

MOŽNOSTI VČASNÉ DETEKCE SAMOVZNÍČENÍ UHLÍ NA UHELNÝCH DEPONÍCH

1. Úvod

Samovznícení uhelné hmoty je příčinou značných materiálních škod i ohrožení bezpečnosti pracovníků jak při samotném dobývání uhlí, tak při jeho transportu, úpravě a skladování. Z těchto důvodů byla a je věnována velká pozornost prevenci a včasnému zjišťování počátečního stádia samovznícení. Problematice včasné detekce samovznícení na uhelných skládkách se věnuje i projekt z programu ALFA č. TA01020351, o jehož průběhu řešení chtějí jeho řešitelé informovat širokou veřejnost formou tohoto článku.

Přes soustavnou snahu výzkumníků ze všech vyspělých zemí světa, dosud nebyla nalezena 100% spolehlivá metoda na včasnou indikaci samovzněcovacího procesu. Mezi nejrozšířenější metody včasné indikace a hodnocení stavu samovznícení, patří hodnocení složení ovzduší a sledování tzv. indikačních plynů samovznícení uhelné hmoty [1]. Je však nutné podotknout, že i po více jak sto letech bádání v oblasti indikačních plynů nebyl nalezen spolehlivý a univerzální indikátor teploty počátečního stádia samovznícení uhelné hmoty. Přesto byla v laboratorních podmínkách objevena řada prospěšných informací, a to jak k hodnotám vývinu množství indikačních plynů s rostoucí teplotou, tak především k posloupnosti jejich výskytu s rostoucí teplotou [1,2,3]. V praktických podmínkách je však hodnocení na základě laboratorních výsledků často zkreslováno specifickými vlivy (vliv zpětné desorpce plynů na uhelnou hmotu a horniny, ředění koncentrací vyvinutých plynů větrným proudem pod mez detekce, volbou místa odběru, přesnosti analýzy plynů aj.).

Druhou možností, jak rozvíjení samovzněcovacího procesu sledovat, je měření teploty [4,5]. Teploměrné metody jsou založeny na identifikaci míst ve sledované lokalitě (uhelná sloj, skládka apod.) s anomálně zvýšenou hladinou teploty vůči okolní hmotě, či rozpoznání míst, kde dochází k jinak nevysvětlitelnému nárůstu teploty v čase. Mezi hlavní výhody teploměrných metod patří lokalizace ohniska samovzněcovacího procesu a alespoň orientační představa o jeho velikosti a tvaru.

Výše citovaný projekt si klade za cíl využít obě zmíněné metody vztahující se k včasné detekci samovzněcovacího procesu a vytvořit komplexní metodu, umožňující včas lokalizovat ložiska v kritickém stádiu záparu. V rámci projektu budou rovněž sledovány a zohledňovány ostatní činitelé ovlivňující vznik a průběh samovzněcovacího procesu jako je např. vliv klimatických podmínek (teplota, vlhkost, tlak, vítr apod.), fyzikálně-mechanických vlastností (zrnitost, mezerovitost, objemová hmotnost apod.), petrologického složení uhelné hmoty, náchylnosti uhlí k oxidaci apod.

2. Představení projektu TA01020351

Vzhledem k poměrně širokému záběru řešené problematiky byl vytvořen řešitelský tým, který je tvořen odborníky z VÚHU a.s., VŠB-TU Ostrava a Ostravské univerzity a tvoří jej lidé, kteří mají dlouhodobé zkušenosti s problematikou procesu samovznícení uhelné hmoty, aplikacemi termovizních měření, uhelnou petrologií a upravenými metodami užitými geofyziky - vč. karotážních měření.

Postup řešení projektu byl rozdělen do čtyř na sebe navazujících etap, v období let 2011 až 2014. První etapa byla věnována rešerši poznatků o indikačních metodách samovznícení uhlí, způsobech hodnocení nebezpečí vzniku procesu samovznícení uhlí a problematice modelování procesu samovznícování uhlí na uhelných skládkách. Zkušenosti z této rešeršní činnosti vytvořily jakýsi teoretický základ pro druhou část první etapy řešení projektu, konkrétně pro návrh metodických postupů měření teplot a odběru vzorků vzdušin pro plynoměrné měření. Cílem první etapy bylo navrhnout a prakticky ověřit funkčnost a spolehlivost měřicí aparatury pro odhalování a následný monitoring samovznícovacího procesu. První etapa předmětného projektu byla ukončena ke konci roku 2011.

