

## Pyrolýzní testy hnědých uhlí těžených v regionu severozápadních Čech

Jaroslav Kusý, Ing. Lukáš Anděl, RNDr. Ing. Josef Valeš, Ing. Marcela Šafářová, Ph.D.

Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most, kusy@vuuh.cz

Přijato: 28. 4. 2011, recenzováno: 15. 5. a 16. 5. 2011

### Abstrakt

V rámci řešení grantového projektu GA 105/09/1554 „Konverze českých hnědých uhlí s látkami bohatými na vodík jako postup získávání kapalných a plyných uhlovodíků“ bylo provedeno několik pyrolýzních testů se vzorky hnědých uhlí ze všech činných těžebních lokalit v rámci severočeské hnědouhelné pánve. Cílem práce bylo vytipovat hnědé uhlí, vhodné svými parametry k testům kopyrolýzy s dalšími vhodnými komponenty, které budou realizovány v další etapě projektu. Tato práce je zaměřena na průběh pyrolýzních testů a na porovnání výtěžků jednotlivých produktů pyrolýzy – dehtu, polokoksu, vody a plynu. Celkem bylo zpracováno 6 vzorků hnědých uhlí z různých lokalit v severočeské hnědouhelné pánvi. Vzorky byly upraveny do analytického stavu pro následné rozborů vstupních parametrů a též zrnitostně upraveny pro pyrolýzní testy na zrnitost 1 až 5 mm. Veškeré pyrolýzní testy byly prováděny za stejných podmínek, tj. do teploty 650 °C. V průběhu testů byly odebrány vzorky pyrolýzních plynů, které byly analyzovány metodou plynové chromatografie. Byla též provedena hmotnostní bilance jednotlivých produktů pyrolýzy, tj. vzniklého polokoksu, dehtu, vody a plynu. V práci jsou uvedeny průměrné výsledky bilanci jednotlivých testů a jsou vzájemně porovnány. Vzniklý produkt – dehet, byl odebrán pro následné testy v hydrogenačním reaktoru, což je náplní dalších etap projektu. Porovnáním výsledků rozborů pyrolýzních plynů a celkového obsahu dehtu bylo vytipováno nejvhodnější hnědé uhlí pro kopyrolýzu s dalšími vhodnými materiály s vysokým obsahem organických látek.

### Pyrolysis experiments of brown coal produced in the region of North-western Bohemia

Brown coal was sampled at each operating coal mine in the North Bohemian Brown Coal Basin in order to run several pyrolysis experiments. The experiments were made within the research project No. GA 105/09/1554 “The conversion of Czech brown coal with hydrogen rich materials like the method for production of gaseous and liquid hydrocarbons”. The main objective of the work was to determine those brown coal parameters that would be convenient for co-pyrolysis with other possible substances. The main focus was put on the process of pyrolysis and on the comparison of particular pyrolysis product yields – tar, semicoke, water, and gas. The experiments included six coal samples from different coal mines within the North Bohemian Brown Coal Basin. Before the pyrolysis experiments, the samples were analyzed to specify input parameters and then, they were homogenized to size 1 to 5 mm. The pyrolysis experiments were run under the same conditions, i.e. below 650 °C. During the experiments, pyrolysis gas was sampled and analyzed by the method of gas chromatography. Weight balance of particular pyrolysis products was also worked out. The paper includes average results of weight balance for each test and the tests are compared to each other. The produced tar will be used for further experiments in hydrogenation reactor which will be performed in further phases of the project. Based on the pyrolysis gas analysis and the total tar content, we determined which brown coal would be convenient for co-pyrolysis with other suitable materials with high content of organic matter.

### Pyrolysetests der in der Region Nordwestböhmen gewonnenen Braunkohlen

Im Rahmen der Lösung des Zuschussprojektes GA 105/09/1554 „Konversion der tschechischen Braunkohlen mit wasserstoffreichen Stoffen als ein Verfahren für die Gewinnung von flüssigen und gasförmigen Kohlenwasserstoffen“ wurden mehrere Pyrolysetests mit den Braunkohlenproben aus allen aktiven Gewinnungsstandorten des nordböhmisches Braunkohlenbeckens durchgeführt. Ziel der Arbeit war es, die Braunkohle auszutippen, die mit ihren Parametern zu den Tests der Ko-Pyrolyse mit weiteren entsprechenden Komponenten geeignet ist, die in der weiteren Projektetappe umgesetzt werden. Diese Arbeit ist orientiert auf den Verlauf der Pyrolysetests und auf den Vergleich der Erträge von einzelnen Pyrolyseprodukten – des Teers, Halbkokeses, Wassers und Gases. Insgesamt wurden 6 Braunkohlenproben aus verschiedenen Standorten des nordböhmisches Braunkohlenbeckens aufgearbeitet. Die Proben wurden in analytischen Zustand für anschließende Analysen der Eingangsparameter aufbereitet, sowie ihre Körnigkeit für Pyrolysetests zu einer Korngröße 1 bis 5 mm vorbereitet. Sämtliche Pyrolysetests wurden unter identischen Bedingungen, d.h. bis zur Temperatur von 650 °C durchgeführt. Im Verlauf der Tests wurden Proben von Pyrolysegasen abgenommen, die durch die Methode Gaschromatographie analysiert wurden. Auch Gewichtsbilanz von einzelnen Pyrolyseprodukten, d.h. des entstandenen Halbkokeses, des Teers, des Wassers und des Gases wurde vorgenommen. In der Arbeit sind durchschnittliche Bilanzergebnisse angeführt und einander verglichen. Der entstandene Produkt – der Teer, wurde für anschließende Tests im Hydrierungsreaktor entnommen, was der Inhalt der weiteren Projektetappen ist. Durch den Vergleich der Analysen von Pyrolysegasen und des Gesamtteergehaltes wurde die geeignetste Braunkohle für Ko-Pyrolyse mit weiteren geeigneten Materialien mit hohem Anteil an organischen Stoffen ausgetippt.

