



**S.V.V.** SVAZ VÝROBCŮ  
VÁPNA  
ČESKÉ REPUBLIKY

**SVAZ VÝROBCŮ  
CEMENTU ČR**



**IKN**



SVAZ VÝROBCŮ  
SUCHÝCH OMÍTKOVÝCH  
A MALTOVÝCH SMĚSÍ ČR

## IKN Pyro Lines

odborný seminář „Vápno, cement, ekologie“

Lísek u Bystřice n. P., 28.5.-30.5.2012

Mgr. Radomír Bubík

# Soudobé technologie na efektivní spoluspalování alternativních paliv, bypassy

*Mgr. Radomír Bubík ([r.bubik@ikn.eu](mailto:r.bubik@ikn.eu))*

*Struktura prezentace:*

- 1) Hlavní kalcinační systémy projektované a dodávané firmou IKN GmbH Neustadt/PSP Engineering, a.s. Přerov
- 2) Stručný výčet hlavních projektů z poslední doby
- 3) Bypassy – dosud instalované systémy (stručná teorie, možné bypassové konfigurace, provozní zkušenosti z dosud realizovaných instalací)
- 4) Závěr - diskutovány výhody a nevýhody jednotlivých konfigurací bypassů včetně našich provozních zkušeností.



IKN-Neustadt



1983: Karl von Wedel starts IKN

2002: Collaboration with PSP Engineering a.s. started

2009-12 Collaboration IKN with PSP has become closer and closer

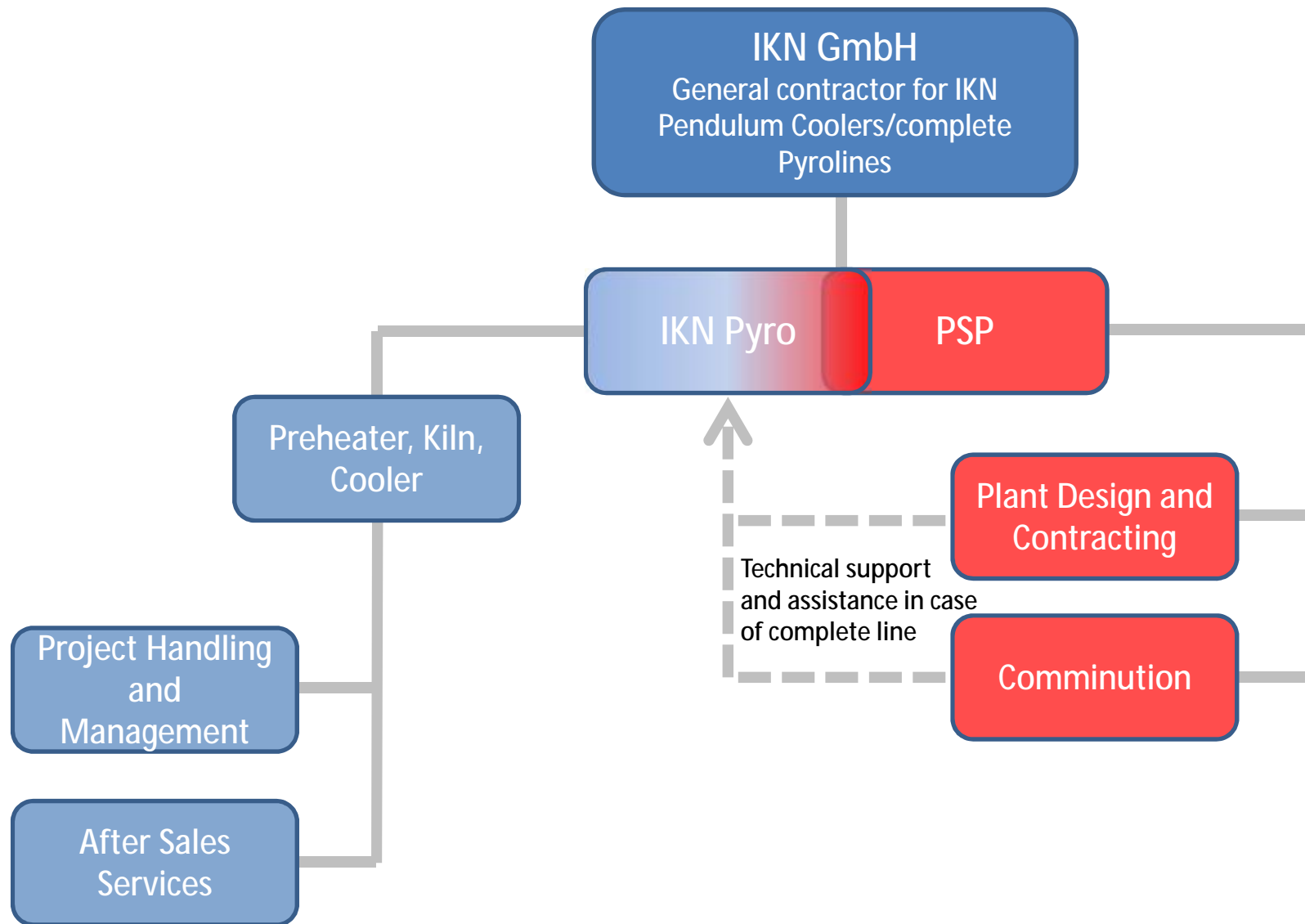
IKN-Prerov



„Vápno, cement, ekologie“  
28.-30.5.2012

IKN PYRO



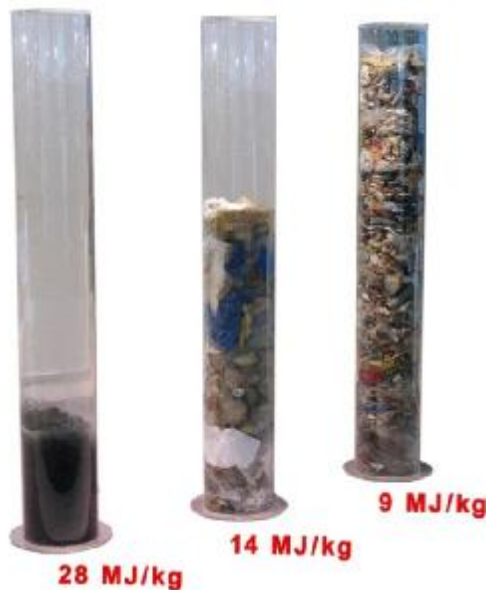


„Vápno, cement, ekologie“  
28.-30.5.2012

Organizace IKN, kooperace IKN-PSP



# Paleta možných alternativních paliv používaných na cementárnách



<p><b>Odpady</b> <b>Nebezpečné odpady</b></p> <p><b>Zvlášť nebezpečné odpady</b></p> <p><b>Alternativní paliva</b></p>	<p><i>Zpracování ropy</i> <i>Likvidace ropných zátěží</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Petrokoks</li> <li>další odpady ze zpracování ropy</li> <li>Ropná pole a laguny</li> <li>Dehet, dehtové oleje, asfalty</li> </ul>
	<p><i>Průmyslové hořlavé odpady</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uhelné kaly, proplástky</li> <li>Odpadní oleje s obsahy PCB atd.. (těžce regenerovatelné)</li> <li>Alkoholy, zbytky z organických syntéz</li> <li>CFCs – freony z chladicích médií</li> <li>Použitá těkavá rozpouštědla</li> <li>Pneumatiky celé i trhané</li> <li>Gumový a pryžový odpad</li> <li>Plastový odpad z průmyslu</li> <li>Vytříděné směsné plasty z komunálního odpa</li> <li>Dřevěné odpady impreg. a neimpregnované</li> <li>Odpady z textil. a kožedělného průmyslu</li> <li>TAP – tuhé alternativní palivo</li> <li>Odpadní papírenské kaly</li> </ul>
	<p><i>Biologické odpady, nebezpečné</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>MBM – masokostní moučka</li> <li>OŽT – kafilární odpadní živočišný tuk</li> <li>Nemocniční odpady</li> <li>Komunální odpady tříděné a netříděné</li> <li>Odpadní kaly z čistíren odpadních vod</li> </ul>
	<p><i>Biologické odpady, netoxické</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Slupky, skořápky</li> <li>Sláma, plevy, slupky z ořechů, tráva, seno</li> </ul>