S druhou etapou bylo započato v průběhu roku 2012. V rámci této etapy probíhalo vlastní měření vnitřní a povrchové teploty uhelných skládek v průběhu roku (za různých klimatických podmínek) a byly prováděny odběry plynových vzorků. Během této etapy byly rovněž odebírány ze zkoumaných skládkových těles nebo uhelných pilířů vzorky uhlí, určených k laboratornímu ověření základních fyzikálně-mechanických vlastností a chemického (elementárního) složení uhelné hmoty. Vzorky uhlí dále sloužily k měření náchylnosti uhelné hmoty k oxidaci a ke stanovení charakteristických plynových obrazů indikačních plynů samovznícení metodou tepelné oxidace (TEPOX), což jsou data nezbytné pro plynometrické hodnocení samovznícovacího procesu.

Součástí třetí etapy (řešené od roku 2013) bylo vyhodnocení rozsáhlé databáze informací o vývoji stavových veličin a složení desorbovaných plynů získané z dlouhodobých měření prováděných u vybraných provozovatelů při těžbě a zpracování uhlí v předešlé etapě. V rámci této etapy byly porovnávány výsledky teplotních obrazů získaných z laboratorního pozorování s výsledky provozně odebraných plynových vzorků. Pozornost byla rovněž věnována vlivu atmosferických podmínek (insolace, aerace, srážkové dotace vody, změny barometrického tlaku atd.), vlivu degradace uhelné hmoty, fyzikálně chemických faktorů, a vlivu dalších poruchových faktorů na procesy samovznícení uhlí. V oblasti plynometrie byly vyhodnoceny plynové vzorky odebrané in-situ a laboratorní plynové obrazy indikačních plynů samovznícení získané metodou tepelné oxidace s cílem nalezení korelace odhadu teploty ohniska samovznícení.

Cílem závěrečné etapy projektu je vyhodnocení všech informací, poznatků, postřehů a pozorování a pokusit se vytvořit metodiku, případně software pro výpočet stupně rizika vzniku samovznícovacího procesu, odhadu teploty a posouzení dynamického stavu ohniska samovznícení. V rámci této etapy je možné rovněž využít všech naměřených údajů k zpětné analýze a modelování různých provozních situací pomocí speciálních softwarů umožňujících vytvoření 3D modelů. Na základě tohoto modelování pak provozovatelům navrhnout vhodný tvar výsypek a vytipovat nejvhodnější (kritická) místa pro monitoring samovznícovacího procesu.

3. Laboratorní měření v rámci projektu

V laboratorních podmínkách byly analyzovány vzorky uhlí odebrané přímo z míst vlastní těžby, případně ihned po nasypání na uhelnou skládku. Mimo základního analytického a chemického (elementárního) složení bylo uhlí dále testováno na náchylnost k samovznícení a ke stanovení charakteristických plynových obrazů metodou TEPOX.

3.1 Odběr vzorků a stanovení základních fyzikálních a chemických vlastností

V rámci projektu bylo pro laboratorní výzkum odebráno celkem 10 hnědouhelných vzorků z různých lokalit severočeské hnědouhelné pánve. Vzorky byly odebírány buďto přímo z uhelné sloje (zásekem) nebo pásového dopravníku, případně z čerstvě nasypaných deponií. Na všech odebraných vzorcích uhlí byl proveden základní analytický rozbor vzorků včetně elementární analýzy. U vzorků odebraných z deponií byl rovněž proveden granulometrický rozbor.

Tabulka 1 Seznam odebraných vzorků uhlí

Číslo vzorku	Lokalita	Dílo	Analytický rozbor hnědouhelného vzorku (%)			
			A ^d	S _t ^d	W _t ^r	V ^{daf}
1	Vršany	Lom Hrabák	26,22	1,13	26,54	-
2	Dolní Jiřetín	Důl Centrum	19,02	0,38	25,35	48,80
3	Albrechtice	Velkolom ČSA	13,42	1,62	26,52	53,40
4	Vršany	Lom Hrabák	29,78	0,93	24,46	55,96
5	Vintířov	Lom Jiří	5,56	0,36	39,35	52,64
6	Vršany	Lom Hrabák	47,59	0,63	25,49	-
7	Jenišův újezd	Lom Bílina	5,67	0,95	29,98	49,35
8	Vintířov	Lom Jiří	35,54	3,60	37,18	50,77
9	Vintířov	Lom Jiří	“-	“-	“-	“-
10	Vintířov	Lom Jiří	“-	“-	“-	“-

