

# Chemie na tlakovodních jaderných elektrárnách

- Proč se využívá chemické služby na JE
- Chemie primárního okruhu PWR
- Chemie sekundárního okruhu
- Chladicí systémy
- Diagnostické funkce chemie, laboratoře
- Kriminálka Las Vegas, nové případy
- Zajímavosti a širší souvislosti, přechodové stavy

# Proč se využívá chemické služby na JE

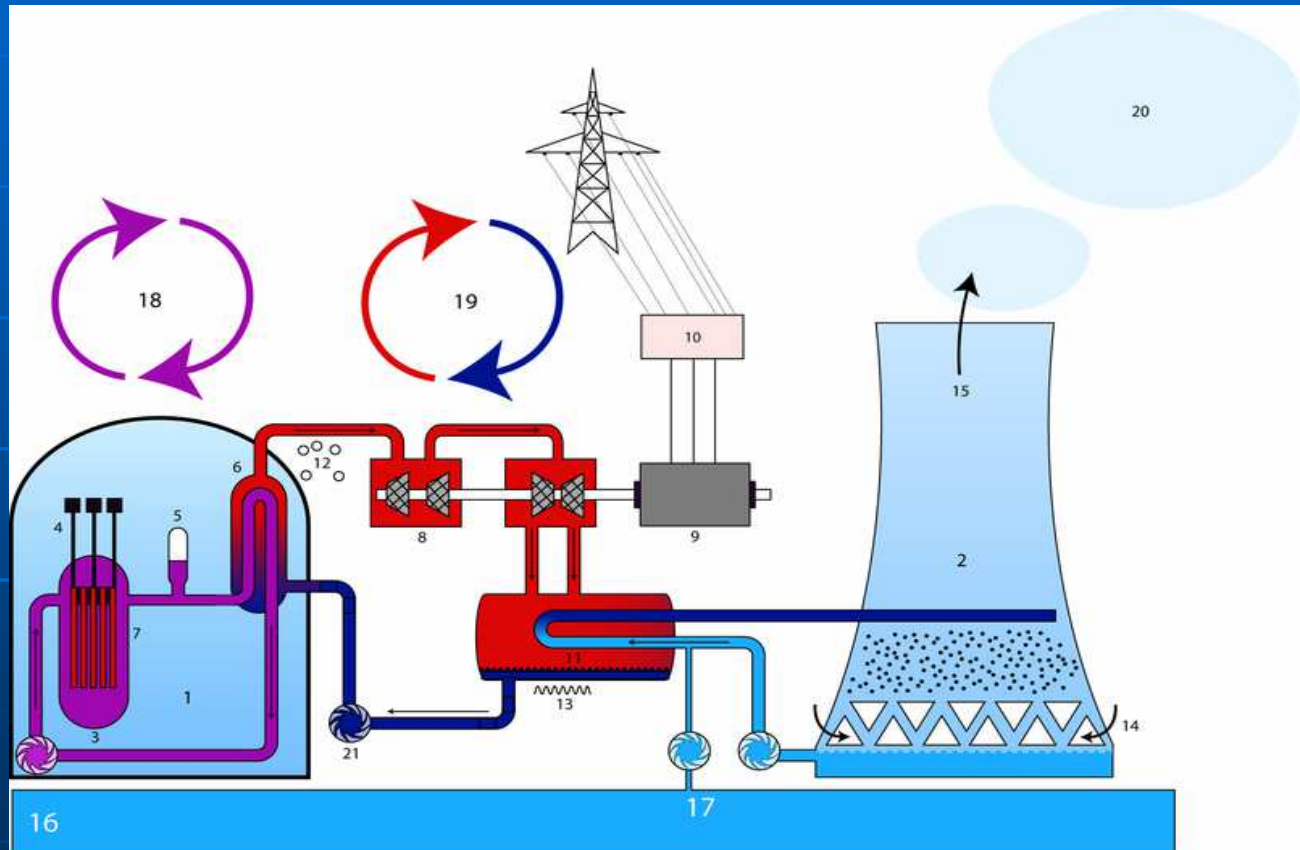
**VODA !!!**

Různé podmínky  
v různých  
systémech, různé  
problémy a  
požadavky

Bezpečnost barier

Radiační ochrana,  
odpady a výpusti

Ekonomika  
provozu



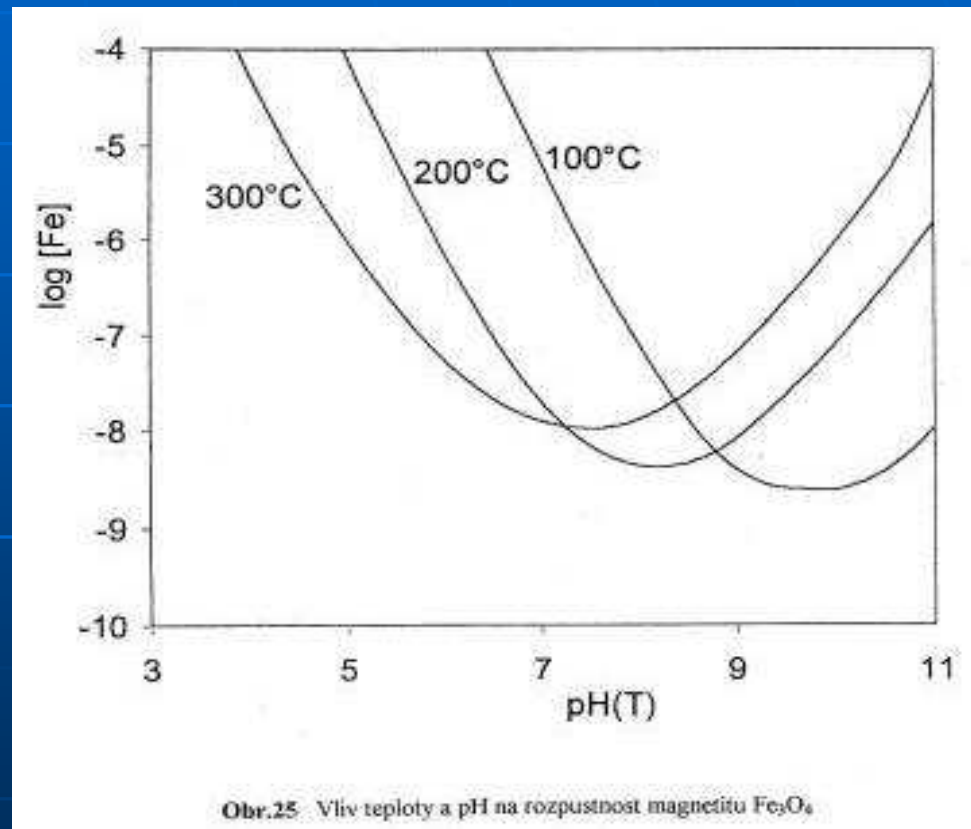
# Chemie primárního okruhu PWR

- Požadavky fyziky zóny.
  - Bór  $10,11,(\text{H}_3\text{BO}_3)$  gadoliniové palivo, produkce  $^3\text{H}$ ,  $^7\text{Li}$  [Schema primáru](#)
  - Co se děje v aktivní zóně?
    - Radiolýza vody – agresivní polévka, peroxidy, radikály. Vodík, přímo, pomocí radiolýzy  $\text{NH}_3$
    - Aktivace „čehokoliv“, nečistoty: Ag, Sb, As, Na, Cl,  $^{14}\text{N}$  na  $^{14}\text{C}$
- Ochrana konstrukčních materiálů - **barier**
  - Austenity, niklové slitiny, zirkoniové slitiny
- Minimalizace tvorby dlouhodobých silných zářičů
  - Aktivované korozní produkty, tvorba radiačních polí, Zn, Historie, Temelín – pasivace povrchů a chemický režim.
  - Řízení  $\text{pH}_t$
- Zlepšování ekonomiky JE, vyšší vyhoření,
  - AOA, vyšší korozní riziko,

