

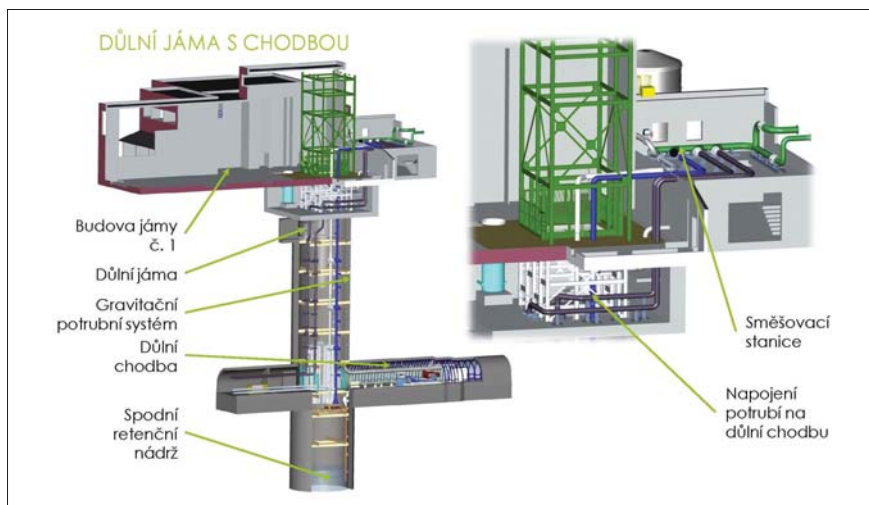
Bývalé uhelné doly mohou sloužit dále – jako přečerpávací elektrárny

Ministr Jan Mládek symbolickým přestřižením pásky zahájil provoz unikátní elektrárny, která využívá výškového potenciálu v šachtě hlubinného dolu s ukončenou těžbou k výrobě energie. Pilotní projekt, podpořený státem, realizovala na dole Jeremenko ostravská firma FITE ve spolupráci s firmami REACONT, Moravský výzkum, SIGMA, Vysokou školou báňskou – Technickou univerzitou a státním podnikem DIAMO.



Snímek ze slavnostního zahájení provozu přečerpávací elektrárny v dole Jeremenko

Společně s ministrem se slavnostního spuštění jediného projektu zúčastnili vládní zmocněnec pro Moravskoslezský a Ústecký kraj Jiří Cíenciala, hejtmán Moravskoslezského kraje Miroslav Novák a ředitel státního podniku DIAMO Tomáš Rychtařík. „Jsem hrdý na to, že uvádíme do praxe jedinečné spojení výsledků výzkumu českých vědců a umu českých techniků, po kterém tak voláme, a gratuluji jim k úspěchu. Tento projekt naše ministerstvo velmi výrazně podpořilo a jsem potěšen tím, že spojení kreativity týmu vysoké školy, výzkumných pracovišť a výrobní firmy přineslo významný synergický efekt v podobě světového patentu.“ uvedl ministr průmyslu a obchodu Jan Mládek. Vládní zmocněnec pro Moravskoslezský a Ústecký kraj Jiří Cíenciala dodal: „Podařilo se prokázat, že vytěžený černouhelný hlubinný důl je možno použít pro instalaci vodní elektrárny využívající hloubku jámy pro účely „skladování“ elektrické energie a výrobu špičkové elektrické energie. Tento projekt je dobrou ukázkou toho, že spojení akademických institucí s praxí může přinášet zajímavé a hlavně efektivní výsledky.“ Slavnostního aktu v hloubce téměř 600 metrů pod zemí se účastnil i hejtmán Moravskoslezského kraje Miroslav Novák, který mimo jiné zdůraznil: „Navržené řešení nezatěžuje krajinu ani životní prostředí a využívá to, co už původním účelům nemůže sloužit. To považuji za přelomové. Věřím, že realizovaný pilotní projekt významným způsobem ovlivní rozhodovací procesy o budoucím využívání důlních děl s ukončenou těžbou.“