3.2 Tepelná oxidace uhlí - TEPOX

Tepelná oxidace uhlí (TEPOX) je metoda, kterou se standardně ověřují plynové obrazy indikačních plynů samovznícení uhlí v laboratoři. Pomocí metody TEPOX probíhá v laboratorních podmínkách simulace tepelného namáhání uhelného vzorku, při kterém jsou pravidelně odebírány vzorky plynů na chromatografickou analýzu. Pro tuto metodu je využíván vzduchový termostat ovládaný PC. Teplota aparatury a uhelného vzorku je kontrolována termočlánky. Oxidační médium (technický vzduch) o objemovém průtoku 20ml/min je přiváděn z tlakové nádoby na vstup aparatury za pomoci redukčního a regulačního ventilů. Vzduch je přiveden do reaktoru o objemu

200 ml, který je umístěn ve vyhřívací peci, kde dochází k tepelné oxidaci uhelného vzorku. Reaktor je postupně uměle vyhříván na teploty od 40 do 200 °C. Po každém zvýšení teploty o 20°C se na výstupu z reaktoru pomocí infraanalyzátorů stanovují koncentrace majoritních indikačních plynů (CO, CO₂, O₂, CH₄) a do skleněných vzorkovnic se odebírají vzorky desorbovaných plynů na chromatografickou analýzu, kde jsou stanovovány především nasycené a nenasycené uhlovodíky C₁-C₄ a vodík.

Dosažené dílčí výsledky byly publikovány v literatuře [7,8]. V době tvorby tohoto příspěvku byly výsledky plynových obrazů obdržené metodou TEPOX zpracovávány a vyhodnocovány s cílem zpracování katalogu vývinu charakteristických indikačních plynů samovznícování hnědých uhlí.

3.3. Náchylnost uhelné hmoty k samovznícení

Náchylnost uhelné hmoty k samovznícení byla ověřována dvěma metodami. Konkrétně se jednalo o metodu adiabatické oxidace (prováděné na pracovišti VŠB – TU Ostrava) a metodu pulzní kalorimetrie (prováděné na OU Ostrava). Obě pracoviště potvrdily, že hnědé uhlí ze severočeské hnědouhelné pánve je náchylné k samovznícení a v závislosti na stupni prouhelnění (obsahu uhlíku) je ho možné kategorizovat jako uhlí vysoce reaktivní (kat. I) nebo uhlí reaktivní (kat. II). Níže budou stručně uvedeny základní principy uvedených metod.

3.3.1. Adiabatická metoda

Princip metody adiabatické oxidace spočívá v umístění rozemletého uhelného vzorku do reaktoru, který je umístěn v olejové lázni (adiabatickém termostatu), jejíž teplota se udržuje na stejné hodnotě, jako je teplota uhelného vzorku. Přes uhelný vzorek je prosáván čistý kyslík (případně vzduch), čímž dochází k oxidaci uhelného vzorku a jeho následnému ohřevu. Díky neustálému vyrovnávání teploty lázně s teplotou uhelného vzorku (oxidace za adiabatických podmínek) dochází k nárůstu teploty uhlí. Rychlost samovolného ohřívání je ukazatelem míry náchylnosti uhlí k samovznícení. Ze závislosti teploty na čase se stanovuje průměrná rychlost nárůstu teploty (°C/hod⁻¹). Čím je tato rychlost vyšší, tím je vyšší náchylnost uhlí k samovznícení.

Výhodou adiabatické metody je, že je z ní možné vyčíst průběh samovznícování v čase a stanovit tzv. kritickou teplotu (hranici mezi počátečním a rozvinutým stadiem samovznícení) a inkubační dobu samovznícení. Provedené laboratorní testy náchylnosti hnědouhelných vzorků prokázaly převážně vysokou reaktivitu k samovznícení [9].

3.3.2. Metoda pulzní kalorimetrie (PPK)

Metoda PPK umožňuje přímé stanovení tepla uvolněného chemickou reakcí kyslíku s uhlím, tzv. *oxidačního tepla q₃₀*, jehož hodnota je i základním ukazatelem pro posouzení *samovznícovací predispozice* daného uhlí. Hodnoty oxidačního tepla **q₃₀** číselně odpovídají teplu chemické interakce uvolněné jedním gramem *čerstvého* uhlí během půlhodinového kontaktu s kyslíkem při teplotě 30°C a normálním tlaku (index 30 v označení **q₃₀** tak má dva významy – jednak vyjadřuje teplotu měření /°C/, jednak i dobu kontaktu uhlí s kyslíkem /min/). Rozměr oxidačního tepla **q₃₀** se obvykle uvádí v J/g uhlí (s vědomím, že dané teplo se uvolní za 30 minut), respektive ve W/kg uhlí [6].

