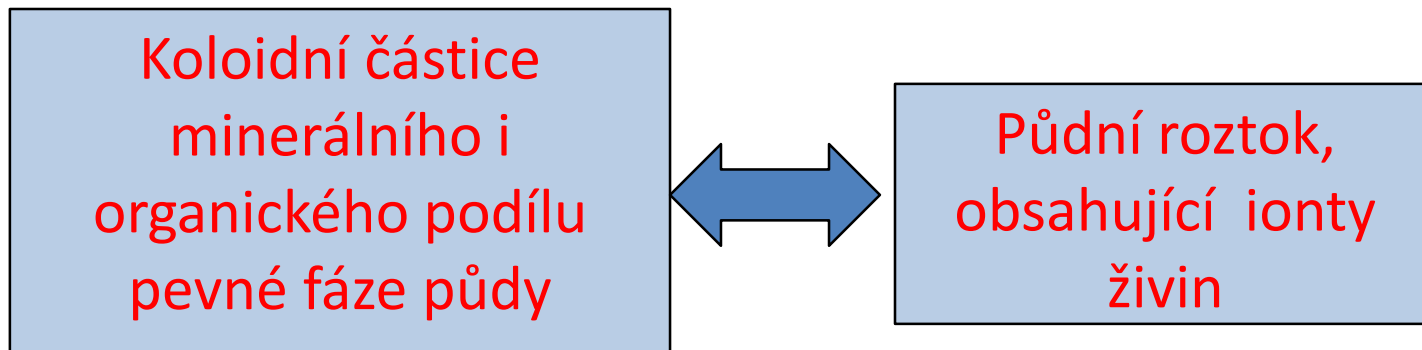




# SORPČNÍ SCHOPNOST PŮDY

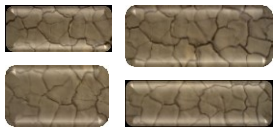
## Fyzikálně chemická

Její podstatou jsou elektrostatické síly, resp. vzájemná neutralizace opačně nabitých částic.



## *Reverzibilní proces*

Soubor všech půdních koloidů - výměnný sorpční komplex, - půdními koloidy (do 0,001 mm),



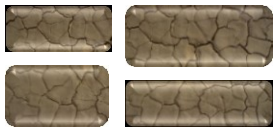
# SORPČNÍ SCHOPNOST PŮDY

## Fyzikálně chemická

Půdní koloidy představují látky **organické, minerální, a organominerální.**

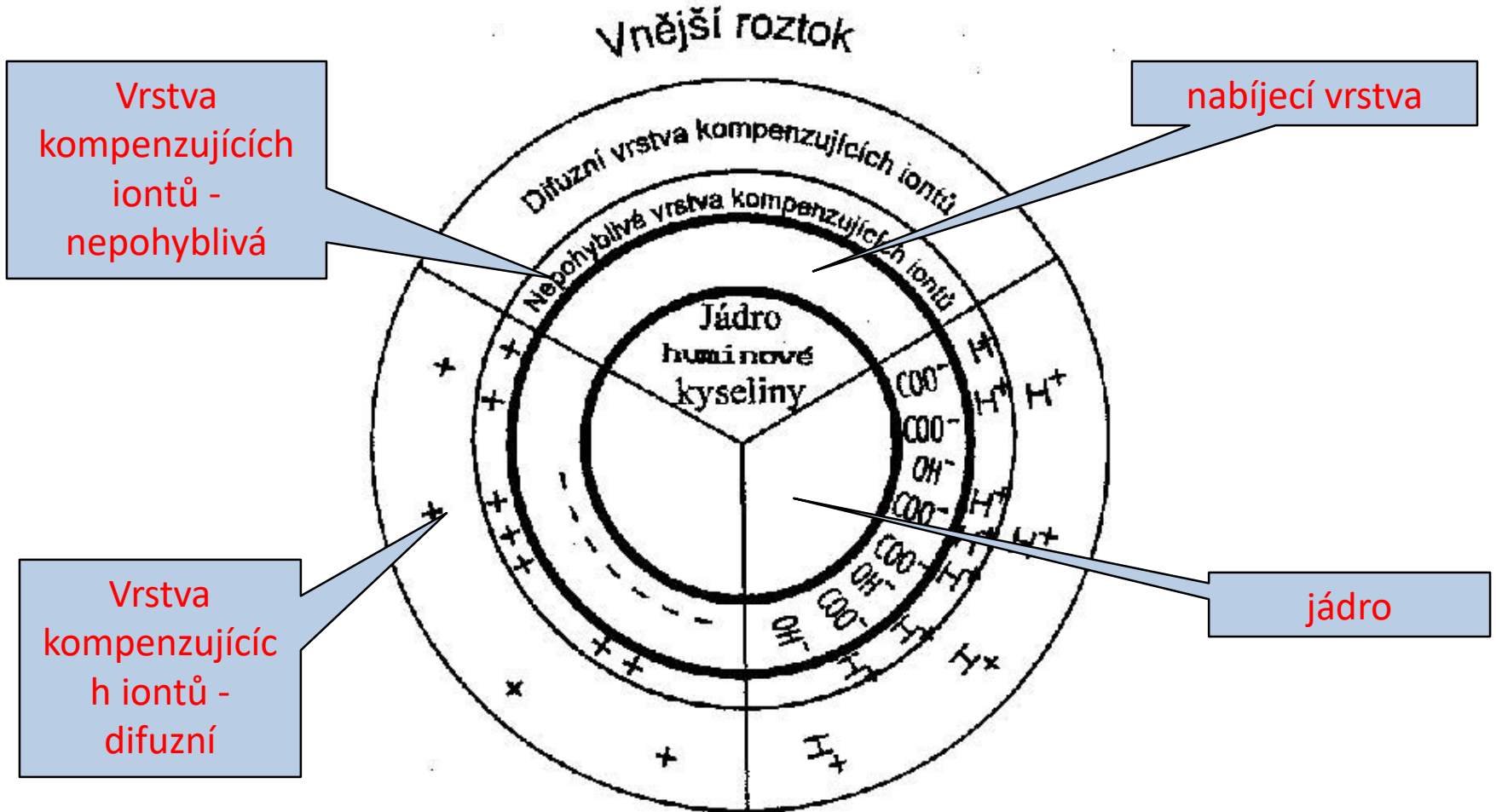
### V půdách se vyskytují:

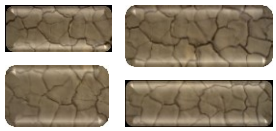
- záporně nabité - ACIDOIDY (jílové minerály, huminové kyseliny, kyselina křemičitá),
- kladně nabité - BAZOIDY,
- AMFOLYTOIDY (amorfní hydráty sesquioxidů, bílkoviny aj.)
  - v kyselém prostředí uvolňují hydroxylové ionty - chovají se jako bazoidy
  - v zásaditém prostředí uvolňují vodíkové ionty - chovají se jako acidoidy
  - při určitém pH nastává izoelektrický bod a amfolytoid je neutrální.
  - v našich půdách se většinou chovají jako bazoidy.



# SORPČNÍ SCHOPNOST PŮDY

## Fyzikálně chemická





# SORPČNÍ SCHOPNOST PŮDY

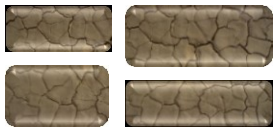
## Výměnná sorpce kationtů

K výměnné sorpci kationtů dochází mezi **půdním roztokem a iontovou dvojvrstvou fázového rozhraní minerálních a organických půdních koloidů** vyvolaných difúzními ději.

Její intenzita závisí na:

- vlastnostech sorbentů,
- hodnotě pH půdního roztoku,
- koncentraci iontů a iontové síle,
- teplotě půdy,
- stupně hydratace iontů aj.

**Z minerálního podílu půdy jsou to převážně jílové minerály, které se vyznačují touto schopností.**



# SORPČNÍ SCHOPNOST PŮDY

U jílových minerálů typu montmorillonitu k vzniku záporného náboje dochází:

a) izomorfní záměnou pozitivního  $\text{Si}^{4+}$  v silikátových tetraedrech iontem  $\text{Al}^{3+}$ . - vznik 1 volného záp. náboje

$(\text{SiO}_2)_n$  neutrální stav --  $[(\text{SiO}_2)_{m-\text{Si}^{4+}} + \text{Al}^{3+}]^-$  struktura s jedním záporným nábojem

b) izomorfní záměnou iontů  $\text{Al}^{3+}$  v oktaedrické vrstvě JM ionty  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  - typická pro montmorillonit.

$[\text{Al}(\text{OH})_6]_n$  neutrální stav --  $\{[\text{Al}(\text{OH})_6]_{n-\text{Al}^{3+}} + \text{Mg}^{2+}\}^-$  struktura s jedním záporným nábojem

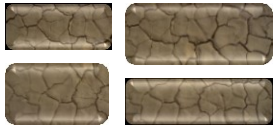
**ITERLAMELÁRNÍ SORPCE**



# SORPČNÍ SCHOPNOST PŮDY

- c) oddisociováním  $H^+$  zejména na okrajích a hranách krystalové mřížky (extramicelární sorpce živin).
- *v kyselých půdách (pH pod 5) k této sorpci nedochází -  $H^+$  ionty nedisociují.*
- d) záporný náboj vzniká odštěpením  $H^+$  z fenolických, hydroxylových nebo karboxylových skupin organických koloidů (huminové kyseliny).

**EXTRALAMELÁRNÍ SORPCE**

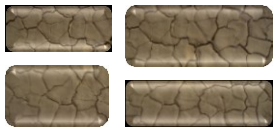


# SORPČNÍ SCHOPNOST PŮDY

**Při výměně kationtů** mezi půdním roztokem a sorpčním půdním komplexem **dochází za určitých podmínek k rovnovážnému stavu.**

**Změnou složení a koncentrace prvků v půdním roztoku** (*vlivem hnojení, závlahy, mineralizací organických hnojiv aj.*) **se rovnovážný stav narušuje.**

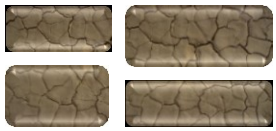
**K obnovení rovnovážného stavu přecházejí kationty z půdního roztoku do sorpčního komplexu a opačně.**



# SORPČNÍ SCHOPNOST PŮDY

1. Výměna kationtů probíhá mezi jednovalentními a vícevalentními ionty
2. K výměně kationtů dochází o stejné valenci ( $K^+$  -  $NH_4^+$ ,  $Ca^{2+}$  -  $Mg^{2+}$ ) nebo o různé valenci ( $Ca^{2+}$  -  $2K^+$ ,  $Mg^{2+}$  -  $2NH_4^+$  aj.).
3. Intenzivněji jsou adsorbovány ionty o vyšší valenci.
4. Intenzita adsorbce kationtů o stejné valenci závisí na jejich hydratačním obalu.
5. Hydratační obal je tím větší, čím menší je velikost iontů.



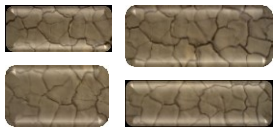


## SORPČNÍ SCHOPNOST PŮDY

6. Ionty s malým poloměrem přitahují velké množství dipólů vody a mají tedy větší obal než ionty s velkými poloměry.
7. Proto hydratované ionty stejného mocenství jsou slaběji adsorbovány

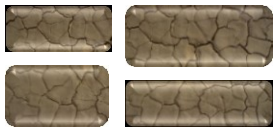
### LYOTROPNÍ ŘADA:





*Uvedené poznatky mají značný praktický význam.*

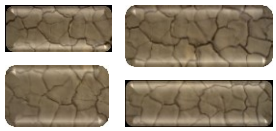
- 1. Při dostatku vláhy v půdě (jaro, podzim) půda intenzivněji adsorbuje dvojmocné kationty a adsorbce jednomocných kationtů se snižuje.  
Do půdního roztoku přechází  $K^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Na^+$ .**
- 2. Při vysychání půdy je tomu naopak.**



# SORPČNÍ SCHOPNOST PŮDY

## Nevýměnná sorpce kationtů (fixace)

- Ionty některých živin ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ) mohou být v půdě sorbovány pevněji než-li výměnnou sorpcí, tzv. **fixací**.
- Je to **ireverzibilní (nevratná) adsorpce kationtů**
- **Fixaci podléhají ty ionty, které se vejdou do interlamelárních prostor krystalové mřížky vrstevných alumosilikátů ( $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{Rb}^+$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ , jejichž průměry jsou mezi 0,266-0,296 nm) .**
- Hydratace zvětšuje rozměr iontů a proto při vysychání bývá fixace větší.
- Schopností fixovat kationty se vyznačují hlavně **illity, montmorillonity, vermiculit**.



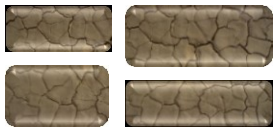
# SORPČNÍ SCHOPNOST PŮDY

## Výměnná sorpce aniontů

**V našich půdách probíhá v omezené míře - nízký obsah kladných nábojů v půdě**

- je umožněna hlavně vznikem kladných nábojů (např.  $\text{OH}^-$ )
- vzniklý kladný náboj koloidu může být neutralizován záporným nábojem iontu z půdního roztoku (např.  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ).

**schopnost výměnné sorpce aniontů se pohybuje v rozpětí 1-5%.**



# SORPČNÍ SCHOPNOST PŮDY

## Biologická sorpce

Jde v podstatě o živiny poutané v živých i odumřelých tělech půdních mikroorganismů, jejichž hmotnost na 1ha dosahuje 5 i více tun.

- půdní organismy - snižují obsah živin přijatelných rostlinami.
- živiny jsou uvolňovány po odumření a mineralizaci OH.

Intenzita biologické sorpce, je závislá na:

- obsah organických látek,
- poměr C:N,
- vlhkost, teplota, aerace aj.

Nepříznivým projevem biologické sorpce živin v půdě může být tzv.

**dusíková deprese**

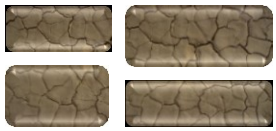


# PŮDNÍ REAKCE

## **Půdní reakce – pH půdy**

**Půdní reakce je dána přítomností a aktivitou vodíkových iontů,** které se ve vodných roztocích spojují s molekulou vody a tvoří s ní anionty  $\text{H}_3\text{O}^+$  (hydroxoniové nebo oxoniové ionty).

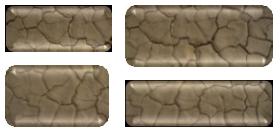
**V půdním roztoku rozpuštěné kyseliny a koloidní acidoidy uvolňují vodíkové ionty (disociace); rozpuštěné zásady a bazoidy se s nimi slučují (asociace).**



# PŮDNÍ REAKCE

**K alkalické reakci půdy přispívá hlavně:**

- **vysoký obsah Na v prostředí,**
  - **vysoký obsah  $\text{CaCO}_3$ , respektive  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,**
  - **intenzivní biologická činnost půdy,**
  - **používání hnojiv s vyšším obsahem sodíku.**
- 
- **Zvýšená alkalita půdy omezuje příjem některých živin (bór, zinek, měď, železo a většiny těžkých kovů).**

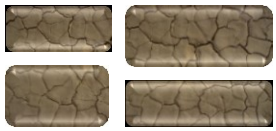


# PŮDNÍ REAKCE

**K okyselení půdy dochází:**

- **v důsledku odstranění bází z organických koloidů, jílových minerálů a z amorfních gelů,**
- **z nitrifikačních procesů,**
- **vlivem intenzivní biologické činnosti půdy (tvorba  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ),**
- **hnojením fyziologicky kyselými hnojivy,**
- **kyselými spady ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , HF aj.).**



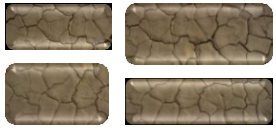


# PŮDNÍ REAKCE

**Půdní reakce má výrazný vliv na úrodnost půdy.**

### **V silně kyselých půdách:**

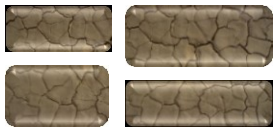
- nedaří se řadě užitečných bakteriím (Rhizobia, Azotobacter chroococum, nitrifikační bakterie aj.).
- dochází ke vzniku příznivých podmínek pro činnost plísňí, hub apod.,
- zpomalují se mineralizační procesy
- syntetické procesy vedou ke tvorbě méně kvalitních humusových látek (fulvokyselin).
- snižuje se efektivnost využití některých hnojiv.
- aktivuje se hliník a řada těžkých kovů



# PŮDNÍ REAKCE

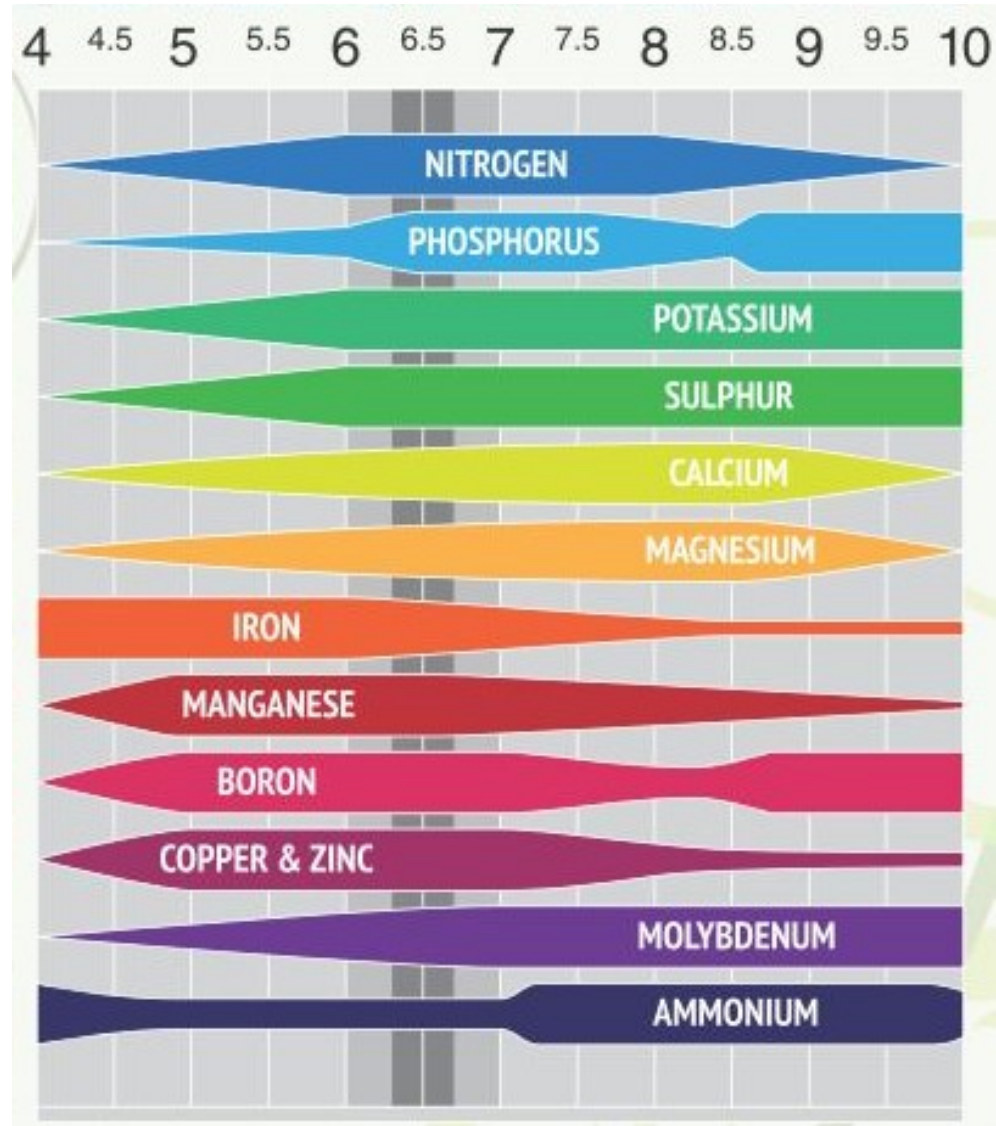
Vzhledem k tomu, že půda je třífázový systém, rozeznáváme u ní dvě základní formy kyselosti:

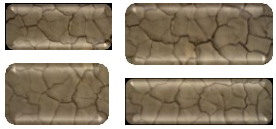
1. Kyselost aktivní (aktuální),
2. Kyselost potencionální, která se dělí na:
  - a) výměnnou,
  - b) hydrolytickou



# PŮDNÍ REAKCE

**Závislost  
přístupnosti  
živin na pH  
živného  
prostředí**





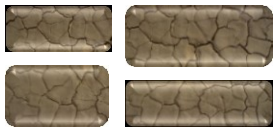
# PŮDNÍ REAKCE

Obecně můžeme shrnout, že:

*polní plodiny bramborářského a horského výrobního typu i trvalé travní porosty vyžadují pH kyselejší,*

*plodiny řepářského a kukuřičného výrobního typu spíše pH neutrální.*

*Ze zelenin převládá pH neutrální - zásadité u košťálovin a plodových zelenin.*



# PŮDNÍ REAKCE

Půdní reakci mohou výrazně ovlivňovat **minerální hnojiva**, u kterých rozlišujeme:

- **kyselost aktuální** způsobenou chemickým složením hnojiva a
- **kyselost fyziologickou** odvozenou podle selektivního příjmu aniontů nebo kationtů kořeny rostlin.