Důlní část – důlní jáma s chodbou

SPECIFIKA ELEKTRÁRNY V DOLE

Celý systém přečerpávací elektrárny musel být přizpůsoben specifickým důlním podmínkám, mezi které lze zařadit zejména stísněné prostory, agresivní salinitní vodu a nutnost dodržování bezpečnostních a legislativních předpisů. Jednotlivé oblasti a technologické uzly v rámci přečerpávací elektrárny tedy byly navrhovány ve vazbě na báňské legislativu a bezpečnostní předpisy. Celkový systém přečerpávací elektrárny včetně způsobu instalace byl průběžně konzultován a řešen ve spolupráci s Českým báňským úřadem a dalšími institucemi.

Všechny zásahy do důlního díla včetně instalovaných prvků v rámci elektro a strojní části podléhaly schvalovacím procesům ze strany

oprávněných institucí, zejména ze strany pověřených úřadů (schválení z pohledu vyhlášek a zákonů platících v oblasti dozoru Českého báňského úřadu). Například strojní část projektu podléhá schválení projektanta instalací strojního zařízení s oprávněním pro doly, a podobně. Uvedené faktory následně ovlivnily jak celkové dispoziční řešení systému, které se dále odráželo v řešení potrubního systému, stavebních částí, turbínového soustrojí, tak materiálové a konstrukční řešení jednotlivých technických uzlů.

Důlní přečerpávací elektrárna je tvořena turbínovým soustrojím umístěným v důlní chodbě navazující na důlní jámu ústící v povrchovém objektu jámy, které je napojeno na přírodní potrubí vedoucí z horní retenční nádrže a dále na odpadní potrubí, které ústí do spodní důlní retenční nádrže, již tvoří rozsáhlý zásobník

vody v systému ostravských šachet. Ve spodní důlní retenční nádrži je umístěno výkonné ponorné čerpadlo napojené na výtlačné potrubí, které je pak svisle důlní jámou vedeno na povrch dolu k povrchové retenční nádrži a napojeno skrze automatický uzavírací ventil, který ovládá proces plnění retenční nádrže salinitní důlní vodou.

Spádové potrubí je vedeno svisle v důlní jámě až do hloubky 580 m do úrovně navazující důlní chodby, ve které je pak vedeno horizontálně k hydraulicky ovládanému kulovému kohoutu, pevně napojenému na tvarový mezikus propojený s hydraulicky ovládanou dýzou napojenou na skříň Peltonovy turbíny, která zajišťuje směrování vodního paprsku na lopatky

Peltonova kola. Svislá část spádového potrubí vytváří spádovou výšku ~580 m, což vytváří tlak v přívaděči turbínového soustrojí ~58bar, plný výkon soustrojí je vyvozen objemovým průtokem média ~120 l/s.

Koncepce spádového potrubí s horizontální potrubní odbočkou včetně všech výše uvedených faktorů s sebou nesla nutnost řešení náročné problematiky kompenzace vlivu místních ztrát, a tím vznikajících výrazných silových účinků – potrubních rázů, působících ve volném směru.

Uvedené komplikace byly řešeny jak konstrukčním řešením napojení horizontálního přívodního potrubí na spádovou větev, které kompenzuje vliv místních ztrát, vyžaduje však dílčí kompenzaci a zachycení silových účinků, působících ve volném směru. Vliv působících sil proto



