DISKUSE VHODNOSTI KOMBINOVANÉHO POUŽITÍ VYBRANÝCH IN-SITU SANAČNÍCH METOD PŘI ŘEŠENÍ KOTAMINACE PODZEMNÍCH VOD.

Autorský kolektiv

Petr Kvapil, AQUATEST a.s.
Lenka Lacinová, Technická univerzita v Liberci
Lucie Křiklavová, Technická univerzita v Liberci
Štěpánka Klímková, Technická univerzita v Liberci

Realizováno za finanční podpory projektů:
MŠMT: 1M0554 Výzkumného centra „Pokročilé sanační technologie a procesy“
AVČR: KAN108040651 „Nanotechnologie pro společnost“

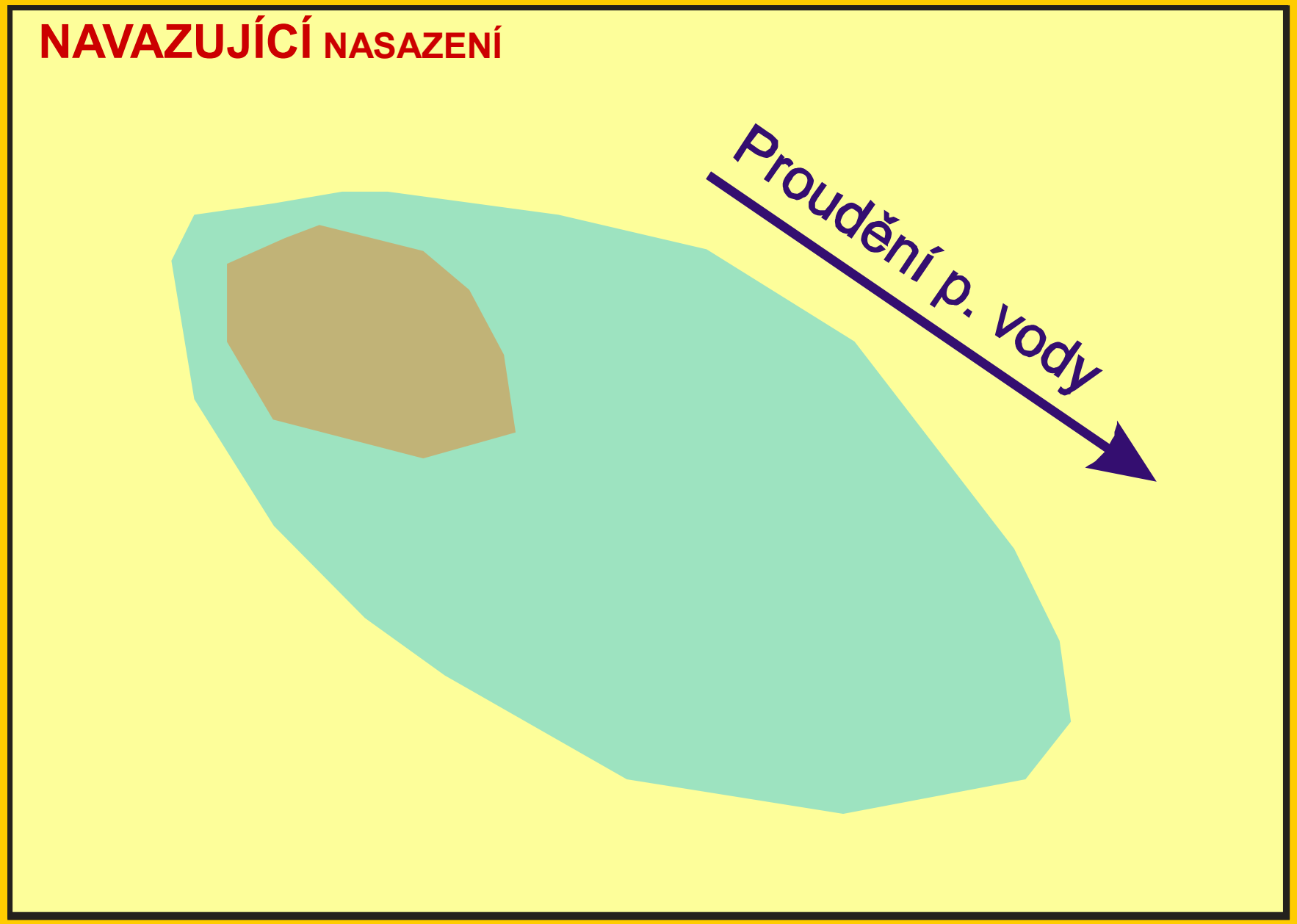
Používané chemické látky

- ***In-situ chemická oxidace (ISCO):*** manganistan draselný ($KMnO_4$), manganistan sodný ($NaMnO_4$), peroxid vodíku (Fentonovo činidlo, H_20_2), persulfát ($Na_2S_2O_8$), ozón (O_3) a další.
- ***Další podpořené procesy degradace / stabilizace:*** rostlinné oleje a olejové emulze, kyselina mléčná, laktát sodný, melasa, syrovátka, HRC, biosubstráty, peroxidy vápníku a hořčíku (CaO_2 a MgO_2)
- ***Nanočástice, mikročástice:*** elementárního železa, elementárního hliníku, emulzifikované částice elementárního železa, bimetalické nanočástice
- ***Pomocné chemické látky:*** kyseliny, zásady, $FeSO_4$, komplexační činidla – EDTA, citrát, živiny