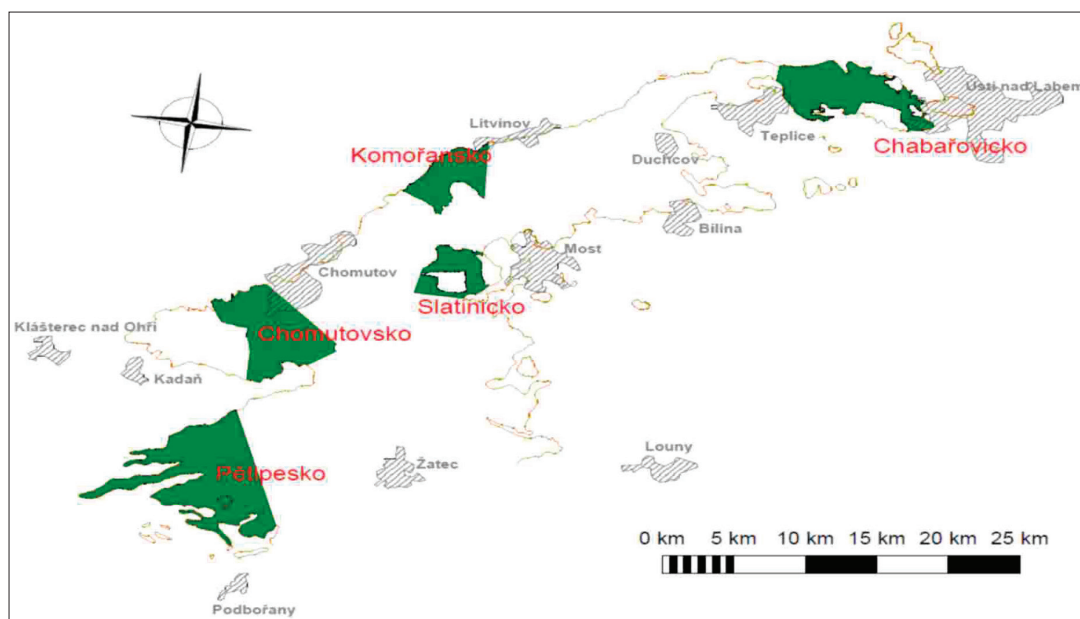
**Klíčová slova:** dehet, pyrolýza, hnědé uhlí.

**Keywords:** tar, pyrolysis, brown coal.

### 1 Úvod

Pyrolýzou pevných uhlíkatých materiálů bez přístupu vzduchu za teplot v rozmezí 600 až 900 °C vznikají různé pyrolýzní

produkty [1]. Nejvýznamnějším je polokoks, který může po aktivaci sloužit díky rozvinutému systému pórů jako adsorbent nebo jako palivo. Tento adsorbent má široké využití při ochraně životního prostředí pro čištění odpadních vod, separa-



Obr. 1: Severočeská hnědohorná pánev (SHP) s vyznačením oblastí odběru vzorků uhlí.

ci permanentních plynů, případně záchyt oxidu uhličitého [2,3,4,5]. Nejdůležitější vlastností polokoksu je objem a velikost pórů a specifický povrch [6]. Dalšími produkty pyrolýzy jsou plyn a kapalně produkty, které se skládají z pyrogenické vody a hnědohorného dehtu [7]. Hnědohorný dehet může sloužit jako výchozí materiál (surovina) pro výrobu velké části produktů, jež jsou v současné době vyráběny z ropy [10].

Jednou z možností, jak ovlivnit výtěžky pyrolýz, je kvalitativní změna složení pyrolyzované směsi. Změna složení směsi může ovlivnit vlastnosti polokoksu, ale především může

ovlivnit výtěžky jednotlivých produktů pyrolýzy – plynu a kapalně organické fáze. Pyrolýzní směs může být změněna přidávkou materiálu, bohatého na organicky vázaný uhlík a vodík, a to buď z odpadů nebo různých druhů materiálu získaných z obnovitelných zdrojů, např. z výroby rostlinných olejů. K podrobným experimentům, týkajícím se kopyrolýzy hnědého uhlí s dalšími látkami bohatými na organicky vázaný uhlík a vodík, je třeba provést řadu pyrolýzních zkoušek s různými typy hnědých uhlí, těženými v České republice, ze kterých je třeba vybrat nejvhodnější typ pro další testování. Za tím účelem byla provedena série testů a analýz, charakterizujících vstupní



Obr. 2: Místo původu jednotlivých testovaných vzorků hnědých uhlí.

parametry hnědých uhlí, výsledky bilancí pyrolýzních testů a analýz materiálů vzniklých pyrolýzou.