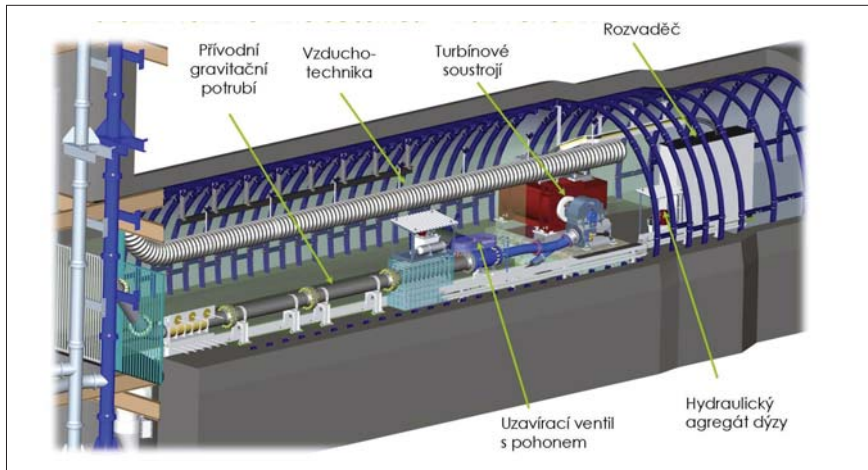
Turbínové soustrojí - detail

musel být zachycen kompenzačním rámem situovaným v ústí důlní chodby, který je určen k zachycení silových účinků vytvořených médiem, jež prochází potrubním systémem k turbínovému soustrojí.

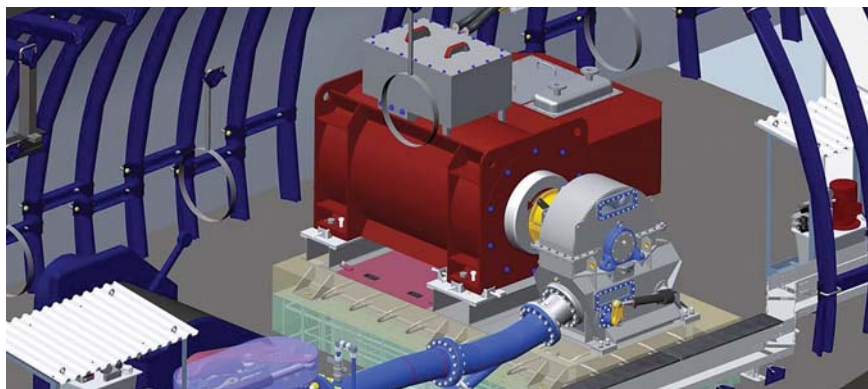
Další kompenzační prvek bylo nutno situovat před redukcí kulového kohoutu, jehož technické řešení zabraňuje přenosu silových účinků na technologie umístěné za tímto blokem. Maximální síla působící na danou část potrubního systému vzniká při uzavírání kulového kohoutu, kde je nezbytné započítat dynamické účinky vytvořené kapalným médiem.

Konstrukční řešení kotvicích segmentů a kompenzačních rámu tvoří mezní uzel určený k zachycení a přenesení veškerých reakcí potrubí do počvy, čímž se zamezí poškození navazujících komponent. Přívodní (spádové) i výtlačné potrubí je kromě výše uvedených prvků ke stěnám důlní jámy kotveno speciálními zátěžovými kotvicími prvky. Návrh technologie kotvicích prvků byl také přímo závislý na uspořádání a technico-geologických podmínkách kotvicí oblasti.

Při vstupu horizontálně vedeného přívodního potrubí na turbínovou skříň prostřednictvím dýzy a horizontálně vedeným odpadním potrubím vznikl další problém. Vzhledem ke stísněným důlním podmínkám bylo nutno odpadní kanál řešit atypickým způsobem, kdy nebyl k dispozici obvyklý alespoň částečný spád, a vodní médium z jámy navíc odtéká proti směru média vstupujícího do turbíny, čímž vzniká potrubní smyčka. Z tohoto důvodu bylo nutné vypočítat a vyprojektovat speciální odpadní labyrint a navrhnout konstrukci gravitačního



Dispoziční řešení turbínového soustrojí v důlní chodbě



Turbínové soustrojí

potrubí, které zajišťuje potřebný odtok odpadního vodního média do spodní retenční nádrže, tedy do důlní jámy.

