

# Ekologické projekty společnosti Veolia Energie ČR, a.s., v Teplárně Karviná a Elektrárně Třebovice

## Odsíření kotlů K2–K4 v Teplárně Karviná

Po úspěšném uvedení do provozu mokrého odsíření v Plzeňské energetice, a.s., byla TENZA, a.s., opět generálním dodavatelem odsířovací technologie. Projekt „Odsíření kotlů K2–K4 na TKV“ pro investora Veolia Energie ČR, a.s., je v současné době již předán a plně provozován pracovníky provozu Teplárny Karviná. V tomto případě byla realizována technologie CFB FGD (Circulating Fluidized Bed Flue Gas Desulphurisation), tedy metoda polosuchého odsíření s cirkulující fluidní vrstvou a význačnou recirkulací vznikajícího produktu.

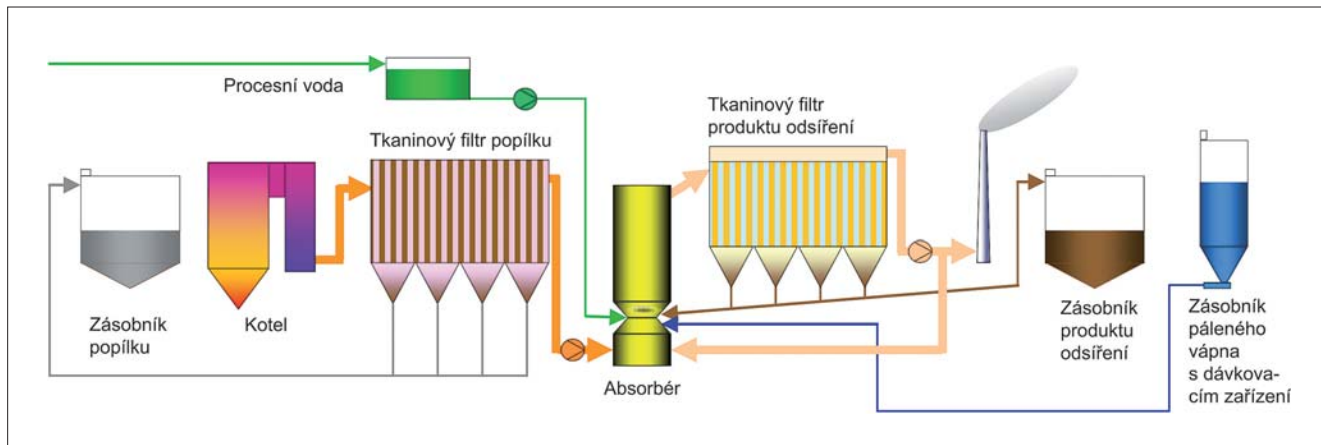


Schéma fluidního odsíření v Teplárně Karviná

Jednalo se o jeden z prvních projektů ekologizací zdrojů na území České republiky, které jsou spojeny se zavedením Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU upravující emisní limity pro průmyslové zdroje s platností od 1. ledna 2016. Ekologizovaným zdrojem byla Teplárna Karviná (TKV), patřící do skupiny Veolia Energie ČR, a.s., dříve Dalkia Česká republika, a.s. Samotná ekologizace zahrnovala výstavbu technologie odsíření vloženou mezi stávající tkaninové filtry a komín (tedy tzv. studenou sorpci). Jejím cílem bylo snížení obsahu kyselých složek (zejména  $\text{SO}_2$ ) a tuhých znečišťujících látek (TZL) ve spalinách. K dalším samostatným celkům díla patřily vyložkování stávajícího komína, rekonstrukce kompresorové stanice a průmyslového vysavače.