## 2 Vstupní materiál – vsázkové hnědé uhlí

V rámci testování byly studovány a posuzovány různé druhy hnědého uhlí, které jsou těžené a dostupné v České republice a pocházejí ze severočeské a sokolovské hnědouhelné pánve (potenciální surovinové základny).

### 2.1 Stručná charakteristika severočeské hnědouhelné pánve

Severočeská hnědouhelná pánev (SHP) leží v severozápadních Čechách mezi Pruněřovem u Kadaně a Úžinem u Ústí nad Labem. Sedimentární výplň má rozlohu asi 1 400 km<sup>2</sup>. Na jihozápadě, částečně i na severovýchodě a jihovýchodě, je omezena vulkanity a dalšími produkty sopečných explozí Doupovských hor a České středohoří. Na severozápadě ji ohraničují metamorfované (přeměněné) a vyvřelé horniny Krušných hor.

SHP je asymetrickým stupňovitým tektonickým příkopem jz.-sv. směru s terciérní sedimentární výplní horizontálního až subhorizontálního uložení (typický vývoj sloje). Podélná osa pánve vykazuje pokles ve směru jz.-sv. Nejhlubšího uložení dosahuje v oblasti Osek, Hrdlovka (oblast nejvyššího prouhelnění) [11]. Nejvýraznější strukturou je tzv. „Krušnohorský zlom“, tj. soubor směrných paralelních zlomových struktur o malé výšce skoků s celkovou šířkou až několik set metrů. Zde dochází k ohybu uhelné sloje a jejímu vyvlečení až přetržení na horské úbočí vyvolanému pozdějším výzdvihem krystalinika

Tab. 1: Stanovení výtěžku dehtu, vody, plynu a koksového zbytku při nízkoteplotní destilaci.

| Označení vzorku | $T_{sK}^d$ (%) | $sK^d$ (%) | $W_{sK}^d$ (%) | $G_{sK}^d$ (%) |
|-----------------|----------------|------------|----------------|----------------|
| 1 Sokolov       | 22,02          | 60,55      | 9,8            | 7,63           |
| 2 DNT           | 8,53           | 69,27      | 10,1           | 12,10          |
| 3 Vršany        | 13,44          | 66,2       | 9,39           | 10,97          |
| 4 ČSA           | 25,39          | 57,31      | 8,43           | 8,87           |
| 5 Kohinoor      | 13,58          | 61,95      | 10,42          | 14,05          |
| 6 SD-DB         | 21,96          | 57,72      | 8,75           | 11,57          |

(okrajové, příbřežní pásmo). Střezovská a lahošťská hrást', včetně jezeřsko-ryzelské elevace, pánev rozdělují do několika oblastí s lokálně odlišným charakterem sedimentů - jsou to pětipesko-žatecká, chomutovská, mostecká a teplická část pánve.

Uhelná sloj je nejvýznamnějším korelačním horizontem komplexu pánevních sedimentů. V souladu se sedimentačními podmínkami a paleogeografickým vývojem oblasti v neogénu lze vymezit v uhelné sloji dvě oblasti:

1. oblast typického pánevního vývoje,
2. oblast okrajového (příbřežního) pásma.

ad 1) V oblasti typického vývoje dosahuje mocnost sloje 25-30 m a zřetelně má vyvinutý charakteristický třílávkový profil.

Tab. 2: Základní parametry testovaných vstupních uhlí.

