

## PŘÍSPĚVEK K IDENTIFIKACI AKCELERANTŮ HOŘENÍ VE VZORCÍCH Z POŽÁŘIŠTĚ

### CONTRIBUTION TO THE IDENTIFICATION OF BURNING ACCELERATORS IN THE SAMPLES FROM THE SEAT OF FIRE

Tomáš ČAPOUN, Jana KRYKORKOVÁ, Dagmar URBANOVÁ  
tomas.capoun@ioolb.izscr.cz

#### Abstract

*For the purpose of identifying the causes of fire was developed and tested an alternative procedure for identifying traces of flammable liquids in samples from fire seat based on the stripping solid phase. Process called stripping solid means, that vapors over the sample are deducted stream of filtered air and are sucked through the tube Tenax. The suction takes 5 minutes at 80 °C and flow rate 0,5 l/min. The proposed procedure is significantly more sensitive than previously used head-space methodology based on sampling vapors by SPME technique.*

#### Keywords

*Air sampling, gas chromatograph with mass detector, volatile organic compounds, adsorption tube, thermo desorption device, technique SPME, burning accelerator, the causes of fires.*

#### Úvod

V souladu s Pokynem generálního ředitele Hasičského záchranného sboru ČR č. 60/2008 ze dne 15. prosince 2008 stojí před Institutem ochrany obyvatelstva, stejně jako před ostatními chemickými laboratořemi HZS krajů, nové úkoly, které souvisejí se zjišťováním příčin vzniku požárů<sup>1</sup>. Jednou z metodik identifikace akceleraantů hoření, která byla chemickým laboratořím předána Technickým ústavem požární ochrany Praha, je metodika plynové chromatografie s hmotnostním detektorem<sup>2</sup>. Tato metodika je v uvedeném ústavu akreditována a tvoří základní odborné východisko pro zavedení do chemických laboratoř HZS krajů. Jedná se o metodiku head-space s využitím odběru par těkavých organických látek technikou mikroextrakce na tuhou fázi.

Chemická laboratoř Institutu ochrany obyvatelstva má pro uvedené účely k dispozici mobilní plynový chromatograf s hmotnostním detektorem EM 640. U něho stojí na jedné straně jednoduchost a možnost nasazení v terénu, na druhé straně pak citlivost analýzy, která je ve srovnání se stolními laboratorními přístroji poněkud nižší. Proto byly hledány cesty zvýšení citlivosti metodiky, a to zejména pro účely identifikace potenciálních akceleraantů hoření ve vzorcích z požářiště.

S ohledem na předcházející práce Institutu ochrany obyvatelstva se nabízely možnosti především ve fázi úpravy vzorku a jeho přípravy k analýze.

## **Teoretická východiska**

V rámci zjišťování příčin vzniku požárů se mj. provádí identifikace případných akceleraantů hoření ve vzorcích z požářiště (popel). Akceleraantem hoření se rozumí materiál použitý k iniciaci vzniku a podpoře šíření ohně nebo požáru. Jedná se o hořlavou kapalinu, obvykle ropnou frakci, případně organické rozpouštědlo nátěrových hmot (možný obsah alkoholů, esterů, ketonů, cykloalkanů aj.), použitou žhářem k úmyslnému založení požáru<sup>2</sup>.

V těchto případech se při přípravě vzorku k analýze postupuje metodikou head-space. Postup je obecně určen pro identifikaci těkavých organických látek ve vodě nebo v sypkých a snadno dělitelných pevných vzorcích (zemina, textilní vzorky malých rozměrů, kusové vzorky o menší velikosti kusu či kusové vzorky o větších kusech, které jsou dělitelné rozetřením, rozdrcením apod., vatové tampony po stěrech povrchů, sorpční terčíky, popel z požářiště apod.). Použitelnost postupu je omezena možnostmi umístit vzorek s ohledem na jeho velikost do některé z nádob na head-space.

Vzorky z požářiště se podle velikosti analyzují buď v head-space vialce nebo v zavařovací skleněné láhvi se šroubovacím TWIST OFF uzávěrem popř. v plechovce, do kterých se často vzorky přímo odebírají. Nádoba se potom vloží do termostatu vyhřátého na určitou teplotu, kde se ponechá po stanovenou dobu. V další fázi se pak v podstatě jedná o odběr plynů a par z uzavřeného prostoru nad vzorkem pro účely jeho analýzy systémem plynového chromatografu s hmotnostním detektorem (GC/MS). Jinými slovy problematika úzce souvisí s odběrem vzorků vzduchu, který je vzhledem k četnosti kontaminace ovzduší při mimořádných událostech i k potenciální hrozbě vysoce nebezpečné inhalační intoxikace v Institutu ochrany obyvatelstva dlouhodobě studován.