# Aktivované korozní produkty

Oxidické vrstvy - Nikl ferity, spinely

- co nejmenší rozpustnost
- rozpustnost větší na horkých površích
- mírně alkalická oblast za provozu
- vytvoření kompaktní vrstvy při uvádění do provozu
- vylepšení kompaktnosti ox. Vrstvy pomocí Zn



# Hlavní zdroje radiačních polí a KDE

Radioaktivní nuklid	Matečný nuklid	Reakce vzniku	Poločas rozpadu	Energie $\gamma$ -záření, MeV
$^{60}\text{Co}$	$^{59}\text{Co}$	n,p	5,26 let	1,17; 1,33
	$^{60}\text{Ni}$	n, $\gamma$		
$^{59}\text{Fe}$	$^{58}\text{Fe}$	n, $\gamma$	44,6 dne	1,1; 1,24
$^{54}\text{Mn}$	$^{54}\text{Fe}$	n,p	312,5 dne	0,835
$^{58}\text{Co}$	$^{58}\text{Ni}$	n,p	71,3 dne	0,511; 0,805
$^{51}\text{Cr}$	$^{50}\text{Cr}$	n, $\gamma$	27,7 dne	0,322
$^{56}\text{Mn}$	$^{55}\text{Mn}$	n, $\gamma$	2,6 hod	0,845; 1,81; 2,12
$^{64}\text{Cu}$	$^{63}\text{Cu}$	n, $\gamma$	12,8 hod	1,34
$^{24}\text{Na}$	$^{27}\text{Al}$	n, $\alpha$	15 hod	0,437; 1,37; 2,75
$^{95}\text{Zr}$	$^{94}\text{Zr}$	n, $\gamma$	65,5 dne	0,722; 0,754
$^{122}\text{Sb}$	$^{121}\text{Sb}$	n, $\gamma$	2,75 dne	0,566; 0,692; 1,137; 1,258
$^{124}\text{Sb}$	$^{123}\text{Sb}$	n, $\gamma$	60,2 dne	0,609; 0,649; 0,723; 1,69; 2,09
$^{65}\text{Zn}$	$^{64}\text{Zn}$	n, $\gamma$	245 dne	1,12
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	$^{109}\text{Ag}$	n, $\gamma$	249,8 dne	0,885; 0,935; 1,38
$^{99}\text{Mo}$	$^{98}\text{Mo}$	n, $\gamma$	66,7 hod	0,140; 0,142; 0,180; 0,750
$^{95}\text{Nb}$	$^{94}\text{Nb}$	n, $\gamma$	35,5 dne	0,745

## Další, krátkodobé zářiče

- $^{42}\text{K}$ ,  $^{24}\text{Na}$
- Provozní radioaktivita chladiwa I.O je tvořena především kyslíkovou aktivitou (např. radionuklidy  $^{16}\text{O}$ ,  $^{16}\text{N}$  apod.).

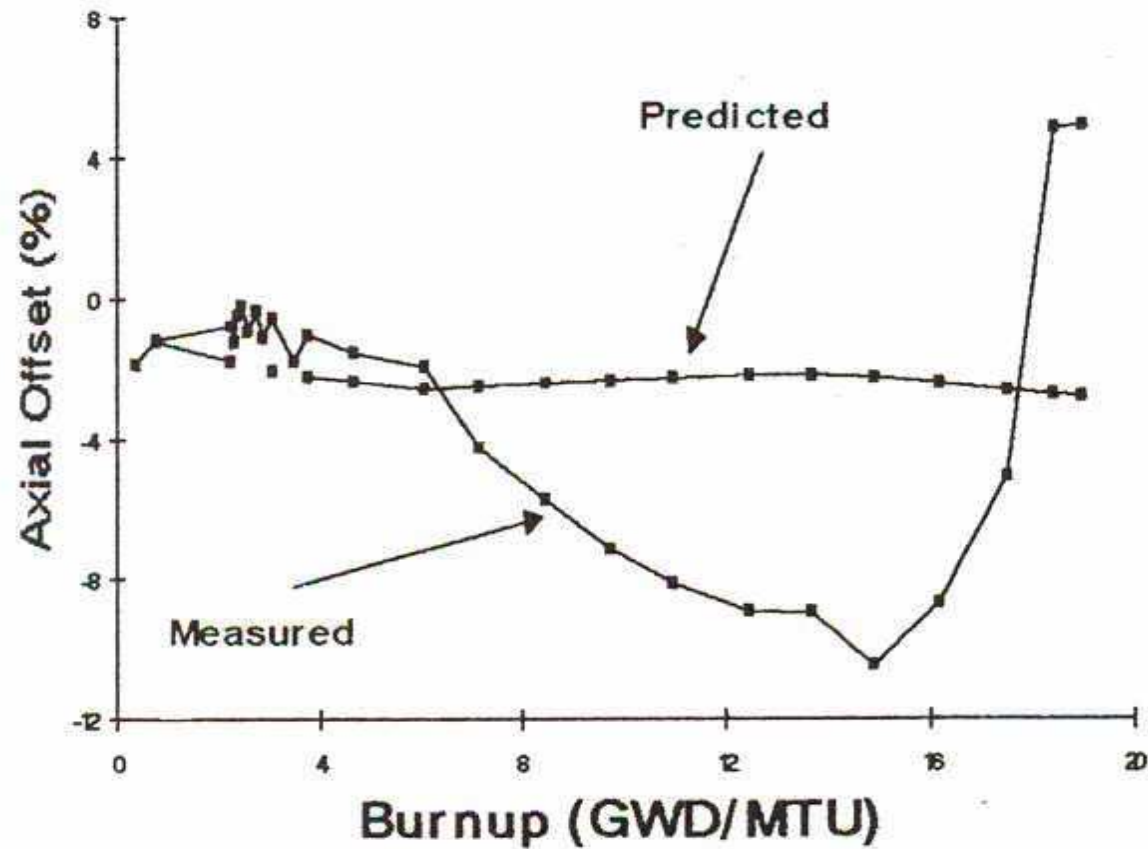
## ■ Korozní problémy:

- Obecně: materiál, namáhání, prostředí
- Koroze pokrytí paliva, tvorba oxidů,
  - Fretting
  - Sekundární hydridace
  - IASCC - Korozní praskání za vlivu radiace (BWR, stáří)
  - „koroze“ konstrukčních materiálů – rozpouštění a rekrystalizace – aktivované korozní produkty.
- Halogenidy, kyslík
- Koroze roztoky bóru

# Axial Offset Anomaly

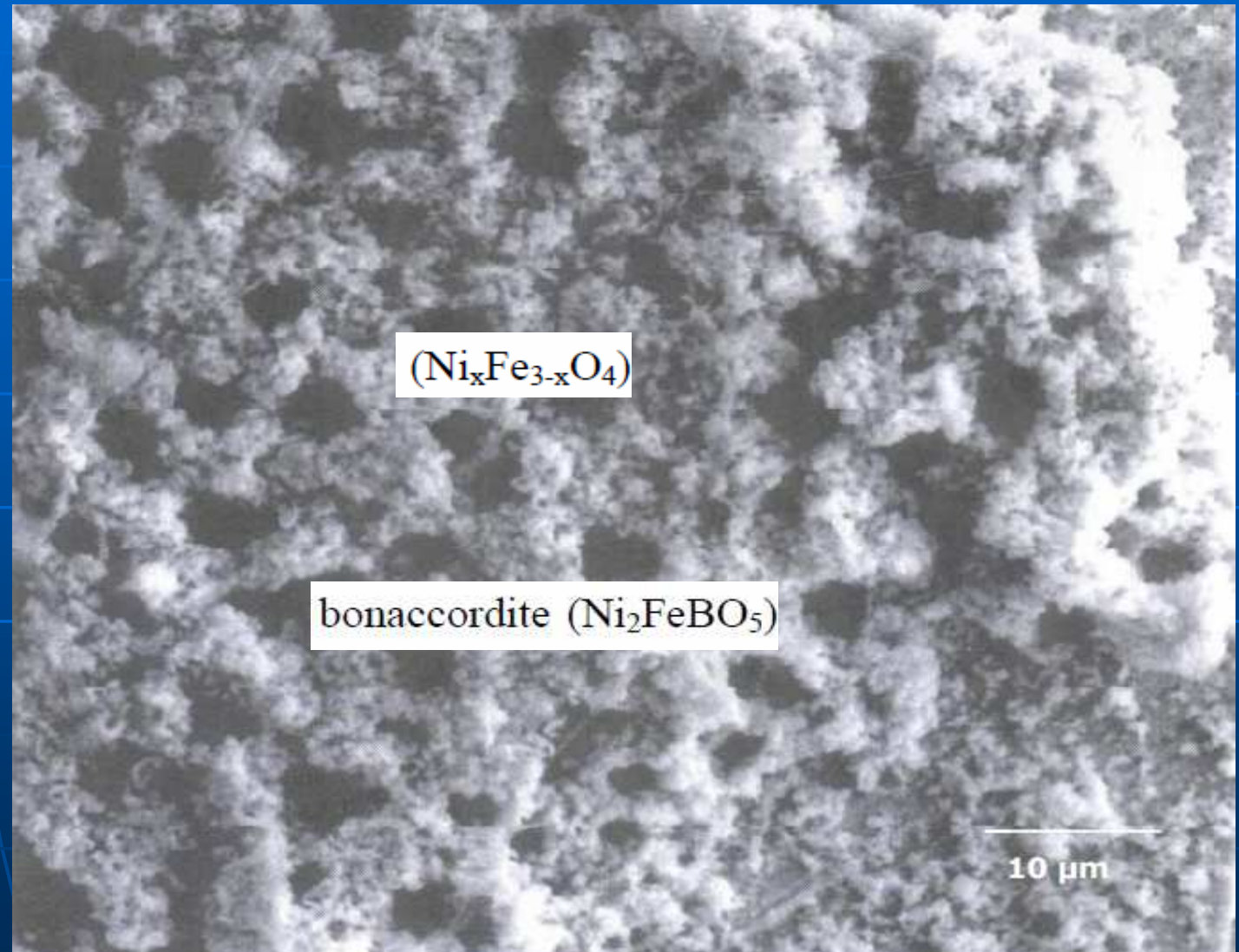
Nelinearita  
rozložení výkonu