„Vápno, cement, ekologie“  
28.-30.5.2012

Souhrn alternativních paliv



## Negativní dopady spalování AP :

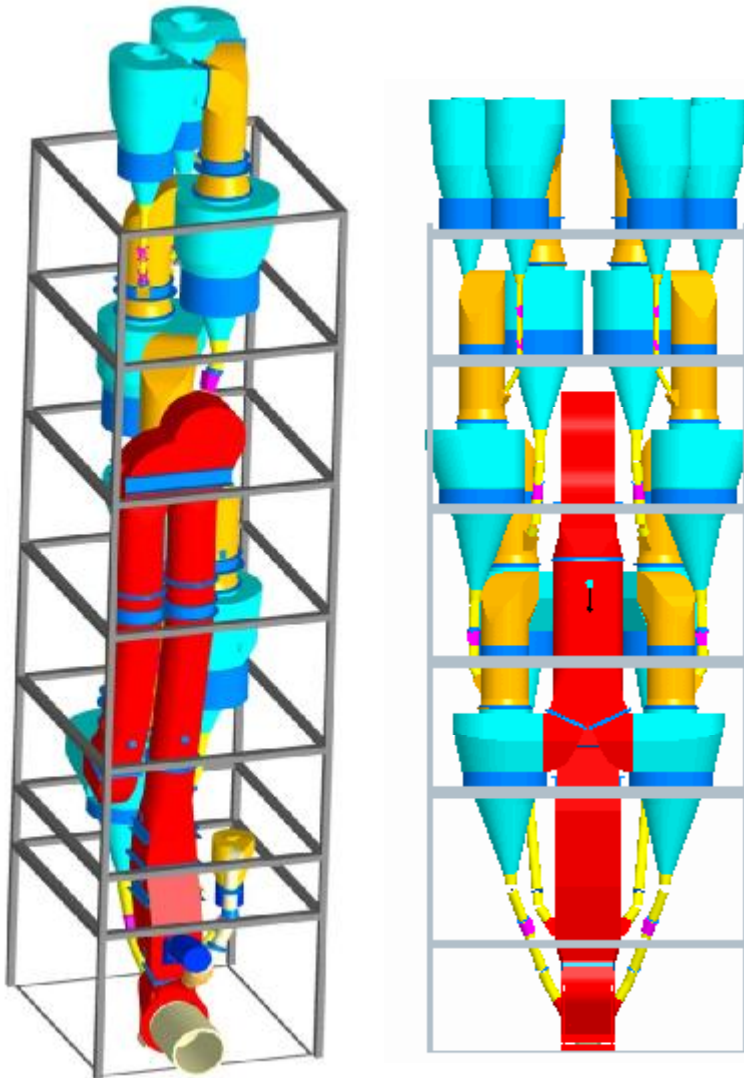
Spalování AP - tj. jiných paliv, než tradičních (klasických, ušlechtilých, fosilních, primárních) znamená – zejména při rekonstrukcích stávajícího zařízení zhoršení hlavních provozních parametrů linky :

- 1) nárůst  $T[^\circ\text{C}]$ ,  $\Delta p$  [kPa],  $V$  [ $\text{Nm}^3/\text{kg sl.}$ ], %CO, kW/1 kg sl.,
- 2) Nárůst kalorické spotřeby a pokles udržitelného výkonu
- 3) nárůst všech ostatních nákladů (doprava+ skladování+podávání AP, náklady na údržbu, ocel. díly, vyzdívky ...)

- komplexní důsledek zcela odlišných palivářských vlastností AP (nutné vyšší přebytky vzduchu, vyšší falešné/dopravní vzduchy, vysoká vlhkost AP, nízká teplota plamene, ucpávání, lepení, kroužky..



# Moderní disperzní výměníky řady LUCY (Low Underpressure CYclones)



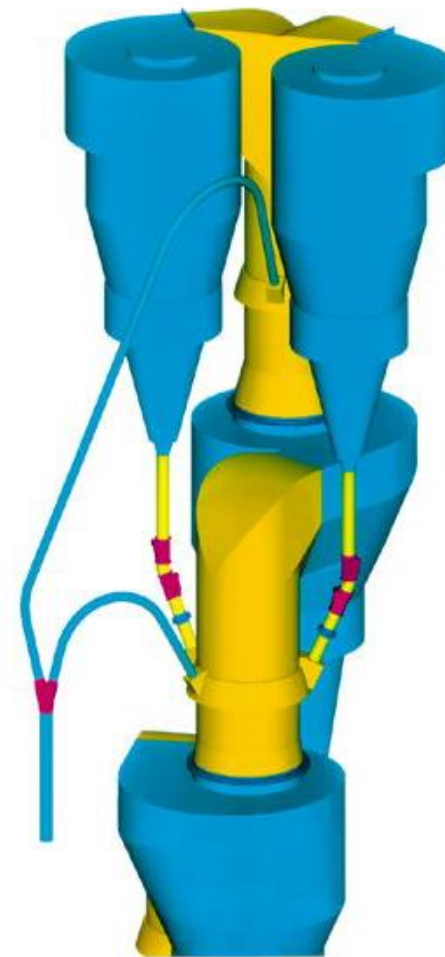
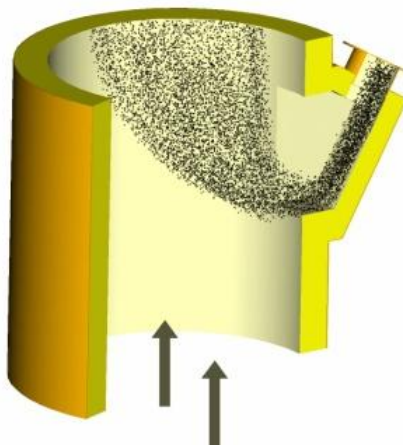
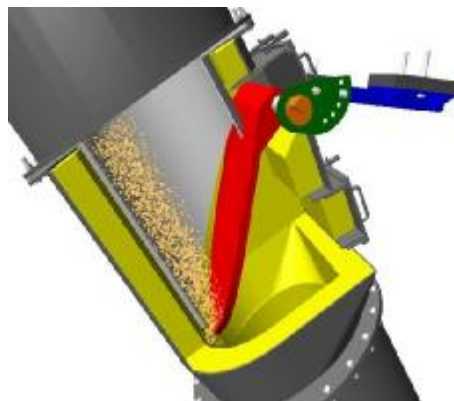
## KONFIGURACE a VLASTNOSTI

- § 4, 5 a 6 stupňů
- § Jedno / dvouvětvové výměníky
- § Třívětvové výměníky (2 original+1 kalcinační výměník v přístavbě)
- § nízká tlaková ztráta výměníku při zachování tepelné účinnosti výměníku
- § Optimalizovaný poměr: tlaková ztráta vs. odlučivost
- § neustálý vývoj komponentů výměníku (cyklony, tříštící krabice, klapky, segmentová hrdla cyklonů, děliče atd.)
- § maximální využití energie ukryté v AP
- § minimalizace negativními dopadů spalování AP