Další příklady atypických řešení:

- Pod turbínovým soustrojím je situována odpadní jámka, která je vzhledem ke specifickým podmínkám navržena jako betonová nádrž, jejíž tvar a stěny zároveň tvoří základ a současně slouží jako servisní prostor celého soustrojí. Dýza a turbínová skříň jsou materiálově a konstrukčně přizpůsobeny důlnímu prostředí.
- Hydraulické agregáty jsou navrženy tak, aby odpovídaly legislativním předpisům a důlním podmínkám, před mechanickým poškozením jsou chráněny krytováním (padající kamení a podobně)

STAVEBNÍ ÚPRAVY

Výzkumný a realizační kolektiv navrhl koncepci a zpracoval komplexní zástavbový projekt povrchové i důlní části elektrárny, který mimo jiné zahrnoval velmi náročné řešení odpadní jámky, která je zároveň základem turbínového soustrojí, dále kotvicí prvky ve vazbě na komplexní potrubní systém. Dále bylo nutno realizovat stavební úpravy v rámci povrchové části dolu, související s vybudováním horní retenční nádrže a jejím napojením na stávající potrubní systém státního podniku DIAMO.

Státní podnik Diamo pak podle předaného zástavbového prováděcího projektu provedl,

ve spolupráci s techniky řešitelského týmu, náročné zástavbové práce, betonáž základny turbínového soustrojí a kotvicích základových prvků horizontální části spádového potrubí.

POPIS ZAŘÍZENÍ ELEKTRÁRNY

Důlní přečerpávací elektrárna se skládá ze základních částí, mezi které patří: povrchová retenční nádrž, spádové potrubí, hlavní uzavírací armatura, turbínové soustrojí, odpadní jámka, odpadní kanál, spodní retenční nádrž, čerpací systém a řídicí systém.

Vodní médium je před prvním spuštěním naplněno do horní retenční nádrže, odkud je pomocí spádového potrubí přivedeno před kulový uzávěr. Jako spádové potrubí je využito stávajícího vertikálního potrubí umístěného v dolní chodbě s nově realizovanou horizontální odbočkou. Kulový uzávěr slouží k hlavnímu otevření a bezpečnému uzavření přívodu vodního média na lopatky turbínového kola. Před otevřením kulového kohoutu při výchozím zaplavení přívaděče je kapalným médiem převáděno za kulový kohout prostřednictvím bypassu, následně, po srovnání tlaků, je možné kohout automaticky otevřít. Vodní paprsek, který dopadne na lopatky oběžného kola má rychlost cca 100 m/s, po dopadu odevzdá svou kinetickou energii a roztočí oběžné kolo turbíny. Toto kolo pomocí pružné spojky pohání synchronní generátor, který vyrábí elektrickou energii a prostřednictvím trafostanice a systému spí-

nacích prvků dodává elektrickou energii do sítě. Vodní médium, které odevzdalo svou energii, následně padá do jímky a prostřednictvím odpadního kanálu je svedeno do spodní retenční nádrže. Jímka turbínového soustrojí je umístěna pod turbínovou stanicí a její železobetonové stěny tvoří základ a servisní prostor celého soustrojí. Jako spodní retenční nádrž je využita zatopená spodní část důlní jámy. Ta je propojena pomocí chodeb s dalšími nevyužívanými doly a systém těchto chodeb tak tvoří velké spodní jezero, ze kterého je v současné době kvůli potřebě udržovat hladinu podzemních vod v jiných aktivních dolech na povolené úrovni nepřetržitě odčerpávána důlní voda na povrch.

Ze spodní retenční nádrže je již vybudovaným čerpacím systémem v době přebytečné elektrické energie přečerpáno vodní médium do horní retenční nádrže. K současnému systému je navíc připojeno druhé pomocné čerpadlo, pro navýšení přečerpávaného objemu. V případě potřeby dodávky elektrické energie do sítě je systém opětovně spuštěn. Celý systém čerpání je plně automatizován a ovládán prostřednictvím řídicího systému. Je doplněn o celou řadu snímačů a senzorů, kde ŘS vyhodnocuje získané údaje, na základě nich pak ovládá elektro-mechanické části elektrárny.