| Parametr    |         | Vstupní uhlí - lokalita |       |          |       |            |         |
|-------------|---------|-------------------------|-------|----------|-------|------------|---------|
|             |         | 1 Sokolov               | 2 DNT | 3 Vršany | 4 ČSA | 5 Kohinoor | 6 SD-DB |
| $W^a$       | (%)     | 14,85                   | 6,67  | 18,00    | 5,98  | 6,67       | 5,31    |
| $A^d$       | (%)     | 5,06                    | 13,3  | 19,66    | 4,06  | 2,28       | 7,28    |
| $S_t^d$     | (%)     | 0,48                    | 2,63  | 1,23     | 0,75  | 1,02       | 1,10    |
| $S^{daf}$   | (%)     | 0,51                    | 3,03  | 1,53     | 0,78  | 1,04       | 1,18    |
| $C^d$       | (%)     | 70,62                   | 58,74 | 55,60    | 72,30 | 66,50      | 65,70   |
| $C^{daf}$   | (%)     | 74,38                   | 67,75 | 69,20    | 75,36 | 68,05      | 70,86   |
| $H^d$       | (%)     | 5,47                    | 4,82  | 5,27     | 5,65  | 4,61       | 5,78    |
| $H^{daf}$   | (%)     | 5,76                    | 5,56  | 6,56     | 5,89  | 4,72       | 6,23    |
| $N^d$       | (%)     | 2,45                    | 1,45  | 0,92     | 0,88  | 0,9        | 0,83    |
| $N^{daf}$   | (%)     | 2,58                    | 1,67  | 1,15     | 0,92  | 0,92       | 0,9     |
| $O^d$       | (%)     | 15,92                   | 19,07 | 17,32    | 16,36 | 24,69      | 19,31   |
| $O^{daf}$   | (%)     | 16,77                   | 21,99 | 21,56    | 17,05 | 25,27      | 20,83   |
| $V^d$       | (%)     | 52,92                   | 41,13 | 43,45    | 54,83 | 50,66      | 52,45   |
| $V^{daf}$   | (%)     | 55,74                   | 47,44 | 54,08    | 57,15 | 51,84      | 56,58   |
| $Q_s^d$     | [MJ/kg] | 30,02                   | 24,52 | 23,49    | 31,34 | 28,18      | 29,28   |
| $Q_s^{daf}$ | [MJ/kg] | 31,62                   | 28,29 | 29,23    | 32,67 | 28,84      | 31,59   |
| $Q_i^d$     | [MJ/kg] | 28,83                   | 23,47 | 22,33    | 30,11 | 27,17      | 28,03   |
| $Q_i^{daf}$ | [MJ/kg] | 30,36                   | 27,08 | 27,80    | 31,38 | 27,81      | 30,23   |

Na základě elementárních rozborů uhelné hmoty patří testované vzorky odebrané z různých oblastí SHP a Sokolova, podle kritérií prouhelnění  $C^{daf} = 67$  až  $75$  % hm.,  $V^{daf} = 50$  –  $58$  % hm. a  $Q_s^{daf} > 29,7$  MJ . kg<sup>-1</sup>, ke středně až vysoce prouhelným orto a meta typům hnědých uhlí [12]. Úroveň prouhelnění byla ovlivněna lokálně odlišným vývojem geologických podmínek v pánevních oblastech (tlak, teplota, odplynění, ztráta vody, hloubka uložení apod.) a jejich působením v čase.



Obr. 3: Laboratorní pyrolýzní zařízení s možností odběru plynných vzorků.

ad 2) V oblasti okrajového (příbřežního) pásma je mocnost uhelné sloje vždy menší než 25 m a podstatně se mění její litologický a faciální vývoj. Ztrácí se typický třílávkový vývoj, jednotlivé polohy uvnitř sloje prakticky nelze korelovat a směrem k okraji pánve dochází k postupné redukci mocnosti uhelné sloje způsobené intenzivnějším přibýváním klastické (jílavo-písčité) složky.

Stručná charakteristika poměrů SHP dokumentuje, že uhlotvorba sice probíhala v jedné pánevní struktuře, ale vznik pánevních sedimentů, včetně uhelných slojí v jednotlivých oblastech, podléhal působení lokálně odlišných geologických a paleogeografických podmínek, které ovlivnily kvalitativní parametry uhelné hmoty.

## 2.2 Odebrané vzorky a jejich kvalitativní charakteristiky

Vzorky o hmotnosti 100 kg byly odebrány jako běžně těžené uhlí z pásového dopravníku automatickým odběrovým zařízením, kromě uhlí z hlubinného dolu Kohinoor, které bylo získáno z archivu. Takto získané vzorky byly kvartovány na výstupní vzorek o hmotnosti 6 kg, který byl upraven drcením na zrno 1 až 5 mm. Jeden vzorek uhelné hmoty byl odebrán ze Sokolovské

uhelné, právní nástupce, a.s. (1 - Sokolov) a ostatní uhlí pochází z činných lokalit SHP, tj. ze Severočeských dolů a.s. - Doly Nástup Tušimice (2 - DNT), z Vršanské uhelné a.s. (3 - Vršany), z dolu Československé Armády (4 - ČSA), z Litvínovské uhelné a.s., z bývalého hlubinného dolu Kohinoor (5 - Kohinoor) a ze Severočeských dolů a.s. - Doly Bílina (6 - SD-DB). Lokalizace jednotlivých dolů je vyznačena na obr. č. 2. U vzorků uhlí byly testovány technologické parametry, popisující základní vlastnosti uhlí, jejichž hodnoty jsou uvedeny v tabulkách č. 1 a 2. V tab. č. 1 jsou uvedeny výsledky stanovení výtěžku dehtu, vody, plynu a koksového zbytku při nízkoteplotní destilaci, popsané v normě [8]. Tato zkouška je ve své podstatě pyrolýzní zkouškou za definovaných podmínek a slouží k odhadu výtěžků jednotlivých složek v následných laboratorních pyrolýzních experimentech.