# Moderní disperzní výměníky řady LUCY (Low Underpressure CYclones)

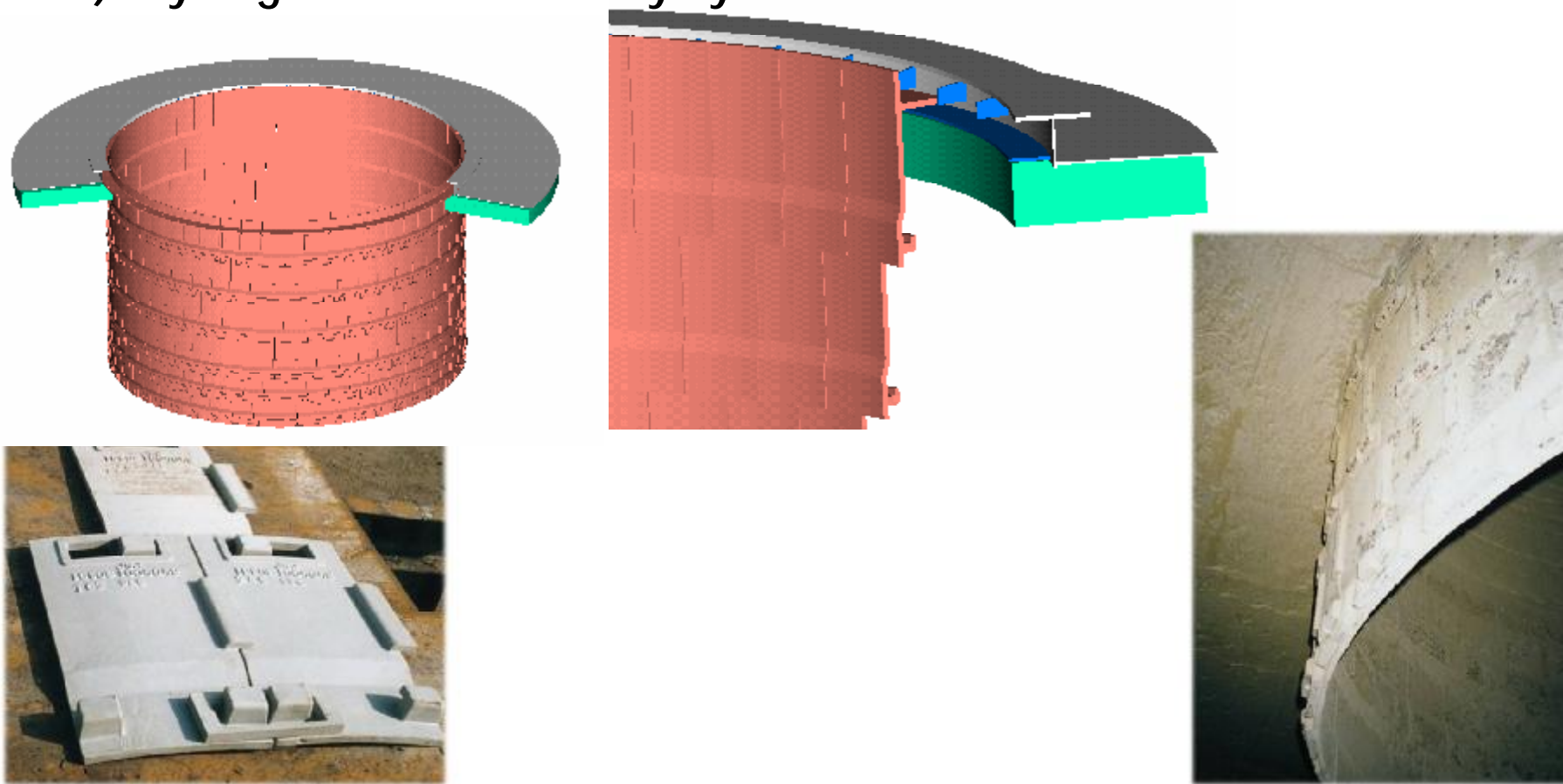
Zásadní komponenty výměníku – klapka, tříštící krabice, dělič suroviny mezi K 2-1 a K3-2)





## Moderní disperzní výměníky řady LUCY (Low Underpressure CYclones)

Zásadní komponenty výměníku ( DIP TUBE, vortex finder, immersion tube) litý segment hrdla horký cyklonu



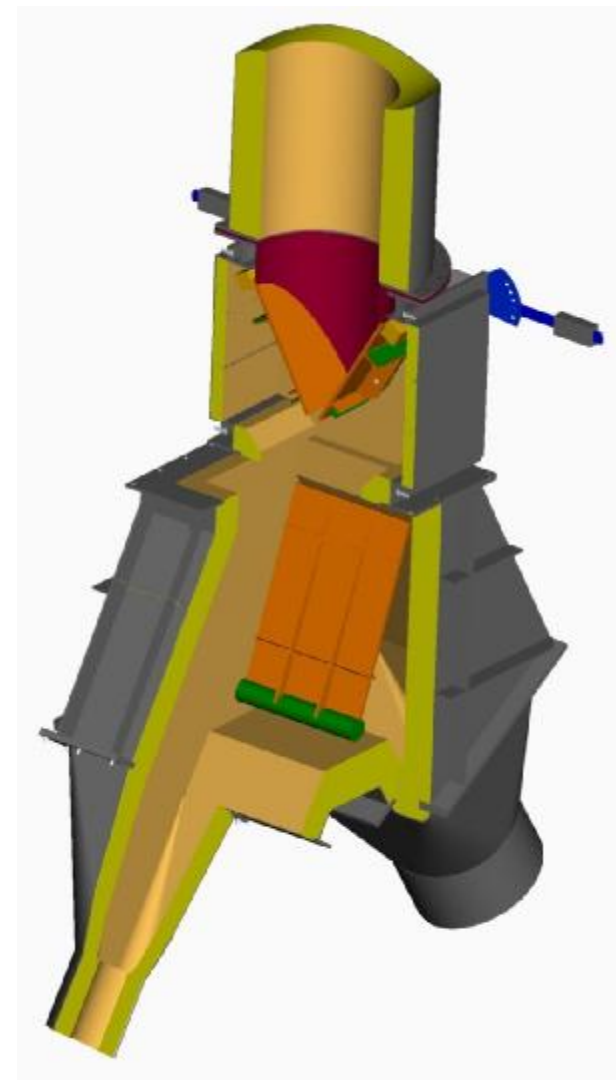
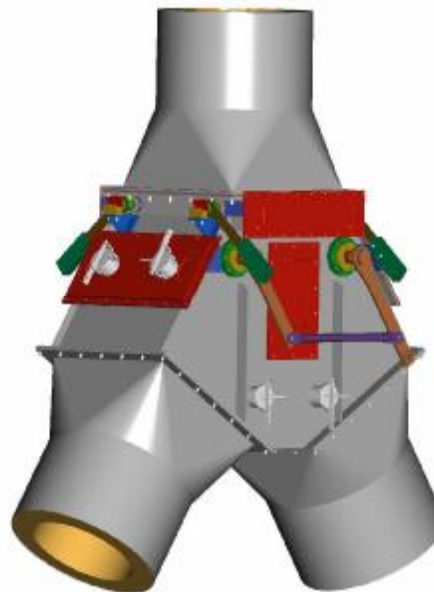
## Moderní disperzní výměníky řady LUCY (Low Underpressure CYclones)