Cíle

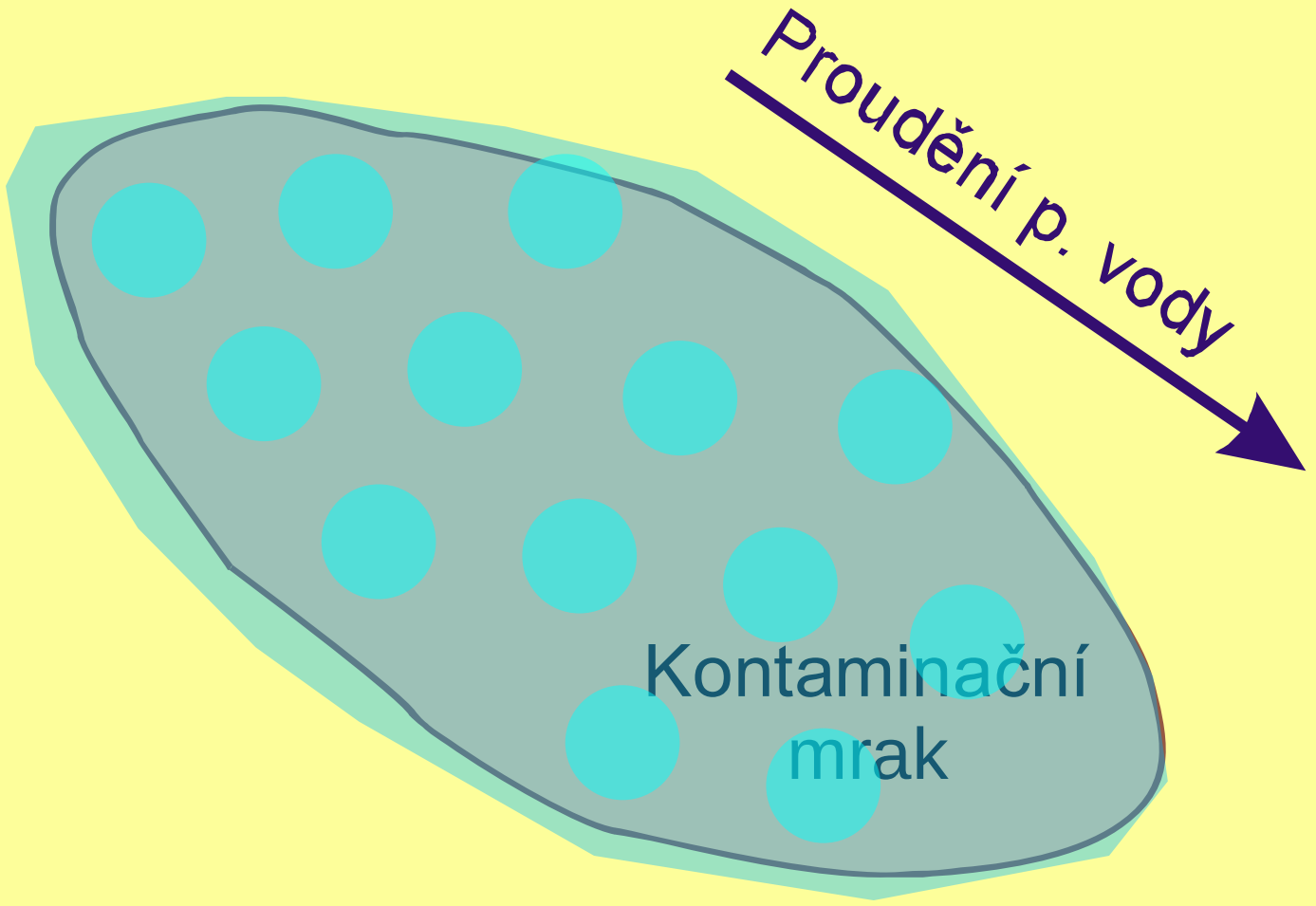
- Popsat scénáře kontaktu činidel
- Seznámit se s průběhem reakcí
- Posoudit výhody a nevýhody kontaktu
- Posoudit možné negativní/pozitivní důsledky kontaktu
- Vyhodnotit eventuální technologická rizika

Scénáře kontaktu činidel (1)