### POPIS PROCESU FLUIDNÍHO (CFB) ODSÍŘENÍ

Polosuché odsířování založené na principu expandované cirkulující fluidní vrstvy (CFB) je provozováno za účelem čištění spalin v elektrárnách při teplotách spalin cca  $60 \div 80^\circ\text{C}$ . Běžně je pro kombinovanou absorpci  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ , HF a HCl užíváno jako sorbent nehašené vápno CaO nebo vápenný hydrát  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

Tento proces produkuje suchý produkt, který je zachytáván v tkaninovém filtru a je snadné s ním manipulovat. Absorbér je běžně umístěn za prvním stupněm čištění spalin – odlučováním TZL, což však není podmínkou. Samotný absorbér je prázdný vertikální kouřovod s Venturiho dýzou se zúženým středem a rozšířenými okraji. V kuželové rozšiřující se části absorbéru se nalézá cirkulující fluidní vrstva sestávající ze směsi popílku, sorbentu a reakčních produktů odsířovacího zařízení CFB.

V rámci cirkulující fluidní vrstvy jsou tuhé látky distribuovány po celé výšce absorbéru. Jejich průměrná rychlost je mnohem nižší než

ZÁKLADNÍ TECHNOLOGICKÉ PARAMETRY DÍLA	
Druh spalovaného paliva	černé uhlí
Minimální množství spalin (min. výkon 1 kotle)	65 000 $\text{Nm}^3/\text{hod}$ , vlhké
Jmenovité – maximální množství spalin (max. výkon 3 kotlů)	460 000 $\text{Nm}^3/\text{hod}$ , vlhké
Koncentrace $\text{SO}_2$ v neodsířených spalinách	400 + 3 000 $\text{mg}/\text{Rm}^3$
Maximální koncentrace $\text{SO}_2$ v odsířených spalinách	190 $\text{mg}/\text{Rm}^3$
Maximální koncentrace TZL ve spalinách za odsíření	18 $\text{mg}/\text{Rm}^3$
Teplota spalin za stávajícím odlučovačem K1, 2, 3	110 až $190^\circ\text{C}$
Teplota spalin za stávajícím odlučovačem K4	140 až $210^\circ\text{C}$
Obsah $\text{O}_2$ ve spalinách za stávajícími odlučovači	8 až 10,5 %

Smluvní požadavky na spotřebu – garantované parametry:	
Spotřeba sorbentu (CaO)	36–1 700 $\text{kg}/\text{hod}$
Spotřeba elektrické energie	max. 1 500 kW
Spotřeba procesní vody	2,7–34,5 $\text{m}^3/\text{hod}$

průměrná rychlost plynu. Reakce nejlépe probíhá za nižší teploty, která je regulována vstříkáváním vody přímo do fluidní vrstvy, což ji zchladí na teplotu  $60 \div 80^\circ\text{C}$ . Výhodou je řízení teploty absorpce nezávisle na množství přivedeného vápničku a recirkulovaného produktu odsíření.

Produkt odsíření je oddělen od odsířených spalin v tkaninovém filtru umístěném za absorbérem. Prostřednictvím fluidních žlabů je mnohonásobně recirkulován zpět do absorbéru tak, aby byla prodloužena doba pro reakci  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  se spalinami, což má za cíl snížení molárního poměru Ca/S v procesu, a tedy významnou úsporu sorbentu. Přebytek produktu je odváděn do síla produktu.

S uvažovaným zařízením je možné dosáhnout účinnost odlučování až 99 % pro různé složky spalin.

To umožňuje v budoucnosti snížit koncentrace ve vyčištěných spalinách na hodnoty nižší, než jsou současné požadavky.

Koncentrace TZL z fluidního lože ve spalinách opouštějících absorbér s CFB je přibližně  $1\,000\ \text{g}/\text{Nm}^3$ . Spaliny jsou zbaveny části TZL při vstupu spalin do filtru vhodným nasměrováním a dále jsou pak odprašeny ve tkaninovém filtru na obsah TZL pod  $18\ \text{mg}/\text{Rm}^3$ . Aby byla funkčnost filtru trvalá, je vybaven zařízením nízkotlaké regenerace filtračních tkanin. Tato regenerace se provádí za provozu vždy, když tlaková ztráta filtru přesáhne nastavenou mez.