$$\text{Axial Offset} = \frac{(P_t - P_b)}{(P_t + P_b)} \times 100,$$



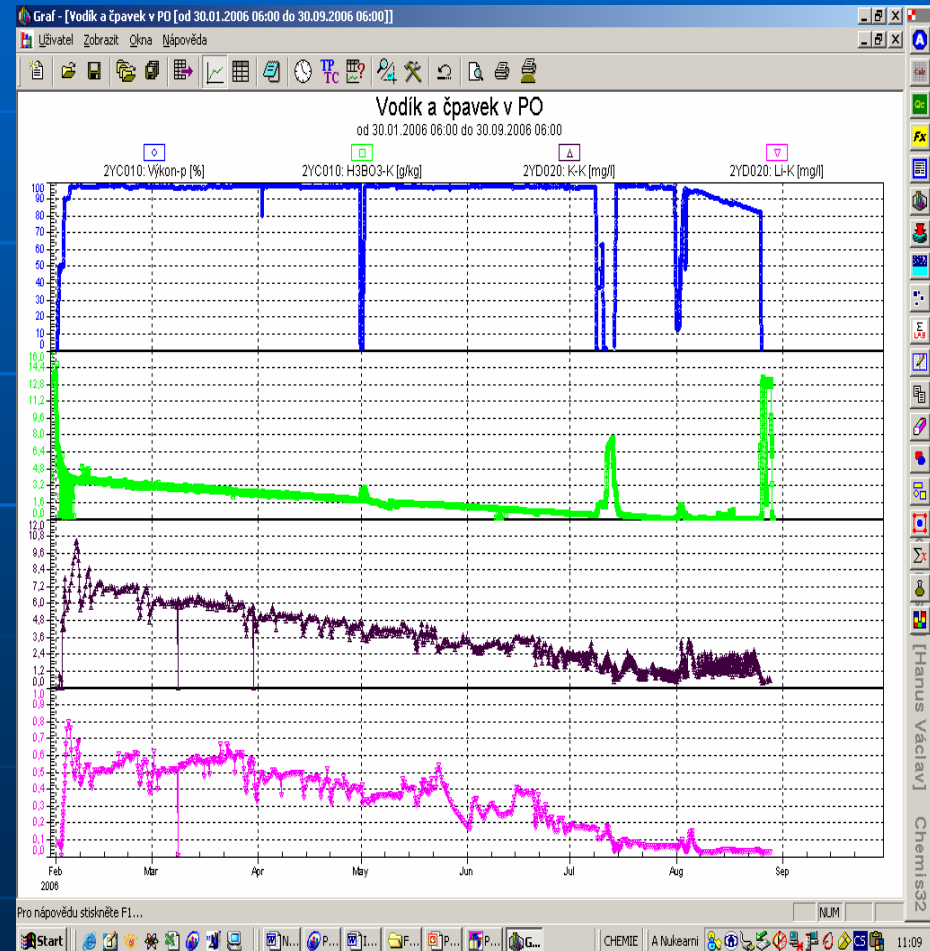
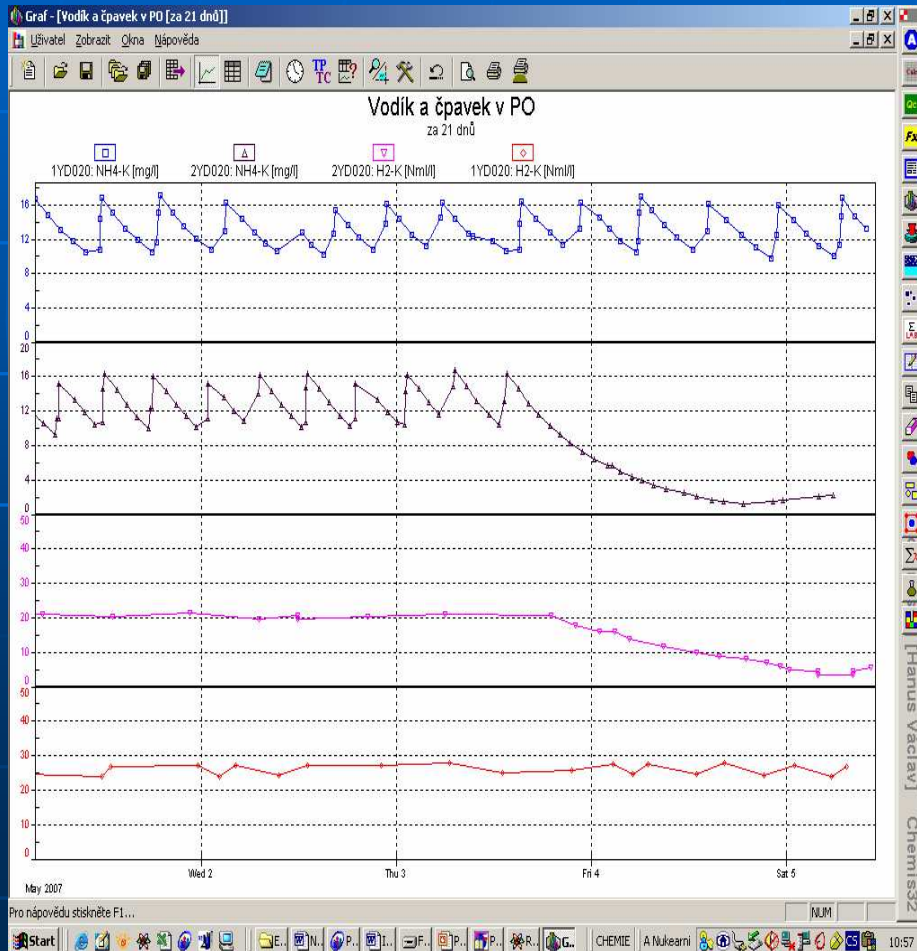


- Povrch pokrytí paliva v horní části proutků
- Nikl-ferity (cruds)
- 2 typy offsetu, Stálý - minerál  
Přechodný - skrývání solí



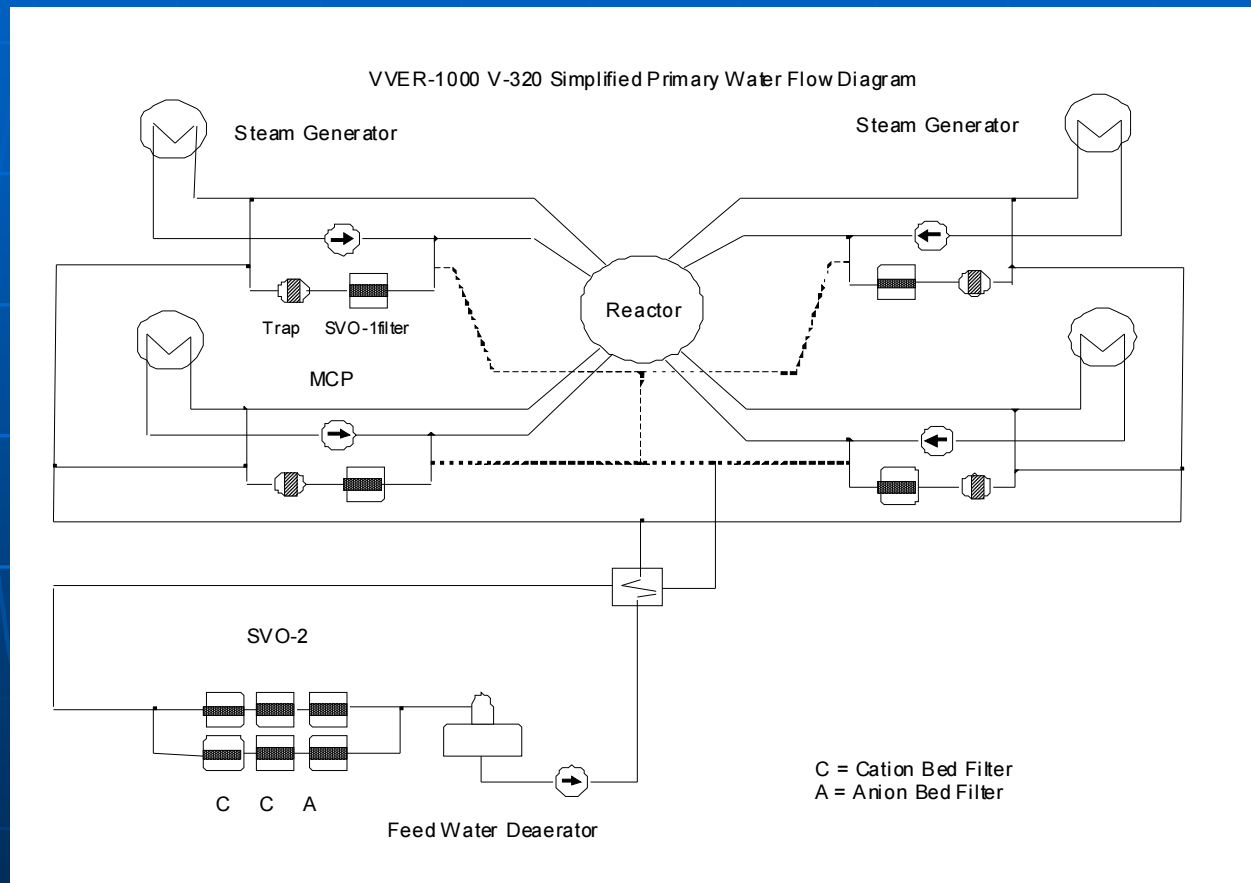
- Řízení koncentrace k. borité
- Občasné dávkování alkálií (LiOH, KOH)
- Stálé dávkování vodíku, (čpavku) - vazba na alkálie přes ionexy