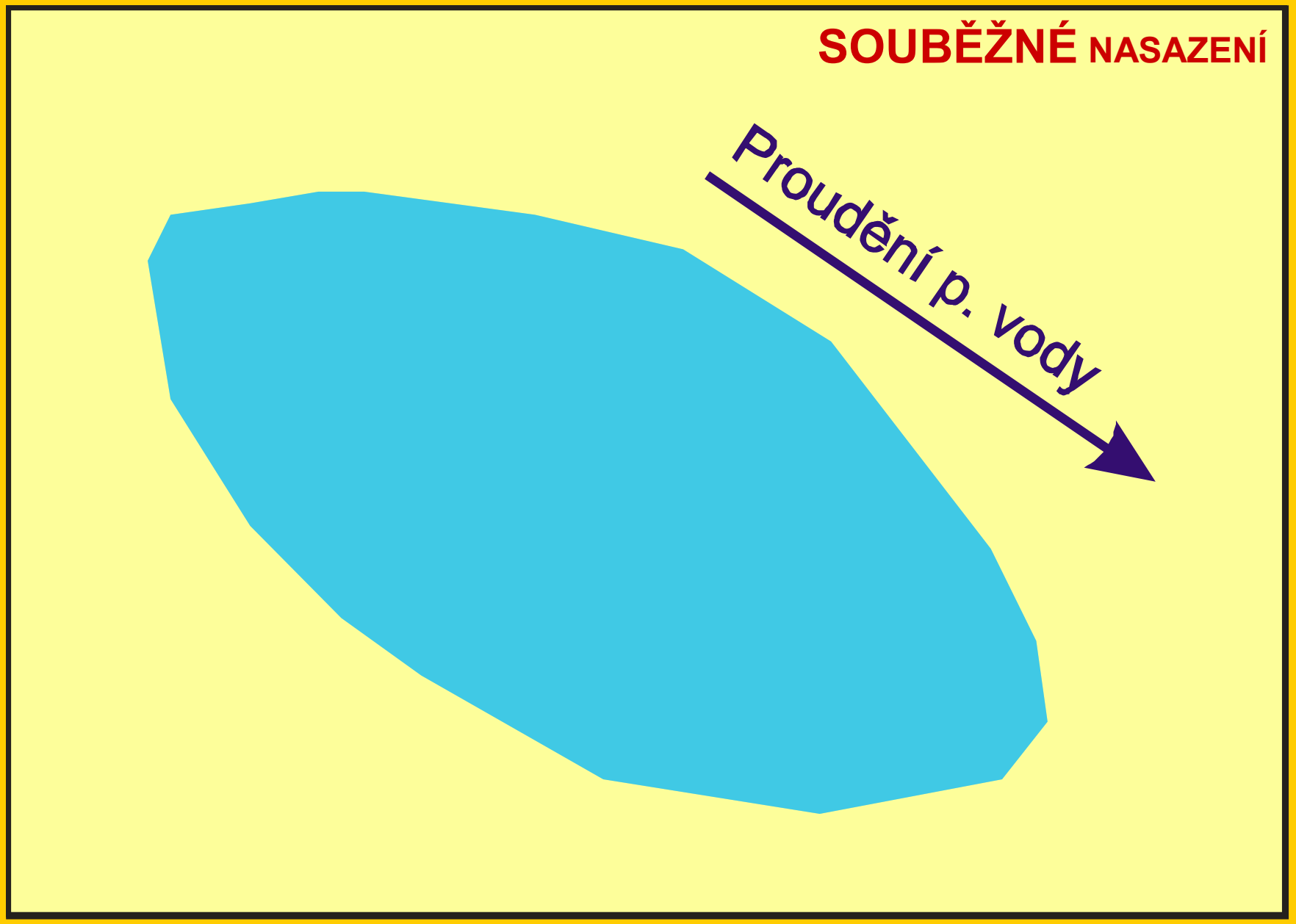


Scénáře kontaktu činidel (2)

NAHRAZENÍ JINOU TECHNOLOGIÍ



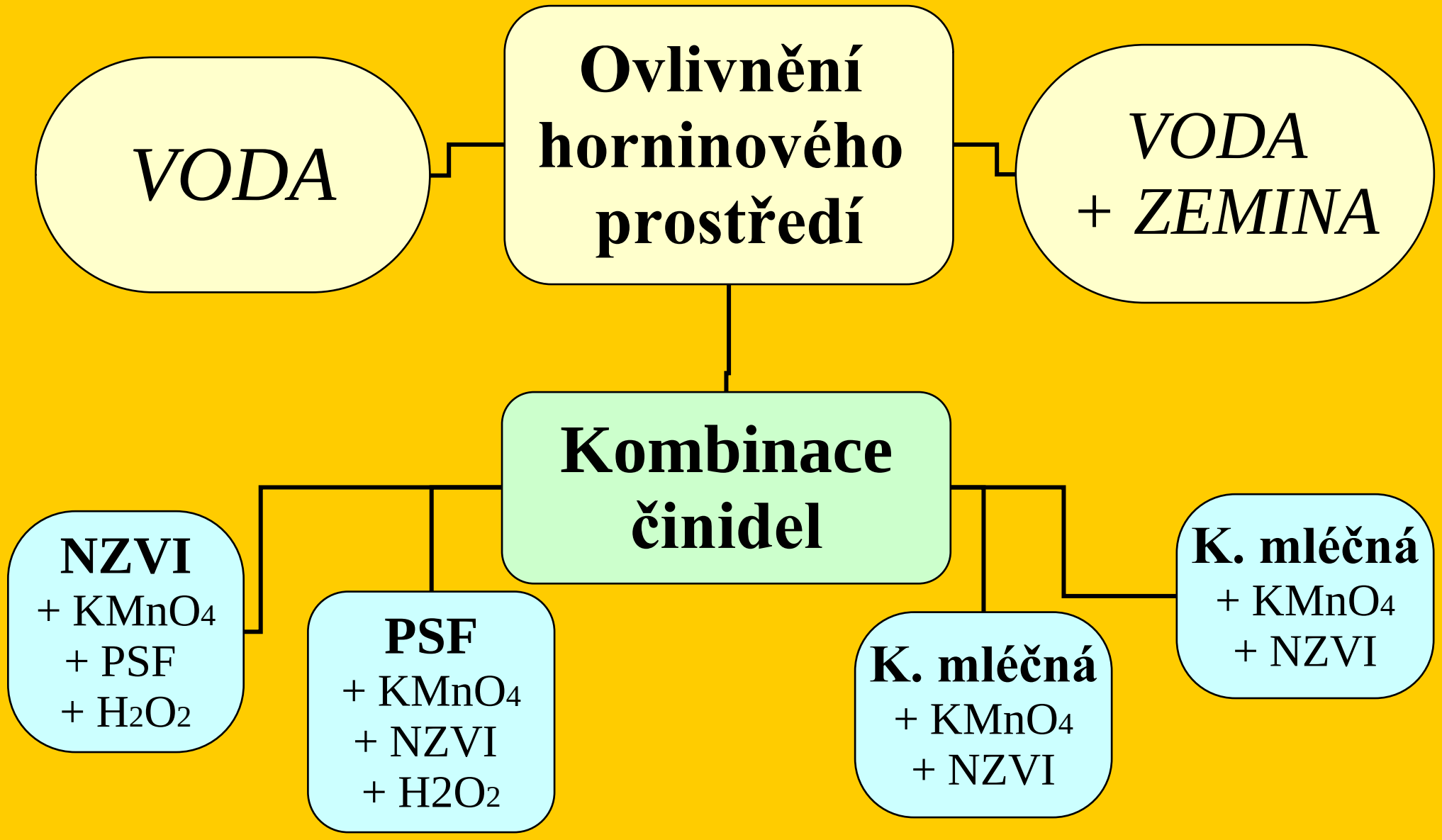
Scénáře kontaktu činidel (3)