Běžná metodika analýzy akceleraantů hoření využívá k odběru par z head-space nádoby techniku mikroextrakce na tuhou fázi (SPME)<sup>2</sup>. Studium kinetiky sorpce těkavých organických látek na různá vlákna SPME při analýze metodou GC/MS<sup>3-5</sup> ukázalo, že výtěžnost extrakce studovaných vláken SPME je pro různou dobu extrakce rozdílná. Byly testovány čtyři druhy vláken, pro která byla porovnávána výtěžnost extrakce při teplotě 80 °C. Vlákna byla podle svých vlastností rozdělena do dvou skupin.

Vlákno Polydimethylsiloxan/Divinylbenzen a samotné vlákno polydimethylsiloxanové vykazují při krátkých dobách extrakce s rostoucím časem zvyšující se extrakční schopnost do doby extrakce 30 až 40 minut a s dalším prodlužováním doby extrakce již zůstává množství extrahovaných látek zhruba stejné nebo mírně klesá. Optimální doba extrakce činí pro tato vlákna 30 až 40 minut. Z hlediska druhu sorbované látky pak je u polárnějšího vlákna Polydimethylsiloxan/Divinylbenzen rozhodující vlastností těkavost látky a nikoliv např. molekulová hmotnost či polarita. Při extrakci na nepolární vlákno

polydimethylsiloxanové se uplatňuje rozhodující vliv polaritý látky ve prospěch látek nepolárních.

Polární vlákna Carbowax/Polyethylenglykol a Carboxen/Polydimethylsiloxan vykazují pro všechny polární a středně polární látky těkavé i netěkavé rostoucí extrakční schopnost s časem až do 60. minuty. Při delších dobách extrakce se polární a středně polární látky extrahují na úkor látek nepolárních reprezentovaných hexanem a oktanem. Extrahovaná množství nepolárních látek klesají při době extrakce delší než 30 minut. Podobně jako v předcházející skupině bylo potvrzeno, že rozhodující vlastností pro výtěžnost extrakce je těkavost látky s tím, že silně polární vlákno Carbowax/Polyethylenglykol však preferuje polární látky.

Z hlediska využití při analýze akceleraťů hoření v rámci zjišťování příčin vzniku požárů, kdy se z chemického hlediska jedná v první řadě o analýzu alifatických a aromatických uhlovodíků, vyplynulo ze závěrů studia jednotlivých vláken SPME<sup>3-5</sup>, že optimální bude aplikace vlákna Carboxen/Polydimethylsiloxan a doba extrakce 30 minut, která zabezpečuje nejvyšší množství alifatických uhlovodíků. Výsledky práce jsou v zásadě ve shodě se zavedenou metodikou<sup>2</sup>.

Vedle odběru plynů a par ze vzduchu technikou SPME byla pozornost věnována rovněž odběru založeném na prosávání sorpční trubičkou. Látky v proudu vzduchu procházejí adsorpčními trubičkami a adsorbují se na sorbentu. V termodesorpčním modulu přístroje dochází k desorpci analyzovaných látek a dále k jejich separaci na chromatografické koloně. Uvedená metodika byla studována na široce rozšířených trubičkách se sorbentem Tenax<sup>3,6,7</sup> (poly-2,6-difenyl-p-fenylenoxid) se specifickým povrchem 19 až 30 m<sup>2</sup>/g. Výzkumem jeho vlastností<sup>8,9</sup> bylo zjištěno, že se jedná o mimořádně vhodný sorbent na nejvýznamnější těkavé organické látky typu alkanů, aromatických uhlovodíků a chlorovaných uhlovodíků, a to jak z hlediska sorpce ze vzduchu, tak z hlediska následné tepelné desorpce.

Pro analýzu neznámých látek je třeba zvážit rychlost prosávání vzduchu trubičkou, aby výtěžnost adsorpce byla co největší a metodika pro různé analyty tak co nejcitlivější. Tato problematika je aktuální právě v případě sorbentu Tenax, jehož specifický povrch není např. v porovnání s aktivním uhlím příliš velký. Proto byl studován vliv rychlosti průtoku vzduchu na množství látky zachycené na adsorbentu. Zvoleny byly vzdušné směsi různých látek o koncentraci 2 až 4 ppm. Průtok vzduchu byl regulován v rozmezí 0,1 až 5,0 l/min. Při konstantní době prosávání bylo u všech testovaných analytů – v podstatě nezávisle na jejich vlastnostech – zjištěno, že množství zachycené látky roste do průtoku 0,5 l/min a další zvyšování rychlosti protékajícího vzduchu již nemá na výtěžnost adsorpce podstatný vliv. U nepolárních a dále těkavých látek průtoky vyšší než 2 l/min již způsobují eluci látek ze sorbentu<sup>6,7</sup>.