***Fyziologická reakce hnojiva** je způsobena vlivem rostliny v závislosti na selektivním příjmu aniontu nebo kationtu kořeny rostlin.*

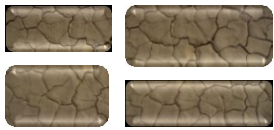
- Jsou-li přednostně z hnojiva přijímány kationty, jsou hnojiva **fyziologicky kyselá** (síran amonný, draselná sůl, síran draselný aj.),
- při intenzivním příjmu aniontů jsou hnojiva **fyziologicky zásaditá** (ledek vápenatý, dusíkaté vápno, vápenec aj.)
- pokud přijímají stejným podílem anionty i kationty, jsou **fyziologicky neutrální**



### VÁPNĚNÍ PŮD

Úpravu půdní reakce na optimální hodnotu pH u minerálních půd provádíme vápněním.

**Pro stanovení dávky vápnění vycházíme z hodnoty výměnné půdní kyselosti (pH/CaCl<sub>2</sub>) a zrnitostního složení půdy.**



### Roční ztráty vápníku určující dávku udržovacího vápnění

Ztráty vápníku	Komplexní metodika 1990	Stávající reálný odhad
	kg CaO.ha <sup>-1</sup>	
Vymývání z půdy	- 170	-125
Odběr plodinami	- 30	- 30
Působení min. hnojiv	-100	- 35
Vliv atmosférického spadu	- 50	- 25
Celkem	- 350	- 215



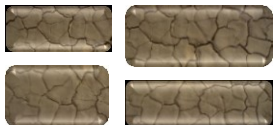
## Agrochemické vlastnosti půd

### Roční normativy dávek vápenatých hnojiv v tunách t CaO.ha<sup>-1</sup>

#### Trvalé travní porosty

Trvalé travní porosty					
lehká půda		střední půda		těžká půda	
pH	t CaO.ha <sup>-1</sup>	pH	t CaO.ha <sup>-1</sup>	pH	t CaO.ha <sup>-1</sup>
Do 4,5	0,60	do 4,5	0,70	do 4,5	0,90
4,6-5,0	0,30	4,6-5,0	0,50	4,6-5,0	0,70
		5,1-5,6	0,25	5,1-5,6	0,35
				5,6-6,0	0,20

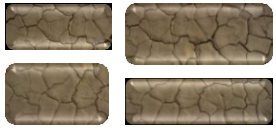




## Agrochemické vlastnosti půd

### Roční normativy dávek vápenatých hnojiv v tunách t CaO.ha<sup>-1</sup>

Orná půda + ovocné sady					
lehká půda		střední půda		těžká půda	
pH	t CaO.ha <sup>-1</sup>	pH	t CaO.ha <sup>-1</sup>	pH	t CaO.ha <sup>-1</sup>
Do 4,5	1,20	do 4,5	1,50	do 4,5	1,70
4,6-5,0	0,80	4,6-5,0	1,00	4,6-5,0	1,25
5,1-5,5	0,60	5,1-5,5	0,70	5,1-5,5	0,85
5,6-6,0	0,30	5,6-6,0	0,40	5,6-6,0	0,50
		6,1-6,5	0,20	6,1-6,5	0,25
				6,6-6,7	0,20

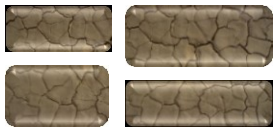


# ZÁSADY VÁPŇENÍ PŮD

Vápnění se provádí periodicky přibližně 2x za osevní postup.

**Nejvhodnější doba je:**

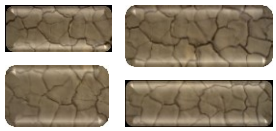
- pozdní léto a podzim – před podmítkou nebo hlubokou orbou, aby došlo k dobrému promísení s půdou.
- louky a pastviny se vápní na podzim po poslední seči nebo spasení.



### 1. Vápnění udržovací

#### vápnění (periodické)

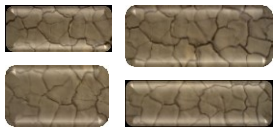
- použití dávek váp. hnojiv, které **jsou potřebné pro udržení pH půdy na požadované úrovni.**
- neprovádí se u půd s vyšším obsahem uhličitánů (nad 0,3 %)
- zařazení „náročných plodin na pH“ na půdy bezprostředně vyvápněných – např. vojtěška, jetel.
- dávka dle množství vápníku odčerpaného rostlinami vč. ztrát vymýváním, kyselostí hnojiv a kyselého spadu - v průměru se pohybuje kolem **220 kg CaO** na hektar ročně



### 2. Vápnění meliorační (ozdravovací)

**vápnění velmi kyselých půd, které nedosahují optimálních hodnot pH.**

- prvořadá podmínka zvýšení půdní úrodnosti.
- úprava chemických a fyzikálních vlastností
- dávky nemají překročit 5 – 6 t  $\text{CaCO}_3$  a 1,2 – 2,0 t  $\text{CaO} \cdot \text{ha}^{-1}$
- na středních a těžkých půdách se používá pálené vápno.
- při předvísadbové přípravě vinohradů, sadů a chmelnic - dávka se přepočítává na hloubku, na kterou se provádí předvísadbová příprava



# PUFRAČNÍ (ÚSTOJČIVÁ) SCHOPNOST PŮD

**Schopnost půd odolávat změnám pH  
Přítomnost ústojných systémů!!!**

**Ústojné systém = slabá kyselina a její hydrolyzovaná sůl.**

Kyselá složka ústojných systémů

**humínové kyseliny,**

**kyselina uhličitá, fosforečná, křemičitá**

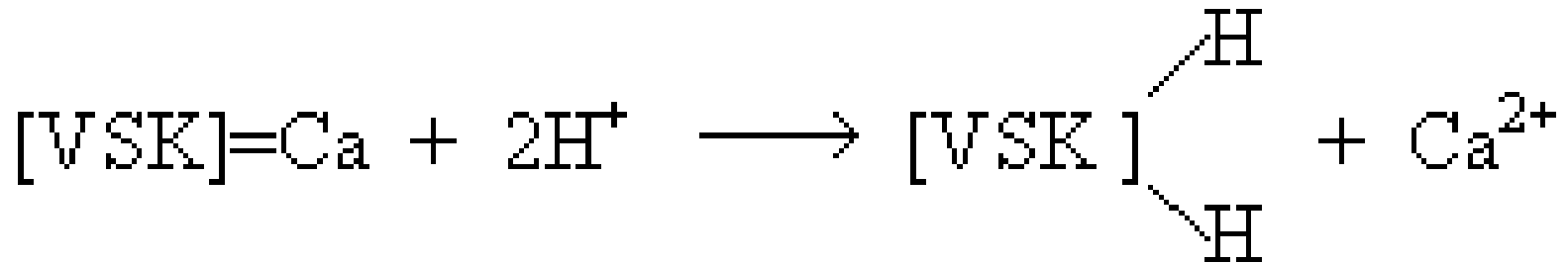
**koloidní alumosilikáty acidoidní povahy.**

- na ústojné schopnosti se nejvíce podílí bázemi adsorpčně nasycený **humus a jílové minerály**.
- je-li silně nasycen výměnnými bázemi sorpční komplex, snadno odstraňuje vznikající kyselost výměnnou bází za  $H^+$

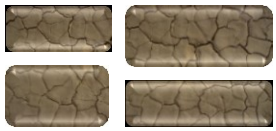


### PUFRAČNÍ (ÚSTOJČIVÁ) SCHOPNOST PŮD

Je-li silně nasycen výměnnými bázemi sorpční komplex, snadno odstraňuje vznikající kyselost výměnnou bází za  $H^+$ :

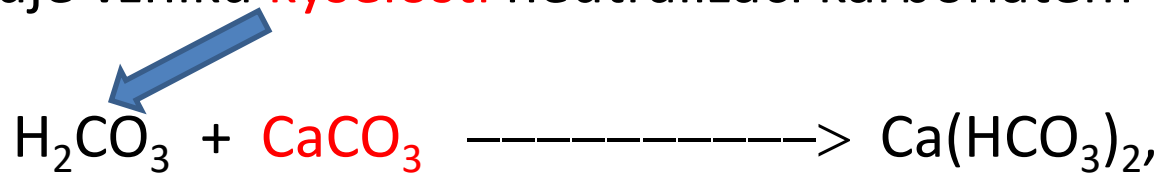


**Proto těžší půdy s vysokým obsahem jílu mají i vysokou ústojnou schopnost.**

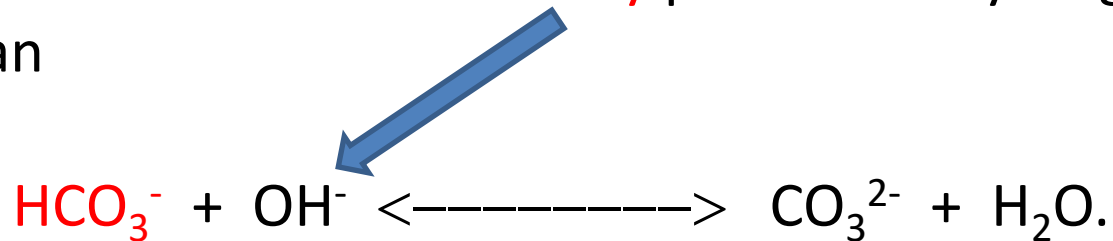


# PUFRAČNÍ (ÚSTOJČIVÁ) SCHOPNOST PŮD

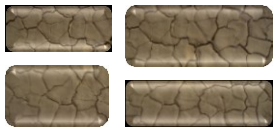
V půdách s dobrou zásobou uhličitánů dochází k reakci, která zabraňuje vzniku **kyselosti** neutralizací karbonátem



Dále je zamezeno vzniku **alkalinity** přeměnou hydrogenuhličitanu na uhličitán



**ústoječivou schopnost půd zvyšujeme vápněním a dodáváním organické hmoty**  
**dobrá ústoječivá schopnost - alespoň 0,3% CaCO<sub>3</sub> a 2% humusu**



# REDUKČNĚ OXIDAČNÍ PROCESY V PŮDĚ

**Oxidace a redukce** - součást chemických dějů v půdách

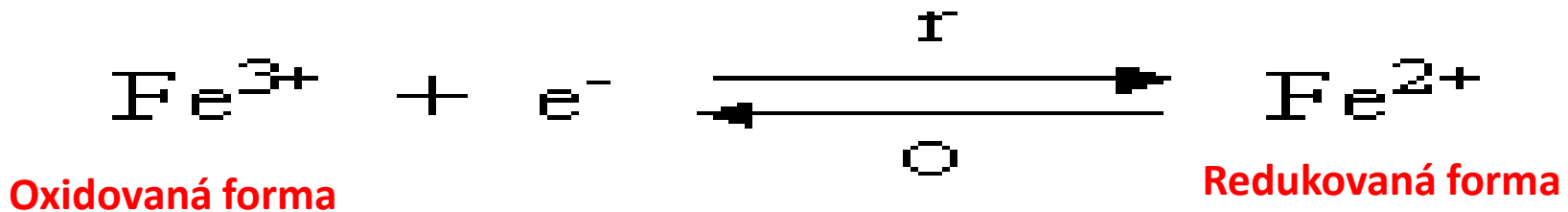
- důležité při zajišťování E pro půdní organismy.

Při **oxidaci ztrácí** oxidovaná látka **elektrony**,

Při **redukci elektrony získává**.

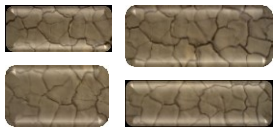
Každá oxidace je provázena současně redukcí.

**Nejvýznamnější redukčně oxidační systémy v půdách představují ionty nebo sloučeniny dvoj- a trojmocného železa:**





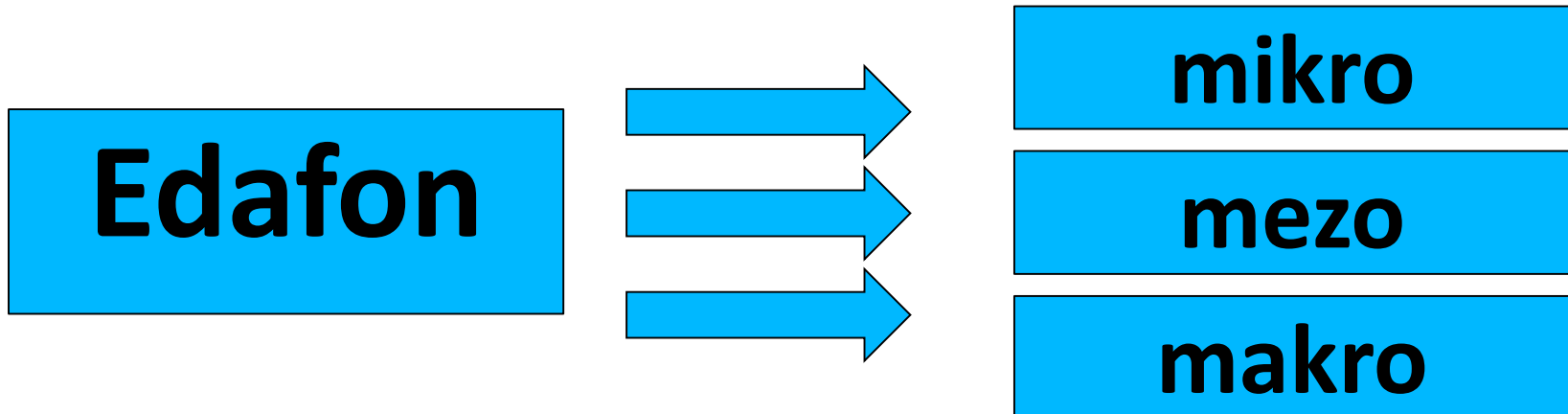


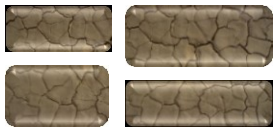


## BIOLOGICKÁ ČINNOST PŮDY

Biologické vlastnosti půdy jsou založeny na živé organické hmotě v půdě – půdní organismy - EDAFON

EDAFON – organismy žijící v půdě trval či dočasně

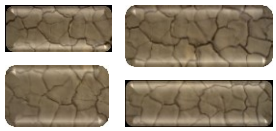




# BIOLOGICKÁ ČINNOST PŮDY

## 1. Mikroedafon

- **převládající složka edafonu (množstvím, hmotností i významem)**
- nejpočetnější skupina – **BAKTERIE** ( $10^6$  –  $10^9$  v g půdy)
- menším počtem jsou v půdě zastoupeny **HOUBY**
- Přechodnou formu mezi houbami a bakteriemi tvoří **AKTINOMYCETY**
- V povrchových vrstvách půdy se vyskytují fotoautotrofní organismy – **řasy**
- **Prvoci** – zástupci mikroedafonu z živočišné říše



## BIOLOGICKÁ ČINNOST PŮDY



### 2. Mezoedafon

- zástupci živočišné říše mimo obratlovců

#### Hlavní význam:

- mechanické rozrušování a kypření půdní hmoty
- vytváření chodbiček a kanálků – vodní i vzdušný režim
- mechanické rozrušování OL,
- vodostálé agregáty – žížalince (Lumbricidae)

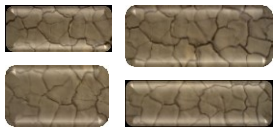
### 3. Makroedafon

- tvoří ho obratlovci žijící v půdě

#### Hlavní význam:

- mechanické rozrušování a kypření půdy
- zatahování organických zbytků do půdy
- doplňují N-látky do půdy





# BIOLOGICKÁ ČINNOST PŮDY

## Podmínky pro rozvoj edafonu

Významná reakce na vnější podmínky - vlhkost, teplota, provzdušenost a reakce půdy – zvláště u mikroedafonu

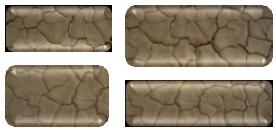
### Vlhkost půdy:

Optimálně mezi 50 – 80 % polní vodní kapacity

### Aerifikace půdy:

Vysoký obsah vody – hypoxie až anoxie

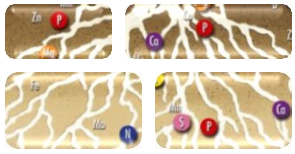
**Při zamokření – aerobní organismy** jsou redukovány – nástup mikrobiální sukcese **fakultativně anaerobních** organismů – postupný přechod k **obligátně anaerobním** mikrobům.



# BIOLOGICKÁ ČINNOST PŮDY

## Význam půdního edafonu

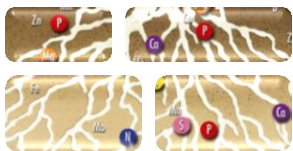
- podílí se na tvorbě **PŮDNÍ ÚRODNOSTI**,
- působí na **mechanické a chemické zvětrávání**,
- zúčastňuje se procesů **přeměny OL a látek minerálních – mineralizace, humifikace**
- ovlivňuje výrazně **vzdušný, vodní i tepelný režim půdy**,
- nezbytný při tvorbě **půdních agregátů – struktura půdy**
- účastní se **biologické sorpce živin**, atd.