Scénáře kontaktu činidel (4)

NAHODILÝ KONTAKT

Úvodní laboratorní studie kontaktu



Výběr činidel

- ***In-situ chemická oxidace (ISCO):*** manganistan draselný ($KMnO_4$), manganistan sodný ($NaMnO_4$), peroxid vodíku (Fentonovo činidlo, H_2O_2), persulfát ($Na_2S_2O_8$), ozón (O_3) a další.
- ***Mikrobiálně podpořené procesy degradace:*** rostlinné oleje a olejové emulze, kyselina mléčná, laktát sodný, melasa, syrovátka, HRC, biosubstráty, peroxidy vápníku a hořčíku (CaO_2 a MgO_2)
- ***Nanočástice, mikročástice:*** elementárního železa, elementárního hliníku, emulzifikované částice elementárního železa, bimetalické nanočástice
- ***Pomocné chemické látky:*** kyseliny, zásady, $FeSO_4$, komplexační činidla – EDTA, citrát, živiny

Výběr činidel

- ***In-situ chemická oxidace (ISCO):*** manganistan draselný (KMnO4), manganistan sodný (NaMnO4),
- O2)
- ního železa,
  ástice
  částice
- ***Pomocné chemické látky:*** kyseliny, zásady, FeSO4, komplexační činidla – EDTA, citrát, živiny

Kombinace činidel – teoreticky

	Reaktant B					
	Fe^0	**syrovátka**	**laktát**	**H_2O_2**	**$S_2O_8^{2-}$**	**MnO_4^-**
Reaktant A	**Produkt rozkladu reaktantu A reakcí s reaktantem B**					
Fe^0	X	Fe^{2+} (Fe^{3+})	Fe^{2+} (Fe^{3+})	Fe^{2+} (Fe^{3+})	Fe^{2+} (Fe^{3+})	Fe^{2+} (Fe^{3+})
syrovátka	CH_4	X	X	CO_2, CO	CO_2, CO	CO_2, CO
laktát	CH_4	X	X	CO_2, CO	CO_2, CO	CO_2, CO
H_2O_2	H_20	H_20	H_20	X	H_20, O_2	H_20, O_2
$S_2O_8^{2-}$	SO_4^{2-}	SO_4^{2-}	SO_4^{2-}	SO_4^{2-}	X	SO_4^{2-}
MnO_4^-	K: Mn^{2+} N: MnO_2 Z: MnO_4^{2-}	K: Mn^{2+} N: MnO_2 Z: MnO_4^{2-}	K: Mn^{2+} N: MnO_2 Z: MnO_4^{2-}	K: Mn^{2+} N: MnO_2 Z: MnO_4^{2-}	K: Mn^{2+} N: MnO_2 Z: MnO_4^{2-}	X

Kombinace činidel – NZVI

přídavek		před	1.dávka po 10 min.	1.dávka 3 dny	2.dávka po 10 min.	2.dávka 4 dny
KMnO4 *šumí*	pH	9,6	11,1	11,4	11,3	11,5
	Eh(mV)	-622	290	-527	481	505
	t(^{O}C)	18,6	19,6	18,6	18,4	19
PSF *šumí*	pH	9,6	7,2	7,4	2,5	2,4
	Eh(mV)	-622	-572	-625	834	980
	t(^{O}C)	18,6	19,4	18,7	26,5	19
H2O2 *šumí*	pH	9,6	7	7,5	6,7	6,4
	Eh(mV)	-622	253	53	274	271
	t(^{O}C)	18,6	20,5	18,7	19	19

Kombinace činidel – PSF

přídavek			1.dávka		2.dávka	
		před	po 10 min.	3 dny	po 10 min.	4 dny
NZVI	pH	6,4	2,5	2,4	2,4	2,3
	Eh(mV)	553	714	754	661	981
	t(^{O}C)	18,4	21,3	18,7	21,1	19,2
KMnO4	pH	6,4	6,3	6,7	7	6,5
	Eh(mV)	553	591	743	725	852
	t(^{O}C)	18,4	18,9	18,6	17,8	19
H2O2	pH	6,4	6,3	1,5	1,5	1,4
	Eh(mV)	553	369	547	527	528
	t(^{O}C)	18,4	18,7	18,7	18,8	19,1