### Dělič suroviny

kyvadlová dvojklapka s dvěma usměrňovači,  
90° uspořádání

dělení suroviny mezi KKN a SCC

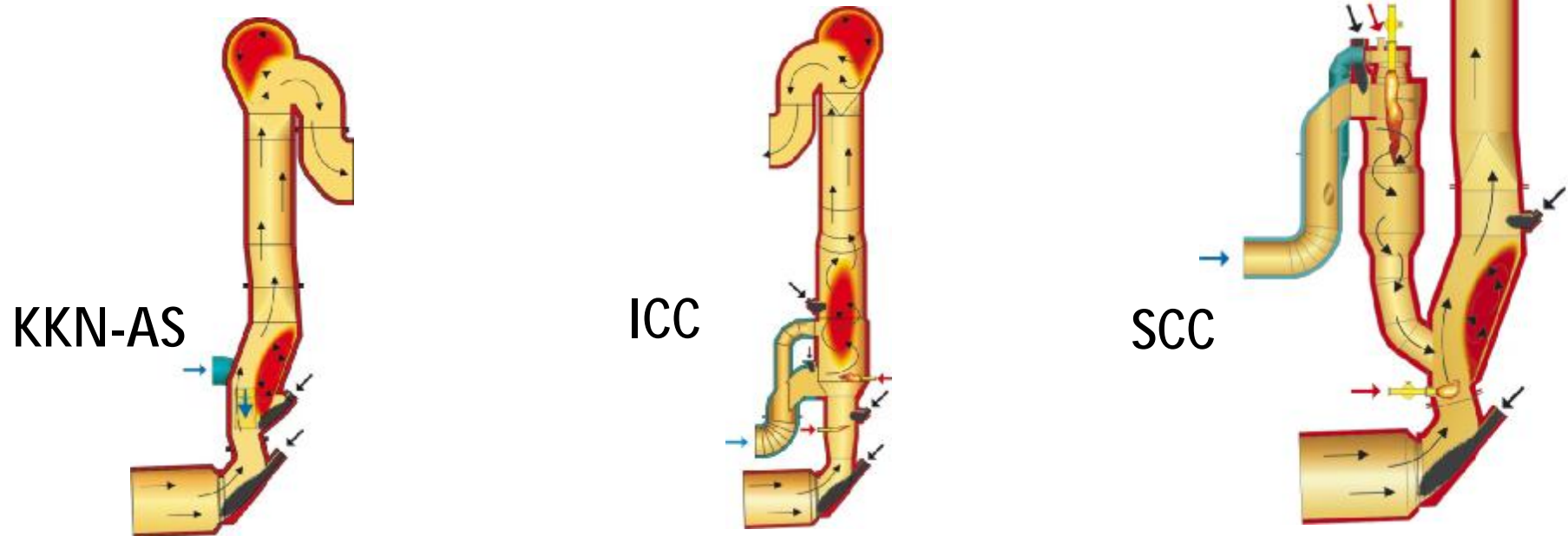
dělení suroviny mezi KKN střední /spodní

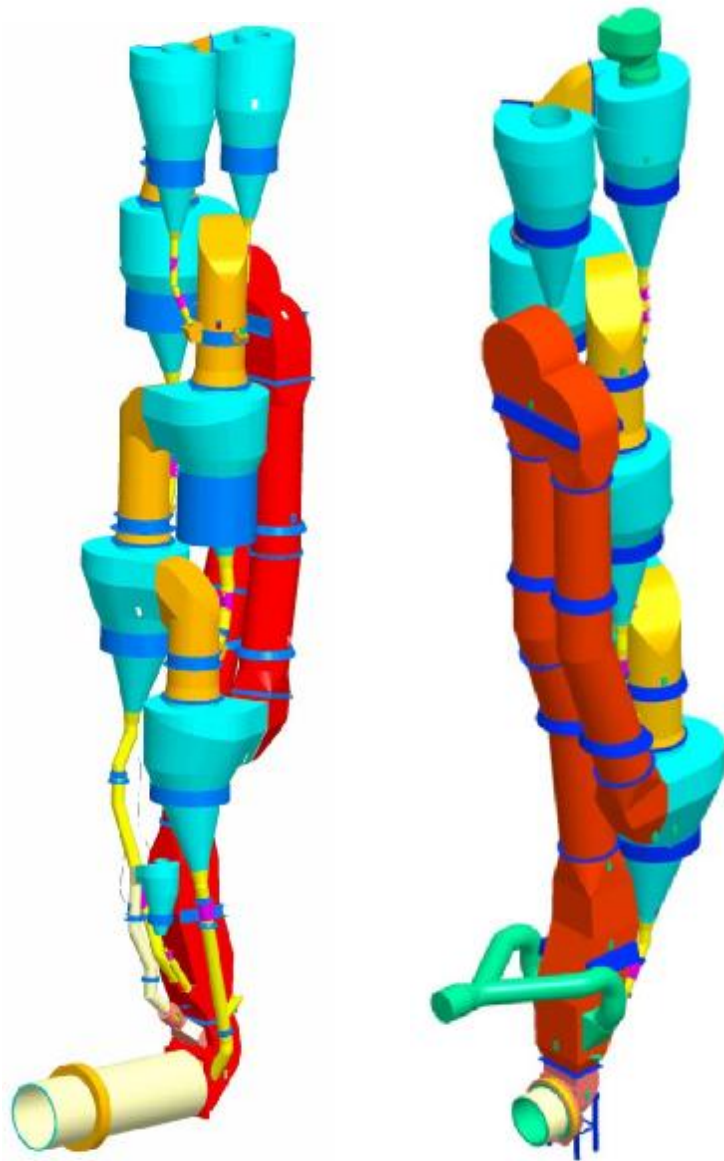


## Moderní disperzní výměníky řady LUCY (Low Underpressure CYclones)

### 3 typy kalcinátorů

- KKN-AS (air-separated, s terciárním vzduchovodem)
- ICC (in-line combustion chamber)
- SCC (separate calcining chamber, off-line)





### Kalcinátor KKN-AS (in-line)

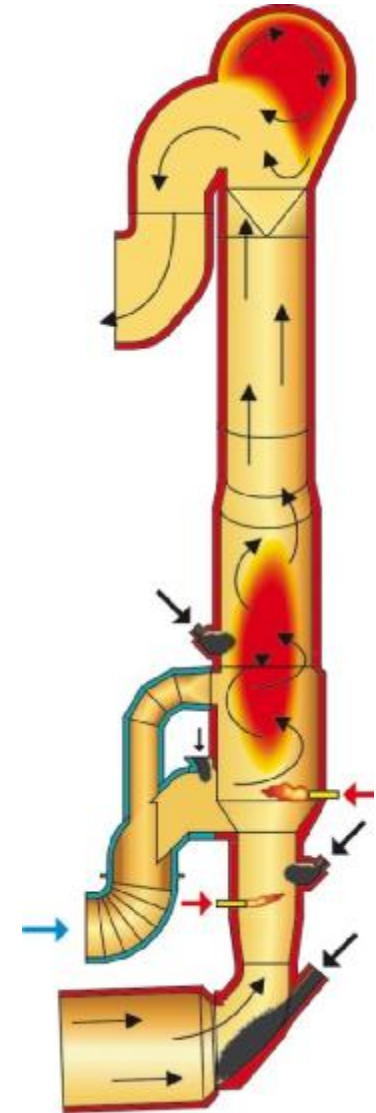
- Standardní kalcinátor pro tradiční paliva
- Optimalizovaný tvar (šikmá/válcová část)
- Vírová hlava pro intenzivní míchání plynů a suroviny (přidává 1-1,3 sekundy k teoretickému retenčnímu času)
- Dlouhý retenční čas (6-8 sec.) dle počtu stupňů a umístění vírové hlavy
- umístění KKN uvnitř hlavní konstrukce - od pece/k peci
- Velmi vhodný i pro rekonstrukce (umístění KKN do přístavby před stávajícím výměníkem)
- Možnost vytvoření „controlled hot spot“ (dělič suroviny z předposledního cyklonu)
- Možnost  $MiNO_x$  odbočky pro stage combustion, popř. instalace injektážních trysek pro SNCR + možnost jejich posunu