KONSTRUKCE TURBÍNY, INOVATIVNÍ PRVKY

Konstrukce klasických, v současné době využívaných Peltonových turbín je dlouhou řadou let chronicky známá. Specifické důlní prostředí, stísněné prostory v důlní chodbě, agresivita salinitních důlních vod, agresivita ovzduší, výškový spád – 600 m a další specifika vyvolala nezbytný velmi náročný výzkumný a realizační proces nového konstrukčního a materiálového řešení turbínového soustrojí, včetně konstrukce Peltonovy turbíny pro velké spády.

Navržená a realizovaná technologie turbíny umožňuje odstraňování dílčích provozních poruch, střední opravy a údržbu přímo v dole, bez nutnosti demontáže turbínového stroje a jeho náročného přemístování na povrch dolu.

V průběhu vývojového procesu turbíny vznikla řada specifických technologických změn její konstrukce, které pak byly promítnuty do užitého vzoru a přihlášky vynálezu.

Jedná se například o nové konstrukční řešení dýzy, které umožňuje snadnou demontáž a výměnu poškozených částí mechaniky dýzy – například uzavírací jehly vodního paprsku – aniž by byla nutná celková demontáž technologie dýzy a aniž by bylo nutné turbínu na delší dobu vyřazovat z provozu.

Nové technologické řešení rektifikace, kdy byl z důvodu usnadnění způsobu ustavování oběžného kola vůči vodnímu paprsku navržen rektifikační mechanismus. Jedná se o stavění v horizontálním směru, kde se pomocí rektifikačního šroubu ustaví oběžné kolo vůči centrovacímu přípravku dočasně umístěnému na dýze.

Dalším inovativním prvkem je výklopné víko, které usnadňuje přístup, montáž, údržbu a demontáž vnitřních částí turbínové skříně a osového složení oběžného kola. Ve vazbě na výklopné víko byl navržen odstříkový labyrint jako jednostranně uchycený s otvorem pro průchod kolem hřídele oběžného kola. Jeho specifický tvar rovněž napomáhá odtoku vody od oběžného kola, a vytváří tedy i předpoklad pro zlepšení celkové účinnosti zařízení.

Průzory umístěné na turbínové skříně umožňují vizuální kontrolu a monitorování procesu během testování, současně slouží pro kontrolu stavu vnitřních částí turbínové skříně, usnadňují montáž, údržbu a opravy skříně během provozu – velikost otvoru byla přizpůsobena montážním podmínkám a velikosti montovaných dílů.

Vzhledem k velké agresivitě důlních vod je turbínová skříně navržena z odolného materiálu, čímž se předpokládá dlouhá životnost a spolehlivost zařízení. Spoluprací a konzultacemi s předními světovými odborníky na vývoj generátoru bylo vybráno technologické řešení se speciálními povrchovými úpravami, které jsou využívány u generátoru v přímořských oblastech. Odolnost generátoru je zajištěna implementovaným

aktivním výměníkem s vodním chladičem z ne-rezavějící oceli, generátor je také doplněn o aktivní vysoušeč, který, zejména u zařízení s nepravidelným pracovním režimem, zajišťuje likvidaci přebytečné vlhkosti, která by pak kondenzovala a snižovala jeho životnost.

SYSTÉM ŘÍZENÍ ELEKTRÁRNY

Byl zpracován komplexní projekt nadřazeného řídicího systému přečerpávací elektrárny, v plném rozsahu realizován řešitelským týmem, jak části řídicí automatiky, tak silové části a umístěn do rozvodných skříní instalovaných v důlní chodbě, v blízkosti turbínového stroje.