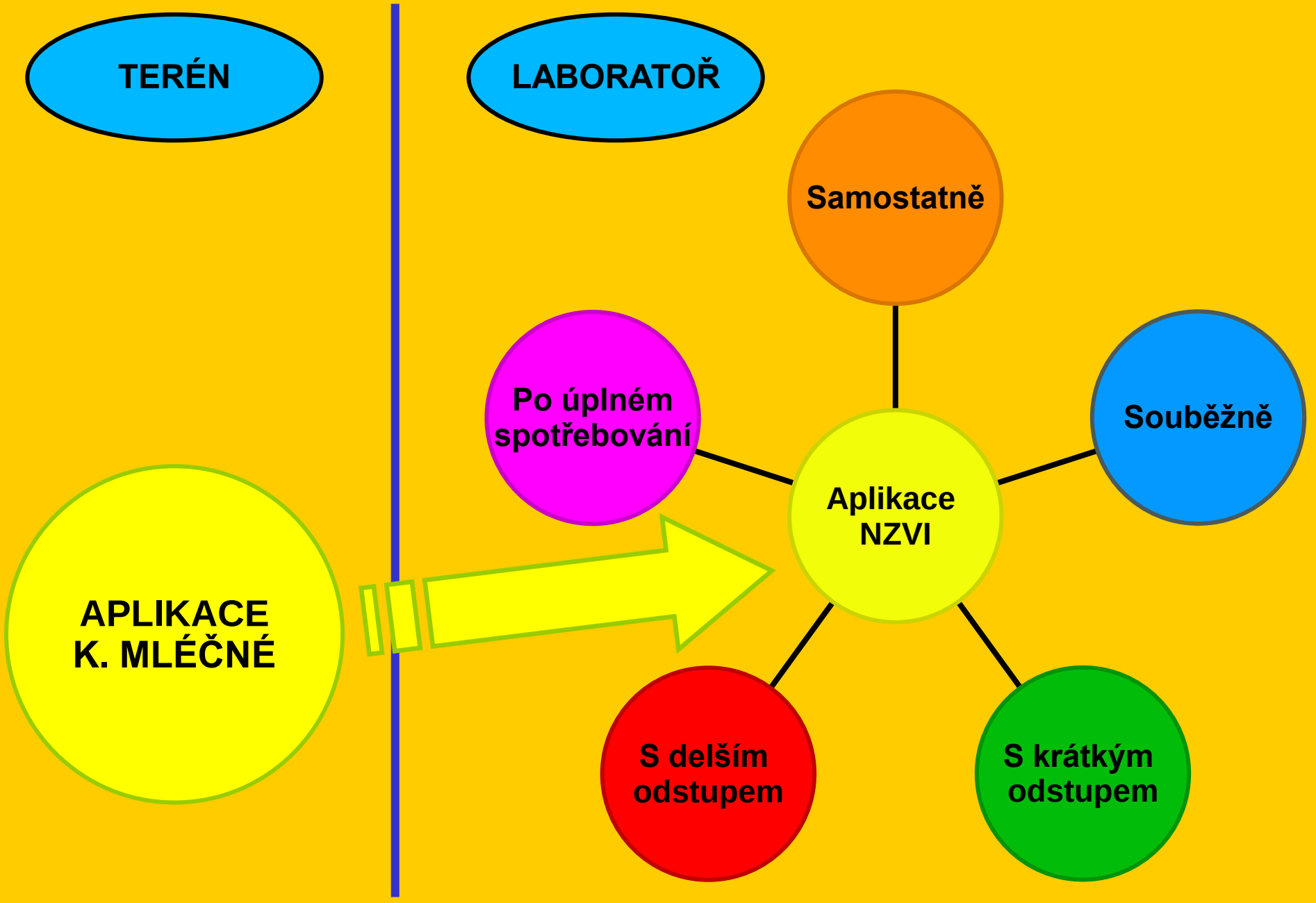
Kombinace činidel – k.ml., syr.

roztok	přídavek			1.dávka		2.dávka	
			před	po 10 min.	3 dny	po 10 min.	4 dny
K. mléčná	KMnO4	pH	2,4	2,4	2,6	5,3	6,6
		Eh(mV)	366	867	392	574	341
		t(^{O}C)	18,9	19,7	18,7	30,5	19,1
	NZVI *šumí*	pH	2,4	3,3	3,2	3,6	3,8
		Eh(mV)	366	-160	121	-522	75,5
		t(^{O}C)	18,9	19,7	18,8	19,5	19,1
syrovátka	KMnO4	pH	6,9	7,6	7,6	7,1	7,7
		Eh(mV)	-43	250	8	572	-113
		t(^{O}C)	18,8	19,6	18,8	29,5	19,1
	NZVI	pH	6,9	7,6	6,2	6,6	5,8
		Eh(mV)	-43	-450	-466	-579	-567
		t(^{O}C)	18,8	19	18,9	19,2	19,2

Kombinace činidel – k.ml., syr.

roztok	přídavek		před	1.dávka po 10 min.	1.dávka 3 dny	2.dávka po 10 min.	2.dávka 4 dny
K. mléčná	KMnO4	pH	2,4	2,4	2,6	5,3	6,6
		Eh					341
		t(°C)					19,1
	NZVI *šumí*	pH					3,8
		Eh					75,5
		t(°C)					19,1
syrovátka	KMnO4	pH					7,7
		Eh					-113
		t(°C)					19,1
	NZVI	pH					5,8
		Eh(mV)	-45	-430	-466	-579	-567
		t(°C)	18,8	19	18,9	19,2	19,2