4. Aparatura pro experimentální měření in-situ

Jak již bylo uvedeno výše, podstatná část projektu je zaměřena na měření teploty (termometrii) a odběr vzorků vzdušín (plynometrie) in situ. Aby bylo možné sloučit obě metody hodnocení samovzněcovacího procesu do jedné měřicí aparatury, musela být navržena speciální sonda, která umožňuje jak kontinuální sledování teploty v několika místech, tak odběr vzorků plynů z těchto míst. Níže budou stručně popsány jednotlivé části měřicí aparatury, které jsou v současné době používány pro měření in-situ a stručné poznatky z dosavadního vyhodnocení provozních deponií.

4.1. Měřicí a odběrová sonda pro měření vnitřní teploty

K účelu sledování podpovrchové teploty a odběru vzorku byla navržena ocelová sonda o průměru přibližně 50mm, délky cca 5m se speciálně krytými odběrovými místy, vybavenými hadičkami pro odběr plynových vzorků a osazenými termočlánky pro přesné měření teploty (viz obr. 2). Rozteč mezi jednotlivými měřicími místy je 1 m. Ke kontinuálnímu měření vnitřní teploty tj. ke zjišťování tepelného stavu skladovaných těles a jeho dynamických změn jsou použity moderní termočlánky, napojené na měřicí a vyhodnocovací ústřednu s bezdrátovým přenosem dat. Odběrová sonda je v místě vyústění konektorů termočlánků a odběrových hadiček opatřena chráničkou, která je opatřena speciálním hákem pro snadné zarážení (vytažení) odběrové sondy do (z) deponie pomocí nakladače (obr. 1). Systém umístění byl zpravidla v několika horizontech v šachovitém schéma rozmístění, tak aby byla pokryta co největší plocha sledované deponie. Povrchová teplota uhelné skládky bývala rovněž sledována termovizní kamerou.



Obrázek 1 – Instalace měřicí sondy

4.2. Aparatura pro odběr a analýzu plynů

Vzorky vzdušín pro plynoměrné vyhodnocení byly odebírány a analyzovány dvěma způsoby. Základní (majoritní) plyny (O_2 , CO_2 , CO , CH_4) byly ihned analyzovány přenosným analyzátozem Dräger X-AM 5600, který je vybaven vlastní odběrovou pumpou. V případě vysokých koncentrací CO_2 (nad 5%) byl používán přístroj Geotech G 110 (Obr. 2). Minoritní indikační plyny (především lehké nasycené a

nenасыčené uhlovodíky byly odebírány pomocí speciální odběrové pumpy SKC PCXR4 do telarových sáčků (vzorkovnic) o objemu 1 dm³ a převezeny na speciální analytické pracoviště k chromatografickému rozboru.



Obrázek 2 – Měření majoritních plynů analyzátorů Dräger X-AM 5600 a Geotech G110

4.3. Aparatura pro měření teploty a klimatických podmínek

Jak již bylo řečeno výše, pro měření teploty uvnitř hnědouhelné deponie byly použity speciální prototypy měřících sond s pěti termočlánky typu K v každé sondě. Povrchová teplota uhelné haldy je snímána cyklicky, v intencích vypracovaného plánu měření, nejmodernějšími bezkontaktními měřícími zařízeními. Pro měření vnější teploty je použita termovizní souprava Therma CAMTM PM 545 od firmy FLIR Systems, spolu s rozsáhlým programovým vybavením získaným jak od výrobce (Therma CAM Reporter 2000 Profesional), tak i vytvořeným ve VÚHU, a.s. Most a termokamera Fluke TiS. Pro orientační termovizní měření byla rovněž používána jednodušší termokamera Flir E4. Ukázka snímků pořízených termovizní kamerou na deponii hnědého uhlí s projevy samovznícovacího procesu, je uvedena na obr. 5.

Pro posouzení vlivu atmosférických podmínek (informace o délce slunečního osvětlení, aeraci, srážkách, barometrickém tlaku, teplotě) na procesy vedoucí k samovznícení hnědých uhlí, vlivu degradace uhelné hmoty pomocí změn hodnot fyzikálně chemických faktorů a zjišťování váhy (významnosti) dalších poruchových faktorů ovlivňujících procesy vedoucí k samočinnému záparu a samovznícení uhlí byla pořízena profesionální meteorologická stanice WMR 200 umožňující v dostatečné míře zajistit požadované informace.

5. Vyhodnocení naměřených dat in situ

V rámci projektu bylo sledováno celkem 6 hnědouhelných deponií, přičemž první 2 deponie sloužily k vývoji a ověřování konstrukce sondy a postupu měření. Na zbývajících 4 pak bylo prováděno systematické měření. Nejprve byly nasypány 2 deponie v areálu dolu Hrabák (deponie č. 3 a č. 4), nicméně provozovatelem bylo povoleno sledovat stav deponií pouze do 85°C. Z tohoto důvodu byla vyhledána

nová lokalita pro nasypání a sledování uhelné deponie - lom Jiří patřící do a.s. Sokolovská uhelná, kde bylo možné sledovat celý proces samovznícení až do finálního stadia – zahoření (vznícení uhelné hmoty viz obr. 3). Zde Byla absolvována dvě měření – Deponie č. 5 a č. 6.