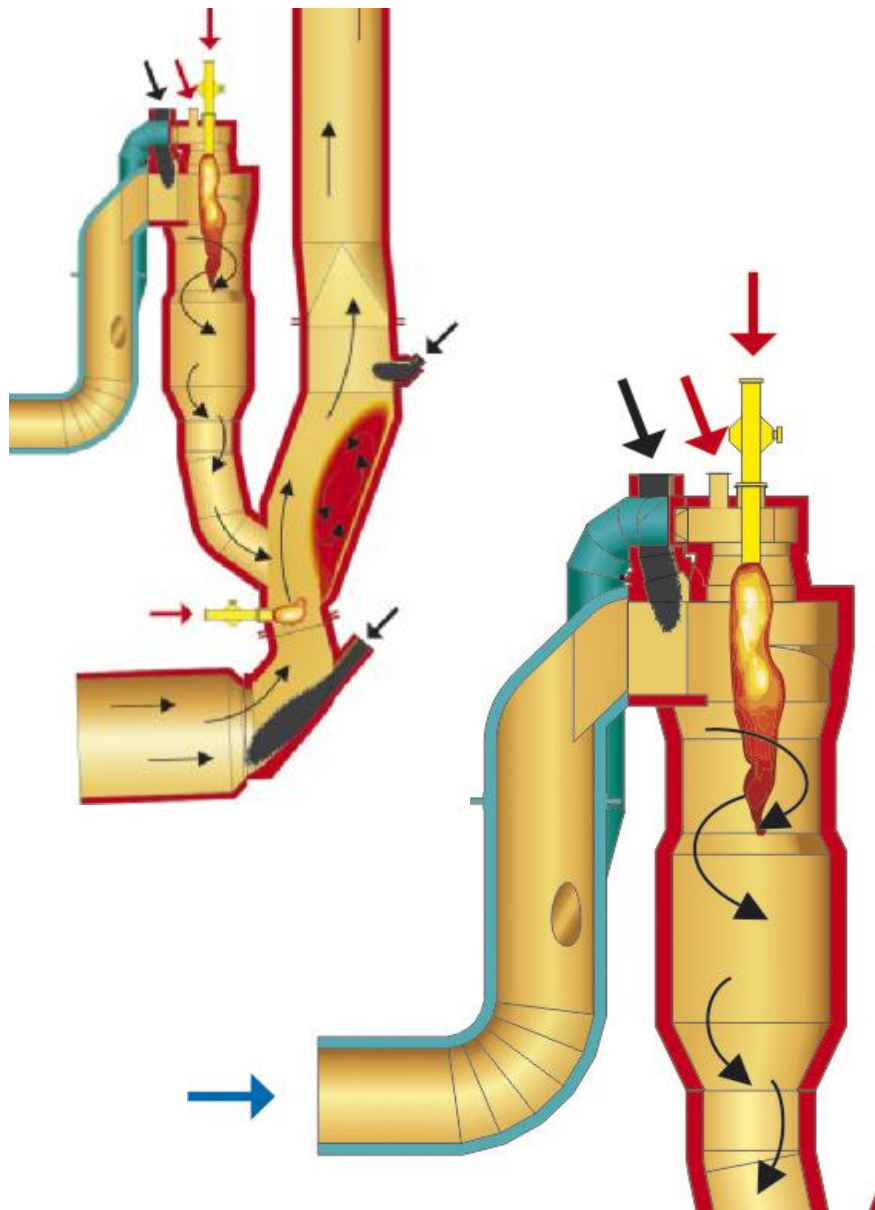




## Kalcinátor ICC (in-line)

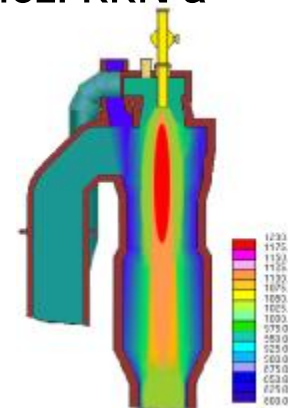
- Vznikl vývojem z KKN
- Zvýšený objem v horké části kalcinátoru
- 2 děliče suroviny, 3 surovinové vstupy
- Vysoká flexibilita jak nastavit teplotní pole v ICC
- Vysoká flexibilita k nastavení  $O_2$  v ICC (nastavení terciáru mezi horní/spodní vstup)
- Vhodný pro paliva, která se obtížně zapalují či delší čas vyhoření a lehké AP
- Díky rozšířené spodní části velmi dlouhý retenční čas pro úplné dohoření paliva

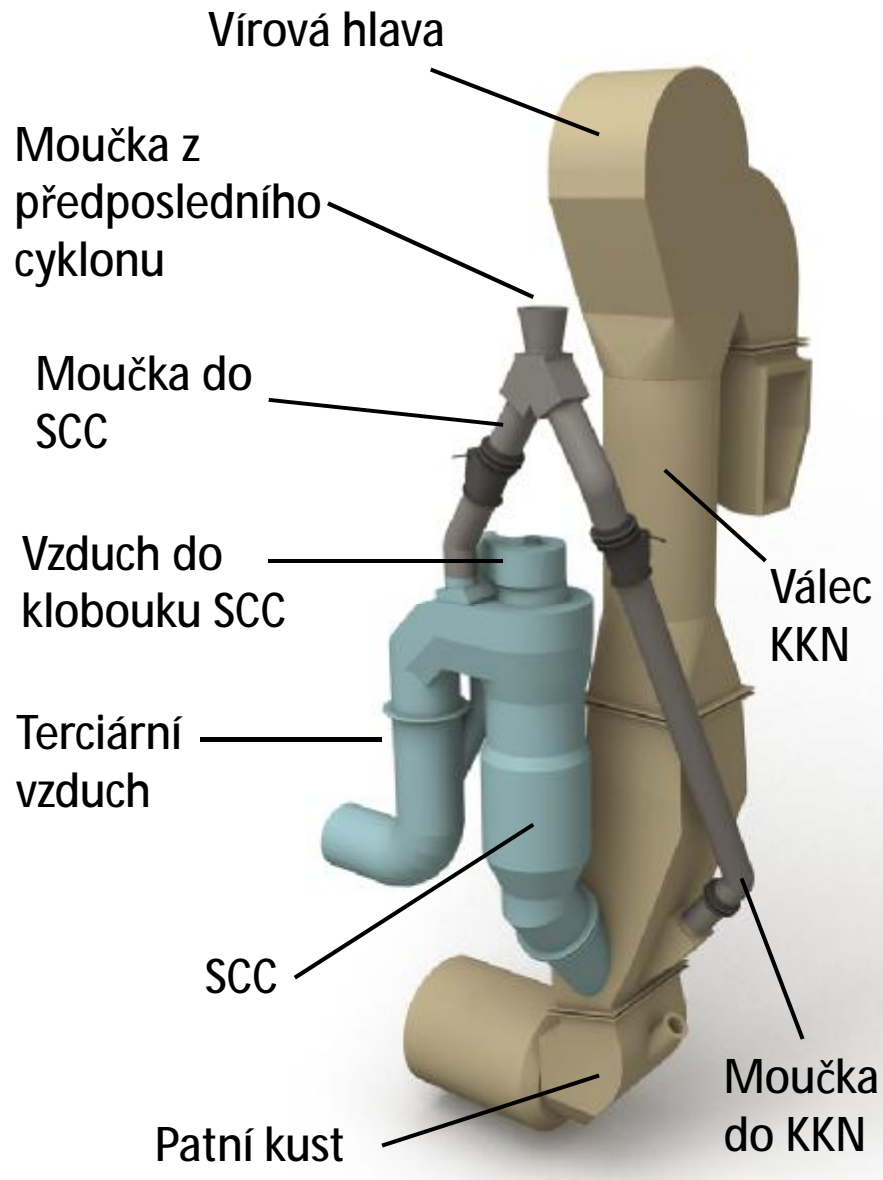




## SCC – separate combustion chamber

- Vertikální komora se shora umístěným centrálním hořákem
- SCC kalcinátor je vhodný pro spalování těch nejméně příznivých AP (vlhkost, granulometrie)
- Sušení a spalování v proudu horkého vzduchu z chladiče s maximem  $O_2$ .
- Optimální teplotní profil SCC komory se nastavuje děličem suroviny mezi KKN a SCC





## SCC – separate combustion chamber

- SCC kalcinátor je vhodný pro spalování těch nejméně příznivých AP (vlhkost, granulometrie)
- Optimální teplotní profil SCC komory se nastavuje děličem suroviny mezi KKN a SCC
- Vysušené popř. neshořelé částice paliva z SCC poté dohoří v KKN, kde je dostatek tepla z pece
- Maximální retenční čas (doba zdržení horkých plynů s materiálem v kalcinátoru (před vstupem do HC) ~ 7-8 sec.