## 2.3 Hodnocení pánevních oblastí podle výskytu obsahu dehtu

Hodnocení obsahu dehtu v uhlí je úzce spjato s jeho pyrolýzou. Obsah dehtu v uhlí není obvykle udávanou veličinou, která charakterizuje uhelnou hmotu. Dostupné údaje chemicko-technologických vlastností světových uhlí uvádějí vedle základních

Tab. 3: Hmotnostní bilance produktů pyrolýzy uhlí.

| Typ uhlí (lokalita) | 1 Sokolov | 2 DNT   | 3 Vršany | 4 ČSA   | 5 Kohinoor | 6 SD-DB |
|---------------------|-----------|---------|----------|---------|------------|---------|
| komponent           | (% hm.)   | (% hm.) | (% hm.)  | (% hm.) | (% hm.)    | (% hm.) |
| hnědé uhlí          | 100       | 100     | 100      | 100     | 100        | 100     |
| uhlík               | 38,46     | 60,2    | 52,29    | 50,64   | 53,85      | 44,98   |
| voda                | 35,01     | 16,65   | 25,48    | 12,65   | 17,94      | 26,29   |
| dehet               | 9,42      | 5,2     | 6,64     | 17,98   | 8,18       | 10,93   |
| plyn + ztráty       | 17,1      | 17,95   | 15,59    | 18,74   | 20,04      | 17,8    |

Tab. 4: Výsledky rozborů plyných produktů metodou GC-TCD.

| Označení komponent | 1 Sokolov (% obj.) | 2 DNT (% obj.) | 3 Vršany (% obj.) | 4 ČSA (% obj.) | 5 Kohinoor (% obj.) | 6 SD-DB (% obj.) |
|--------------------|--------------------|----------------|-------------------|----------------|---------------------|------------------|
| vodík              | 16,35              | 28,57          | 24,88             | 25,44          | 13,49               | 15,39            |
| kyslík             | 0,09               | <0,01          | <0,01             | 0,19           | 0,04                | <0,01            |
| dusík              | 1,74               | 0,94           | 1,03              | 1,37           | 0,79                | 1,23             |
| methan             | 28,80              | 28,59          | 29,30             | 35,50          | 33,39               | 35,39            |
| oxid uhelnatý      | 9,90               | 7,36           | 8,25              | 8,83           | 16,40               | 10,91            |
| oxid uhlíčitý      | 23,35              | 33,32          | 31,65             | 9,83           | 25,46               | 27,07            |
| uhlovodíky         | 19,77              | 1,22           | 4,88              | 18,84          | 10,43               | 10,00            |

charakteristik paliva (obsah popela, výhřevnost, obsah vody a obsah síry) ještě elementární složení hořlaviny a obsah prchavé hořlaviny, ale obsah dehtu udáván není. Obsah dehtotvorných látek v uhelné sloji je dán jejím vývojem a je závislý jednak na původní rostlinné hmotě, jednak na procesech probíhajících v biochemické fázi porašelinového stádia prouhelňování a následném průběhu geochemické fáze přeměny v uhelnou hmotu. Za primární dehtotvornou látku v uhlí je označován bitumen [13]. Jako bitumen je pak označována směs uhlovodíků rozpustných v benzenu, v širším významu pak látky rozpustné v pyridinu nebo tetralinu. Na základě vyhodnocení obsahu dehtů v uhlí v jednotlivých oblastech SHP [14] bylo prokázáno, že nejvyšší obsahy dehtů vykazuje oblast Komořanska (mostecko-teplická část pánve). Rozložení oblastí s odlišným obsahem dehtu v uhlí se částečně shoduje s rozčleněním oblasti podle vývoje uhelné sloje (typický pánevní a příbřežní vývoj). V distribuci dehtů ve sloji na Komořansku je na rozdíl od ostatních lokalit patrný trend, kdy severovýchodním směrem od stávající porubní fronty průměrný obsah dehtu ve sloji klesá, avšak i na okraji zájmového území ještě přesahuje průměrný obsah 15 % hm.

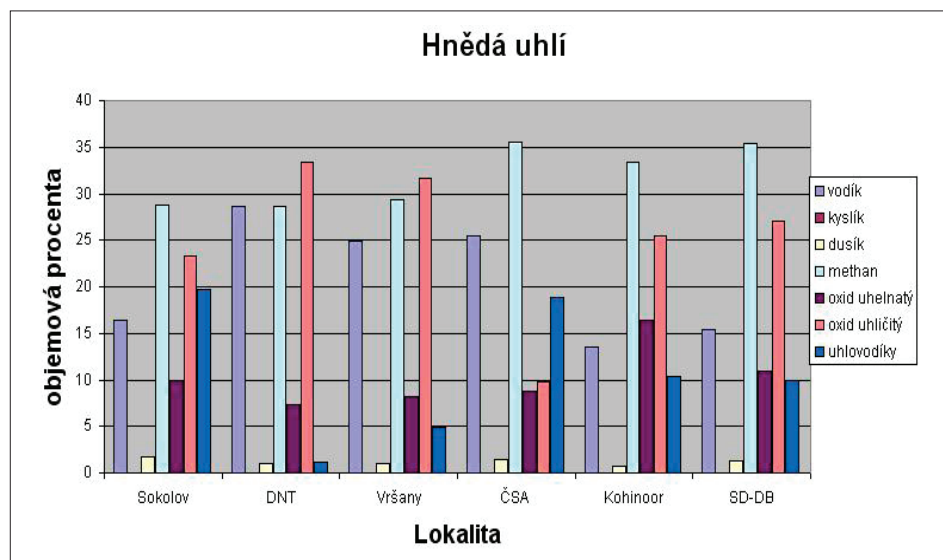
### 3 Pyrolýzní zkoušky

Pyrolýzní zkouška byla provedena v laboratorním pyrolýzním zařízení [7] s objemem retorty 2 500 ml. Všechny vzorky v původním stavu byly zrnitostně upraveny drcením a tříděním