Pilotní aplikace: laktát - NZVI



Pilotní aplikace: laktát - NZVI

TERÉN

LABORATOŘ

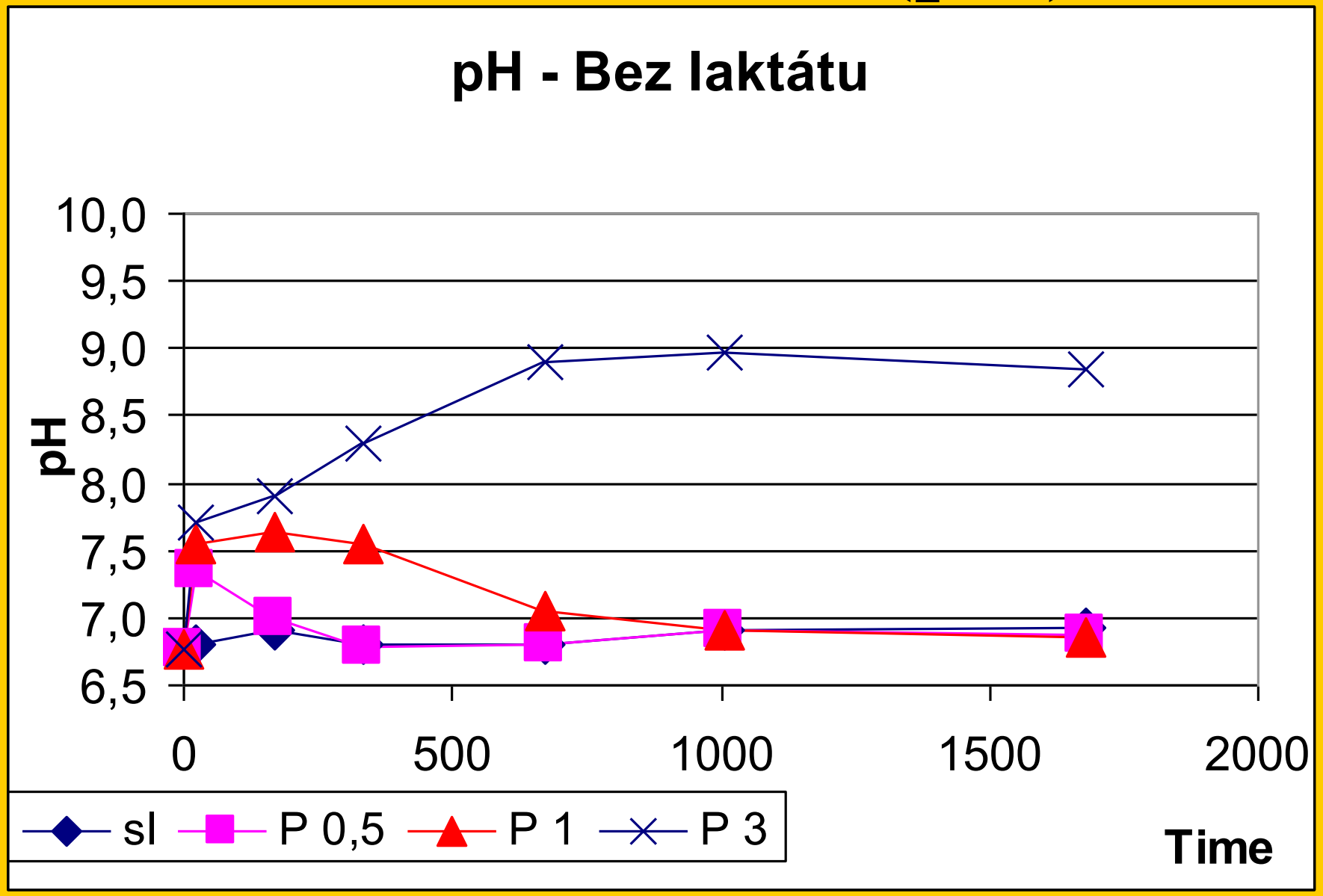
ouběžně

AP
K. M

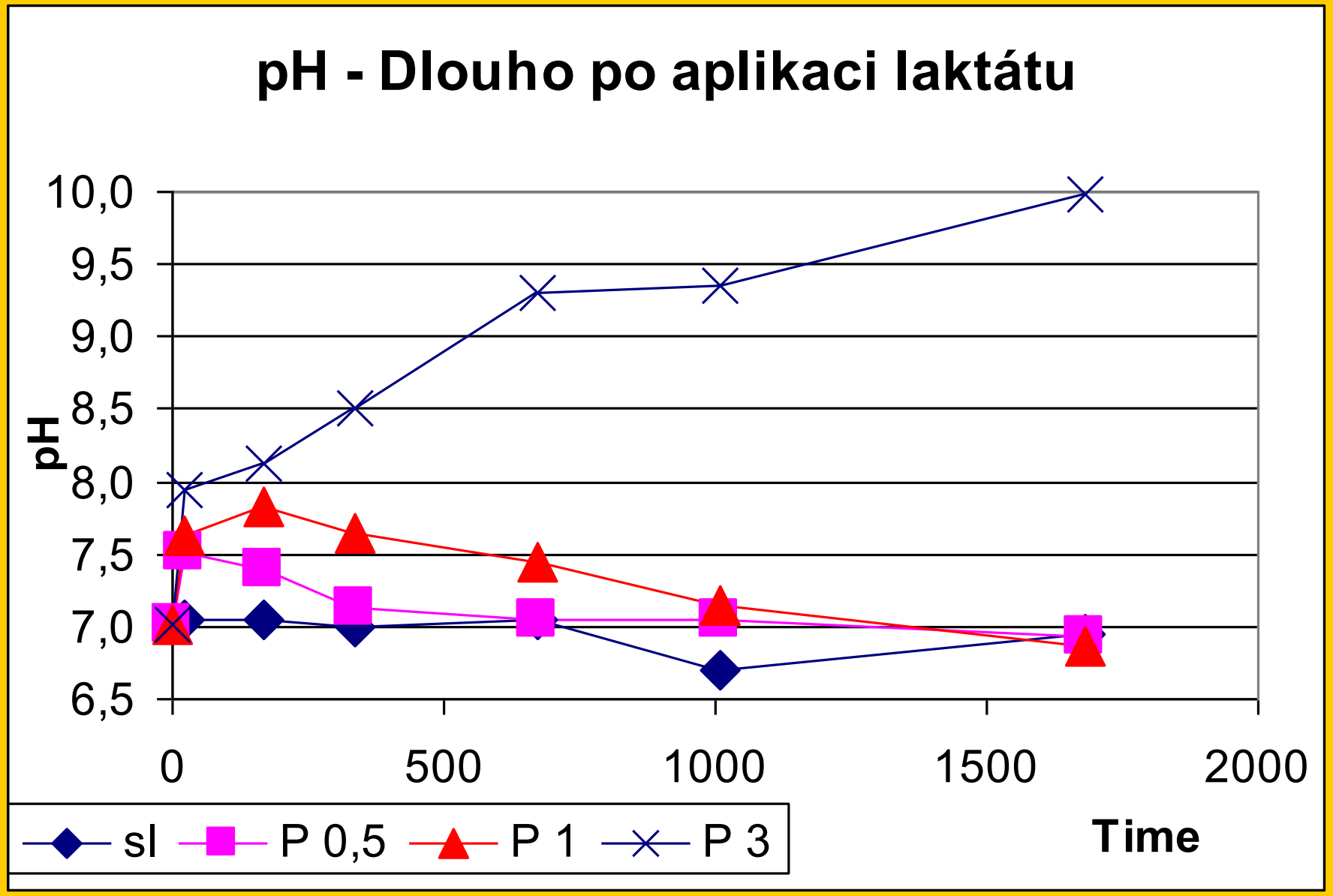
Vliv činidel v horninovém prostředí

vzorek	neovlivněný	ovlivněný k. mléčnou	ovlivněný NZVI
pH	7,64	6,97	7,55
Vodivost [mS/m]	74,40	187,00	62,10
CHSK Mn [mg/l]	3,90	19,80	2,84
CHSK Cr [mg/l]	25,00	900,00	34,00