Zpět



# Čištění chladiva PO

Různé systémy – ionexy, vysokoteplotní filtry s Ti houbou



Zpět

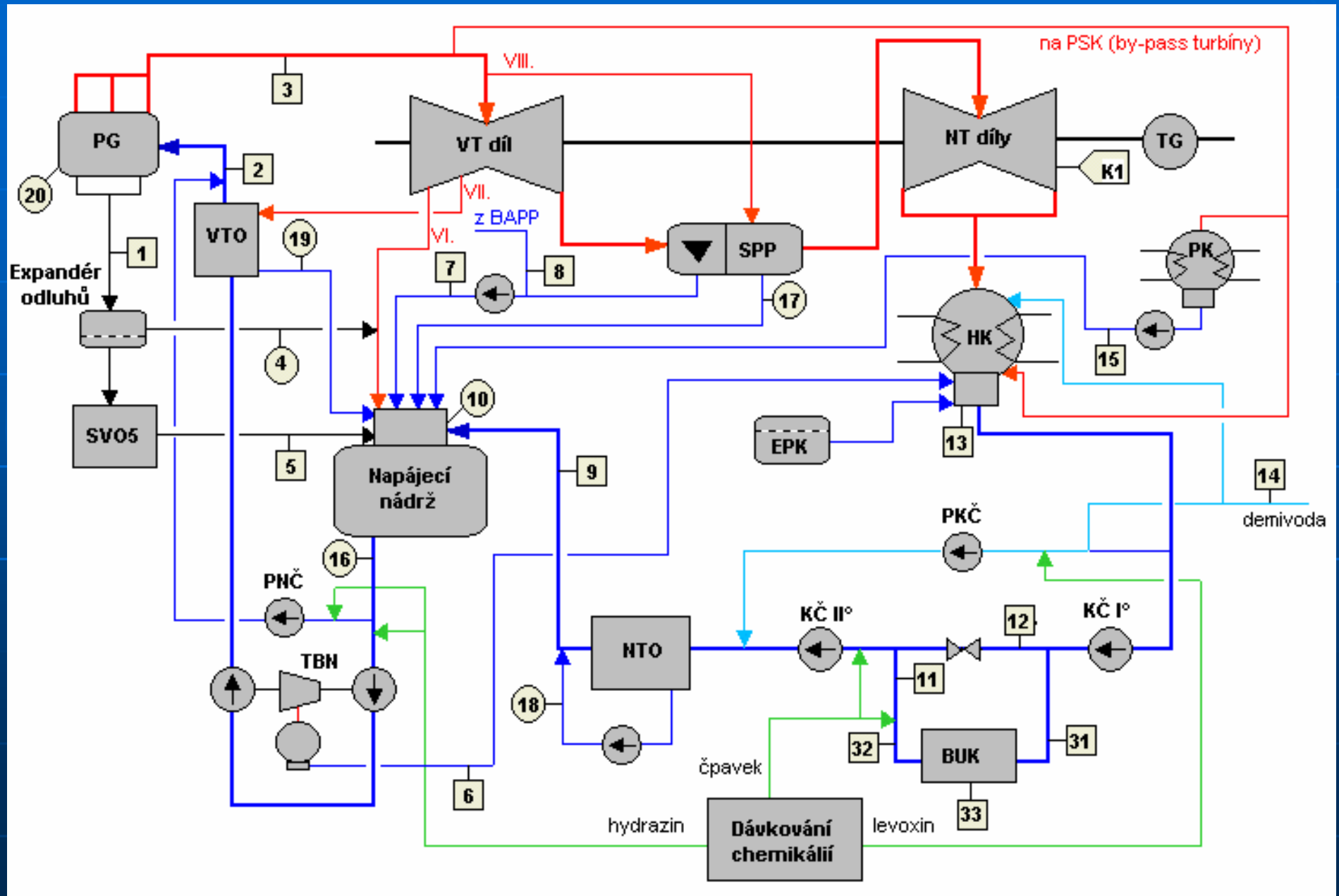
# Další chemické technologie jaderného ostrova na JE

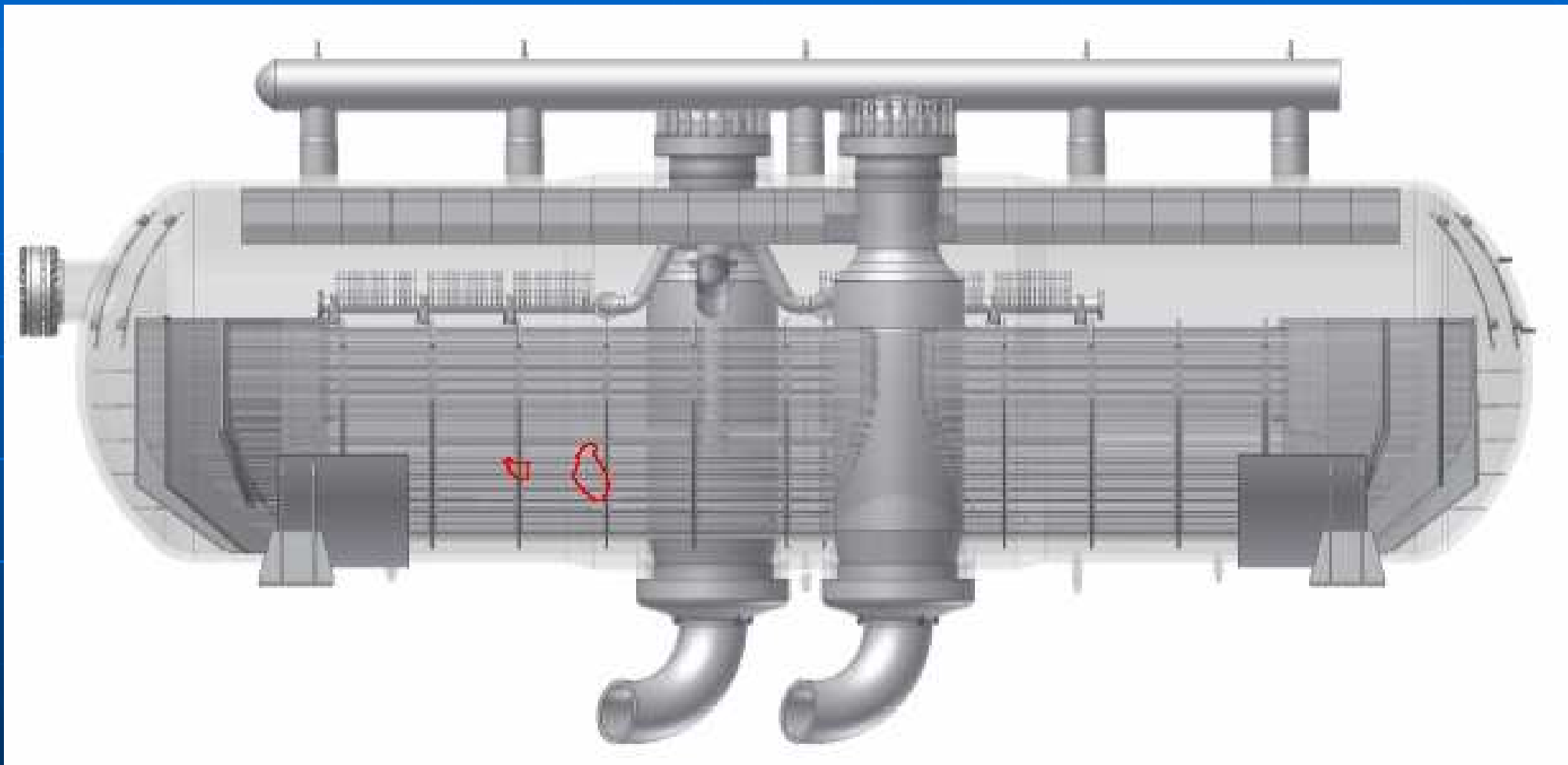
- Čištění vody bazénů skladování paliva
  - Průzračnost vody,  $\text{Cl}^-$
- Zpracování odpadů
  - Separace vod, Úprava pH, odparky, ionexy, dekantace, odstředivky, čiření, bitumenace
- Regenerace k. borité
  - Odparka, ionexy
- (Čištění odluhu parogenerátorů)
- Dekontaminace – „zločin z nouze“