## Ukázky z nejvýznamějších projektů z poslední doby : linka#2 Mokrá



- Start původní linky 1966,
- 4-stupňový výměník KHD

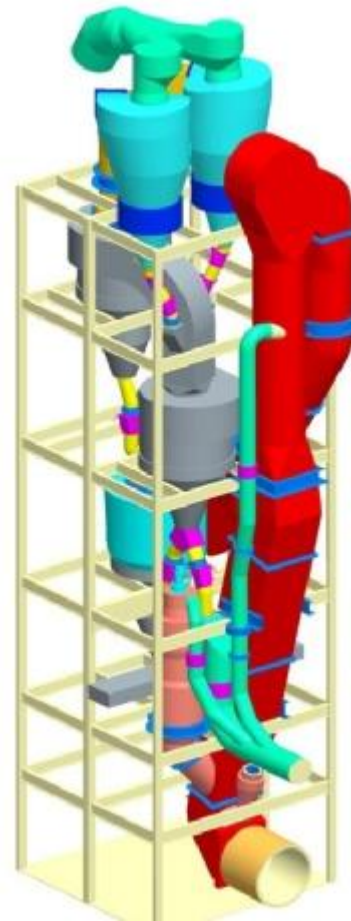
Provedená modernizace zahrnovala :

- kompletní výměnu horních odlučovacích cyklonů,
- instalaci nového patního kusu
- Instalaci terciárního vzduchovodu
- Instalaci dlouhého kanálu KKN a SCC
- Výměnu válcové části horkého cyklonu
- Instalace bypassu s recirkulací pod rošt chladiče
- modernizaci roštového chladiče





## Ukázky z nejvýznamějších projekrů z poslední doby : linka#2 Mokrá



Před rekonstrukcí

Projekce, modelling

Po rekonstrukci  
Široká paleta AP, podíl >80% AP  
Cílený výkon linky (ca 1900 tpd)