## Živinný režim půd

---

# Živinný režim půd



## Živinný režim půd

Živiny v půdě **v půdním roztoku (iontová forma)**  
**v tuhé fázi ve vazbách:**

- výměnných (VSK)**
- fixovány**
- v krystalové mřížce silikátů**

Základní pojmy:

***mobilizace***

***imobilizace***

***mineralizace***

***zvětrávání***

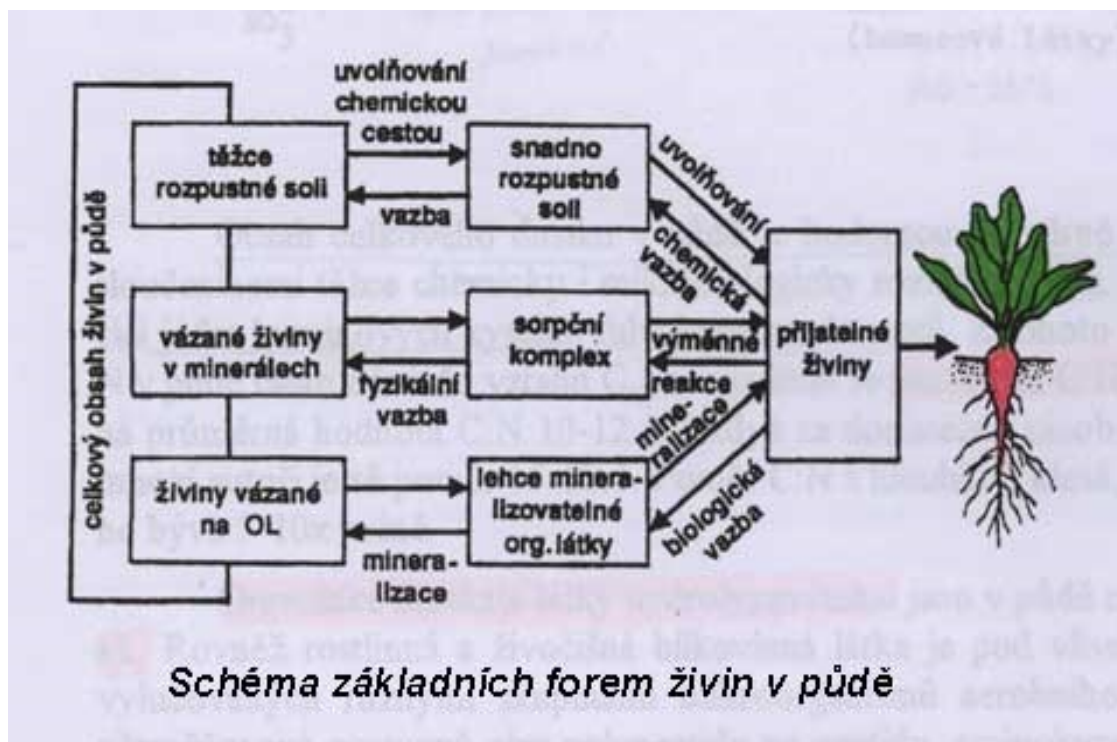
***živinný režim půdy***

***celkový obsah živin***

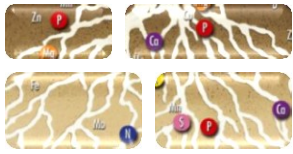
***přístupné živiny***

***přijatelné živiny***

***stará půdní síla***







# MAKROELEMENTY V PŮDĚ

**DUSÍK**

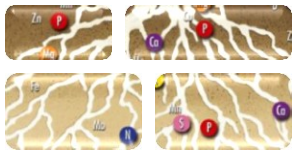
**FOSFOR**

**DRASLÍK**

**VÁPNIK**

**HOŘČÍK**

**SÍRA**



## DUSÍK v půdě

elementární plynný dusík ( $N_2$ ) - atmosféra

srážkami



Doba setrvání N v atmosféře:

$N_2$              $10^6 - 2 \cdot 10^7$  let

$N_2O$             $2,5 - 4$  roky

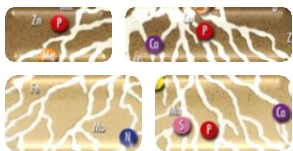
$NO_2$             $8 - 11$  dnů

$NO_x$             $9$  dnů

$NH_4^+$            $6$  dnů

$NO_3^-$            $5$  dnů

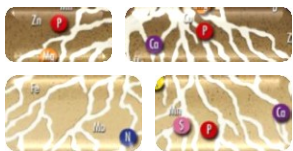
volná (*Azotobacter chroococcum*) a symbiotická (*Rhizobium*) fixace



## Živinný režim půd

### volná (*Azotobacter chroococcum*) a symbiotická (*Rhizobium*) fixace

Druh luskoviny	Celková fixace dusíku (kg/ha)	Odběr N zrnem (kg N/tunu)	Odběr N výnosem zrna	Množství N v půdě (kg/ha)
				<b>130 – 150</b>
Cizrna	25 – 90			
				<b>20 – 30</b>
Fazol	20 – 200	80	100	<b>20 – 30</b>
				<b>80 – 100</b>
Lupina	130 – 270	70	180	<b>80 – 100</b>
				<b>80</b>
Sója	20 – 300	55	110	<b>40 – 60</b>
				<b>50 – 80</b>



# Živinný režim půd

**Celkový obsah N v půdě – 0,05 – 0,5 % (orniční vrstva 0,1 – 0,2 %)**

## Formy dusíku v půdě

dusík celkový v půdě  
(0,05 – 0,5%)

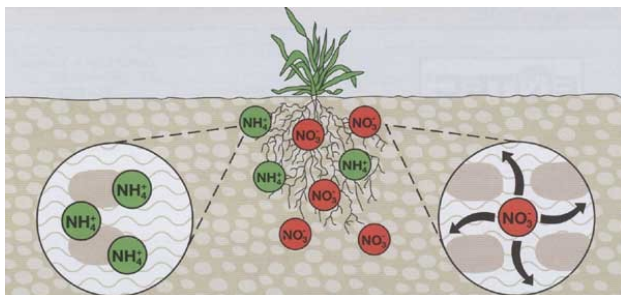
dusík minerální  
( $N_{min}$  1 – 2%)  
amonný  $NH_4^+$   
nitrátový  $NO_3^-$   
nitritový  $NO_2^-$

dusík organický  
(98 – 99%)

nehydrolyzovatelný  
(humusové látky)

hydrolyzovatelný  
aminokyseliny  
bílkoviny  
aminocukry  
ostatní N látky

Mineralizace





## Živinný režim půd

---

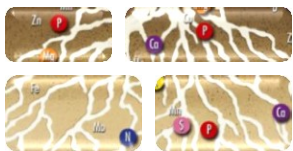
Obsah **CELKOVÉHO DUSÍKU** v půdě je **hodnotou stálou**

Obsah celkového N v půdě často dává do vztahu  $C_{ox}$  a vyjadřuje se poměrem **C:N**.

**V našich půdách -průměrná hodnota C:N 10-12:1**

za dostatečné zásobené rostlin dusíkem považují mnozí autoři ještě poměr **15-18:1**.

**Poměr C:N s hloubkou klesá** - v podorniční vrstvě ho bývá 5-10x méně.



## Živinný režim půd

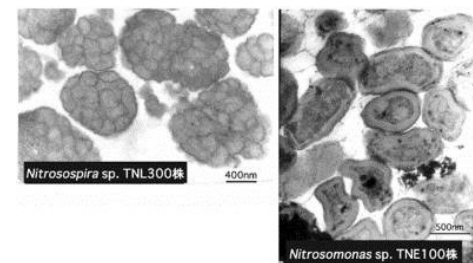
**MINERALIZACE** - OL jsou mineralizovány na  $\text{NH}_4^+$

**VOLATILIZACE** - těkání  $\text{NH}_3$  z povrchu či vrchních vrstev půd

**FIXACE** - na JM -  $\text{NH}_4^+$

### **NITRIFIKACE**

**1. stupeň - nitritace:** (*Nitrosomonas*)

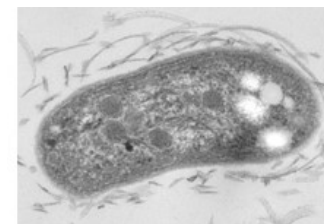
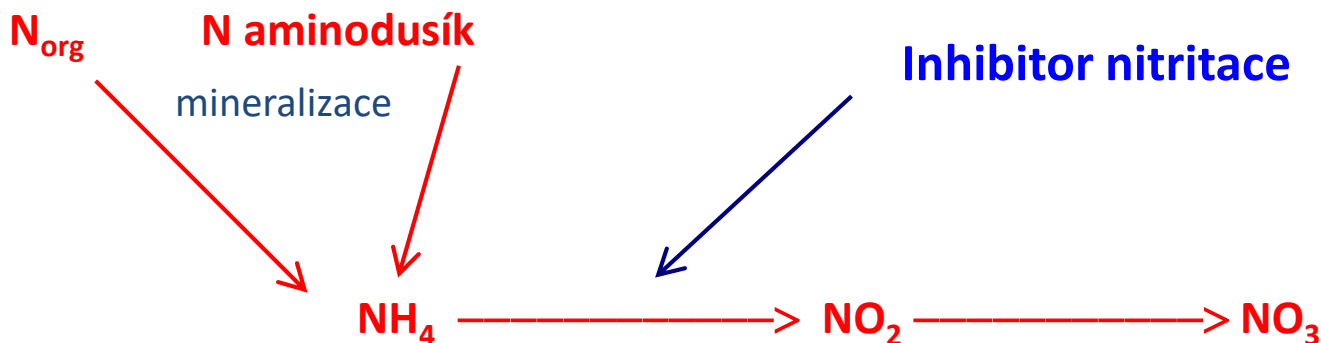


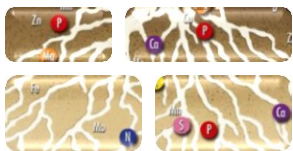
**2. stupeň - nitratace:** (*Nitrobacter*)



Při dostatečném provzdušení půdy, teplotě 15-30°C, vlhkosti 40-60% MVK a pH 6,2-9,2, probíhá velmi intenzívně

### **Inhibice nitrifikace**





# Živinný režim půd

## DENITRIFIKACE -biologická (*Bact. Denitrificans*)

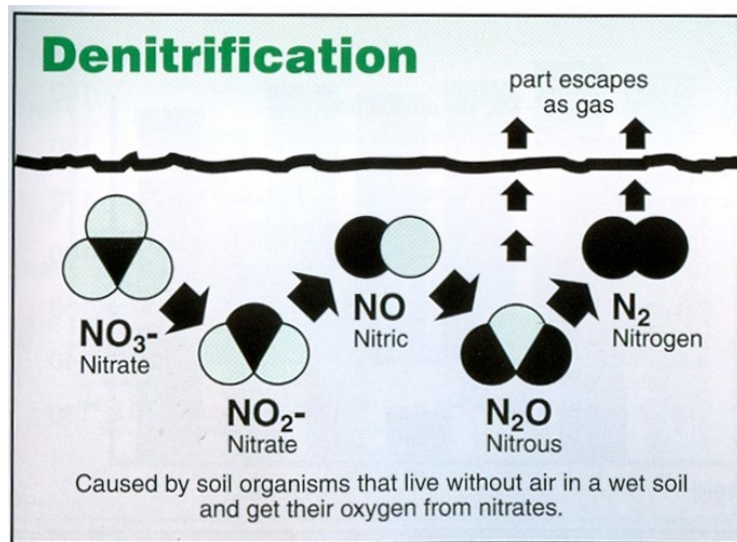
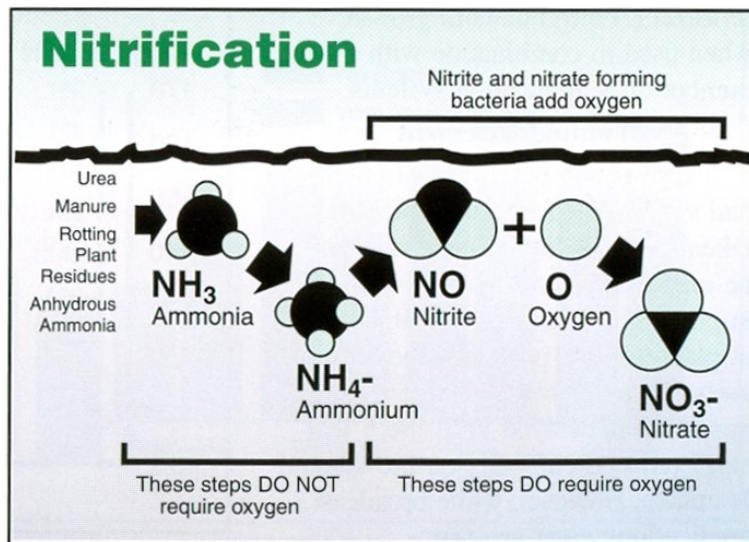
intenzivně v neutrálním až alkalickém prostředí při nedostatku vzduchu

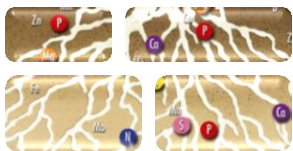


## -chemická

kyselina dusitá reaguje s AK, aminy, amidy nebo močovinou až na elementární dusík

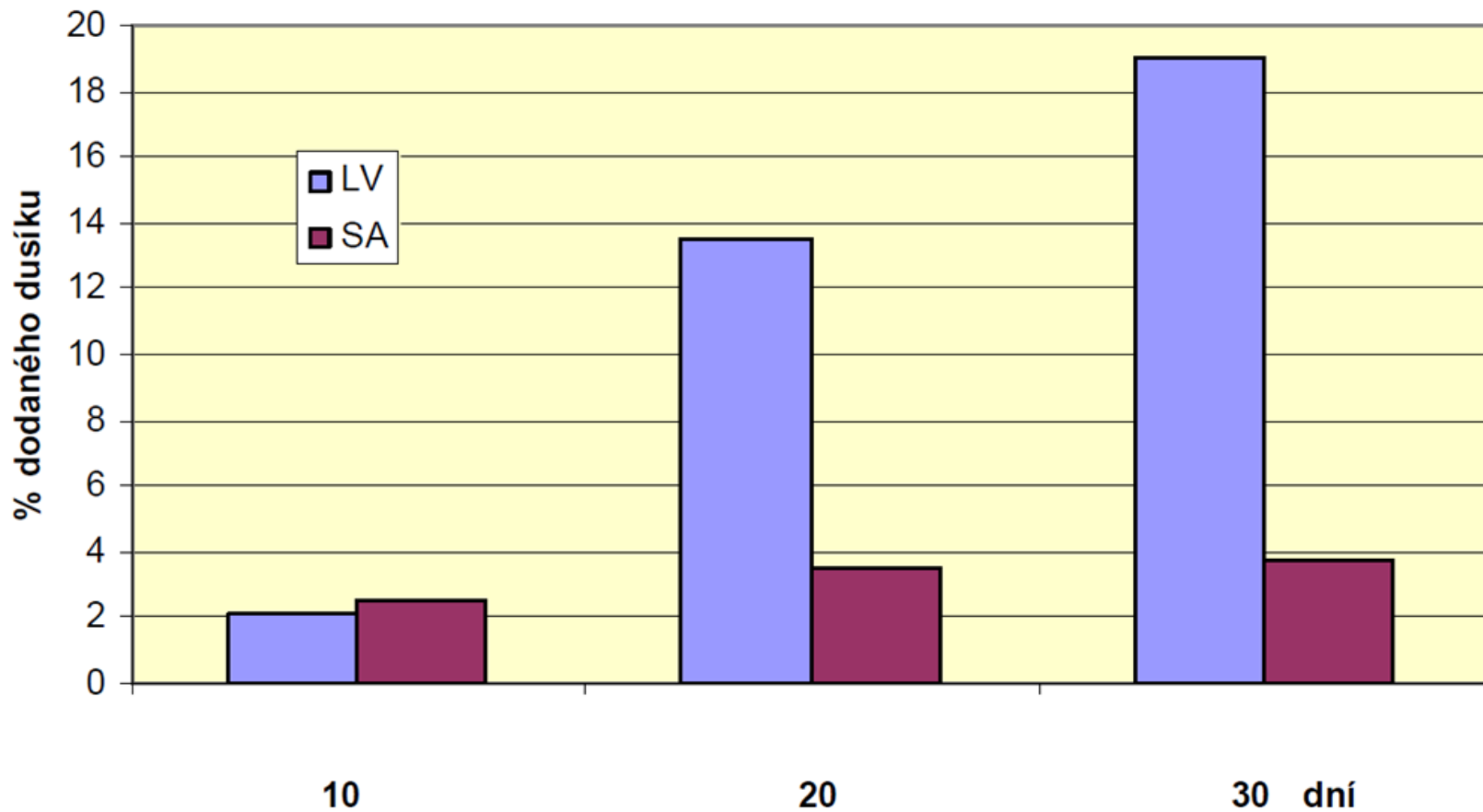
intenzivnější v kyselém prostředí (pH < 5,5)