Obrázek 3 – Monitoring deponie uhlí ve stádiu rozvinutého záparu uhelné hmoty

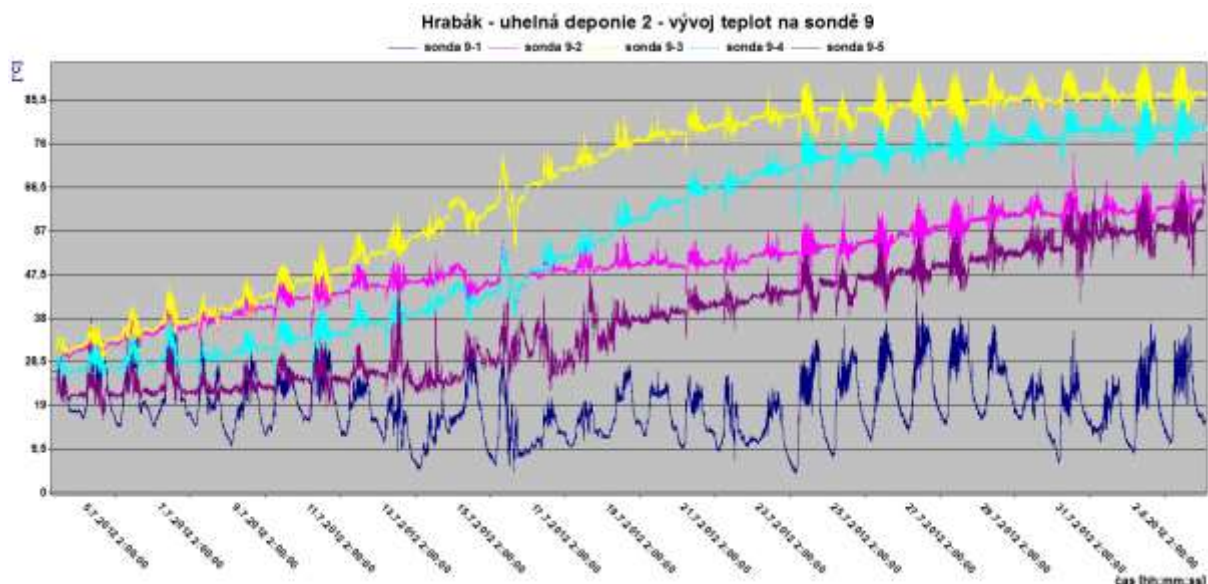
Výsledky posledního měření ještě nejsou dostatečně zpracovány, a proto v článku uvádíme především některé dílčí poznatky z plynoměrných měření Deponie č. 5.

5.1 Měření vnitřní teploty hnědouhelné deponie

Na obr. 4 je ukázka nefiltrovaného průběhu vnitřních teplot uhelné skládky na jedné ze sledovaných sond. Z průběhu je jasně vidět nárůst teplot v čase i kolísání teplot během dne a noci. Z grafu je také možné vyčíst důležitý poznatek, že nejvyšší teplota (ohniska samovznícení) se zpravidla vyskytuje v hloubkách okolo 2-3 m pod povrchem. Důvod je možné spatřovat v množství kyslíku, který jak ukázaly plynoměrné měření, se ve větších hloubkách zpravidla vyskytuje v minimálních koncentracích, zatímco v povrchových částech dochází k ochlazování větrem.

Vnitřní teplota se ověřovala také termovizní technikou, kdy se měřila povrchová teplota kovových prutů zaražených do deponie (tzv. termovizní sondy). Touto metodou se opět potvrdilo, že nejvyšší teplota v počáteční fázi zapařování se zpravidla pohybuje v rozmezí 2-3 m pod povrchem skládky.