# Chemie sekundárního okruhu

- Změna fáze vody !! (Var, kondenzace)  
schéma SO
- Cíle:
  - Životnost a spolehlivost PG
  - Potlačení erozní koroze „FAC“
  - Malé dopady na okolí JE
- Problematika PG
  - Var, skrývání solí, extrémní podmínky.







- Chemické režimy:

- Fosfátový
- AVT
- HAVT
- Aminový

- Úroveň obsahu nečistot a metody monitorování chemického režimu.

- Neustálá destilace vody v PG, téměř absolutně čistá H<sub>2</sub>O
- Vodivost, katexovaná vodivost, kyslík



# Chladicí systémy

- Chlazení kondenzátorů turbin:
  - Odvedení obrovského tepelného výkonu do „studeného zásobníku“
  - Věžový chladicí okruh
  - Průtočné chlazení – hodně vody, moře,
  - Přistupují problémy s biologií, řasy, mušle, houby, MIC
  - Věžový okruh jako čistírna říční vody a vzduchu
- Technické vody - podceňováno
- „Malé chladicí okruhy“ – TG, DG, Zdroj chladu apod.

# Chladící vody – problémy:

- Koroze – životnost zařízení (materiálová změť)
- Fouling, scaling – zhoršování prostupu tepla
- Vypouštění OV – největší zdroj,
- Kvality vody ve zdroji – někdy nutná úprava
- Někdy nutnost dávkování inhybitorů koroze, dispergátorů, biocidů (baktericidů, algicidů (pH proměny), fungicidů) – ovlivnění recipientu ?

# Výroba DEMI vody

- Kvalita zdroje vody rozhoduje
  - Čiření
  - Filtrace
  - Ionexy
  - Akumulace
  - Ionexy-mixbed
  - Membránové technologie

# Diagnostické funkce chemie

- Když je někde něco co tam být nemá
- Kontrola těsnosti barier – jaderná bezpečnost
  - Pokrytí paliva – analýza štěpných produktů v chladiči PO
  - Těsnost parogenerátorů – metody a citlivost
  - Těsnost kondenzátorů a dalších výměníků.
- Bilanční výpočty – odhalování zdrojů nečistot a kvantifikace problému.

# Laboratoře

- Moderní analytické vybavení
  - Analýzy stop, důležitost vzorkování !
  - Hmotnostní spektroskopie ICP
  - Iontová chromatografie
- Gammaspektrometrie
- Systém jakosti
- Ošidnosti

# Kriminálka Las Vegas

- Co to je? Je to zelené, páchne to po naftě, ucpává to filtry. Udělejte s tím něco !! fotky řas
- Katexová vodivost v odluhu PG stoupla. Proč?? (povodně, CO<sub>2</sub>)
- Není vidět na palivo !!
- Sb a As, Ag v chladihu PO ??
- Co nás ve škole neučili – formy síry v SO
- Ucpaný a zkorodovaný ventil - karbamát