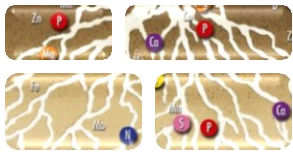


## Živinný režim půd

### Ztráty denitrifikací za anaerobních podmínek

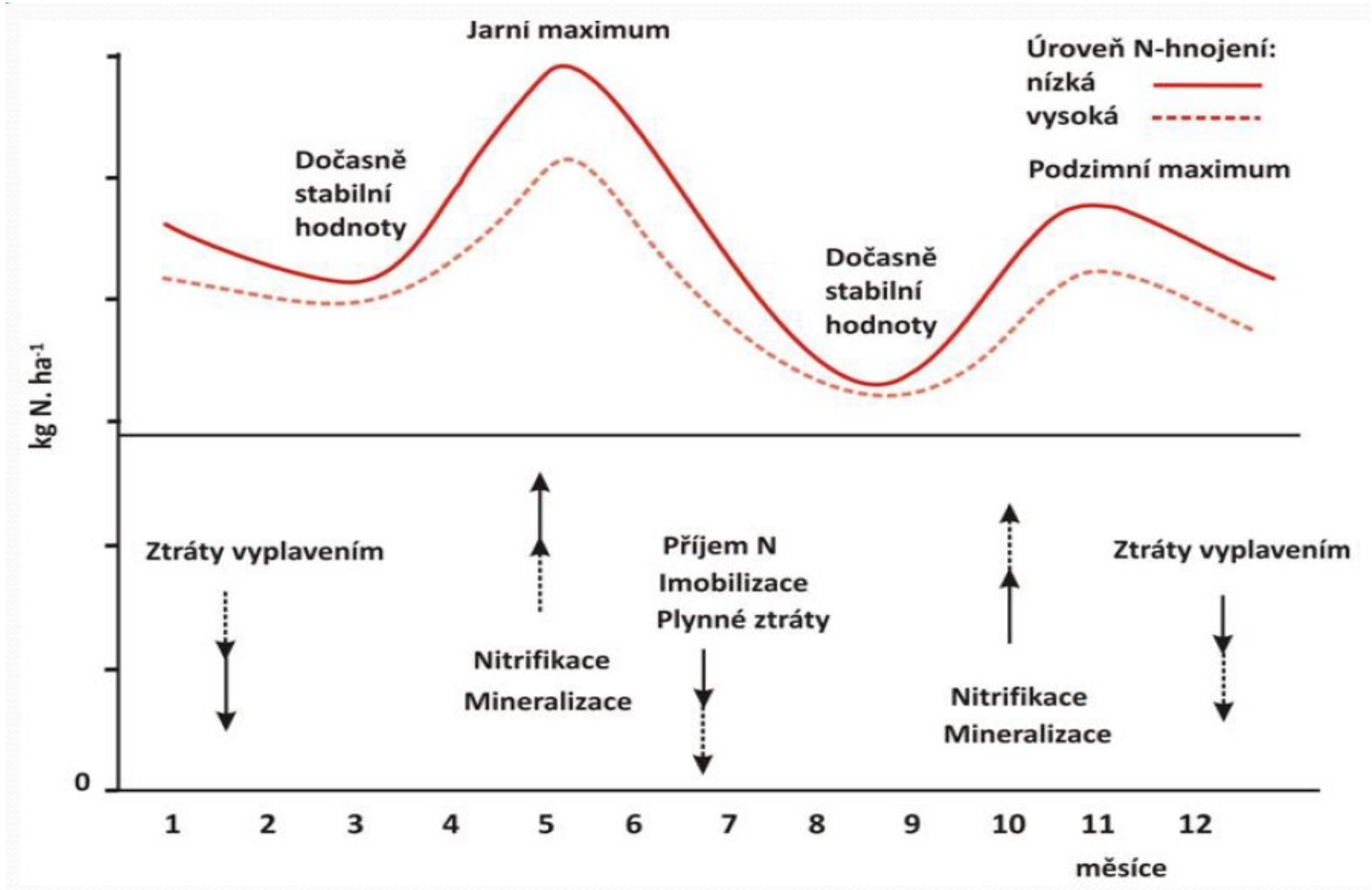


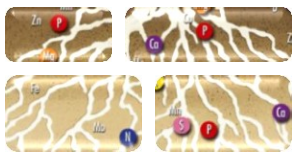




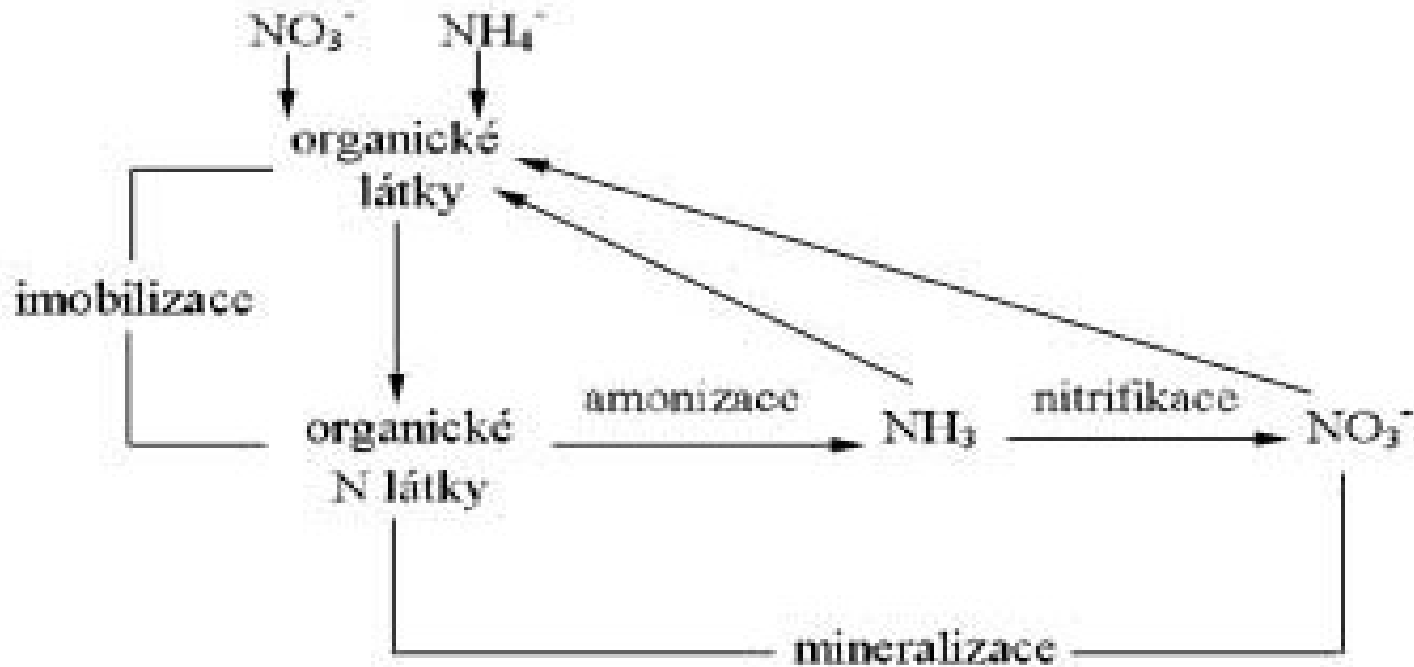
# Živinný režim půd

## Změny v obsahu N min v půdě





## Turnover dusíku



turnover N

0

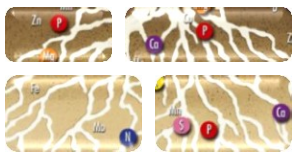
$N_{\text{am}}$  se spotřebovává

množství  $N_{\text{am}}$  v prostředí se zvyšuje

imobilizace = mineralizace

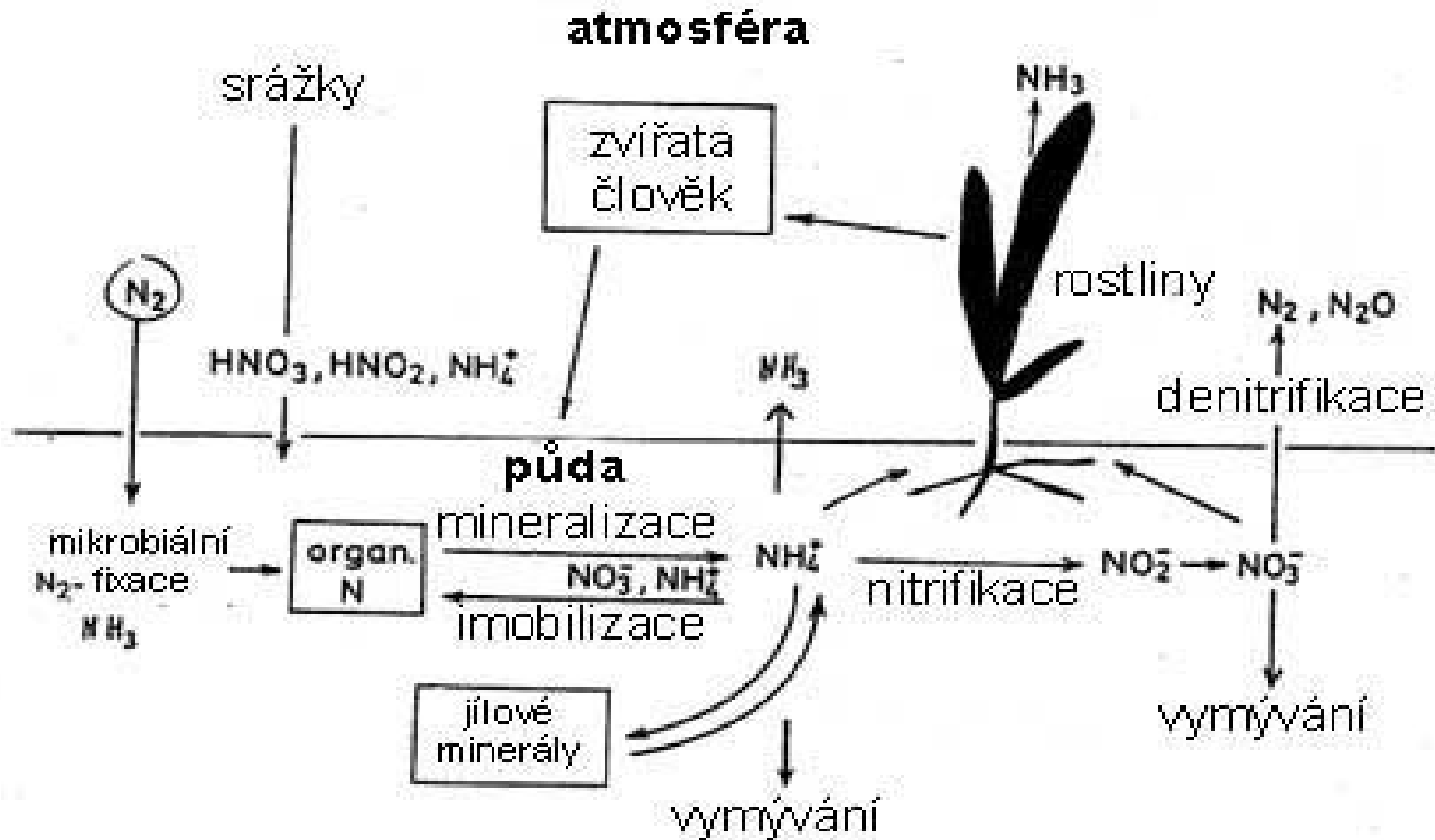
imobilizace > mineralizace

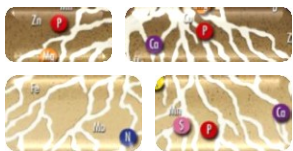
imobilizace < mineralizace



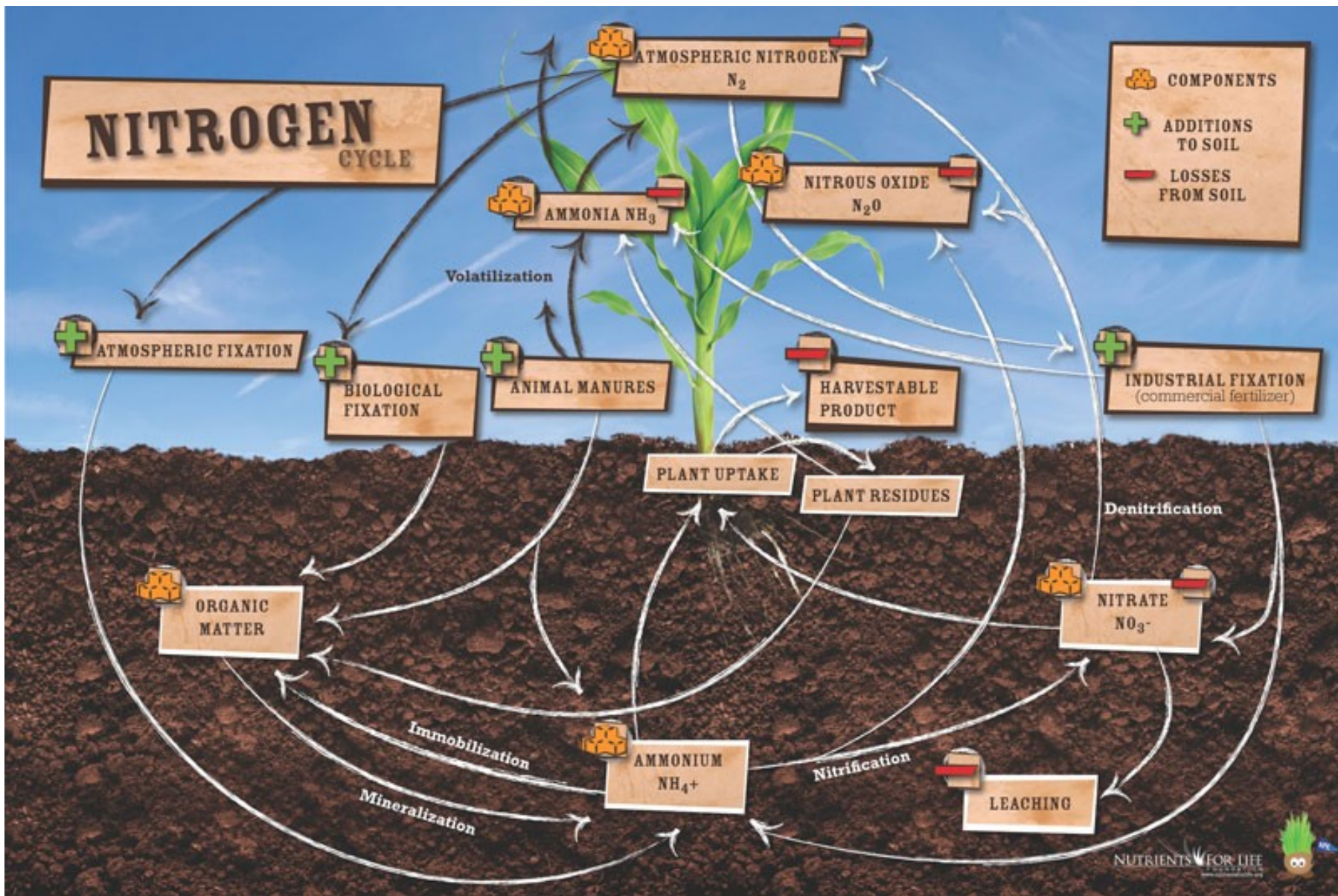
# Živinný režim půd

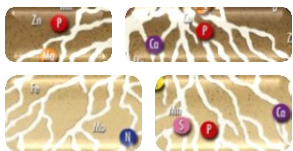
## Koloběh N v přírodě (Mengel, 1991)





# Živinný režim půd





# FOSFOR v půdě

Celkový obsah P v půdě 0,03 – 0,12 % čistého P (P vyjadřujeme rovněž v  $P_2O_5$ )

P se vyskytuje vždy ve svém nejvyšším oxidačním stupni

**-aniont kyseliny ortofosforečné**  $PO_4^{3-}$

## ANORGANICKÝ

-primární minerály

**Apatity**

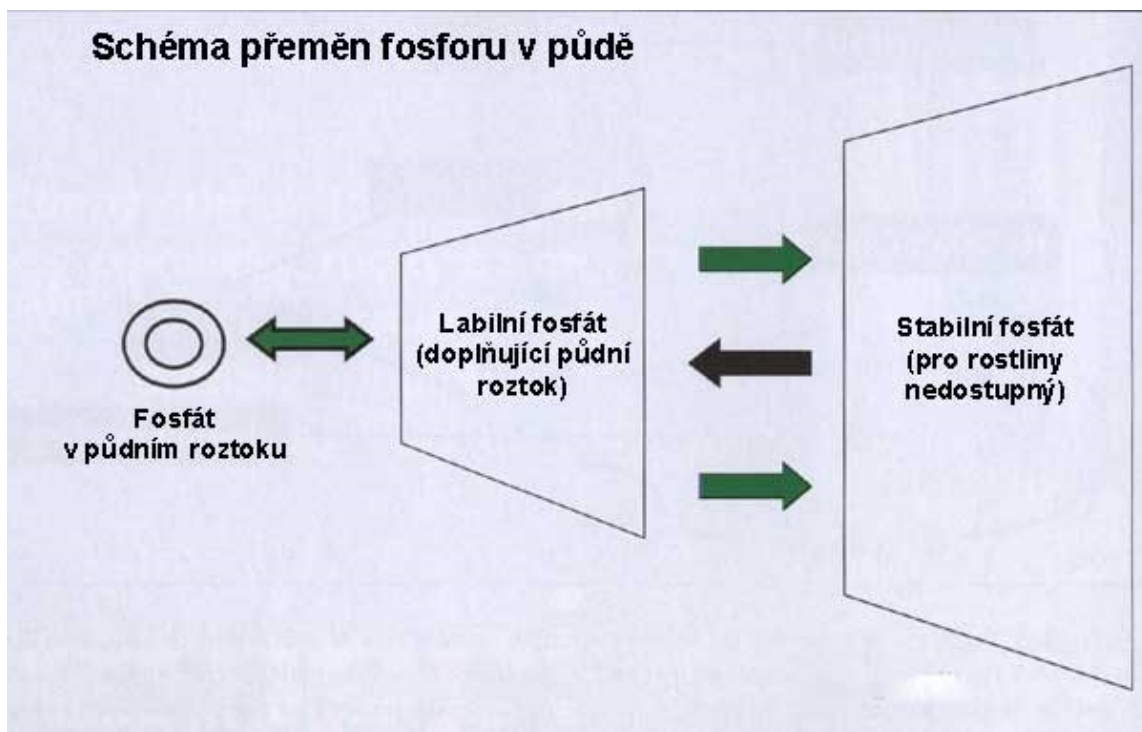
**Fosfority**

-sekundární sloučeniny  
v půdách ČR více  
než ½ z celkového P

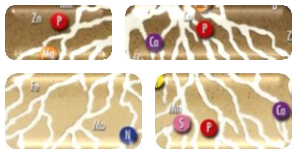
## ORGANICKÝ

od 10 do 80%

*fytin, fosfolipidy, nukleové kyseliny, nukleoproteidy, fosforylované glycidy*







# Živinný režim půd

## Agrochemické zkoušení zemědělských půd 2005 - 2010

### Agrochemical soil testing 2005 - 2010

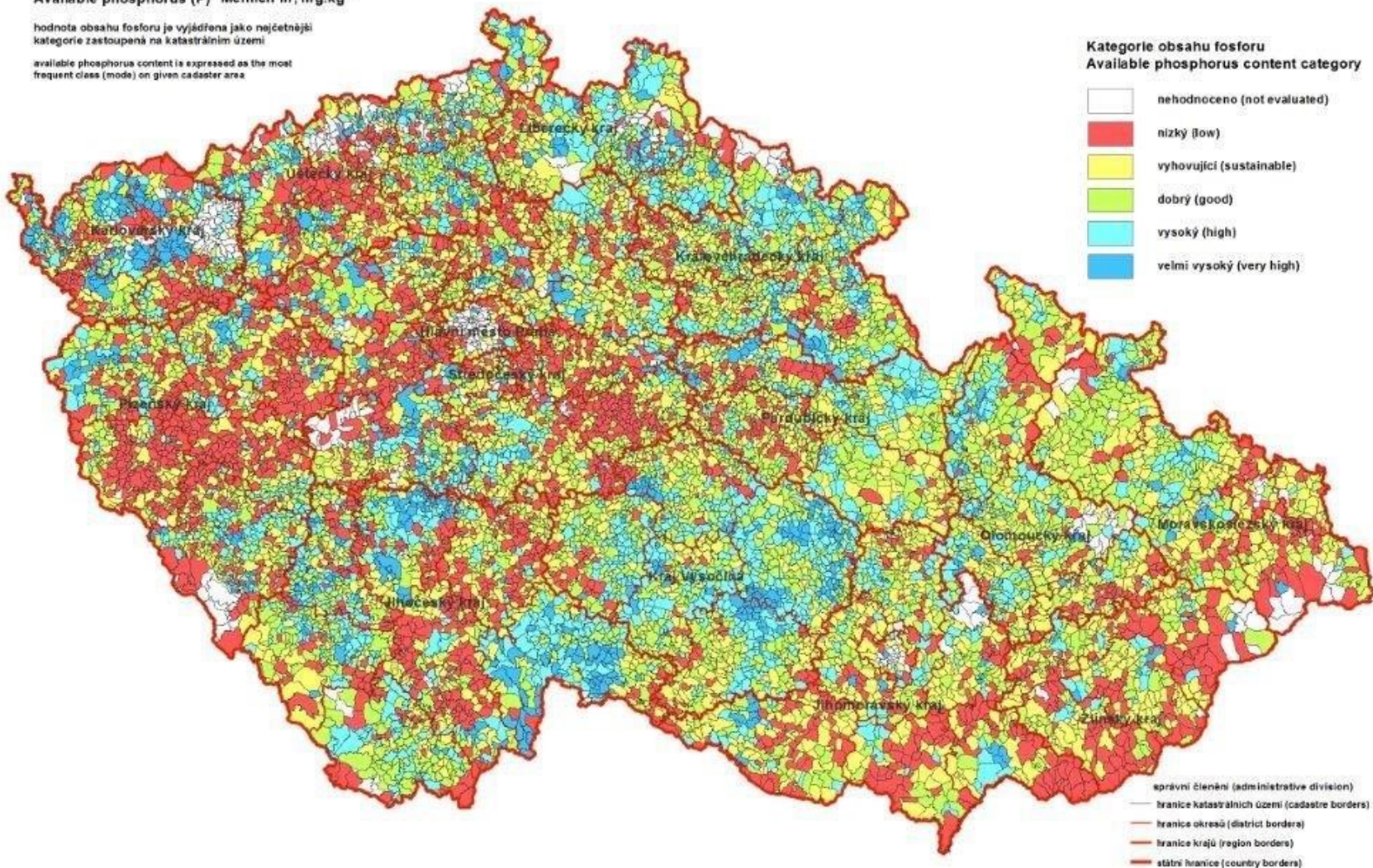
Fosfor (P) Mehlich III,  $\text{mg.kg}^{-1}$