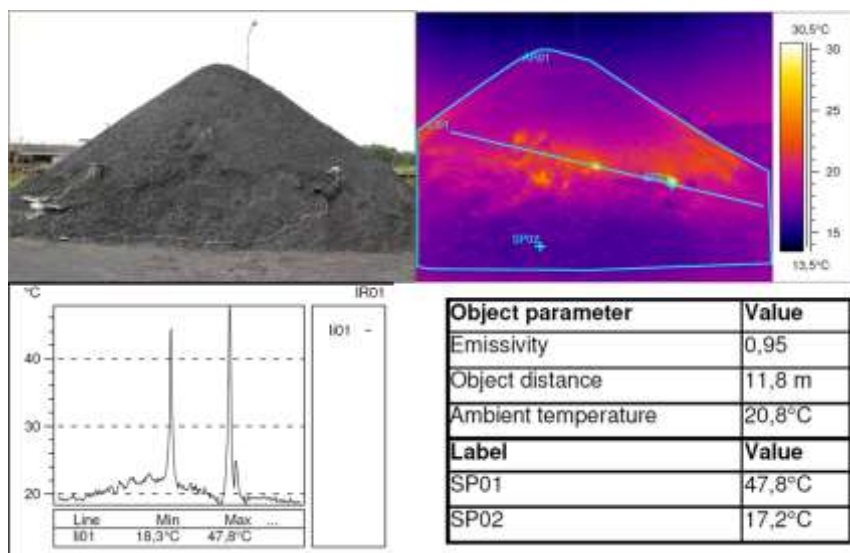
Po dosažení teploty cca 80°C, se však teplota v celém hloubkovém profilu začala zpravidla srovnávat a poté nastal prudký nárůst teploty v menších hloubkách pod povrchem deponie až do vzplanutí. Tento jev je opět možno vysvětlit spotřebou kyslíku v hlubších partiích deponie a vyššími koncentracemi kyslíku ve vnější části deponie (ohnisko „se stěhuje“ za kyslíkem).



Obrázek 4 – Ukázka nefiltrovaného záznamu vnitřních teplot uhelné skládky

5.2 Měření povrchové teploty hnědouhelné deponie (termovizní)

Na obrázku 5 je ukázka z vyhodnocení měření povrchové teploty uhelné skládky pomocí termovizní kamery. Snímky byly pořizovány v brzkých ranních hodinách, případně v zimním období, aby byl snížen vliv ohřevu povrchu uhelné skládky slunečním zářením. Za těchto podmínek lze identifikovat oblasti zvýšených teplot z důvodu samovzněcovacího procesu. Častokrát bylo možné pozorovat, že ohniska se zvýšenou teplotou jsou poměrně malá a díky špatné tepelné vodivosti uhlí jasně ohraničená od okolí.

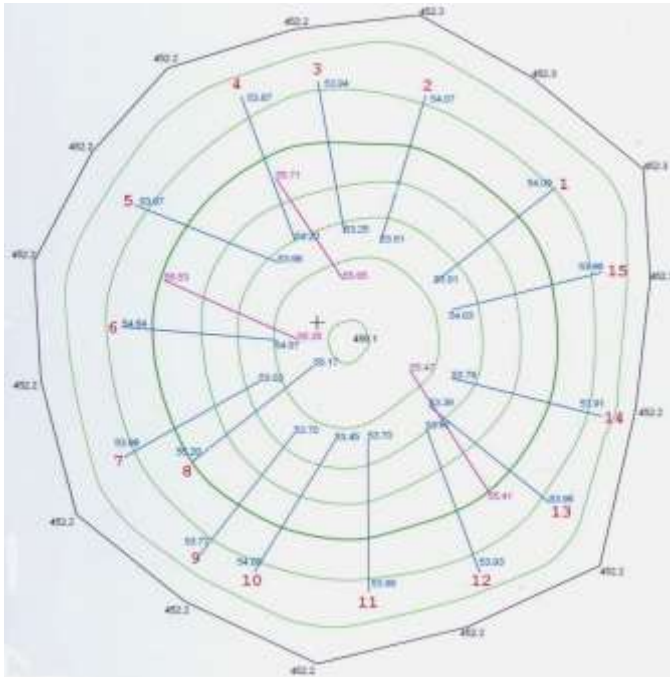


Obrázek 5 – Ukázka vyhodnocení termovizního snímku uhelné deponie

5.3 Plynoměrné měření na hnědouhelných deponiích

Jak již bylo zmíněno výše, pro současné měření složení vzdušin a teplot uvnitř uhelných deponií (skládek) byly vyvinuty speciální penetrační sondy. Celkem bylo k dispozici 15 sond, které byly šachovnicově rozmístěny v deponii, tak aby bylo