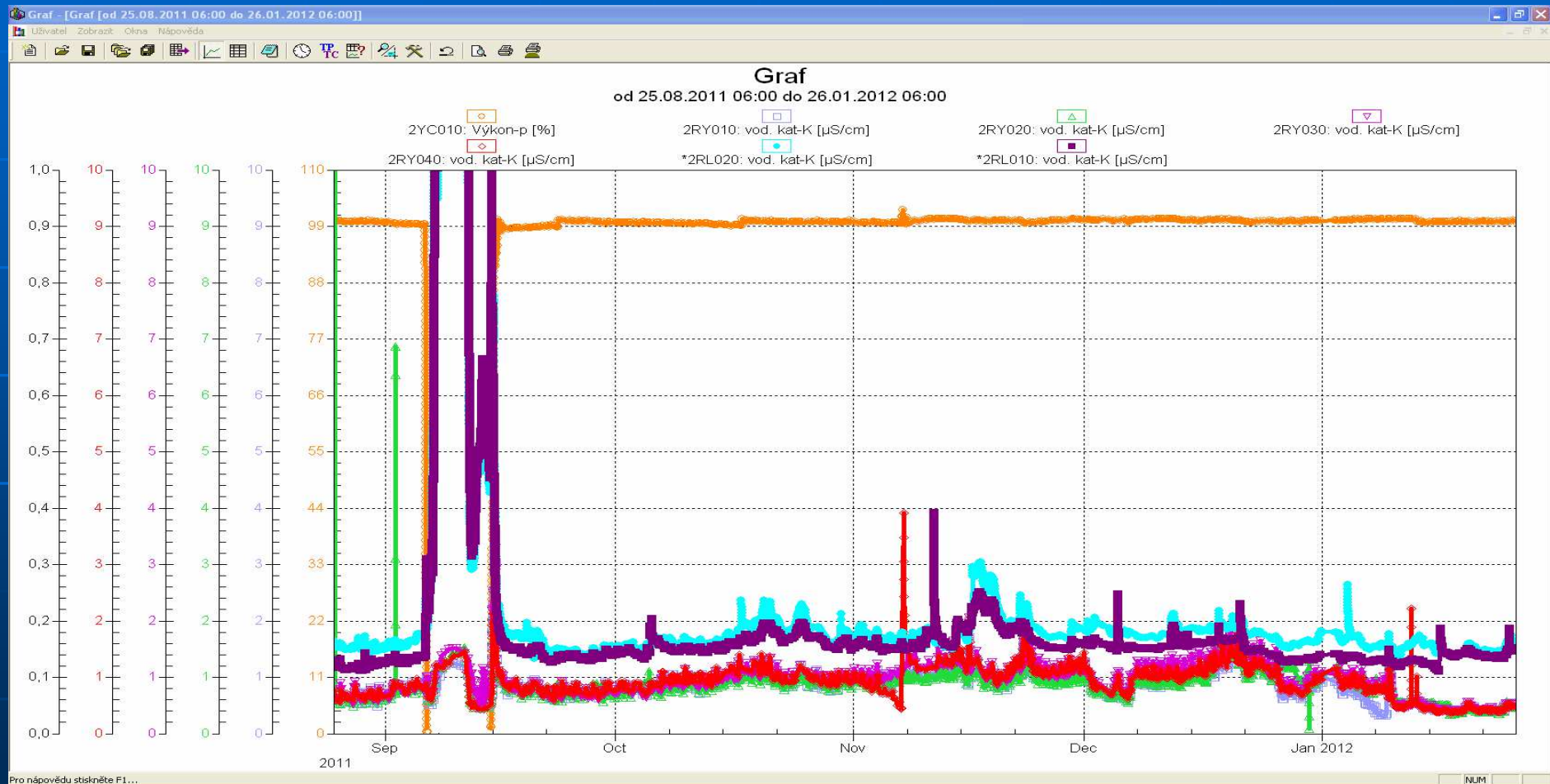
Trachydiskus minutus



Cladophora



# Formy síry



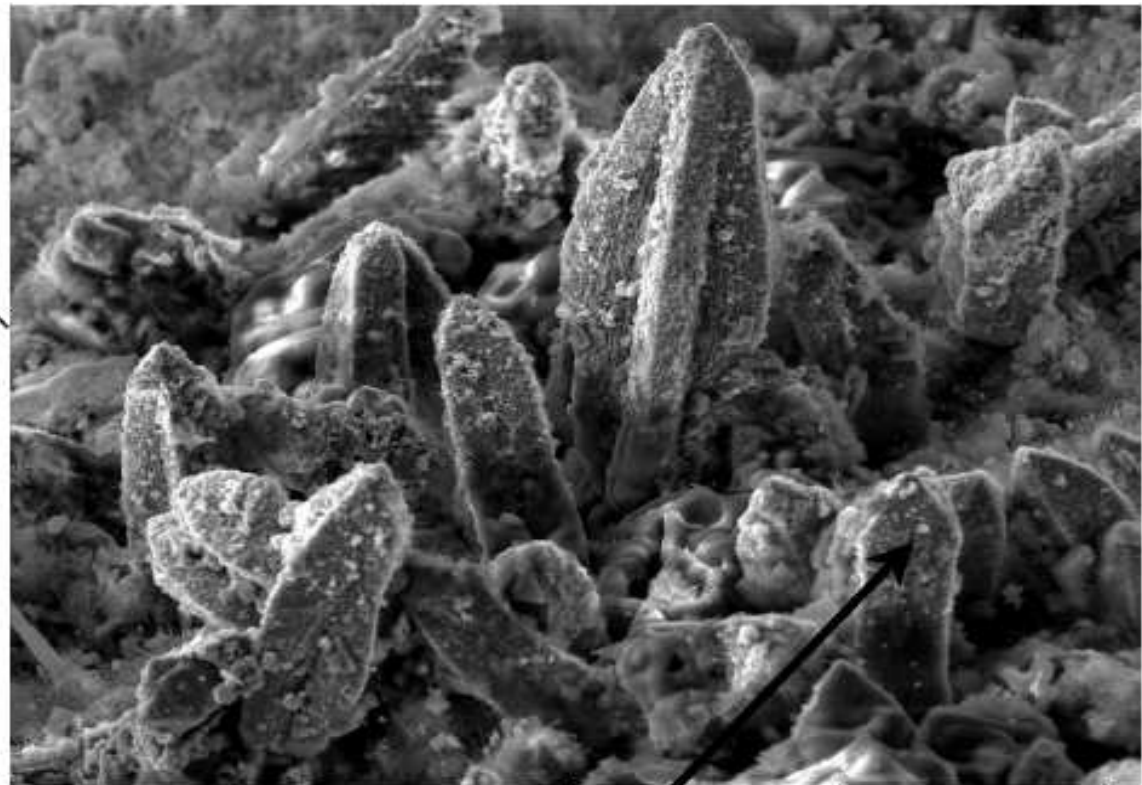


# Nemilé překvapení – co se neučí.



# Zajímavosti a širší souvislosti

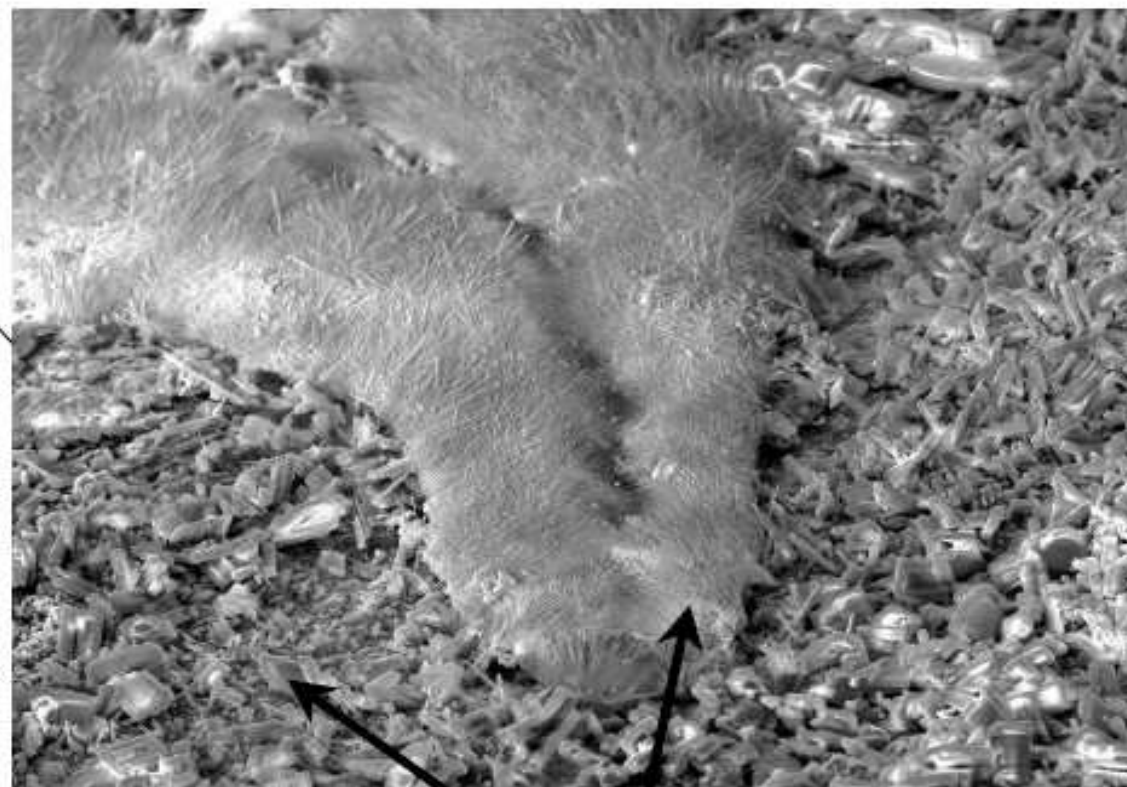
- Chemie ve štěrbinách – výměny PG
- Kovové fousy Whiskers
- Problém Pakš
- Moderní metody řízení
  - MBA schémata: x-ingy, aplikace indikátorů
  - Síťová odvětví, trh, dlouhodobost cílů, zadání managementu
- Znalost „jazyků“ a jazyků