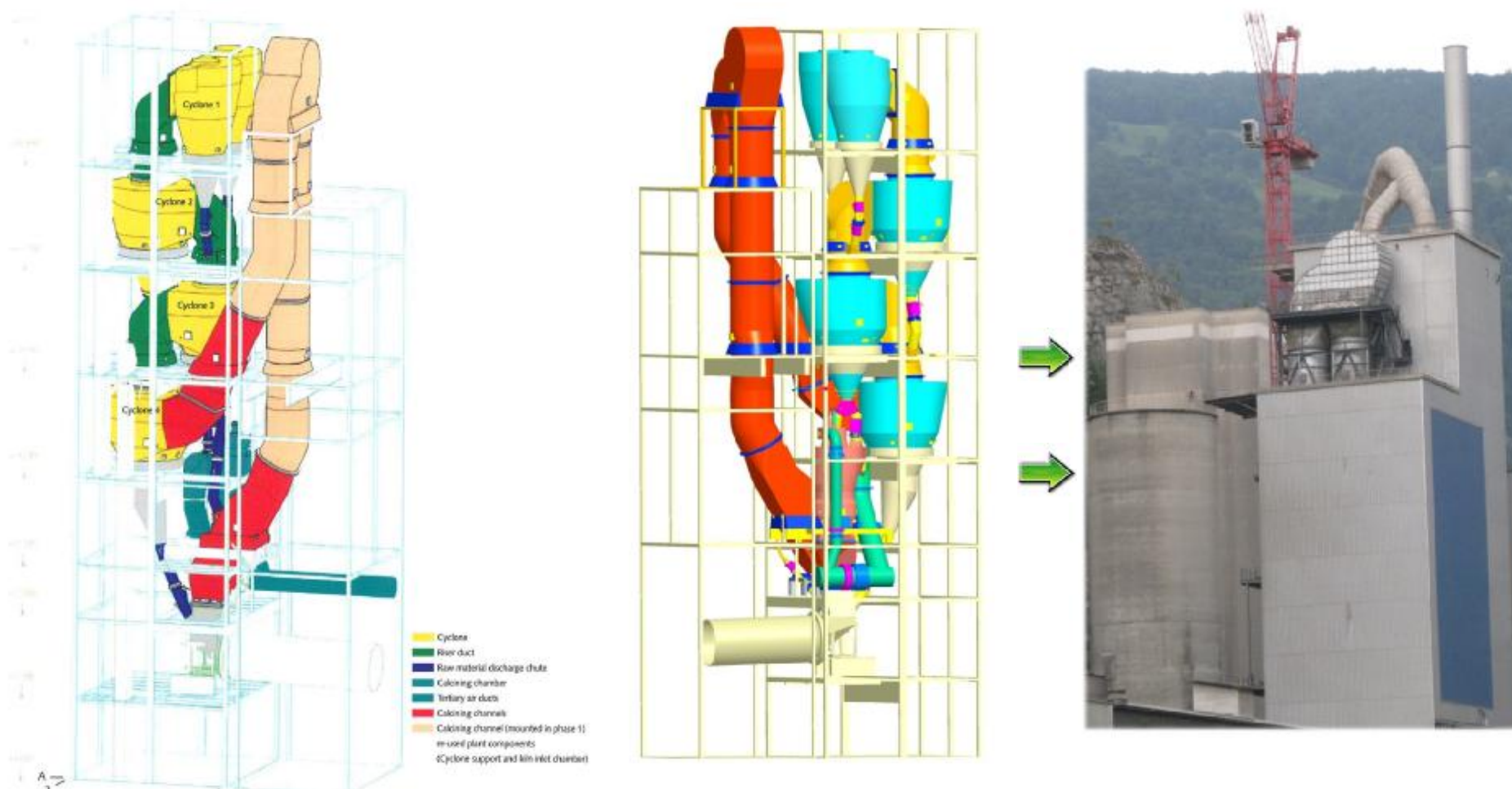


„Vápno, cement, ekologie“  
28.-30.5.2012

Mokrá, line#2, Heidelberg Cement, 1.900 tpd



## Ukázky z nejvýznamnějších projekrů z poslední doby : Vigier



Projekce, modelling, příprava

Po rekonstrukci



„Vápno, cement, ekologie“  
28.-30.5.2012

Cementárna Vigier, Švýcarsko



## Ukázky z nejvýznamnějších projektů z poslední doby



Matera (Itálie), 2400 tpd



Turňa (SK), 2700 tpd



Ladce (SK), 2400 tpd



„Vápno, cement, ekologie“  
28.-30.5.2012

Nejvýznamnější projekty



## Ukázky z nejvýznamnějších projektů z poslední doby



Sagar (Indie), 5000 tpd



Sepahan (Irán), 3300 tpd



Tokat-Artova (Turecko), 3500 tpd



„Vápno, cement, ekologie“  
28.-30.5.2012

Nejvýznamnější projekty



## Bypass: klasické škodliviny, koloběh

- Zvyšování podílu alternativních paliv i alternativních surovin - nárůst vstupu klasických i novodobých škodlivin.
- Za klasické těkavé škodliviny, způsobující problémy při provozu pecní linky , se obecně považují:
  - 1) alkalické popř. vápenaté chloridy ( $KCl$ ,  $NaCl$ ,  $CaCl_2$  + směsné soli/eutektika).
  - 2) alkalické sírany ( $Na_2SO_4$ ,  $K_2SO_4$  + jejich směsné soli/eutektika)
  - 3) síran vápenatý ( $CaSO_4$  + směsné soli/eutektika)
- Vnitřní koloběh (recirkulace) škodlivin v pecním systému začíná :
  - 1) Primární vstup škodliviny (primární vstup se surovinou či palivem)
  - 2) Sekundární vstup škodliviny (sekundární vstup z již jednou vypařené a zkondenzované směsné soli (chloridy, sírany)
  - 3) Vypaření či sublimace ( $T > 900 - 1000^\circ C$ )
  - 4) Zpětná kondenzace na kondenzačních jádrech (prachu) – vznik nadměrných nálepků na kritických místech, ucpávání, lepení kroužky... a opětovné vypaření



## Bypass: faktory způsobující lepení, důsledky

- absolutní množství jednotlivých klasických škodlivin ( $K_2O, Na_2O, SO_3, Cl^-$ )/1 kg sl.
- vzájemný molární poměr vyjádřený jako modul MSR
- vzájemná vazba: teplota horké moučky – zbytková ztráta žháním - úroveň kalcinace
- Vlastní konstrukce výměníku – zejména kalcinátoru a patního kusu
- přijatá opatření proti lepení (úroveň monitoringu chemismu, počet, kapacita a umístění pneukanonů, přístupnost čistících otvorů, plošiny)
- Další lokální „nepřenosné“ faktory - úroveň obsluhy, působení tavidel a jiných příměsí vstupující se surovinou či palivem, použitá skladba paliv atd.

### Důsledky vysokého vstupu škodlivin

- vytváření nadměrných nálepků (patní kusu, kalcinátor, kužel a skluz HC)
- vysoký vnitřní a vnější koloběh těkavých škodlivin, ohrožení kvality slínku
- tvorba kroužků v peci, riziko uzavření průřezu pece kroužkem
- kyselá koroze ocelových dílů, chemická infiltrace škodlivin do vyzdivek.
- nerovnoměrnost provozu linky, omezení výkonu, nárůst kalorické spotřeby



## Bypass: limity pro instalaci bypassu, důsledky jeho instalace

- Instalace bypassu se obvykle doporučuje při překročení některého z těchto obecných limitů
  - obsah chloridů v surovinové moučce > 0,025%
  - Celkový vstup chloru do linky > 0,40 g Cl-/kg sl. (400 g Cl/1 t sl.)
  - Celkový vstup síry do linky > 16-19 g SO<sub>3</sub>/kg sl.
  - Celkový vstup škodlivin do linky  $\Sigma (K_2O+Na_2O+SO_3+Cl^-) > 32$  g/kg sl.
- Instalace bypassu znamená
  - Snížení (omezení) intenzity koloběhu škodlivin, škodlivin v HM a slinku
  - Zavedení systému hospodaření s bypass-prachem, odprášení bypassu
  - Ztrátu části horkých plynů z pece a již zkalcinovaného materiálu

Podíl tepla do pece	Zvýšení kalorické spotřeby
> 50%	4-6 kcal /1% bypassu
~ 50%	3-4 kcal /1% bypassu
< 45%	2-3 kcal /1% bypassu

Zvýšení kalorické spotřeby při provozu bypassu



## Bypass: dělení bypassových systémů (dle účelu)

Typ bypassu	Chloridový	Síranový	Alkalický	Speciální
Navržen pro odstraňování	chloridů	síranů	alkalických solí	soli thalia, případně těžkých kovů
Původ škodliviny	Chloridy v sur. moučce Chloridy v popelu chloridy v odpadech	sírany v sur. moučce síra v palivech (např. petrokoks)	alkálie v sur. moučce výroba nízko-alkalického slínku	těkavé stopové prvky v surovině např. thalium
Obvyklá velikost % z pecních plynů	3-15%	20-100%	20-50% +injektáž CaCl <sub>2</sub> na zvýšení těkavosti	1-5%

## Bypass: dělení bypassových systémů (dle konfigurace)

- 1) Standardní řešení bypassu – bez separace hrubých podílů, T/komorou 220-350°C (chladicí komora, separátní či společné odprášení / komín)
- 2) Standardní řešení bypassu se separací hrubých podílů (... + za chladicí komorou je navíc umístěn třídící cyklon)
- 3) Moderní konfigurace bypassu - uzavřený okruh s recirkulací (odprášené plyny jsou vráceny zpět do linky (do chladiče, jako primární vzduch ..)





## Bypassové systémy – realizace

Cementárna	konfigurace	Způsob odprášení
Bypass č.1 – Radotín	směšovací komora	Samostatný bypassový filtr
– Bypass č.2 PC Ladce	směšovací komora a odlučovací cyklon	Původně stávající EF - odprášení RCH, <u>rekonstr.</u> na samostatné odprášení
Bypass č.3 – CEMMAC H.Smie	chladicí komora + dochlazování před filtrem	Samostatný nový bypassový tkaninový filtr <u>Scheuch</u>
Bypass č.4 - VSH Turňa	směšovací komora a odlučovací cyklon	Stávající tkaninový filtr <u>Scheuch</u> - odprášení RCH
Bypass č.5 – ČMC Mokrá	chladicí komora + dochlazování před filtrem	Samostatný bypassový filtr, odprášené plyny vedeny zpět do linky na sání chlad. <u>ventilátorů</u>
Bypass č.6 – Čížkovice		



## Bypassové systémy – realizace



Cemmac H.Srnie



Cížkovice



VSH Turňa



## Bypassové systémy – realizace



PC Ladce



Třídící cyklon (PC Ladce)



Sekundární dochlazování (Mokrá)