Analýzy vzorků vzdušných směsí o určité koncentraci stejných látek potom dovolily provést objektivní porovnání aplikovaných postupů odběru vzduchu, a to techniku SPME a prosávání vzduchu sorpční trubičkou Tenax<sup>10,11</sup>.

Poměr citlivostí postupů pro testované látky byl hodnocen na základě hodnot směrnice kalibračních přímk. Pro techniku SPME se pohybují v rozmezí od

0,028 do 32, zatímco v případě odběru vzduchu prosáváním trubičkou Tenax činí 52 až 3900. Zhruba stejný je i poměr v hodnotách mezi stanovitelnosti. Vyšší citlivost po odběru na Tenax je podstatně výraznější u látek s nižším bodem varu (pod 150 °C)<sup>10,11</sup>.

Z hlediska orientace práce na identifikaci akceleraantů hoření ve vzorcích z požářiště byly studované postupy dále porovnány z hlediska nejnižších identifikovatelných koncentrací. Jako parametr byla použita mez detekce, která pro jednotlivé látky a postupy byla určena z kalibrační přímky v rozmezí koncentrací blízkých mezi stanovitelnosti pomocí statistického software<sup>12</sup>. Porovnání uvádí tabulka 1.

Z tabulky rovněž vyplývá podstatně vyšší citlivost analýzy stejných vzorků odebraných prosáváním přes trubičku Tenax ve srovnání s odběrem technikou SPME. Meze detekce jednotlivých látek při odběru na trubičku Tenax jsou zhruba 100krát nižší než při odběru na vlákno SPME.

S ohledem na uvedený závěr se nabízí možnost ověřit postup odběru vzduchu na sorpční trubičku Tenax při identifikaci potenciálních akceleraantů hoření v rámci zjišťování příčin vzniku požárů. Důvodem jsou především vysoké požadavky těchto expertíz na citlivost analýzy.

*Tabulka 1*  
*Meze detekce látek ve vzdušné směsi odebrané různou technikou*

<i>Látka</i>	<i>Mez detekce při odběru technikou SPME, ppm</i>	<i>Mez detekce při odběru prosáváním přes Tenax, ppm</i>
<b>1-Propanol</b>	5	0,2
<b>1,2-Dichlorethan</b>	8	0,1
<b>Trichlorethylen</b>	3	0,04
<b>Toluen</b>	5	0,06
<b>n-Oktan</b>	0,7	0,01
<b>1-Heptanol</b>	2	0,03
<b>1,2-Dichlorbenzen</b>	1	0,06

## Provedení odběru na trubičku Tenax při identifikaci akceleratorů hoření

Odběr vzorků plynů a par nad popelem prosáváním trubičkou Tenax byl realizován stejně, jako se provádí analýza těkavých organických látek ve vodě stripováním. Proto byl postup pracovně nazván „stripování pevné fáze“.

Analýza se provádí v promývací nádobě, kterou může být buď baňka k promývačce plynů, nebo varná baňka se šroubovacím uzávěrem se závitem GL 45, přičemž od těchto baněk je možno použít různé velikosti podle rozměrů vzorku. Obě možnosti jsou reálné a není mezi nimi zásadní rozdíl.

Při použití promývačky plynů se po naplnění vzorkem nádoba uzavře zabroušeným nástavcem k promývačce plynů. Trubice dosahující ke dnu baňky se uzavře přes hadičku sorpční trubičkou ORBO-32 (Supelco, USA). Na druhý vývod nástavce se přes hadičku nasadí trubička Tenax (SKC Inc., USA). Promývačka se umístí do vodní lázně, kde se ponechá po dobu 30 minut při teplotě 80 °C (obr. 1).



Obr. 1  
*Stripování popela v promývačce plynů*

Ekvivalentním provedením je stripování pevné fáze ve varné baňce se závitem GL 45. Na obr. 2 je použita baňka 1000 ml, pro menší objemy vzorků je možno použít baňku 100 ml. Po naplnění vzorkem se baňka uzavře teflonovým uzávěrem s odvodnou trubicí. Uzávěrem se ke dnu baňky prostrčí na těsnost skleněná trubice uzavřená sorpční trubičkou ORBO-32. Na odvodnou trubicí se

přes hadičku nasadí sorpční trubička Tenax. Baňka se umístí do vodní lázně, kde se ponechá po dobu 30 minut při teplotě 80 °C.

Po 30 minutách temperování se v obou provedeních na trubičku Tenax nasadí přes hadičku sání odběrového plynového čerpadla PCXR 4 (SKC Inc., USA) či jiné vývěvy požadovaného průtoku. Okolní vzduch se tak nasává přes trubičku ORBO, ve které se čistí, dále přes vzorek popela do trubičky Tenax (obr. 1 a 2). Sání čerpadla se nastaví na průtok 0,5 l/min. Po zkouškách výtěžnosti sorpce bylo zjištěno, že průběh stripování zcela postačuje po dobu 5 minut, naopak delší prosávání může mít za následek snížení citlivosti<sup>10</sup>.