Řídicí systém přečerpávací elektrárny je tedy rozdělen do dvou samostatných částí - silová část a řídicí část automatiky. Silová část systému obsahuje hlavní jističí prvek systému, spínací prvek generátoru, napájecí obvody a spínací a ochranné prvky jednotlivých technologií elektrárny a měřicí a ochranné prvky generátoru.

Řídicí část automatiky obsahuje PLC systém a HMI ovládací panel. PLC systém řídí, na základě interního software, spuštění, provoz a odstavení (technologické i havarijní) celého soustrojí. Dále ovládá ostatní pomocné prvky systému a ukládá historii provozu v interní paměti systému. HMI ovládací panel je rozhraním mezi obsluhou soustrojí a PLC systémem. Řídicí software disponuje dvěma režimy obsluhy. Automatický režim, pro bezobslužný provoz soustrojí a ruční režim, sloužící k diagnostice systému a údržbě.

Princip řídicího systému je obdobný jako u všech konkurenčních zařízení, je však vybaven řadou snímačů, které jsou zde nezbytné s ohledem na specifické umístění elektrárny. Zejména se jedná o snímače metanu, zatopení důlní chodby a senzory seismických otřesů. Celý systém přečerpávací elektrárny je osazen snímači zajišťujícími jak bezpečnost systému jako celku, tak jeho jednotlivých částí.

(red)

Důlní přečerpávací elektrárny by mohly vyrábět až 100 MW elektrické energie

O doplňující informace jsme požádali Ing. Pavla Bartoše, předsedu představenstva FITE a.s.



Pavel Bartoš vedle zařízení přečerpávací elektrárny

Kolik šachet v ostravsko-karvinském revíru by se teoreticky mohlo stát přečerpávacími elektrárnami a s jakým celkovým výkonem?

V zásadě v OKD je možno využít všechny doly a jámy po ukončení těžebních činností, jelikož tyto budou mít dostatečně veliký prostor důlních děl, která po čase budou zatopeny důlní vodou. Kromě těchto děl bude možné využít jámy uranového dolu v Dolní Rožince. Problém je využít jámy Dolu Frenštát, kde zatím není dostatečný objem důlních děl, které by mohly být zatopeny důlní vodou a tak tvořit spodní retenční nádrž.

Instalovaný výkon jednoho soustrojí je limitován zejména rozměry nedemontovatelných částí generátorů, které jsme schopni dopravit stávajícími těžebními zařízeními v existujících svislých jámách. Podle našich zjištění se jedná o výkon asi 1 až 1,5 MW. Celkový instalovaný výkon se dá předpokládat ve výši 75 až 100 MW. Autoři však připravují řešení na zdvojnásobení tohoto instalovaného výkonu.

Je elektrárna schopna startu ze tmy?

Koncepce pilotní elektrárny je tvořena tak, aby byl možný její start ze tmy. Musela by však

být doplněna o nouzové akumulátory s příslušenstvím pro pohon a ovládání některých pomocných zařízení, zejména pak hydraulického agregátu pro pohon dýzy a kulového ventilu a pro napájení pomocných elektrických obvodů. Pilotní projekt nepředpokládal použití zdroje pro start ze tmy, ale v praxi se dá předpokládat, že by tyto zdroje mohly sloužit k rozběhu větších zdrojů v okolí.

Jak dlouho budete nyní zařízení zkoušet a kdy kdy by se mohlo s výrobou a instalací již komerčních elektráren?

Rozsah dalších zkoušek je plánován přibližně do konce roku 2016. Snahou autorů je ale ve výzkumu pokračovat s cílem výrazného navýšení možného instalovaného výkonu jednoho soustrojí. Další snahou je pilotní zařízení využívat při výuce studentů na vysoké škole. Komerční využití je dáno především dalším vývojem v těžebních společnostech s dobou, kdy bude ukončena těžební činnost.

Jak toto zařízení vychází ekonomicky?