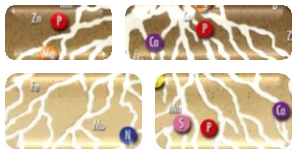
Available phosphorus (P) Mehlich III,  $\text{mg.kg}^{-1}$

hodnota obsahu fosforu je vyjádřena jako nejčastější kategorie zastoupená na katastrálním území

available phosphorus content is expressed as the most frequent class (mode) on given cadaster area

# P





# Živinný režim půd

## Agrochemické zkoušení zemědělských půd 2009 - 2014

### Agrochemical soil testing 2009 - 2014

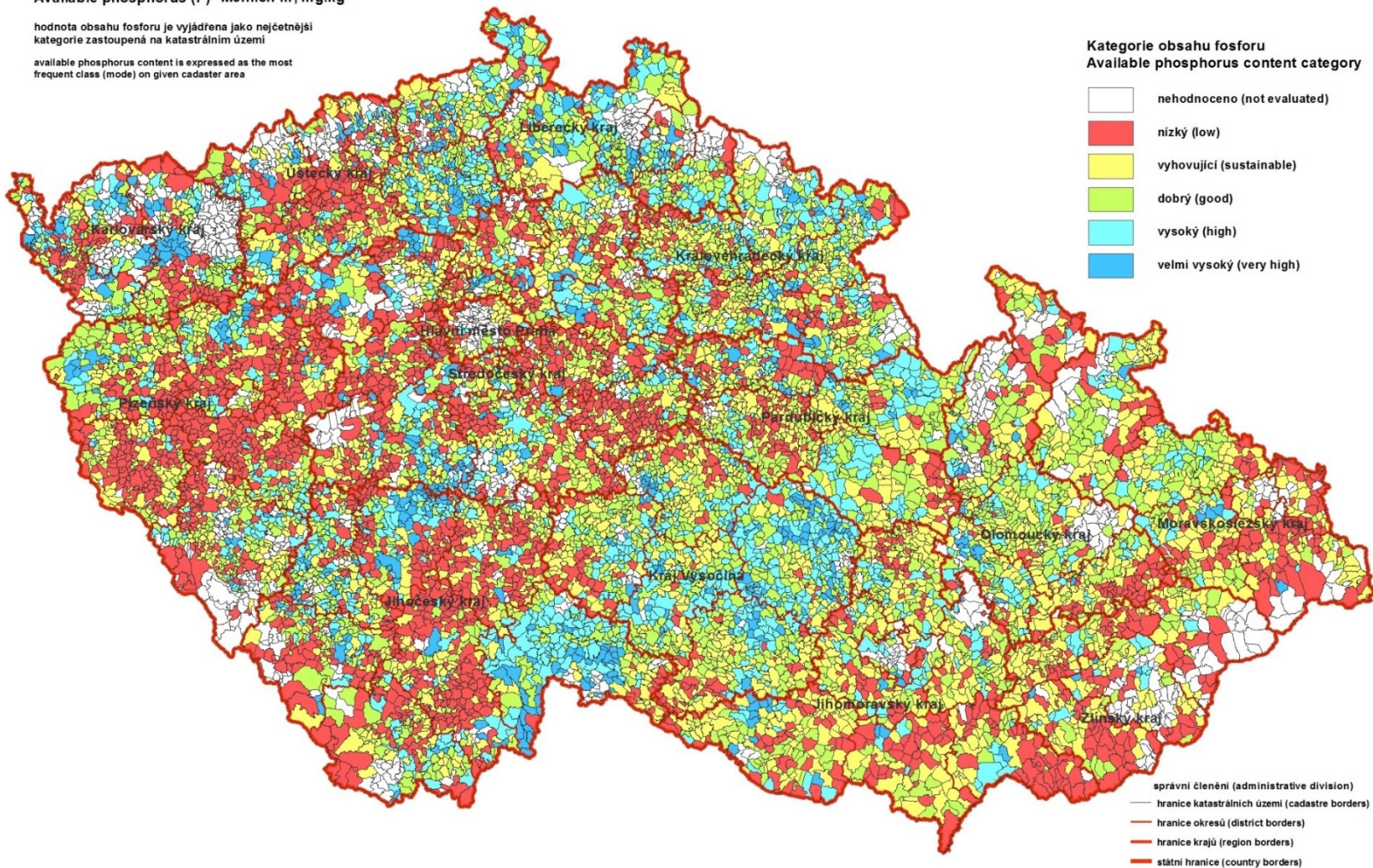
Fosfor (P) Mehlich III,  $\text{mg.kg}^{-1}$

Available phosphorus (P) Mehlich III,  $\text{mg.kg}^{-1}$

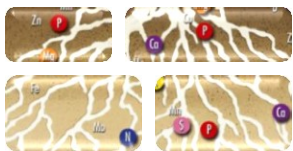
hodnota obsahu fosforu je vyjádřena jako nejčetnější kategorie zastoupená na katastrálním území

available phosphorus content is expressed as the most frequent class (mode) on given cadaster area

# P



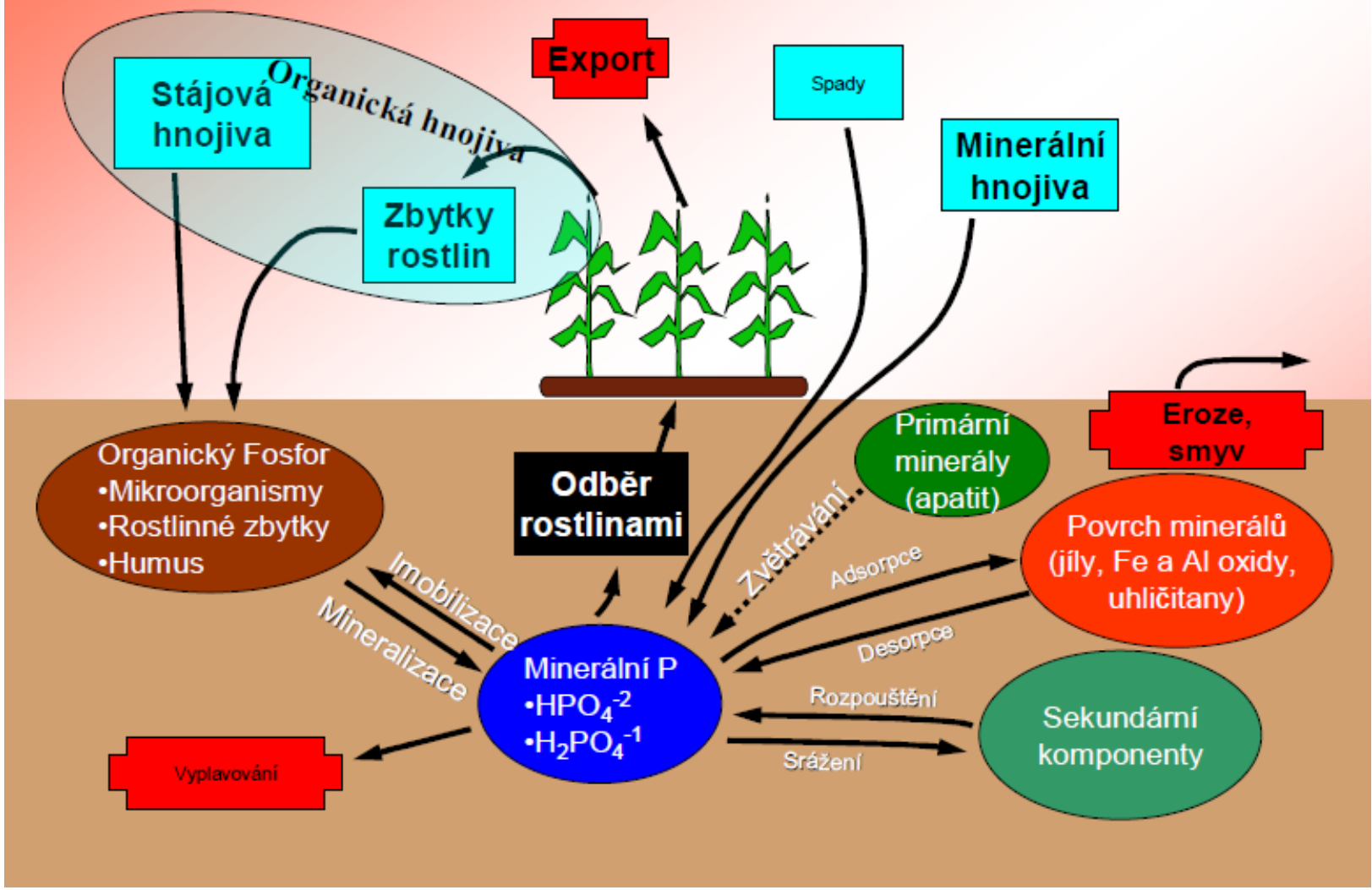


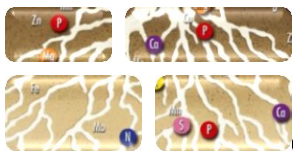


# Živinný režim půd

## Koloběh fosforu

Složka    P do půdy    P z půdy





# Živinný režim půd

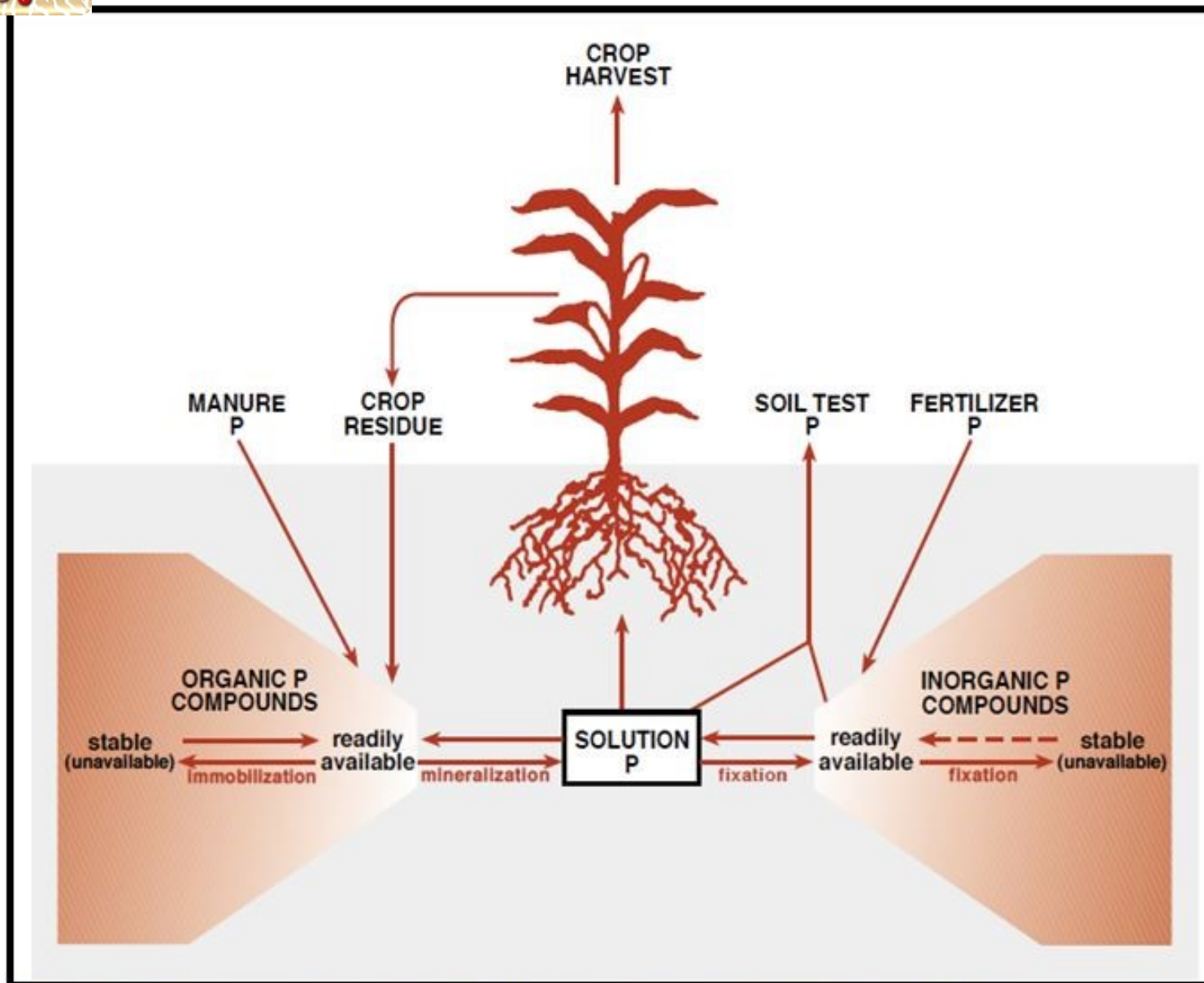
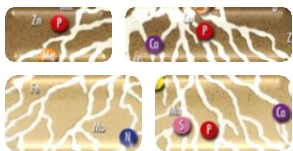
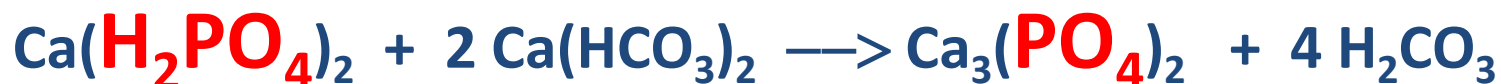


Figure 5: The complex dynamics of phosphorus (P) in the soil/farming system. Source: CIWEM, 2012



## P v alkalických půdách

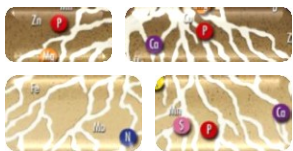
## RETROGRADACE fosforu



## P v kyselých půdách

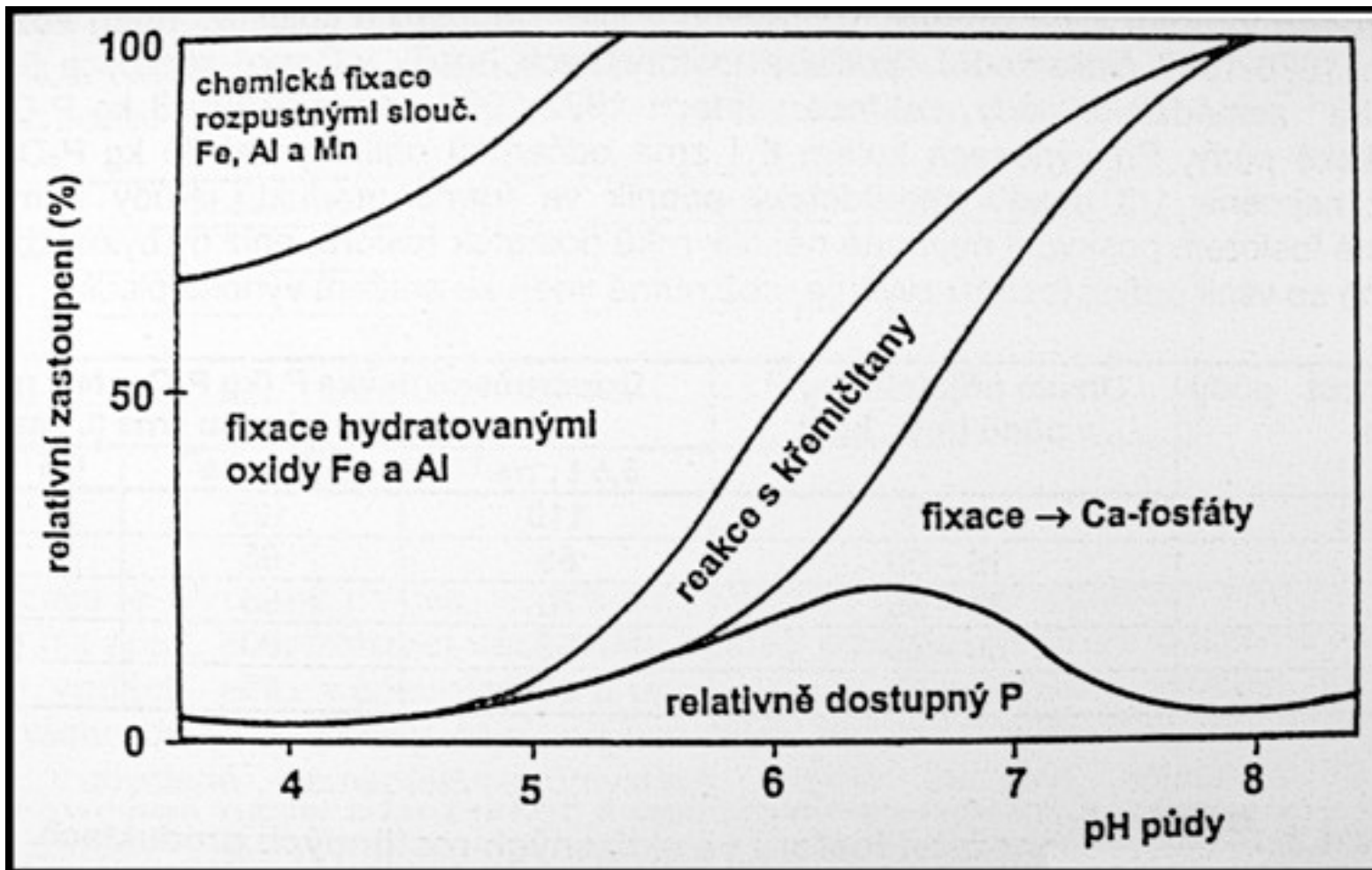
## ZVRHÁVÁNÍ fosforu



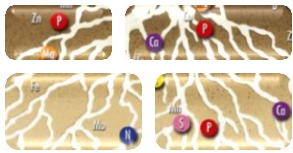


## Živinný režim půd

Fixace aplikovaného rozpustného fosforu do různých sloučenin v závislosti na pH půdy.