## Bypassové systémy – realizace

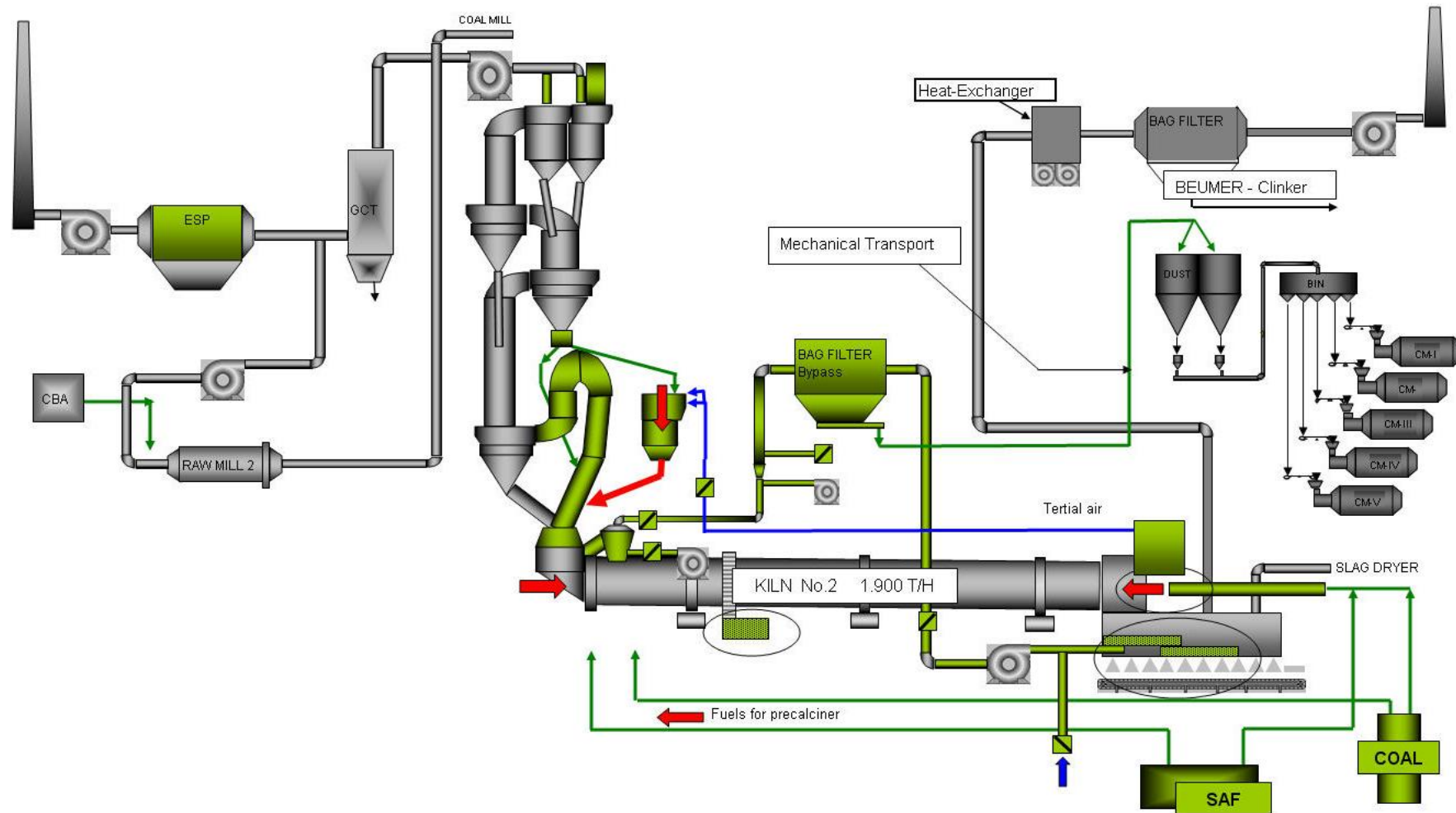


Schéma linky s recirkulací odprášených bypassových plynů pod rošt chladiče (Mokrá)



## Bypass: provozní zkušenosti

- 1) Velkoobjemové bypassy - vybaveny vstřikováním vody do komory (takto vzniklá plynová směs má menší objem, vyšší vlhkost zlepšuje absorpci kyselých plynů bazickým prachem)
- 2) přídatným skluz studené moučky do bypassu (rychlé zchlazení plynů, naředění odprašků, zlepšení transportních vlastností, menší lepení)
- 3) Není-li instalován třídící cyklon, tak dodatečně instalovat alespoň jednoduchou usazovací komoru před bypassový filtr
- 4) Dobrá přístupnost hrdla bypassu a chladící komora (snadnost a rychlost čištění)
- 5) Kontinuální vs. diskontinuální provoz bypassu (výhody / nevýhody).  
Obvyklý „switch-on“ indikátor – limitní obsah škodlivin v HM)
- 6) Kontinuální provoz ale začíná být preferován (rovnoměrnější provoz linky, méně škodlivin v odprašcích, lepší transportní vlastnosti a využitelnost, trvale nahřátý systém – omezení kondenzace a koroze)



## Bypass: výhody vs. nevýhody konfigurací

### SMĚŠOVACÍ KOMORA BEZ CYKLONU

#### VÝHODY :

- nižší tlaková ztráta
- velmi nízké emise SO<sub>2</sub>
- lepidlý bypassový prach je více naředěn kalcinovanou surovinou, lépe se dopravuje

#### NEVÝHODY :

Nevýhody zdánlivě převažují:

- vyšší kalor. spotřeba, vyšší koeficient
- vyšší kapacita filtračního zařízení
- riziko průniku nespáleného paliva do filtru
- poškození hadic či kola ventilátoru

### SMĚŠOVACÍ KOMORA S CYKLONEM :

#### VÝHODY :

- nižší kalorická spotřeba
- nižší koeficient moučka/slínek
- méně prachu z bypassu
- menší plocha odprašovacího filtru
- cyklon chrání filtr a ventilátor před mechanickým poškozením

#### NEVÝHODY :

- vyšší tlaková ztráta systému
- nižší účinnost odvádění škodlivin
- vyšší % odváděných plynů
- vyšší vstup chladícího vzduchu
- Nižší účinnost odsíření



## Bypass: výhody vs. nevýhody konfigurací

### SMĚŠOVACÍ KOMORA V UZAVŘENÉM PLYNOVÉM OKRUHU S RECIRKULACÍ

#### VÝHODY :

- § eliminace problémů s emisemi SO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub> v bypassovém plynu
- § eliminace možných problémů s emisemi PCDD/F v bypassovém plynu (díky prostupu přes slinkové lože v přední části chladiče T=1400-1350 °C a pece musí dojít ke spálení těchto jinak velmi odolných a stálých organických heterocyklů
- § dle provedených měření nedochází k měřitelnému nárůstu emisí z pecní linky.

#### NEVÝHODY :

- § bypassové plyny, navzdory naředění, jsou stále korozivní (kyselé díky SO<sub>2</sub>), může tak docházet k poškození roštové plochy a ventilátorů
- § nutnost udržovat teplotu plynu v potrubí nad rosným bodem, nebezpečí kondenzace vlhkosti v potrubí
- § vyšší teplota chladícího vzduchu snižuje účinnost RCH (dle literatury o 1,5%)
- § vyšší nároky na měření a softwarovou výbavu (směšovací krabice, klapky, čidla)

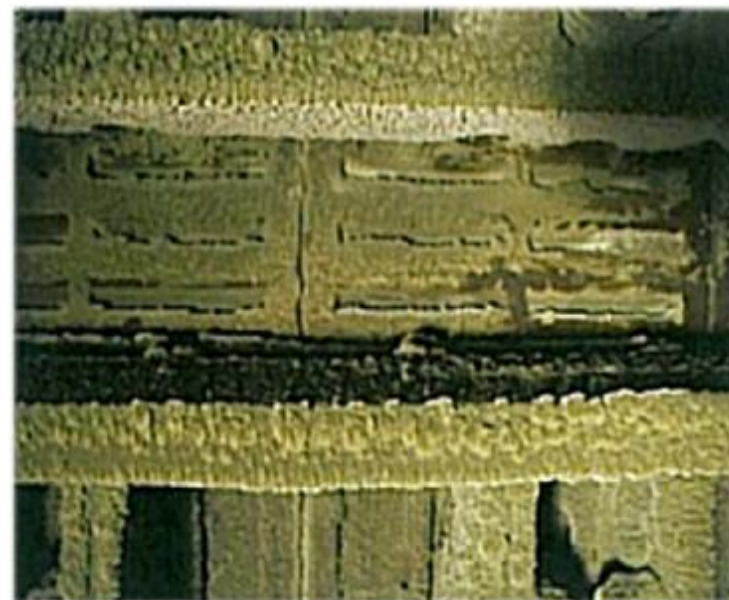


## Bypass: výhody vs. nevýhody konfigurací

### SMĚŠOVACÍ KOMORA V UZAVŘENÉM PLYNOVÉM OKRUHU S RECIRKULACÍ

#### NEVÝHODY (pokračování) :

- § Riziko ucpávání štěrbin v roštnicích jemným bypassovým úletem z filtru
- § V tomto případě byl zřejmě na odprášení bypassu elektrofiltr (dle VDZ Congress 2009)







... cool down

Thanks for your attention!

[www.ikn.eu](http://www.ikn.eu)