### INFORMACE O PROJEKTU:

Na základě vítězství ve vícekolovém výběrovém řízení na dodávku odsířovací CFB technologie s názvem „Odsíření kotlů K2–K4 na TKV“ podepsala společnost TENZA, a.s.,

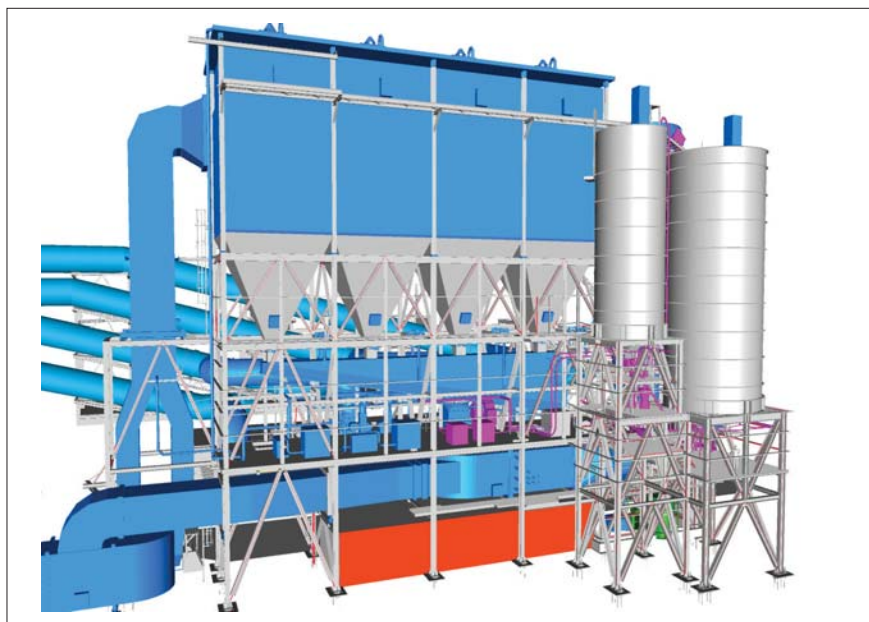
25. ledna 2013 smlouvu s investorem. Smlouvou stanovený termín dokončení, oživení a předání díla byl 18. listopadu 2014. Součástí díla byl návrh, vyprojektování, vlastní výstavba a uvedení technologie do provozu, to vše ve smlouvou stanovené lhůtě 21,5 měsíce.

Samotné odsíření – CFB reaktor, tkaninový filtr, silo sorbentu, silo produktu společně s dopravou materiálů, okruhů vody, vzduchu o několika tlakových úrovních a s podpůrnými technologiemi bylo umístěno do stavby o půdorysu 52 × 22 metrů a výšce 38 metrů a nezahrnovalo napojení na stávající technologie.

Realizační tým se začal utvářet okamžitě od obdržení rozhodnutí o výběru dodavatele. Ihned po podpisu smlouvy o dílo s investorem tak bylo možné zahájit projekční práce i práce na sestavování subdodavatelské struktury. Téměř současně byla podepsána smlouva se společností Hamon Enviroserv GmbH, která je zhotovitelem Basic Designu, garantem technologické části a dodavatelem některých klíčových částí technologie odsíření.

Vytíženost vlastních projekčních kapacit nedovolila zpracovat projekt plně vlastními silami společnosti TENZA, a.s. Proto byl zvolen model tzv. hlavního generálního projektanta (GP), tj. subdodavatelské společnosti, která zajistila kompletní projekt pro provedení díla. Společností vybranou pro zajištění činností spojených s GP byla DIZ Bohemia, a.s.