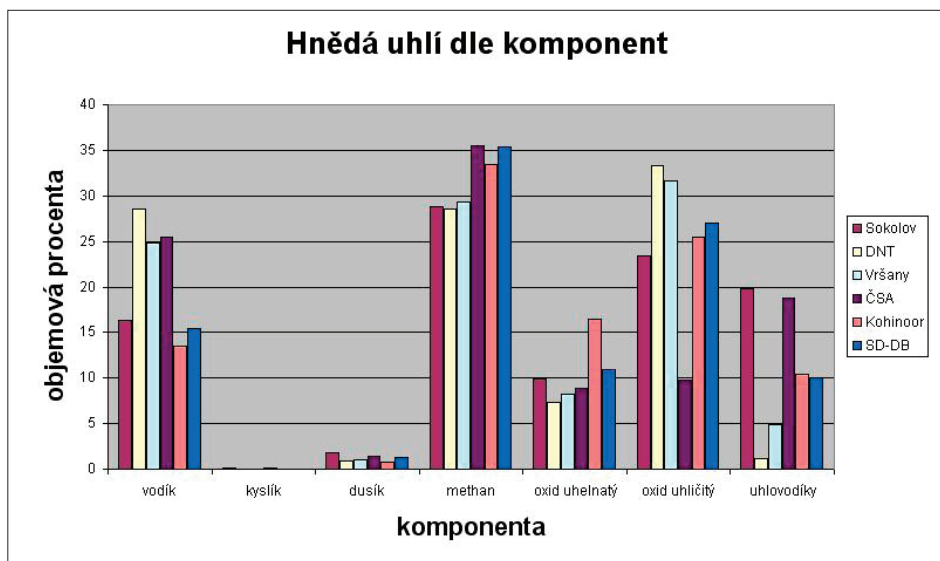
na velikost zrn do 5 mm, každý vzorek byl připraven vždy o hmotnosti 1 000 g. Vzorky byly pyrolýzovány v laboratorní pyrolýzní jednotce, zobrazené na obr. č. 3. Pyrolýzní testování probíhalo za shodných procesních podmínek: počáteční teplota 25 °C, nárůst teploty 6 °C · min<sup>-1</sup> až do konečné teploty 650 °C, kde byla teplota udržována po dobu 60 minut. Poté byl vzorek samovolně zchlazen na laboratorní teplotu 25 °C. V průběhu pyrolýzy byl prováděn odběr plyných produktů po dosažení vnitřní teploty retorty 510 – 520 °C. Plyné produkty byly poté analyzovány metodou plynové chromatografie s tepelněvodivostním detektorem. V průběhu experimentů byly sledovány jednotlivé výtěžky pyrolýzních produktů, tj. plynu, organické kapalně fáze, pyrolýzní vody a polokoksu. Všechny výsledky jsou uvedeny v kapitole 3.1 této práce.

#### 3.1 Bilance pyrolýzních zkoušek

V tab. č. 3 jsou uvedeny hmotnostní bilance provedených pyrolýzních testů pro jednotlivé druhy a typy uhlí v hmotnostních procentech. Bilance produktů jsou vztaženy na původní množství použitého typu hnědého uhlí. Poslední položkou tabulky je plyn + ztráty, které jsou vypočteny jako rozdíl součtu ostatních komponent od 100 %. Tato položka je z větší části tvořena plynem, ztráty jsou způsobeny ulpěním vzniklého dehtu na stěnách aparatury a vlivem manipulace se vzorkem. Výsledky jsou průměrné hodnoty dosažené z několika (3-5) testů stejného druhu uhlí.



Graf 1: Výsledky rozborů plyných produktů dle typu hnědého uhlí.



Graf 2: Výsledky rozborů plyných produktů dle sledované komponenty.

### 3.2 Výsledky rozborů plyných složek

V tab. č. 4 jsou uvedeny výsledky rozborů plyných produktů pyrolýzy ze všech laboratorních pyrolýzních zkoušek. Všechny vzorky byly odebrány za stejných podmínek, tj. po dosažení teploty pyrolýzy 510 - 520 °C. Odběr byl proveden do antidifuzečního vaku [9]. Vzorky byly poté analyzovány na plynovém chromatografu GC 82 TT Labio Praha s dvojitým tepelněvodivostním detektorem (TCD) vybaveným pozlacenými wolframovými vlákny. K analýzám byly použity dvě kolony:

- A) – náplňová kolona s molekulovým sítem 5A pro stanovení vodíku, kyslíku, dusíku, methanu a oxidu uhelnatého,
- B) – náplňová kolona s Porapakem Q pro stanovení oxidu uhličitého a uhlovodíků.