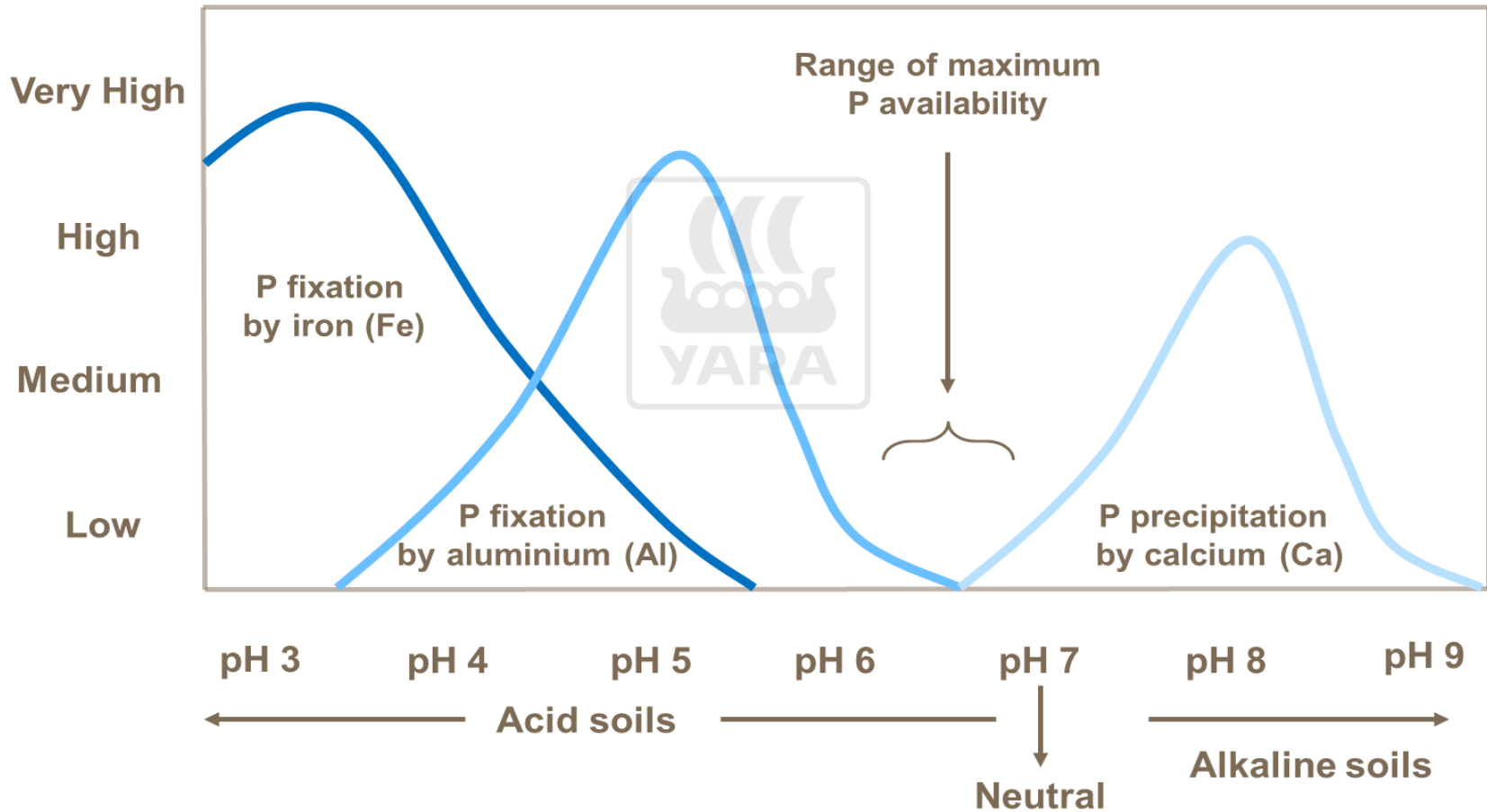
Z obrázku je zřejmé, že nejvíce přijatelného fosforu je v půdách při pH kolem 6 – 7.

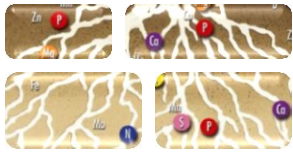


# Živinný režim půd

## Influence of soil pH on the soil P availability

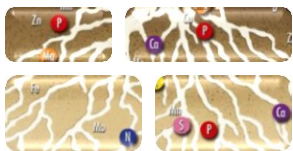
Amount of P fixed in soil





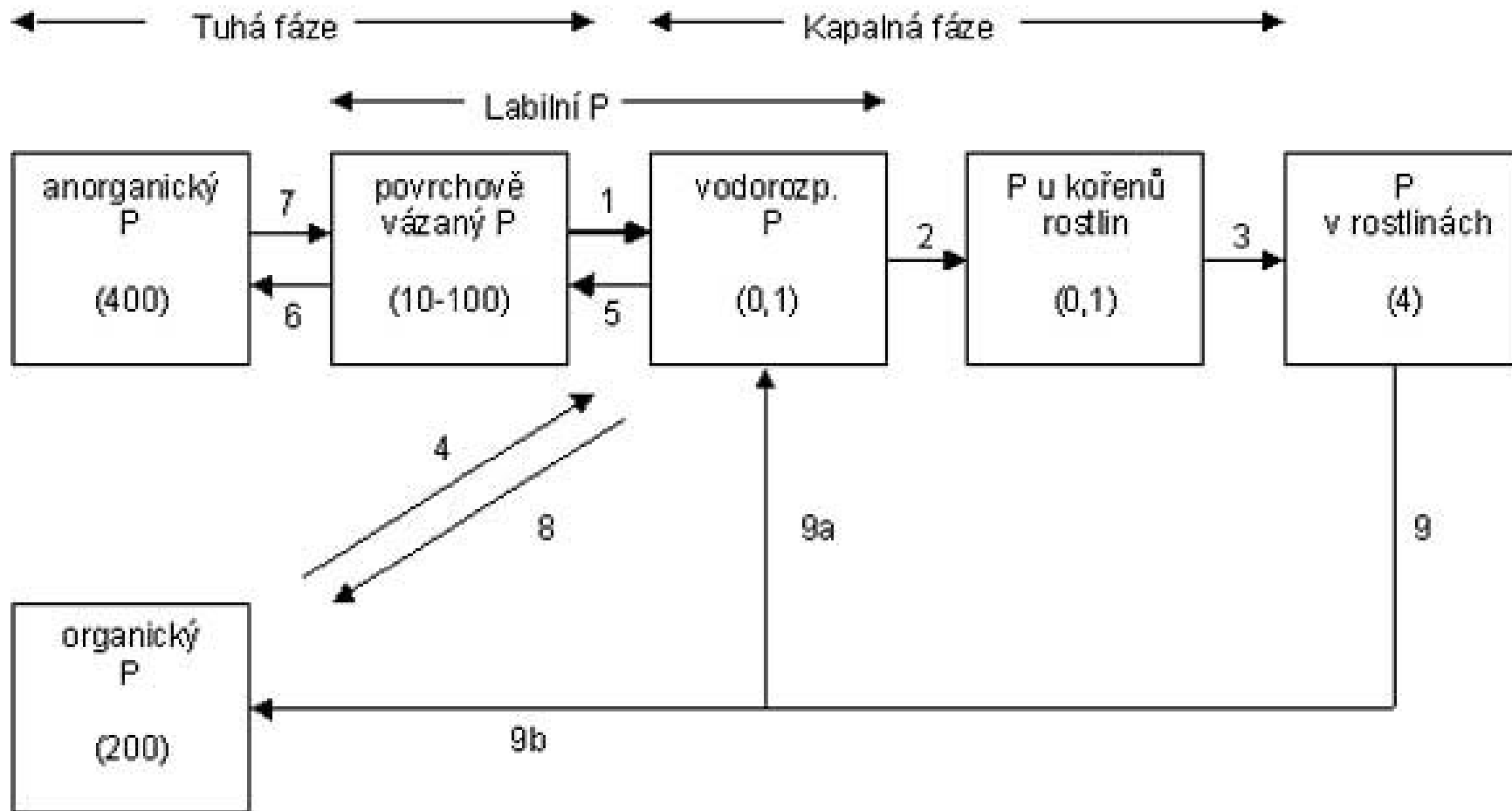
# Poutání fosforu v půdě

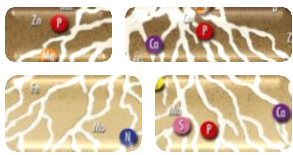
1. *chemickou sorpcí*
2. *biologickou sorpcí*
3. *fyzikálně chemickou neboli výměnnou adsorpcí*



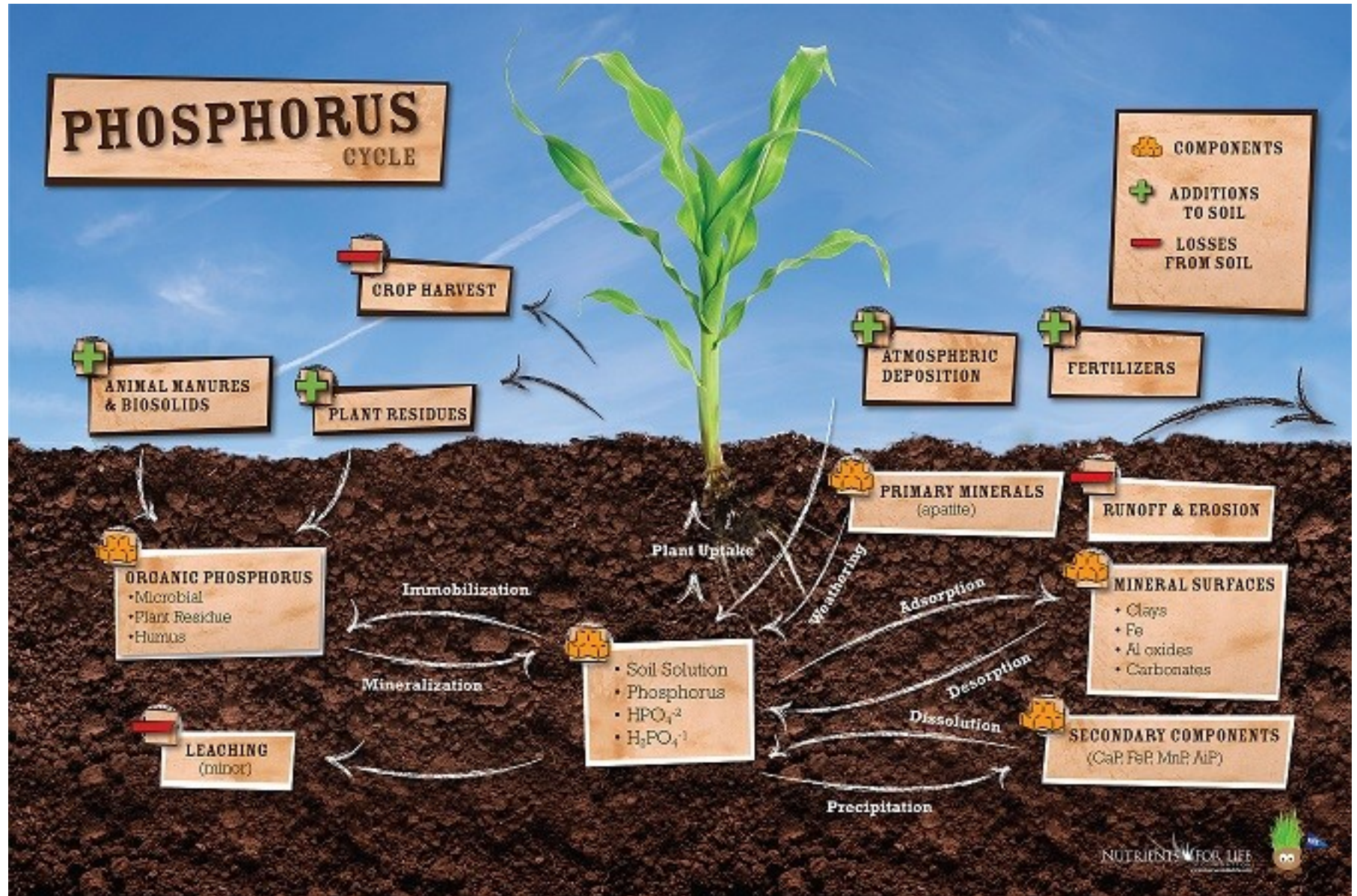
# Živinný režim půd

## Schéma fosfátového režimu ve vztahu půda - rostlina (Russel 1988)

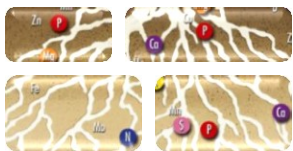




# Živinný režim půd







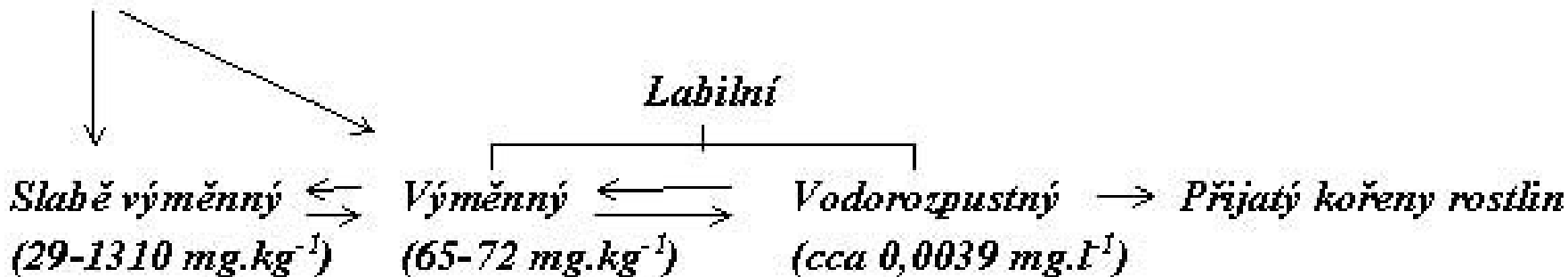
# DRASLÍK v půdě

Celkový obsah K v půdě 0,05 – 3,2 %

- a) Nevýměnný draslík
- b) Výměnný draslík
- c) Draslík vodorozpustný

Dynamika změn půdního draslíku (Russel 1988)

*K celkový (0,8-3,1%)*

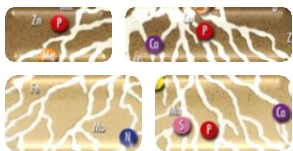


## Nevýměnný draslík

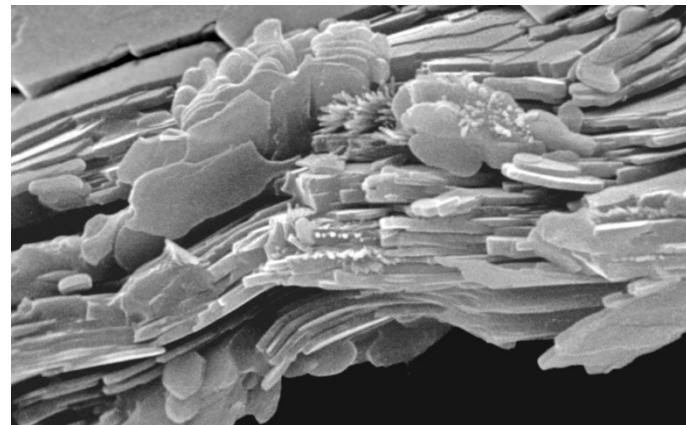
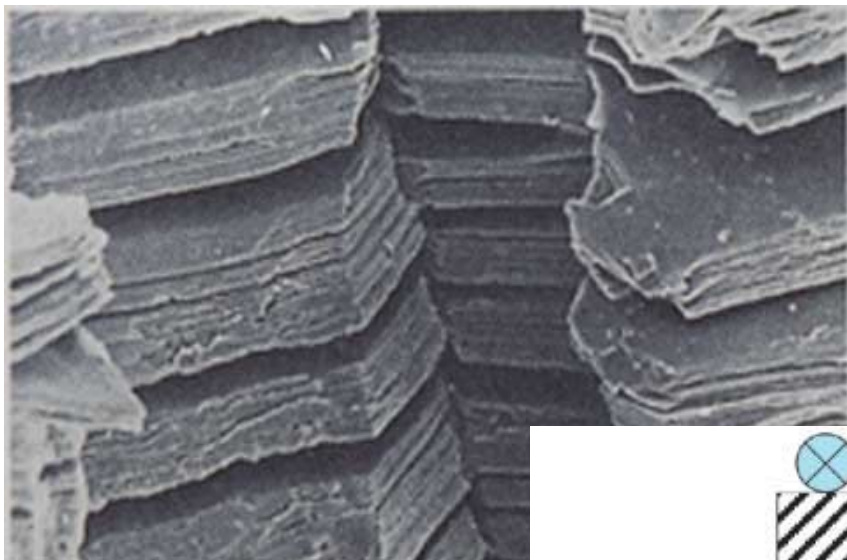
- K pevně vázaný v krystalové mřížce silikátových minerálů  
(*primárních i sekundárních*)
- fixovaný K  
*fixace za sucha*  
*fixace za mokra*
- organicky vázaný K