Po dohodě s investorem došlo v průběhu projektování k několika změnám. Díky získání nového pozemku bylo možno posunout celou technologii dále od stávající kotelny, což zajistilo další pruh komunikace, který výrazně zlepšil logistiku odvážených materiálů z provozu. Další změnou byl přesun sil jižně od absorbéru, který výrazně zjednodušil dopravní systémy aditiva a produktu a umožnil přístup na nový



Pohled na technologii odsíření CFB FGD (zpracovatelem 3D modelu a projektu ocelových konstrukcí byla společnost NOVING OK s.r.o., Ing. Radim Vinkler)

pozemek. Pro zvýšení spolehlivosti provozu bylo navíc doplněno druhé vysokotlaké čerpadlo procesní vody. Filtry byly rozděleny na čtyři sekce, čímž se zlepšily možnosti údržby a k technologii odsíření byl doplněn nákladní výtah.

Veškeré změny byly navrženy, odsouhlaseny a zapracovány v průběhu projektové fáze, a tudíž bez dopadu na koncový termín předání díla, čehož bylo dosaženo rozdělením projektu na část stavební a část strojní se samostatným procesem schvalování. Projekt stavební části byl dokončen a schválen investorem v létě roku 2013.

V odstávce provozu v roce 2013 byly provedeny nutné přeložky, vrty pro stanovení únosnosti podloží pro správné navržení základů s ohledem na stanovené podmínky poddolovaného území a stupně seismicity v místě výstavby,

kontroly a zaměření kanalizace v zájmovém území jako příprava pro budoucí výstavbu. Po zpracování projektu a uzavření smluv s dalšími subdodavateli technologií i prací byla v říjnu 2013 zahájena výstavba základů, které byly dokončeny do příchodu zimy, což byla podmínka pro dodržení harmonogramu stavby.

Jelikož se jednalo o stavbu na poddolovaném území, projevil se zvýšené nároky na specifická pravidla pro projektování a stavbu, zejména ve smyslu jakosti a tuhosti ocelových konstrukcí. To se promítlo do mohutnějšího provedení celé technologie. Základy jsou založeny na 58 pilotách o průměru 0,9 až 1,2 metru provedených do hloubky až 20 metrů. Zesílení ocelových konstrukcí zúžilo prostory pro vedení technologií a jen díky projektování v 3D softwaru se zabránilo kolizím. Hlavní ocelová



Napojení kouřovodů na technologii DeSO<sub>x</sub>



Celkový pohled na objekt odsíření



Reaktor se schodišťovou věží

konstrukce je pomyslně rozdělena na celky, které na sebe velmi úzce navazují, a je postavena na jednolitém betonovém základu tloušťky 0,6 až 0,8 metru. Samotná podlaha je pak pod celým půdorysem ocelové konstrukce a je z vodotěsného betonu z důvodu zabránění pronikání radonu a metanu z podloží do uzavřených prostor. Na stavbu bylo celkem použito 1 617 m<sup>3</sup> betonu.

Díky teplé zimě i montované ocelové konstrukci mohla stavba pokračovat téměř kontinuálně, a tak na základech postupně rostla ocelová konstrukce, do níž se průběžně vkládala technologie, zejména spalínové kanály. Souběžně s tím probíhala výstavba reaktoru a sil na produkt i sorbent, které jsou do ocelové konstrukce také vsazeny. Podstatná část z doby vyčleněné na montáž byla vynaložena na výstavbu tkaninového filtru. Vzhledem k tomu, že většina technologie je umístěna právě pod tkaninovým filtrem, byly naplánování a koordinace provádění prací velmi náročné.