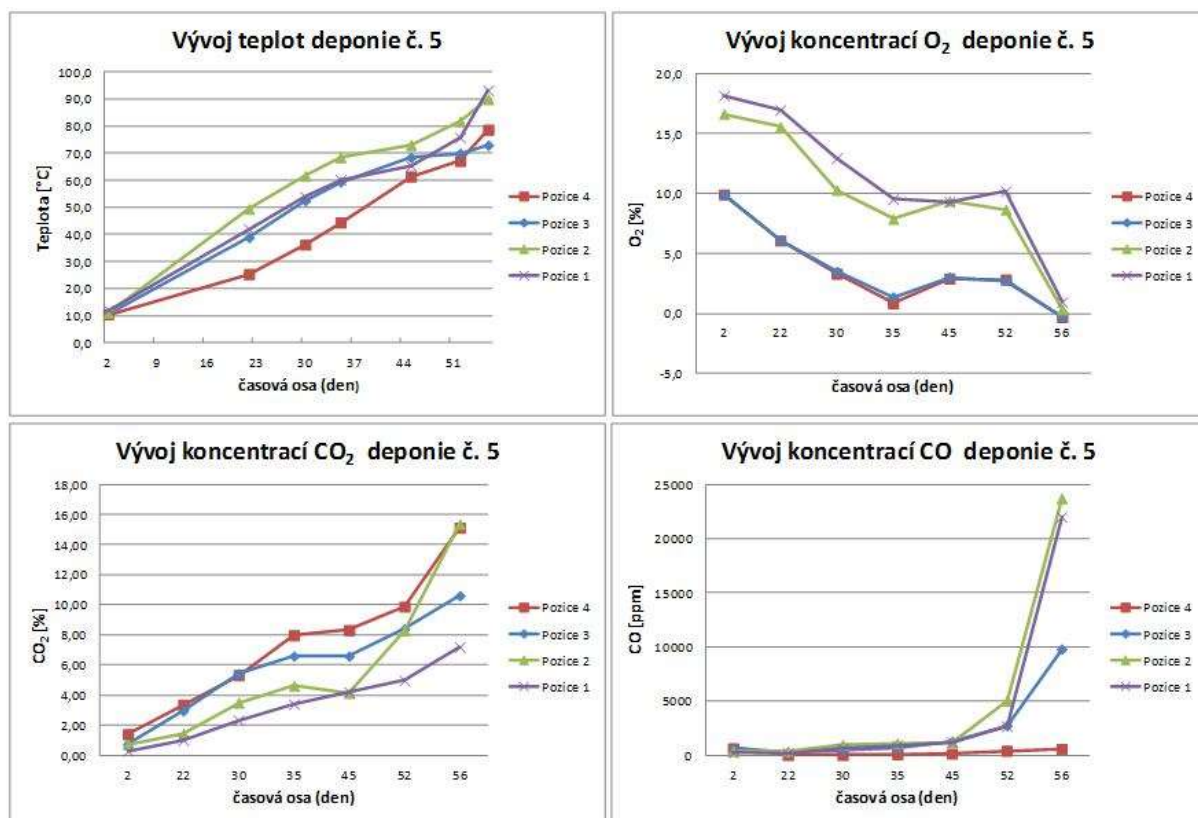
možné vyhodnotit data z různých směrů i výšek. Příklad schématu rozmístění sond na deponii č. 5 je na obr. 6.



Obrázek 6 – Schéma rozmístění termo-plynoměrných a termovizních sond na deponii

Měření indikačních plynů potvrdilo vliv větru. Na návětrných stranách byly naměřeny vysoké koncentrace kyslíku a nízké koncentrace indikačních plynů samovznícení uhlí a naopak.

Vzhledem ke skutečnosti, že průběhy teplot i koncentrací plynů vykazovaly podobné trendy, bylo přistoupeno k výpočtu průměrných hodnot (všech sond) pro jednotlivé hloubky pod povrchem a tyto graficky zpracovány. Příklad grafického vyhodnocení průměrných koncentrací majoritních plynů a teploty v závislosti na čase na deponii č. 5 je uveden v grafech na obr 7. Z grafů je patrné, že s rostoucí teplotou se snižovala koncentrace kyslíku a naopak zvyšovaly koncentrace oxidů uhlíku.



Obrázek 7 – Průběh koncentrací základních indikačních plynů a teploty v závislosti na čase

Dále je možné vypořádat, že po počátečním poměrně strmém růstu teplot doprovázených úbytkem koncentrace O₂ a nárůstem koncentrací oxidů uhlíku, došlo k mírnému útlumu. K opětovnému dynamickému nárůstu došlo až po dosažení teploty cca 70°C (což dle laboratorního výzkumu odpovídá kritické teplotě hnědého uhlí). Při této teplotě došlo i k zmenšení rozptylu teplot v jednotlivých hloubkách (pozicích) pod povrchem.