NH4+	0,33	0,00	1,50
Ca++	132,00	343,00	108,00
Mg++	1,50	4,90	2,30
K+	2,50	4,00	2,40
Mn	0,03	1,35	0,50
Na+	27,30	9,50	14,00
Fecelk,	4,03	133,00	3,99
Cl-	31,60	34,20	24,00
NO3-	10,60	0,29	0,00
SO4--	48,70	0,00	65,60
HCO3-	382,00	1420,00	287,00
SiO2	7,20	21,50	2,50
Celk mineralizace	648,00	1970,00	512,00

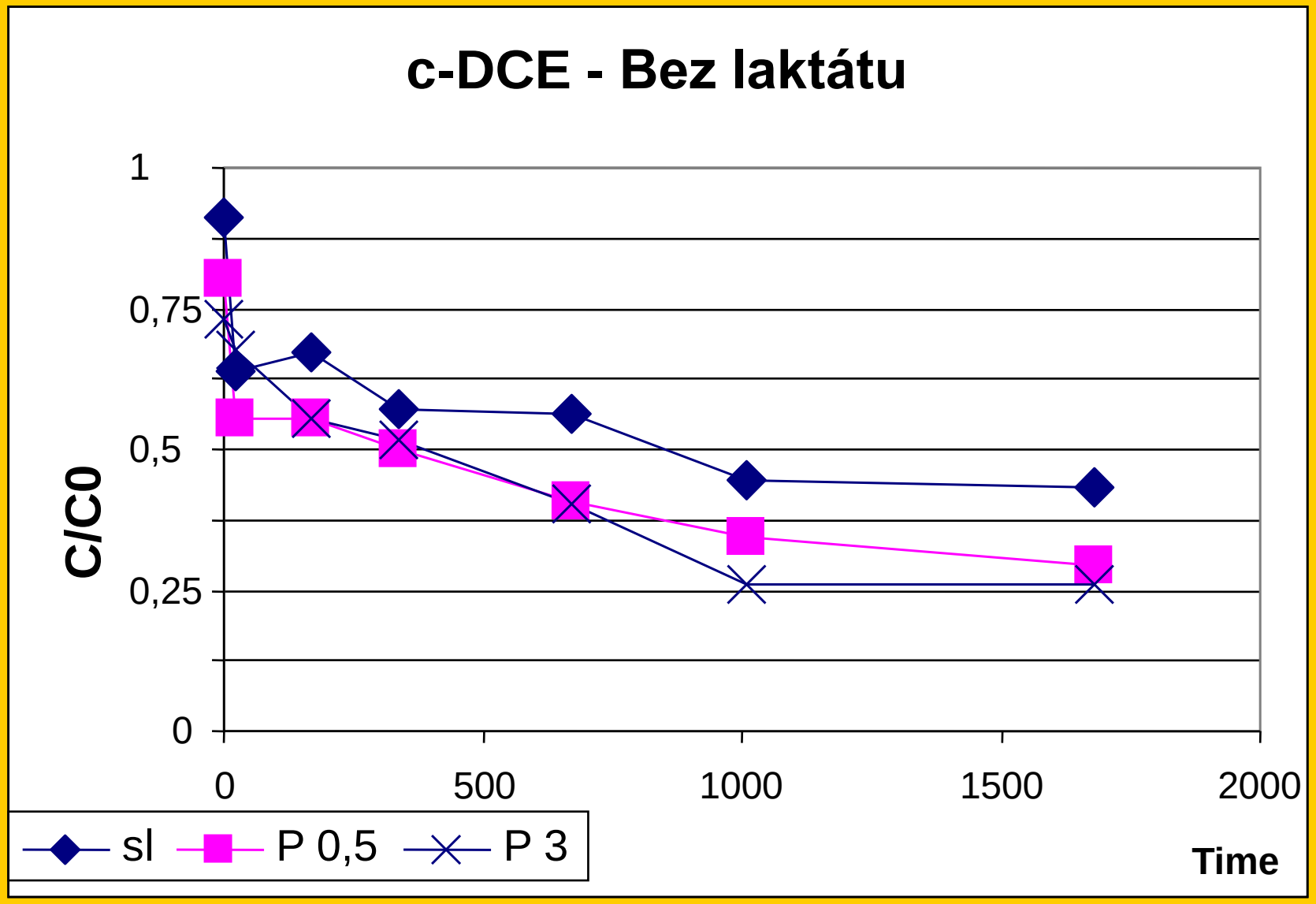
Případová studie laktát – NZVI (pH)