## Výměnný draslík

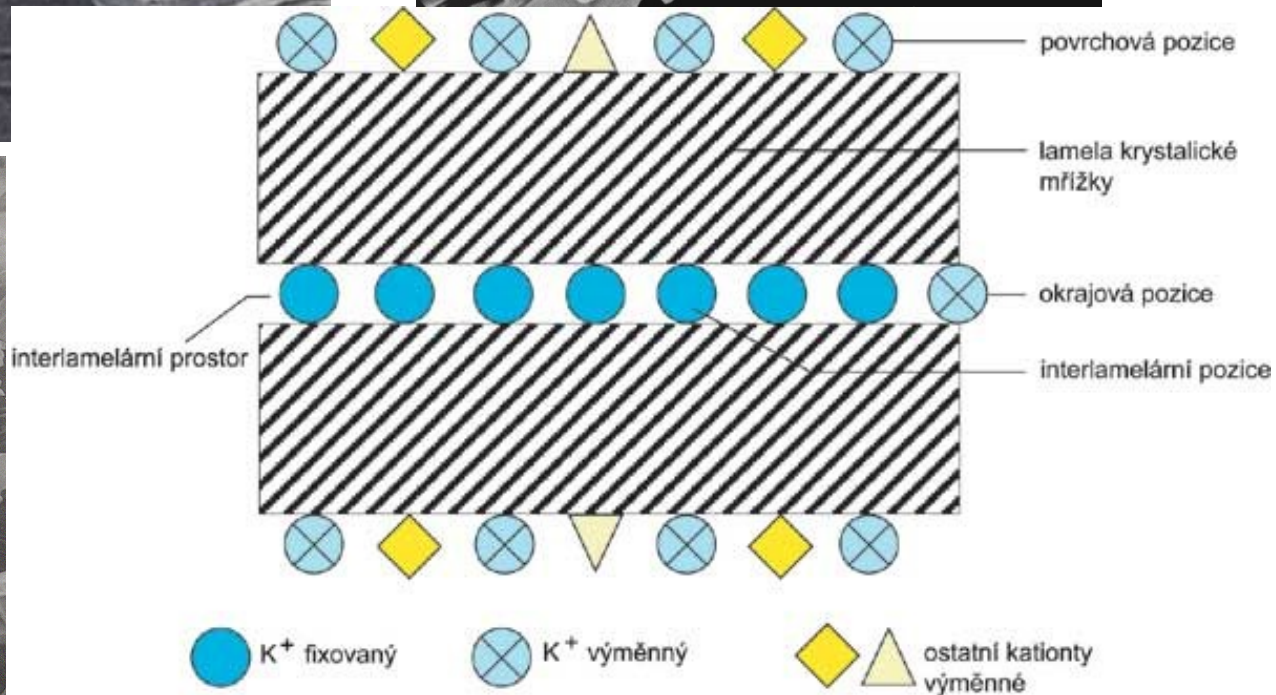
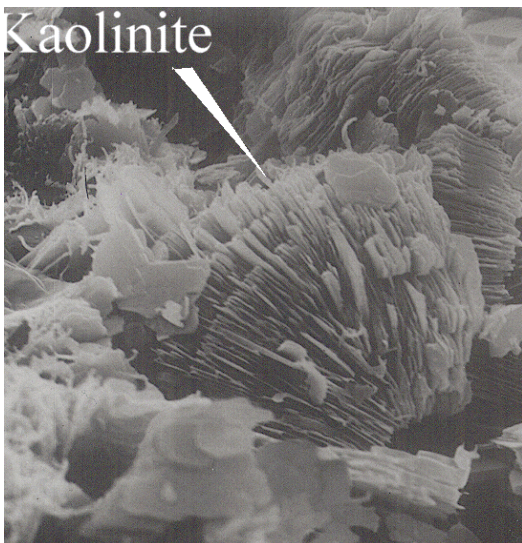
- obsah draslíku z celkové výměnné kapacity činí 2-7%

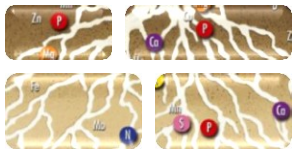


# Živinný režim půd



Kaolinite





# Živinný režim půd

## Agrochemické zkoušení zemědělských půd 2009 - 2014

### Agrochemical soil testing 2009 - 2014

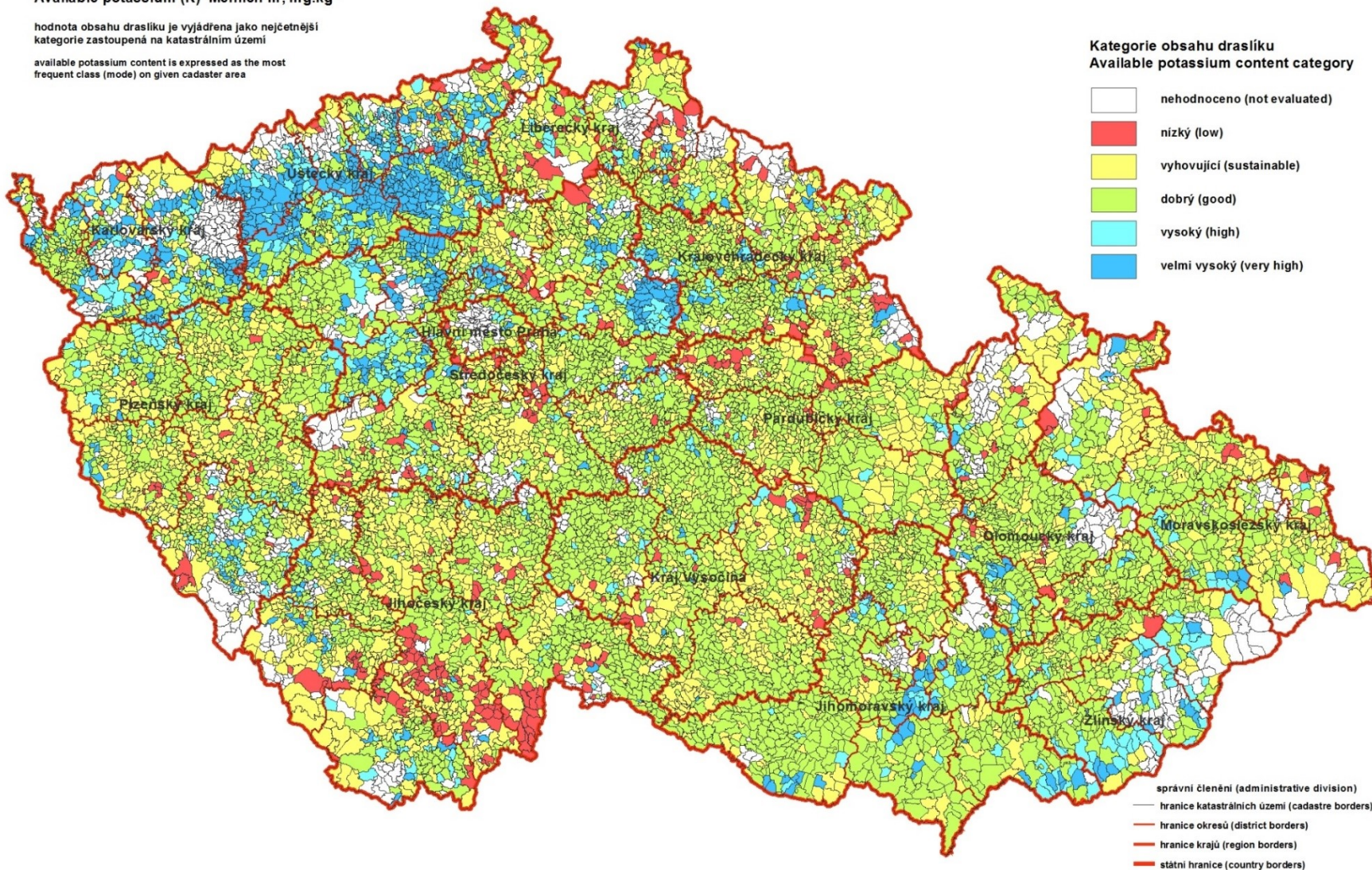
Draslík (K) Mehlich III,  $\text{mg.kg}^{-1}$

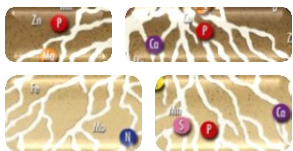
Available potassium (K) Mehlich III,  $\text{mg.kg}^{-1}$

hodnota obsahu draslíku je vyjádřena jako nejčetnější kategorie zastoupená na katastrálním území

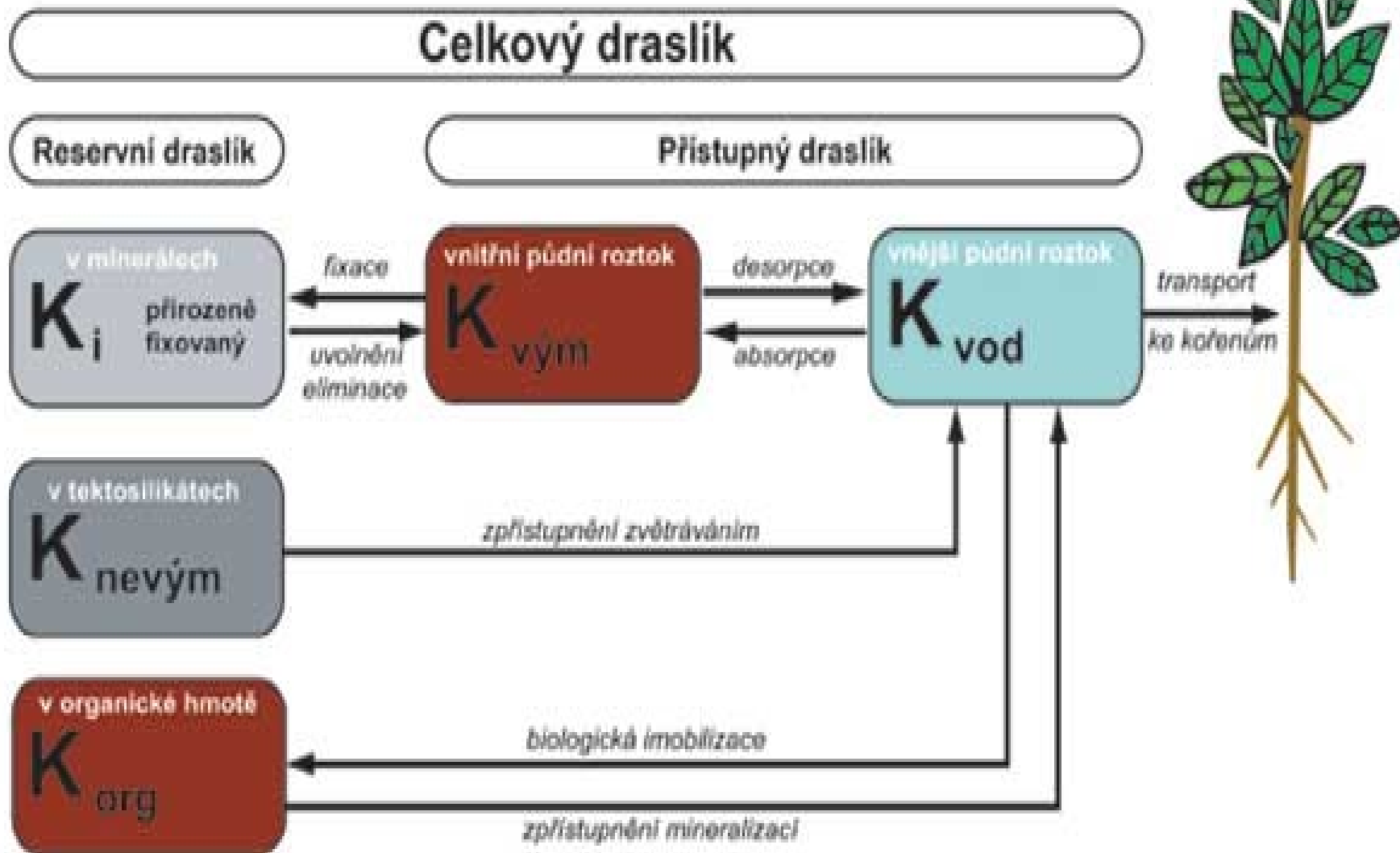
available potassium content is expressed as the most frequent class (mode) on given cadaster area

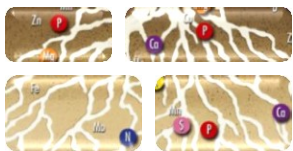
# K



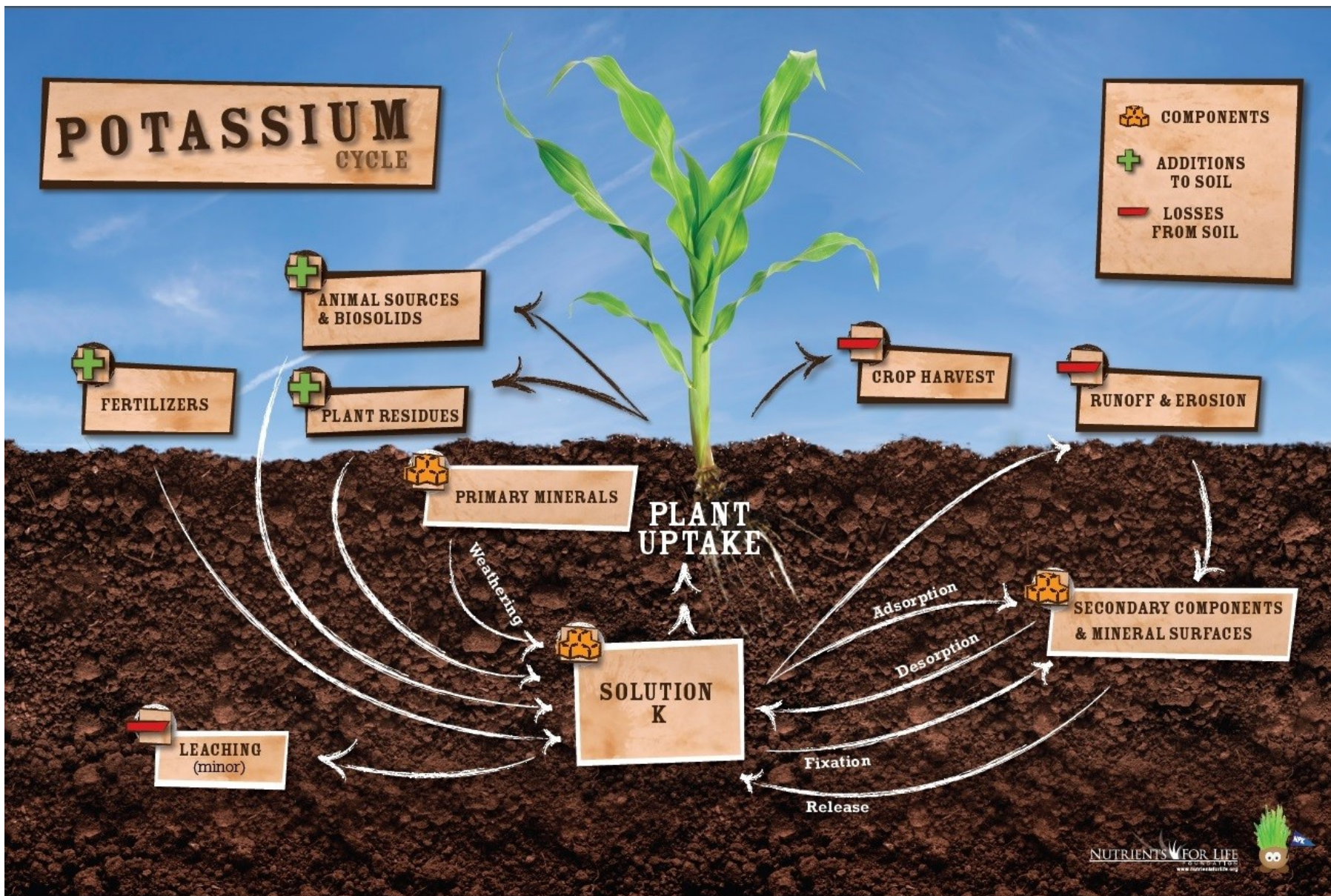


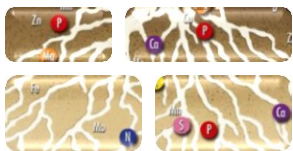
# Živinný režim půd





# Živinný režim půd



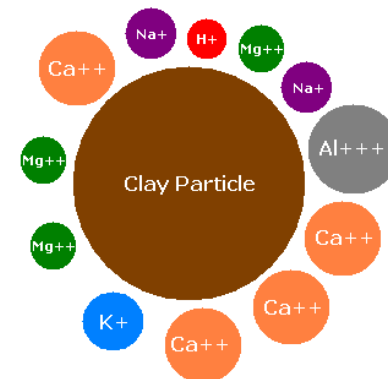


# VÁPŇÍK v půdě

Celkový obsah Ca v půdě 0,15 – 6,0 % (střední obsah je odhadován na 2 %)

## a) Nevýměnný vápník

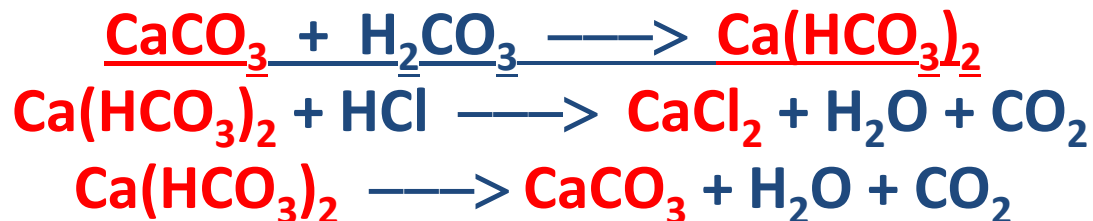
- nerozpustný
- těžce rozpustný
- lehce rozpustný

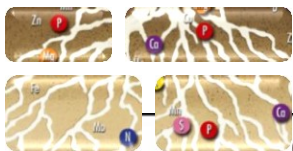


## b) Výměnný vápník - obsah Ca z celkové výměnné kapacity činí 60-70%

## c) Vápník vodorozpustný

Působení Ca v půdě

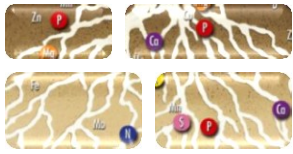




# Živinný režim půd







# HOŘČÍK v půdě

Celkový obsah Mg v půdě v průměru 0,5 – 0,6 % (velmi variabilní)

### a) Nevýměnný hořčík

- 90-95 % je hořčík obsažen v silikátech, alumosilikátech, pyroxénech, biotitu, serpentinu
- Mg vázaný v pevných vysokomolekulárních OL v půdě

### b) Výměnný hořčík

- podíl v sumě vázaných kationtů činí 10-15 % z celkově sorbovaných iontů

### c) Hořčík vodorozpustný



# Živinný režim půd

## Agrochemické zkoušení zemědělských půd 2009 - 2014

### Agrochemical soil testing 2009 - 2014

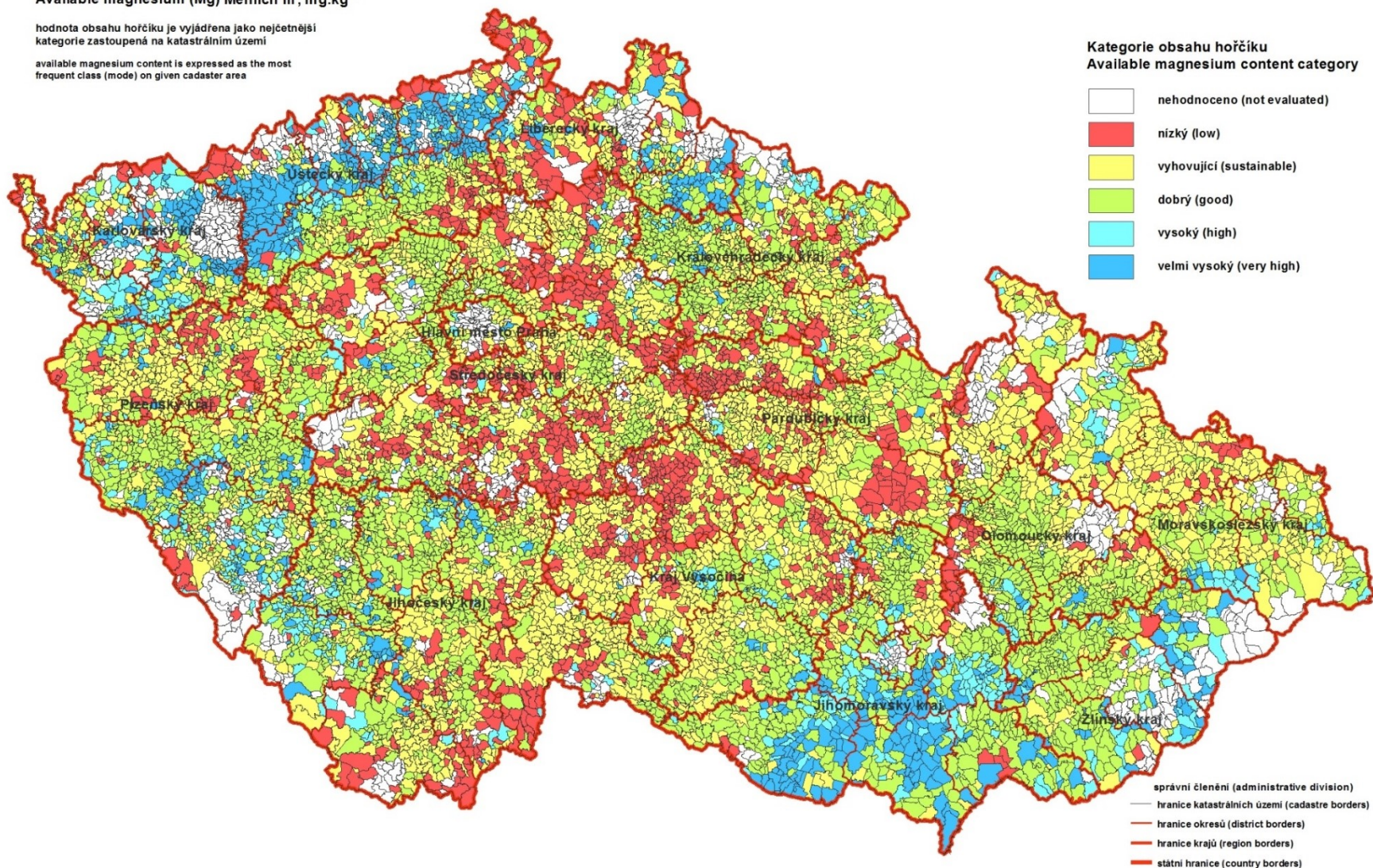
Hořčík (Mg) Mehlich III,  $\text{mg.kg}^{-1}$