Před odstávkou provozu teplárny pro umožnění připojení odsíření na zdroj a po provedení montáže tkaninového filtru, sil a absorbéru do stavu, kdy se pod nimi mohlo bezpečně pracovat, byla osazena veškerá přídružená technologie (čerpadla, dmychadla, ventilátory, úpravy vzduchu, pneumatické dopravy atd.). Rozmístění a uložení technologie, resp. prolínání technologických částí (zejména kouřovodu a absorbéru) s ocelovými konstrukcemi umožnilo provést poměrně kompaktní dílo. To však znamenalo zvýšené nároky na plánování postupu montáže a nutnost koordinace několika subdodavatelů pracujících na realizaci díla současně. Souběžně s osazováním přídružené technologie probíhala montáž kabelů do již připravených kabelových tras a pokračovala montáž rozveden. Celá stavba je rozdělena na několik technologických podlaží:



Tkaninový filtr

1. Pod tkaninovým filtrem je na vyvýšené podlaze umístěna zděná budova rozvodny elektro a MaR. Výška podlahy +0,75 m byla využita pro kabelové kanály pro provedení přívodu do jednotlivých rozvaděčů a transformátorů spodem a zajišťuje ochranu kabelových prostor před zatopením spodní nebo dešťovou vodou. Vedle rozvodny je na úrovni ±0,0 m pod absorbérem umístěno hospodářství procesní vody (nádrž procesní vody a vysokotlaká čerpadla) a kontejner na shromažďování produktu, který v případě nestandardních stavů vypadává z výsypky absorbéru.
2. Mezi podlažím +4,4 a +9,4 m jsou vsazeny vstupní a recirkulační kouřovod společně se vstupním dílem absorbéru, které byly vkládány do rozestavěné ocelové konstrukce. Dále je zde nad rozšířenou vozovkou zavěšena expediční hubice produktu.
3. Další technologické podlaží na kótě +9,4 m je tvořeno betonovou podlahou, na níž je umístěna převážná část přídružené technologie nezbytné pro provoz odsíření, tj. zařízení pro úpravu vzduchu, který se používá k pneumatické dopravě sorbentu, recyklaci a odvodu produktu (dmychadla, ventilátory, ohřívače, chladiče atd.).
4. Mezi podlažím +9,4 m a +17,6 m (pod tkaninovým filtrem) je umístěn 25 metrů dlouhý a více jak 6 metrů vysoký průběžný fluidní žlab se závěsy, který byl smontován na předmontážní ploše a do konstrukcí se vkládal v celku. Při montáži bylo využito třech jeřábů. Průběžný žlab slouží k dočasnému shromažďování produktu z výsypky tkaninového filtru a jeho dopravě směrem k absorbéru, kde na průběžný žlab navazuje regulační ventil recirkulace produktu a fluidní doprava produktu do absorbéru o výkonu cca 700 t/h.



Technologické patro +9,0 metrů – průběžný fluidní žlab

5. Samotný nízkotlaký tkaninový filtr je pak uložen na ocelové konstrukci na kótě +23,4 m. Jeho provedení je čtyřkomorové se samostatně odstavitelnými komorami, v nichž v každé je umístěno 1 024 filtračních hadic v soustředných kruzích. Regeneraci tkaninového filtru, která je umístěna na jeho střeše, zajišťuje pulzní, nízkotlaký vzduch. Na ocelové konstrukci ve výši +17,6 m, východně od tkaninového filtru, je umístěn absorbér. Jednotlivé prstence absorbéru byly připraveny na předmontážní ploše ze skružených plechů a výztužných žebér a svařovány až v místě uložení.
6. Na jih od tkaninového filtru a absorbéru jsou na samostatné konstrukci umístěny silo sorbentu a silo produktu, a to ve výškách +17,6 a +12,2 m. Dávkovací technologie sorbentu je rozložena na třech podlažích pod silem sorbentu (zejména váha se dvěma rozsahy dávkovaného výkonu) a je ukončena sedm metrů dlouhým šnekovým podavačem, který odvádí sorbent do technologie odsíření. Vyprazdňování sila produktu je prováděno prostřednictvím sestavy fluidních dopravníků, které odvádějí produkt na opačnou stranu absorbéru, kde je na zavěšené ocelové konstrukci nad komunikací umístěna expediční hubice. Havarijní vypouštění sila vápna bylo provedeno na žádost provozovatele a umožňuje vyprázdnit silo vápna přes expediční hubici do přistavených dopravních prostředků.
7. Na západ od tkaninového filtru je na kótě +0,0 m umístěn podpůrný spalínový ventilátor, který překonává tlakovou ztrátu odsířovací technologie a odvádí vyčištěné spaliny do komína nebo recirkuluje část spalín zpět do absorbéru.