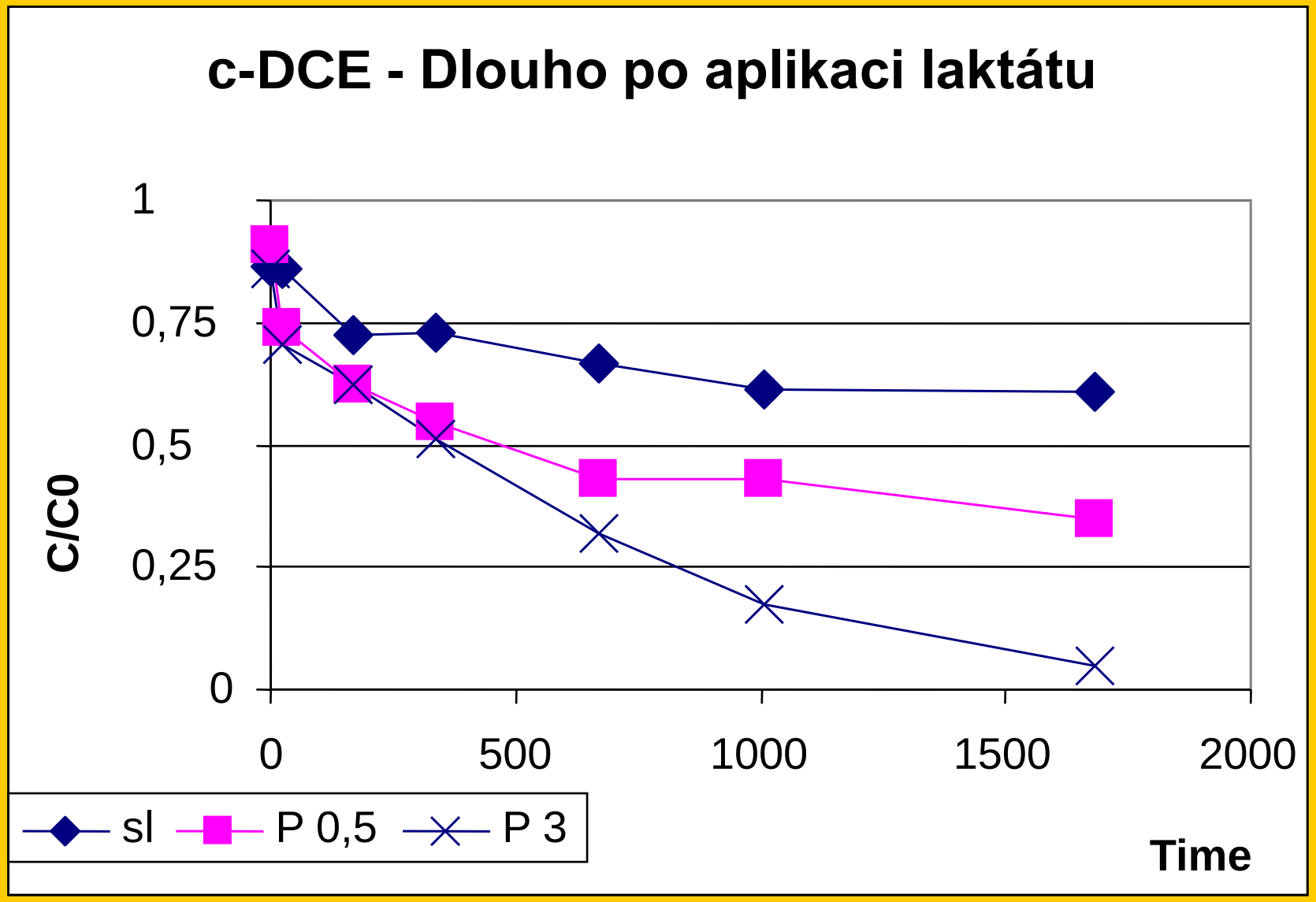
Případová studie laktát – NZVI (pH)



Případová studie
laktát – NZVI (1,2-cis-DCE)



Případová studie laktát – NZVI (1,2-cis-DCE)



Tabulka vhodnosti kombinací

	Fe^0	syrovátka	laktát	H_2O_2	$S_2O_8^{2-}$	MnO_4^-
Fe^0	B	C	C	C	C	D
syrovátka	C	B	B	D	D	D
laktát	C	B	B	E	D	D
H_2O_2	C	D	D	B	A	D
$S_2O_8^{2-}$	C	D	D	A	B	D
MnO_4^-	D	D	D	D	B	B

Závěry

- Při očekávaném kontaktu – doporučen jednoduchý laboratorní test
- Kombinace oxidačních – redukčních činidel nevhodná
- Výjimku tvoří elementární Fe
- Kontaminační mraky s převahou c-DCE jsou vhodné pro kombinované použití laktát –> NZVI
- Vhodný se ukazuje být okamžik po kompletním spotřebování k. mléčné

DĚKUJI ZA POZORNOST

AQUATEST a.s.
Petr Kvapil,
kvapil@aquatest.cz
Geologická 4
15200, Praha 5

TUL
Lenka Lacinová,
Lucie Křiklavová,
Štěpánka Klimková
lenka.lacinova@tul.cz
Hálkova 6, Liberec