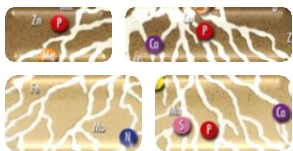
Available magnesium (Mg) Mehlich III,  $\text{mg.kg}^{-1}$

hodnota obsahu hořčíku je vyjádřena jako nejčetnější  
kategorie zastoupená na katastrálním území

available magnesium content is expressed as the most  
frequent class (mode) on given cadaster area

# Mg





# SÍRA v půdě

Celkový obsah S v půdě 0,01 – 0,2 % (v ČR 0,10 – 0,12 %)

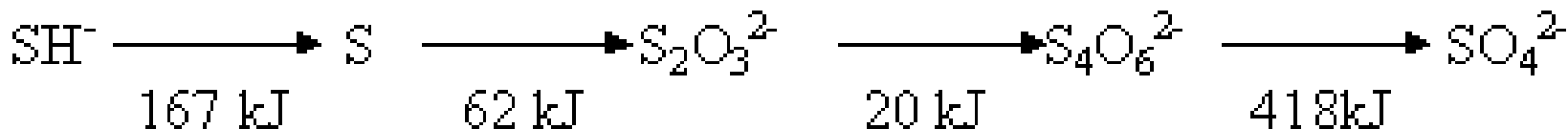
**Minerální složka** -sulfidy  
-sírany

*-2 (sulfidy), 0 (elementární síra), +2 (thiosírany), +4 (siřičitany) až po +6 (sírany)*

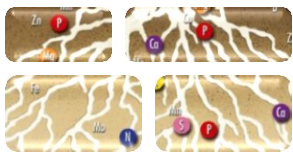
**Organická složka**

**Atmosféra – zdroj síry**

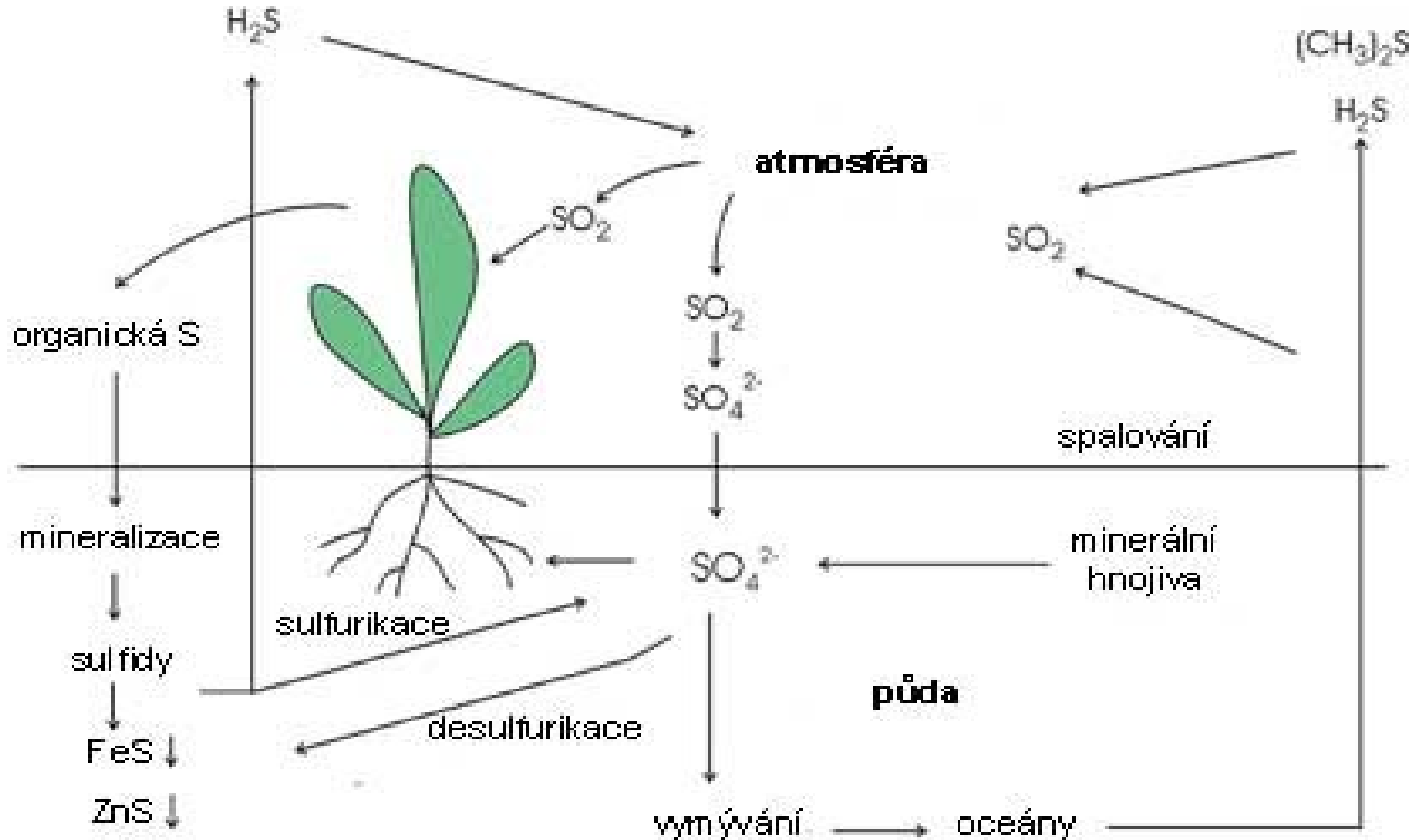
**Sulfurikace – oxidace minerální síry**

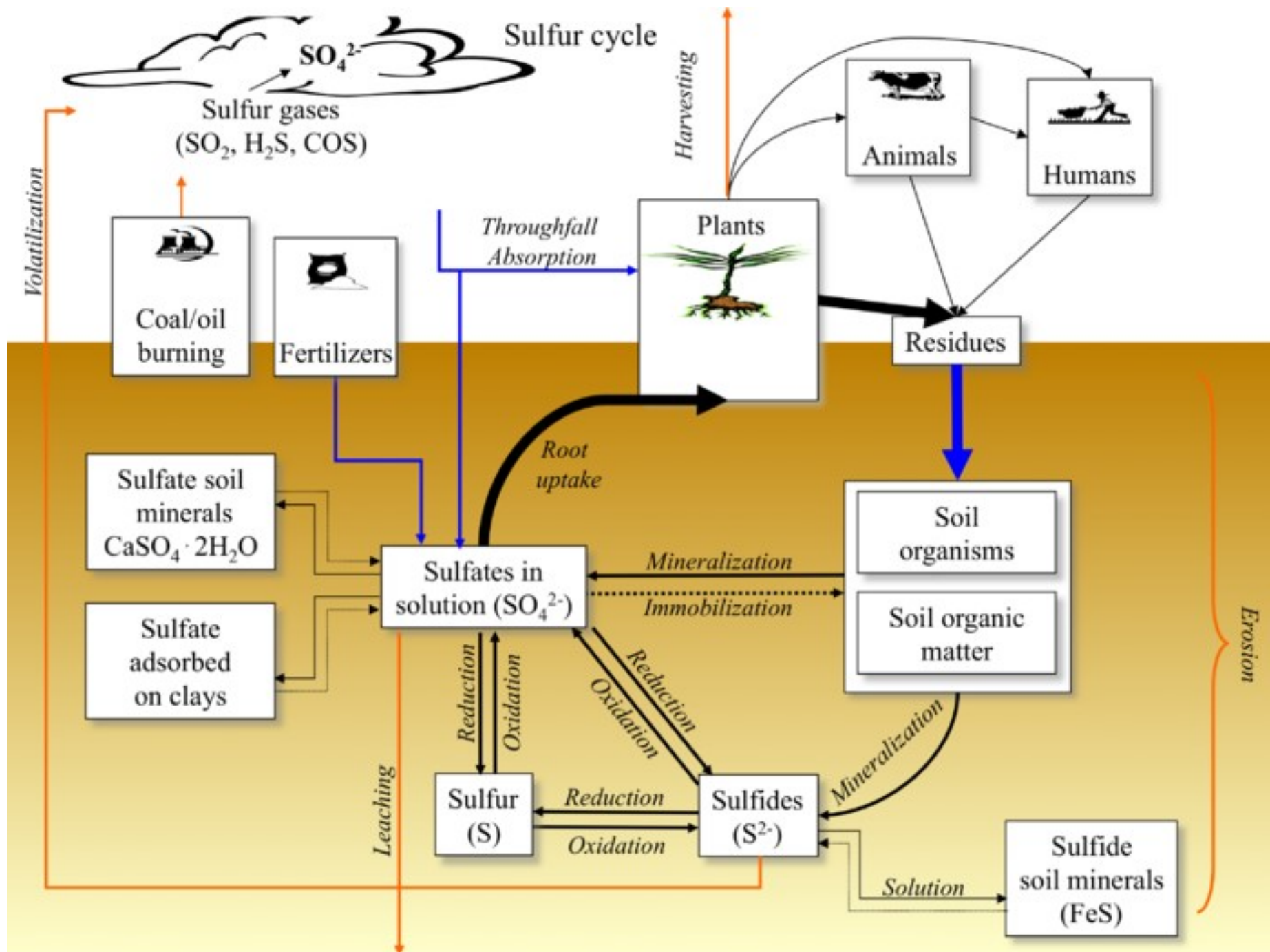


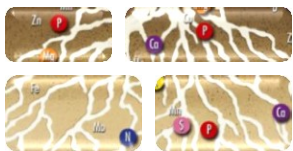
**Desulfurikace – redukce síry (biologická) – produkce H<sub>2</sub>S**



## Koloběh síry v přírodě (Delwiche, 1983)

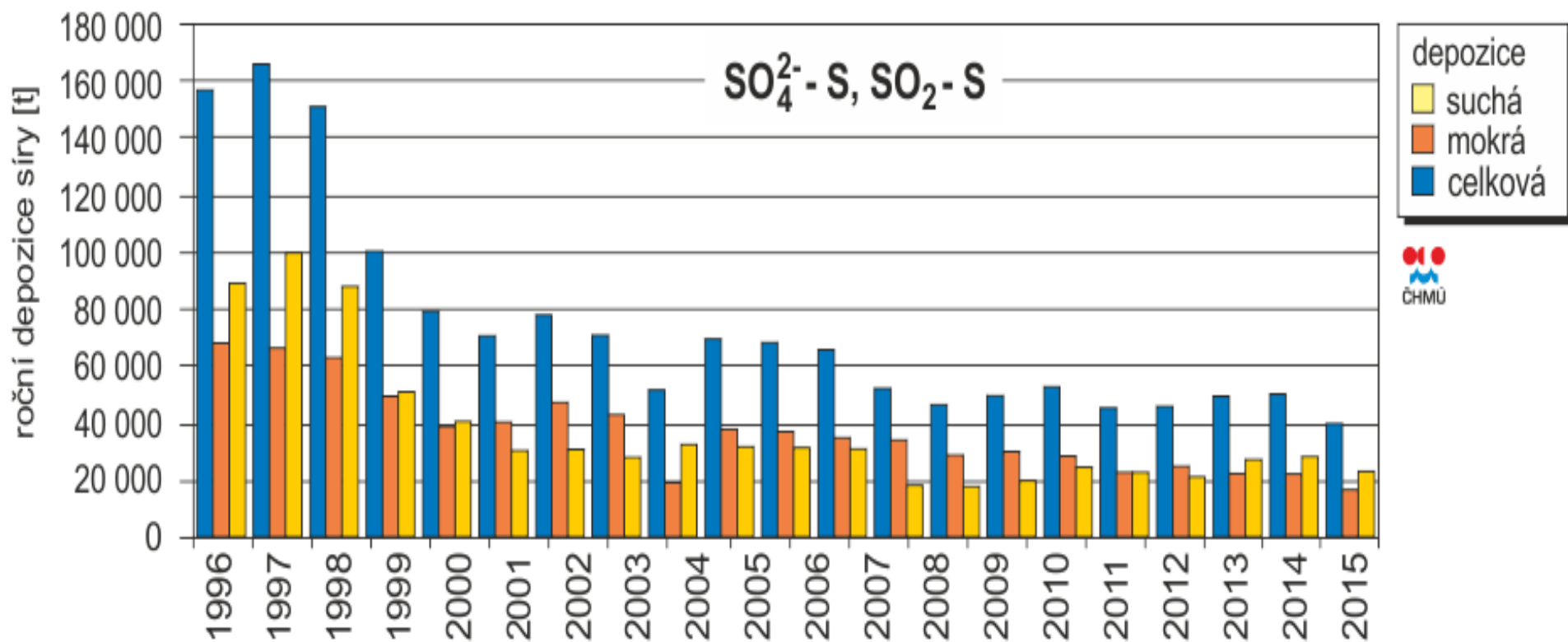


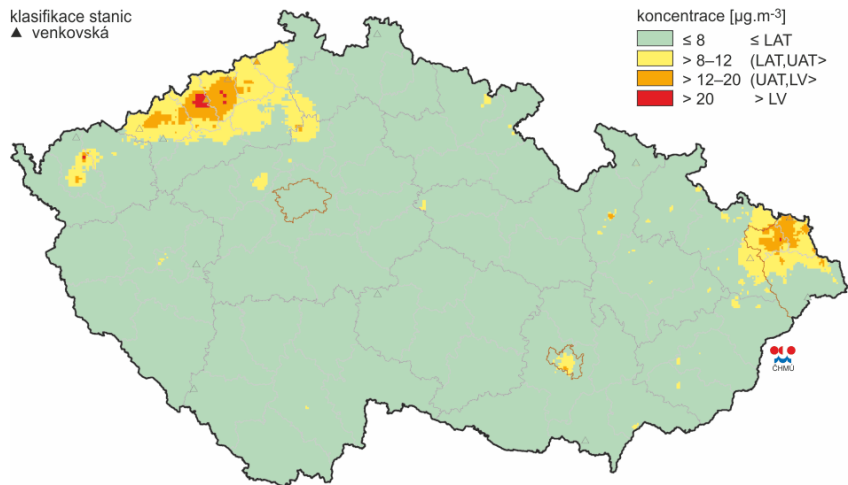




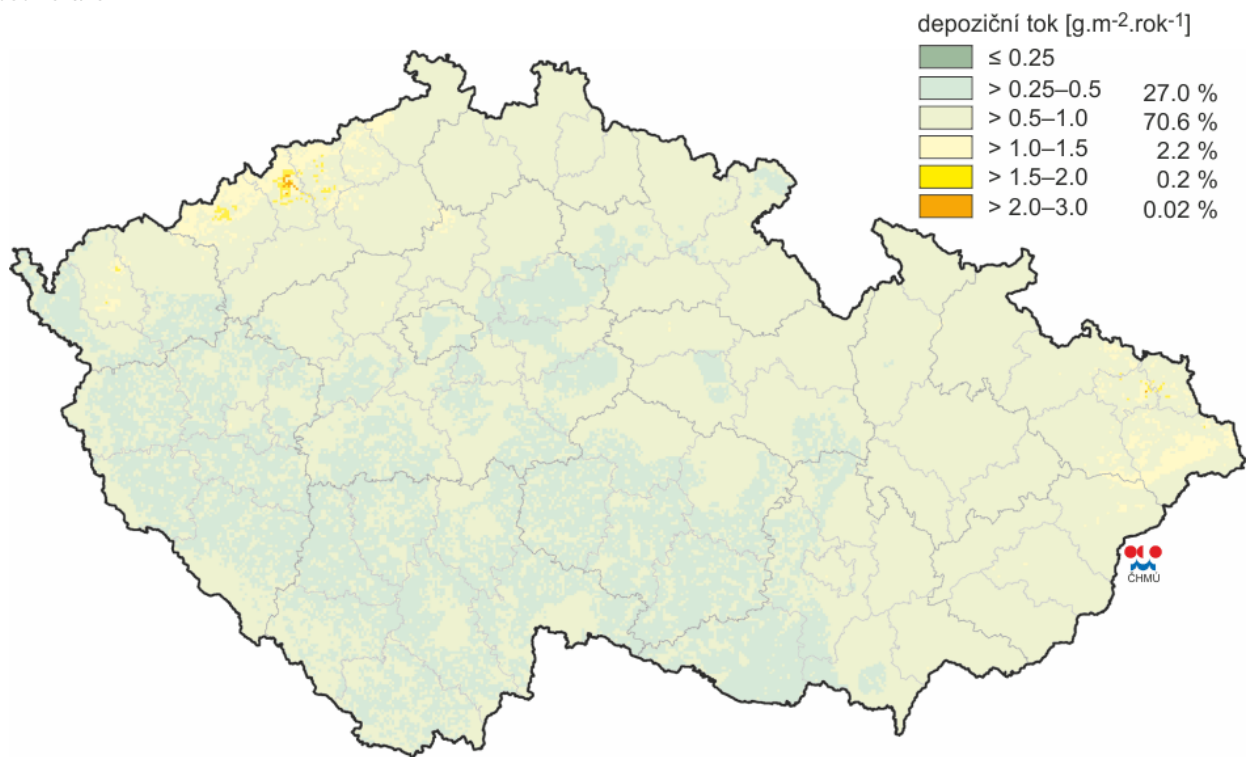
## Živinný režim půd

# Vývoj roční depozice síry na plochu ČR (1995-2015, ČHMÚ)





Obr. IV.7.5 Pole průměrné koncentrace oxidu siřičitého v zimním období 2013/2014



Obr. IX.4 Pole celkové roční depozice síry, 2013