Během dosavadních provozních měření v rámci řešení projektu bylo odebráno celkem cca 30 vzorků plynu na chromatografický rozbor. Vzorky potvrdily zkušenosti z předchozích měření, kdy se ukázalo, že uhlovodíky se ve vyšších koncentracích zpravidla objevují až při teplotách okolo 60°C. Nejprve se v plynovém obraze objevily nenasycené uhlovodíky (etylén a propylén), které při vyšších teplotách (nad 80°C) byly doprovázeny i nasycenými uhlovodíky, včetně butanu. Koncentrace naměřených plynů se s rostoucí teplotou postupně zvyšují. Krátký úsek před zahořením uhlé hmoty je charakterizován vysokými koncentracemi CO – až 35 000 ppm a výskytem nasycených a nenasycených uhlovodíků v koncentracích stovek až tisíců ppm. Nárůst koncentrací indikačních plynů je v krátké době před vzplanutím exponenciální. Prudký nárůst indikačních plynů byl zpravidla s určitým zpožděním (až 2 dny!) doprovázen rovněž prudkým nárůstem teplot až do vzplanutí.

Závěr

Cílem článku bylo seznámit čtenáře s průběhem řešení projektu TA01020351 z programu ALFA. Z článku je patrné, že řešitelé se snaží využívat nejmodernější

techniky v rámci řešení problematiky včasné detekce projevů samovznícení hnědého uhlí na jeho skládkách.

Výsledky měření in situ potvrdily dosavadní poznatky, které vyplynuly z předchozích výzkumů i rešeršního vyhodnocení. Na rozdíl od většiny výzkumů, prováděných především v laboratorních podmínkách se jednalo o poloprovozní měření. Data z takovýchto měření jsou nesmírně cenná a mohou sloužit jako verifikace pro různé výpočty a softwary, které mají sloužit k predikci a modelování samovzněcovacích procesů na uhelných deponiích.

V současné době řešitelé zmíněného projektu pracují na metodice pro výpočet stupně rizika vzniku samovzněcovacího procesu, odhadu teploty a posouzení dynamického stavu ohniska samovznícení. V rámci této etapy je možné rovněž využít všech naměřených údajů k zpětné analýze a modelování různých provozních situací pomocí speciálních softwarů umožňujících vytvoření 3D modelů.

Poděkování

Tento článek byl vypracován v rámci programu ALFA projektu TA01020351 za finanční podpory z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím TAČR.

Článek byl rovněž vypracován v rámci projektu Institut čistých technologií těžby a užití energetických surovin, reg. č. CZ.1.05/2.1.00/03.0082 podporovaného Operačním programem Výzkum a vývoj pro Inovace, financovaného ze strukturálních fondů EU a ze státního rozpočtu ČR.

Použitá literatura

- [1] ADAMUS, A., ŠANCER, J.: Výzkumný projekt ČBÚ č. 29/2003 „Zdokonalení metod včasného zjišťování samovznícení uhlí a kontroly průběhu jeho likvidace se zaměřením na indikační plyny“, Uhlí rudy a geologický průzkum, č. 9, 2006, s.13-20. ,ISSN 1210-7697
- [2] ADAMUS A., ŠANCER J., GUŘANOVÁ P., ZUBIČEK V.: An investigation of the factors associated with interpretation of mine atmosphere for spontaneous combustion in coal mines. Fuel Processing Technology, vol. 92, issue 3, March 2011, ISSN 0378-3820, p. 663-670.
- [3] SCHREIBER P., HARAŠTA M., HABRNALOVÁ V.: Sledování průběhu samovznícení stanovením změn koncentrace CO, CO₂ a uhlovodíků v závislosti na teplotě, Uhlí č.2, 1987
- [4] ZHANG, J.H., KUENZER, C.: Thermal surface characteristics of coal fires 1 results of in-situ measurements, Journal of Applied Geophysics 63 (2007), p. 117-134.
- [5] DUŠÁK, V.: Měření teplot a šíření záparů v hromadách prachového hnědého uhlí. 2. Celostátní konference Samovolné vzněcování uhlí v teorii a praxi. Smilovice 17.5. 1989, ÚGG ČSAV
- [6] Taraba, B. Nízkoteplotní oxidace a samovzněcování uhelné hmoty, Ostravská univerzita, 2003, ISBN 80-7042-832-5

- [7] Adamus, A., Šancer, J., Snopek, L.: Laboratory Test of Coal Spon-Com Indicator Gases. In.: 14th SGEM GeoConferenc, Albena, 2014, ISBN 978-619-7105-09-4, pp 337-343
- [8] Adamus, A., Šancer, J., Snopek, L.: The Laboratory Test of Characteristic Spon-Com Gases of North Bohemia Lignite. In.: 14th SGEM GeoConferenc, Albena, 2014, ISBN 978-619-7105-09-4, pp 681-687
- [9] Adamus, A., Šancer, J., Rucký, P., Snopek, L.: Odborná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2013. *Příloha k průběžné zprávě za rok 2013 projektu TA ČR č. TA0102035*, VŠB-TU Ostrava, Ostrava, prosinec 2013, pp 92.