Samostatnou částí výstavby mimo hlavní odsířovací technologie byla repase či úprava

některých stávajících technologií, které by svojí kapacitou nevyhovovaly zvýšeným požadavkům výkonosti po instalaci nové odsiřovací technologie. Jednalo se především o:

1. automatickou kompresorovou stanici se čtyřmi kompresory s frekvenčními měniči, která přinese provozovateli významné úspory vlastní spotřeby elektřiny,
2. průmyslový vysavač, který byl nahrazen výkonnějším typem a rozšířen i pro potřeby technologie odsiření,
3. rekonstrukci železobetonového monolitického komína výšky 120 metrů, který byl doplněn o novou antikorozi vložku, složenou ze svařených dílců o průměru 3,6 m spojených uvnitř komína šroubovými spoji. Všechny práce ve vnitřní části komína proběhly v průběhu odstávky. Práce komplikovaly antény a zařízení mobilních operátorů instalované na tělese komína.

Stavba byla realizována za plného provozu teplárny, což významně omezilo dostupnost staveniště. Vysoké využití jediné a slepé přístupové silnice současně pro stávající provoz teplárny i zásobování staveniště by bez spolupráce na organizaci příjezdu na stavbu s provozem teplárny bylo značně limitující.

Celkově bylo v průběhu šesti měsíců namontováno více než 1 278 tun oceli, instalováno přes 50 kilometrů kabelů, položeno 480 m<sup>2</sup> asfaltových ploch a odpracováno více než 200 000 montážních hodin.

Výstavba vyvrcholila v době odstávky zdroje, kdy se provádělo napojení kouřovodů na stávající výstupy z kotlů a přeložka kouřovodů u komína, napojení vody i vzduchu na stávající technologii. Dále bylo nutné zrekonstruovat a provozní technologie, které jsou pro provoz teplárny nezbytné, tj. průmyslový vysavač, kompresorové stanice a vyložkování komína.

Již v závěru montáží byly zahájeny práce na individuálních zkouškách zařízení, které postupně přešly v přípravu ke komplexnímu vyzkoušení. Kontrolovalo se nastavení technologie

dle výpočtových modelů a blokády jednotlivých řídicích smyček. Při zkouškách došlo ke shoření jednoho ze dvou dodaných transformátorů, který našťástí spolupracující firma rychle nahradila obdobným zařízením, po čase pak nově vyrobeným transformátorem. Po odladění v rámci přípravy ke komplexnímu vyzkoušení bylo možné přistoupit k ožívování celé technologie s médií. I přes veškeré kontroly jak na montáži, tak i v rámci zkoušek se v průběhu najíždění objevily chyby, pro které bylo nutné

Parametr	Smlouva	Garanční měření
Minimální účinnost pro různé kombinace kotlů	93,7 %	96,6 až 96,7 %
Měrná spotřeba CaO / odloučené SO	1,72 kg/kg	1,02 kg/kg
Vlastní spotřeba elektrické energie	1 500 kWe	1 070 kWe
Hodnota emisí TZL	18 mg/Rm <sup>3</sup>	< 18 mg/Rm <sup>3</sup>
Hodnota emisí SO <sub>2</sub>	190 mg/Rm <sup>3</sup>	< 190 mg/Rm <sup>3</sup>

najíždění přerušit – porucha dávkovací váhy aditiva a „vyskočená“ zpětná vazba regulačního ventilu recirkulace produktu. Naštěstí zdržení vyplývající z těchto chyb nebyla natolik významná, aby ovlivnila konečný termín.