Zařízení vybudované na Dole Jeremenko bylo budováno jako pilotní, kde se mělo prokázat, zda je vůbec možné v hlubinném dole instalovat a provozovat přečerpávací elektrárnu. Toto pilotní zařízení není určeno ke komerčnímu využití, a tudíž není ekonomicky přínosné. Úspěšná realizace pilotního projektu důlní vodní přečerpávací elektrárny vytváří předpoklad pro dlouhodobé využívání hlubinných dolů po ukončení těžební činnosti. Doposud známé

možnosti využívání hlubinných dolů:

- důlní vodní přečerpávací elektrárna,
- energetické využívání tepla důlních vod, zejména prostřednictvím tepelných čerpadel,
- využívání teplých důlních slaných vod pro volnočasové aktivity,
- balneologické a léčebné účely,
- v praxi bylo ověřeno, že důlní vody je možno odsolit a vyčistit tak, aby tyto mohly být využívány jako vody pitné,
- degazace důlního metanu a jeho využití v kogenerační jednotce vyrábějící elektrickou a tepelnou energii.

Popisovaný komplexní systém využívání hlubinných dolů s ukončenou těžební činností vytváří i předpoklady pro tzv. „aktivní konzervaci hlubinných dolů“, když by ekonomické výnosy z alternativních činností výrazným způsobem snížily, ne-li zcela eliminovaly, ne-li zcela eliminovaly náklady na konzervaci základních částí dolů, to je především náklady na větrání, čerpání vod a provoz a údržbu těžebních zařízení.

Těžební činnost v hlubinných dolech, je v drtivé většině případů ukončována nikoliv z titulu vytěžení všech zásob, ale z důvodů ekonomických, kdy náklady na těžbu převyšují výnosy z prodeje uhlí. V dlouhodobém časovém horizontu se dá ale očekávat, že cena uhlí se z různých příčin zvýší a těžba se stane opět efektivní. Takto dlouhodobě zakonzervované části dolů bude možno znovu aktivovat k těžebním účelům.

Podmínkou komplexního využívání důlních jam je možnost uplatnit jednotlivé aktivity nebo alespoň většinu z nich v daném prostoru. Z tohoto důvodu je nutné již v současné době připravovat budoucí využití důlních jam.

Nebylo by z tohoto pohledu efektivnější raději využít doly resp. vodu k „napájení“ tepelných čerpadel?

Tato možnost byla řešena před několika lety a byl realizován pilotní projekt vytápění jedné provozní budovy v povrchovém areálu Dolu Jeremenko. Pilotní projekt se osvědčil, bylo nahrazeno vytápění zemním plynem a zařízení bezproblémově funguje dodnes.

Podle mnohých je tento projekt dobrou ukázkou toho, že spojení akademických institucí s praxí může přinášet zajímavě a hlavně efektivní výsledky. V čem byla spolupráce jiná (lepší) než u jiných projektů, kdy se spojuje akademická obec a praxe?

Jedním z velmi pozitivních výstupů projektu je příkladná spolupráce komerční firmy s dokonalou znalostí důlního prostředí, malé inovativní firmy, výzkumného ústavu a vysoké školy. Základem této spolupráce bylo společné přesvědčení, že cíle projektu jsou splnitelné, ale musí dojít k týmové spolupráci zkušených pracovníků ve spojení s mladými velmi kreativními lidmi. Praxe ukázala cestu do budoucna.

(čes)



Speciální technologie



- technologické celky - komplexní dodávky
- potrubní systémy - laminát, ocel, nerez, plasty
- technologické konstrukce - potrubní uložení, plošiny, konstrukce
- návrh a výpočty potrubních systémů

sídlo společnosti: Speciální technologie, s.r.o., U Staré elektrárny 1881/4, 710 00 Ostrava - Slezská Ostrava, telefon: +420 556 205 557, fax: +420 595 536 311
provozovna: Speciální technologie, s.r.o., Průmyslová 1415/5, 735 35 Horní Suchá

www.spectech.cz