SEM MAG: 1.42 kx    DET: SE Detector  
HV: 20.0 kV    DATE: 08/03/06  
Name: 2-2  
100 nm    Vega ©Tescan  
Digital Microscopy Imaging

C	O	Na	Al	Si	S	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni
	14.92		1.45	0.75		0.34		1.00	80.82	0.72

Obrázek 17.: Krystaly hematitu



SEM MAG: 1.00 kx  
 HV: 20.0 kV  
 Name: 2-6

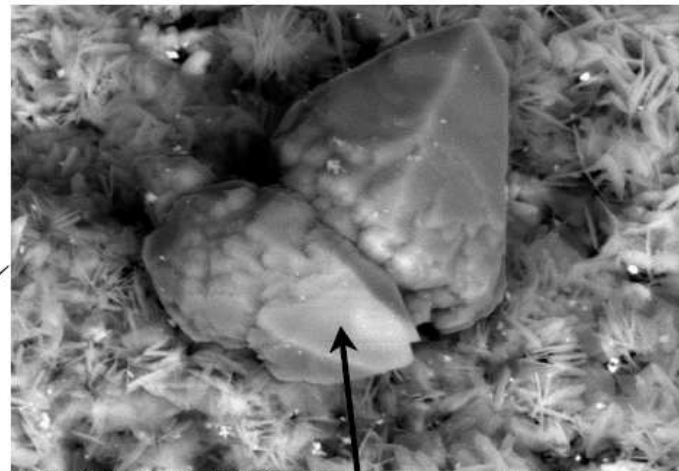
DET: SE Detector  
 DATE: 08/03/06



Vega ©Tescan  
 Digital Microscopy Imaging

C	O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni
	52.94					21.37			24.80			0.88	
	58.82	2.05		2.93	18.58	0.51		0.30	17.50		0.28	1.03	

Obrázek 18.: Krystalický sádrovec (anhydrit) a křemičitan vápenatý



SEM MAG: 4.71 kx    DET: BSE Detector  
 HV: 20.0 kV    DATE: 08/03/06  
 Name: 3-1

20 um    Vega ©Tescan  
 Digital Microscopy Imaging

O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Cr	Mn	Fe
64.05				35.75				0.21			

Obrázek 19.: Krystalický oxid křemičitý



SEM MAG: 2.29 kx    DET: SE Detector  
 HV: 20.0 kV    DATE: 08/04/06  
 Name: 5-2

50 um    Vega ©Tescan  
 Digital Microscopy Imaging

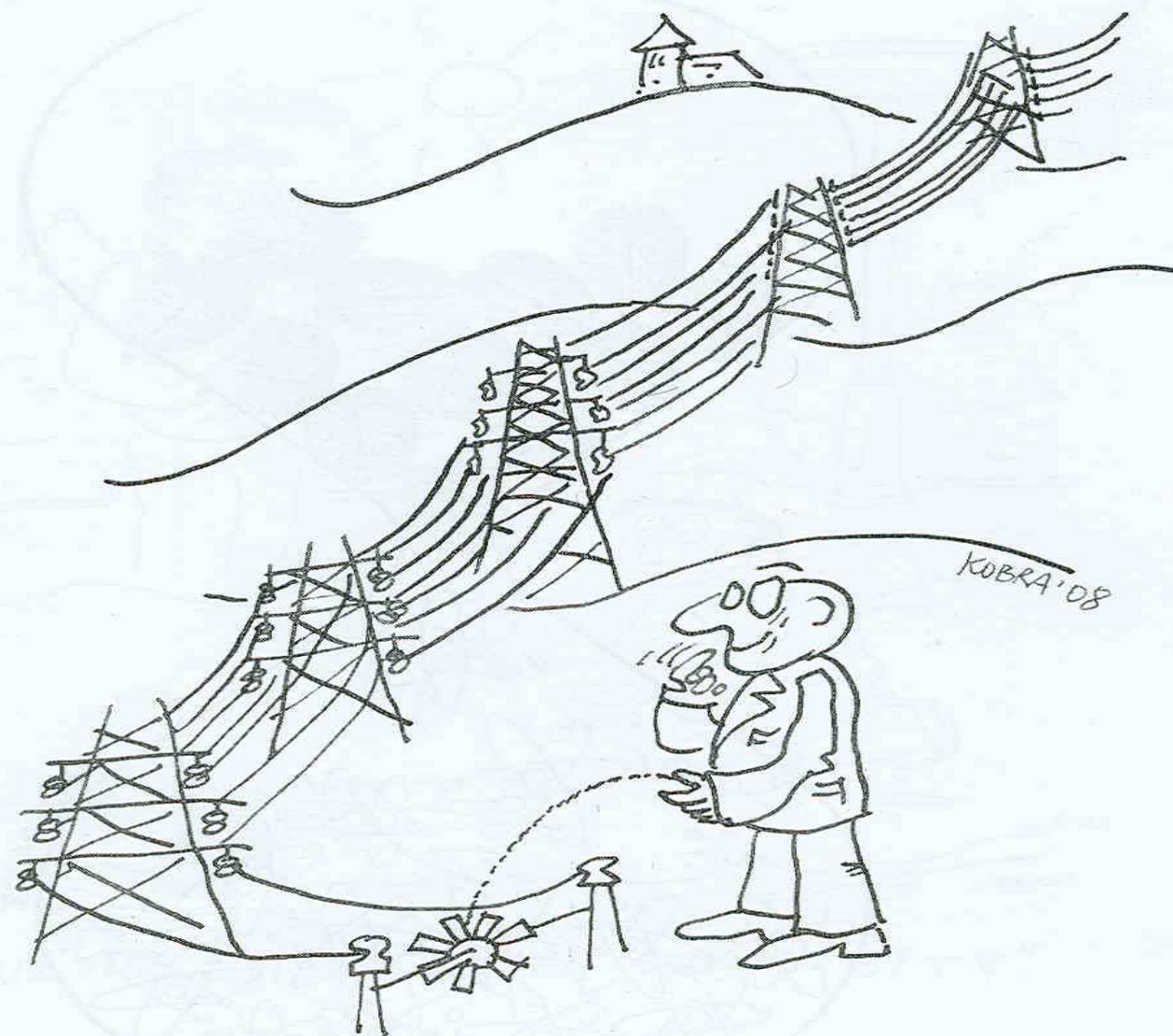
C	O	Na	Mg	Al	Si	S	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni
	42.84	27.36				25.54	1.49	0.61		2.16	

Obrázek 20.: Krystaly thenarditu (síranu sodného)

# Děkuji za pozornost



Kobra



Alternativní energie  
Alternative energie