Po úspěšném ukončení jak individuálních zkoušek, tak i přípravy ke komplexnímu vyzkoušení v termínu daném smlouvou, bylo možné v předstihu pěti dnů přistoupit se souhlasem investora ke komplexnímu vyzkoušení. Po celou dobu bylo nutné plnit garantované hodnoty emisí dle smlouvy. Investor také vyzkoušel několik druhů paliv v rozsahu parametrů daných smlouvou.

Po čtyřech dnech komplexního vyzkoušení byly zkoušky přerušeny, neboť došlo k zablokování regulačního ventilu recirkulace produktu. Aby nedošlo ke skluzu v termínu předání díla, bylo nutné v průběhu 24 hodin zjistit příčinu, odstranit ji a znovu zahájit desetidenní komplexní vyzkoušení. Po vyprázdnění průběžného

žlabu a obnažení regulačního ventilu byla nalezena zaklíněná dřevěná deska. Po jejím uvolnění byl průběžný žlab narychlo zajištěnými cisternami opět naplněn a funkčnost regulačního ventilu odzkoušena „pod zatížením“. Jak je vidět, i přes několikanásobnou kontrolu se může objevit problém tam, kde by jej nikdo nečekal.

Dílo bylo předáno k termínu 18. listopadu 2014 podle smlouvy a byl zahájen šestiměsíční zkušební provoz. Následně bylo podle smlouvy provedeno garanční měření č. 1, které prokázalo

ještě lepší parametry systému odsiření než smluvně stanovené:

Dále byly sledovány hodnoty vibrací kompresorů, povrchová teplota izolací, hodnota hluku pro nová točivá zařízení. Dodržení všech požadovaných garančních hodnot garančního měření potvrdilo.

K 31. červenci 2015 byly odstraněny všechny vady a nedodělky specifikované předávacím protokolem. V současné době běží běžný provoz provozovatele v záruční lhůtě. Společnost TENZA, a.s., v roli generálního dodavatele s provozovatelem průběžně komunikuje a projednává případné atypické provozní stavy. Například provoz na minimální výkon kotlů v letošním velmi teplém létě, který nebylo možné při uvádění zařízení do provozu v podzimních měsících předchozího roku vyzkoušet.

**Ing. Tomáš Ryba,  
TENZA, a.s.**

#### An article on Desulphurisation of boilers K2-K4 at Heating Plant Karviná

Following the successful commissioning of a wet desulphurisation at Plzeňská energetika, a.s., TENZA has again become the preferred supplier of desulphurisation technology. The project "Desulphurisation of boilers K2-K4 at TKV" for the Veolia Energie ČR investor, is currently already commissioned and fully operational and staffed at the heating plant Karviná. In this case the implemented technology is FGD CFB (Circulating Fluidized Bed Flue Gas Desulphurisation); that is, the method of semi-dry desulphurisation with a circulating fluidized bed and material recirculating of the resulting product.

#### Статья «Десульфуризация котлов K2-K4 в теплоцентралі Karviná»

После успешного ввода в эксплуатацию мокрой сероочистки в Plzeňská energetika, a.s., стала TENZA, a.s. опять генеральным подрядчиком технологии десульфуризации. Проект "Десульфуризация котлов K2-K4" для инвестора Veolia Energie ČR, a.s., в настоящее время уже был сдан заказчику и полностью эксплуатируется работниками теплоцентралі Karviná. В этом случае была реализована технология CFB FGD (Circulating Fluidized Bed Flue Gas Desulphurisation), т.е. метод полусухой десульфуризации с циркулирующим флюидным слоем и значительной рециркуляцией полученного продукта.