Vyhodnocení chromatogramů bylo prováděno pomocí vyhodnocovací jednotky PC s vyhodnocovacím programem Chromeleon na kalibrační směs MIX GSP B.TTE 5.086 SIAD. Všechny výsledky jsou uvedeny v objemových procentech a jsou průměrnou hodnotou ze 3-5 zkoušek. Uhlovodíky jsou uvedeny jako suma. V grafu č. 1 jsou uvedeny tyto výsledky v grafické formě podle lokality a v grafu č. 2 pak rozděleny dle sledovaných komponent.

### 4 Závěr

V rámci řešení výzkumného projektu GA 105/09/1554 bylo provedeno celkem 21 pyrolýzních zkoušek za definovaných podmínek. V rámci těchto zkoušek byly sledovány výtěžky jednotlivých produktů pyrolýzy a též byly analyzovány plyné produkty pyrolýzy. Hlavním účelem této práce bylo popsat chování jednotlivých druhů hnědého uhlí při pyrolýze a vybrat nejvhodnější druh uhlí pro další zkoušky kopyrolýzy s dalšími perspektivními materiály biologického či antropogenního původu.

Pro další využití jsou zajímavé hodnoty výtěžků jednotlivých komponent, ze kterých vyplývá, že uhlí z dolu ČSA obsahuje nejvyšší procento organické kapalné fáze - kolem 18 hm. %. Další typy uhlí obsahují pod 10 hm. % kapalné organické fáze a jsou tudíž pro další zpracování méně zajímavá. Obsah plyných

složek (včetně započtených ztrát) se u všech typů uhlí pohybuje od cca 15 do cca 20 hm. %.

Z rozborů plyných komponent jsou pro další zpracování nejdůležitější obsahy uhlovodíků, vodíku a methanu. Co do obsahu těchto složek je opět pro další pokračování výzkumného projektu nejzajímavější uhlí z dolu ČSA, které obsahuje více než 25 obj. % vodíku, více než 35 obj. % methanu a téměř 20 obj. % dalších uhlovodíků.

Z tab. č. 4 je patrné, že je velký rozdíl obsahů oxidu uhličitého a uhlovodíků mezi jednotlivými lokalitami. Největší podíl uhlovodíků vykazuje uhlí z lokalit ČSA a Sokolov (cca 19 obj. %), nejnižší pak uhlí z lokalit DNT a Vršany (cca 1 až 5 obj. %). Naproti tomu nejnižší podíl oxidu uhličitého vykazuje uhlí z ČSA (cca 10 obj. %), výsledky z ostatních lokalit se pohybovaly mezi 23 až 35 obj. %. Z těchto výsledků vyplývá, že organická hmota obsažená v některých typech hnědých uhlí je za daných experimentálních podmínek náchylnější k oxidaci.

Za daných procesních podmínek experimentálních testů nebyla prokázána vzájemná závislost složení pyrolýzních plynů na očekávaném katalytickém účinku primárních popelovin obsažených v uhelné hmotě (obsahu a kvalitě).

Složení pyrolýzních plynů s ohledem na obsahy vodíku, oxidu uhelnatého a uhlovodíků je dávana do souvislosti s obsahem a složením organické složky obsažené v uhelné hmotě, tj. dehtem.

### Poděkování

Výzkumná práce byla provedena za podpory Grantové agentury České republiky v rámci řešení grantového projektu GA 105/09/1554 „Konverze českých hnědých uhlí s látkami bohatými na vodík jako postup získávání kapalných a plyných uhlovodíků“.

## Použité symboly a zkratky

|            |                                        |
|------------|----------------------------------------|
| $W^a$      | obsah analytické vody                  |
| $A^d$      | obsah popela v sušině                  |
| $S_t^d$    | celkový obsah síry v sušině            |
| $C^d$      | obsah uhlíku v sušině                  |
| $H^d$      | obsah vodíku v sušině                  |
| $N^d$      | obsah dusíku v sušině                  |
| $Q^d$      | obsah prchavé hořlaviny v sušině       |
| $Q_s^d$    | spalné teplo v sušině                  |
| $Q_r^s$    | spalné teplo v původním materiálu      |
| $Q_i^d$    | výhřevnost v sušině                    |
| $Q_i^r$    | výhřevnost v původním materiálu        |
| $T_{sK}^d$ | množství dehtu v sušině                |
| $G_{sK}^d$ | množství plynu v sušině                |
| $d_{sK}$   | množství vody v sušině                 |
| $d_{sK}$   | množství polokoku v sušině             |
| $sK$       | výsledky přepočtené na obsah hořlaviny |

## Literatura

- [1] ANDĚL L., KUSÝ J., VALEŠ J., ŠAFÁŘOVÁ M.: *Pyrolysis process of waste polyethyleneterephthalate*, Chemical Product and Process Modelling, Vol. 4, Iss. 1, Article 18, Berkeley Electronic Press, 2009.
- [2] CIAHOTNÝ K.: *Možnosti odstraňování CO<sub>2</sub> ze spalín fosilních paliv a jeho bezpečné ukládání*, Aprochem 2009, Milovy – Sněžné n. M.
- [3] VRBOVÁ V., CIAHOTNÝ K., PROCHÁZKOVÁ A.: *Adsorption of CO<sub>2</sub> the special adsorbents*, 2<sup>nd</sup> CO<sub>2</sub> NET EAST Workshop, CO<sub>2</sub> Capture and Storage – Response to Climate Change, 3. – 4. March 2009, Bratislava, 2009.
- [4] VRBOVÁ V., CIAHOTNÝ K., PROCHÁZKOVÁ A.: *Odstraňování CO<sub>2</sub> z bioplynu na speciálních sorbentech*, Mezinárodní konference Bioplyn 2009, České Budějovice, 8. – 9. dubna 2009.
- [5] VRBOVÁ V.: *Carbon dioxide removal from biogas*, International Conference of students and young researchers, 22. – 24. April 2009, St. Petersburg, Russia, 2009.
- [6] VALEŠ J., KUSÝ J., ANDĚL L., ŠAFÁŘOVÁ M.: *Možnosti adsorbce na aktivním uhlíku vyrobeném z hnědého uhlí*, příloha Zpravodaje Hnědé uhlí 4/2009, s. 21-26, ISSN 1213-1660.
- [7] ŠAFÁŘOVÁ M., KUSÝ J., ANDĚL L.: *Pyrolysis of brown coal under different process condition*, Fuel 84 (2005), p. 2280-2285, Elsevier Ltd., 2005.
- [8] ČSN ISO 647 (441371) *Hnědá uhlí a lignity. Stanovení výtěžku dehtu, vody, plynu a koksového zbytku při nízkoteplotní destilaci*, ČSNI, 1995 (3.1.1995).
- [9] KUSÝ J., BREJCHA J., HAUTKE P.: *Antidifuzní vak pro odběr a uchování plynů a vzdušnin*, Autorské osvědčení č. 245959, Úřad průmyslového vlastnictví, Praha, 1988.
- [10] KOLEKTIV AUTORŮ: *Schémat výroby syntetických paliv a přidružených výrob*, Stalinovy závody, n.p., Záluží v Krušných horách, Praha 1959.
- [11] DOPITA M., HAVLENA V., PEŠEK J.: *Ložiska fosilních paliv*, SNTL, Alfa, Praha 1985.
- [12] HAVLENA V.: *Geologie uhelných ložisek I*, ČAV Praha 1963.
- [13] MACŮREK V., PELEŠKA O.: *Hodnocení vývoje obsahu dehtu v území rozvoje lomu ČSA*, Výzkumná zpráva VÚHU a.s., 12/2002.
- [14] MACŮREK V., VALEŠ J., KUSÝ J., ANDĚL L., ŠAFÁŘOVÁ M.: *Výskyt a rozložení dehtů v hnědém uhlí severočeské hnědouhelné pánve*, Zpravodaj Hnědé uhlí 2/2010, s. 15-23, ISSN 1213-1660.

## Přehled akcí 2011

| Datum             | Název akce                                                                                                     | Místo                               | Pořadatel/Kontakt                                                                                                                          |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 24. 7. 2011       | <b>Slavnostní otevření nových expozic muzea na šachtě Řimbaba</b>                                              | Nová Pec<br>Bohutín u Příbrami      | Spolek Řimbaba<br><a href="http://www.rimbaba.ic.cz">http://www.rimbaba.ic.cz</a>                                                          |
| 3. 9. 2011        | <b>Den horníků</b><br>- celodenní společenský a kulturní program                                               | Landek park<br>Ostrava - Petřkovice | Klub přátel Hornického muzea<br><a href="http://www.hornický-klub.info">http://www.hornický-klub.info</a><br>kphmo@seznam.cz               |
| 3. 9. 2011        | <b>Pietní akt k uctění památky zahynulých horníků</b>                                                          | Litvínov - důl Pluto                | Hornická společnost podkrušnohorské oblasti<br><a href="http://www.hspo.estranky.cz/">http://www.hspo.estranky.cz/</a>                     |
| 10. - 11. 9. 2011 | <b>Oslavanské historické slavnosti</b><br><b>Turistický den</b><br><b>"K pramenům těžby uhlí v Oslavanech"</b> | Oslavany                            | Vlastivědný spolek Rosicko-Oslavanska<br>Město Oslavany<br><a href="http://www.rosicko-oslavansko.cz">http://www.rosicko-oslavansko.cz</a> |
| 16. - 17. 9. 2011 | <b>15. setkání hornických měst a obcí ČR</b>                                                                   | Chodov                              | Město Chodov<br><a href="http://www.mestochodov.cz">http://www.mestochodov.cz</a>                                                          |