*Obr. 2*

*Stripování popela ve varné baňce 1000 ml se šroubovacím uzávěrem*

V uvedeném uspořádání byla provedena analýza potenciálních akceleračních hoření ve vzorcích popela po hoření dřeva. Jako akcelery byly testovány benzin automobilní Natural 95 (Benzina), nafta motorová (Benzina) a benzin technický P 6402 (Barvy a laky). Kromě těchto modelových vzorků byl postup ověřen rovněž na reálných vzorcích z požářiště.

Po ukončení sorpce byla trubička Tenax vložena do desorpční jednotky přístroje EM 640. Desorpce probíhala za následujícího režimu: T Inlet 230 °C, T Injection 220 °C, desorpce 1,5 min při 220 °C, nástřik 20 s.

Separace a analýza látek byla provedena za následujících podmínek:

- Kolona: HP-5 MS, délka 25 m, Ø 0,32 mm, fáze 1 µm.
- Nosný plyn: dusík bez CO (Linde Technoplyn).
- Scan range: 30-400 amu.
- GC program:
  - 40 °C – 2 min,
  - od 40 °C do 280 °C - dT/dt 10 °C/min,
  - 280 °C – 10 min.

Výsledky analýzy byly u stejného vzorku vždy porovnávány s výsledky dosaženými technikou SPME. Vzorek byl v zavařovací skleněné láhvi se šroubovacím TWIST OFF uzávěrem vložen na 30 minut do vodní lázně při teplotě 80 °C. Potom bylo víčko propíchnuto a zavedeno kondicionované vlákno SPME (Carboxen/Polydimethylsiloxan, light blue, tloušťka filmu 85 µm). Doba extrakce činila 30 minut při teplotě 80 °C. Po extrakci bylo vlákno zavedeno do nástřikové jednotky chromatografu za následujících podmínek: T Inlet 230 °C , T Injection 250 °C , nástřik 15 s. GC/MS analýza probíhala za shodných podmínek, jako při použití trubičky Tenax.

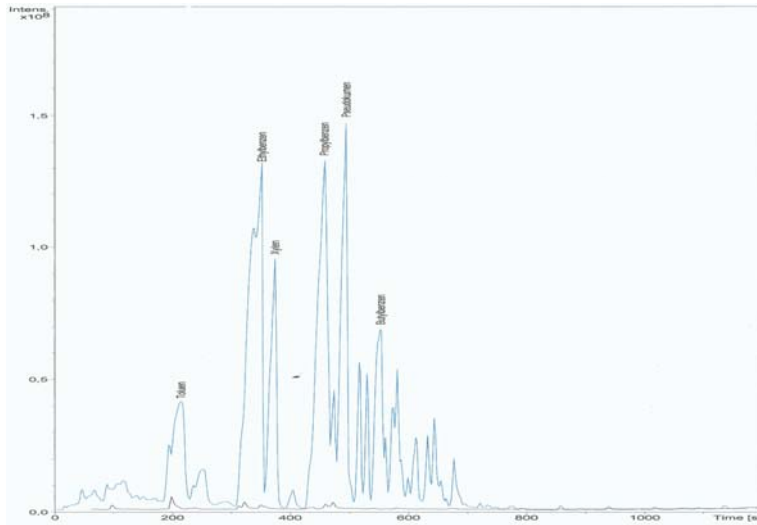
### Porovnání výsledků analýz vzorků popela s akceleranty hoření

K porovnání byly analyzovány vzorky vlhkého popela o hmotnosti 250 g, obsah vody nebyl zjišťován. Ve všech porovnávacích analýzách se jednalo o stejný modelový vzorek. Ke vzorku popela bylo přidáno určité množství potenciálního akceleraantu hoření a po 30minutovém zahřívání nádoby s popelem na teplotu 80 °C byly páry nad popelem odebrány jednak technikou SPME při době extrakce 30 minut a jednak 5minutovým prosáváním přes trubičku Tenax. Potom byla provedena analýza metodou GC/MS.

V případě automobilního benzínu je rozdíl mezi velikostí nejvýznamnějších pík 2 až 3 řady ve prospěch prosávání přes trubičku Tenax ve shodě s výsledky dosaženými pro organické látky různých vlastností (viz teoretická východiska této publikace). Příklady chromatogramů uvádí obr. 3 a 4. Při obsahu benzínu 10 µl na 250 g popela jsou na chromatogramu patrné všechny hlavní píky látky i po odběru technikou SPME (obr. 3). Rozdíl je zvláště výrazný pro analýzy popela s obsahem 1 µl benzínu, kde se chromatogram po odběru technikou SPME jeví prakticky jako rovná čára (obr. 4).

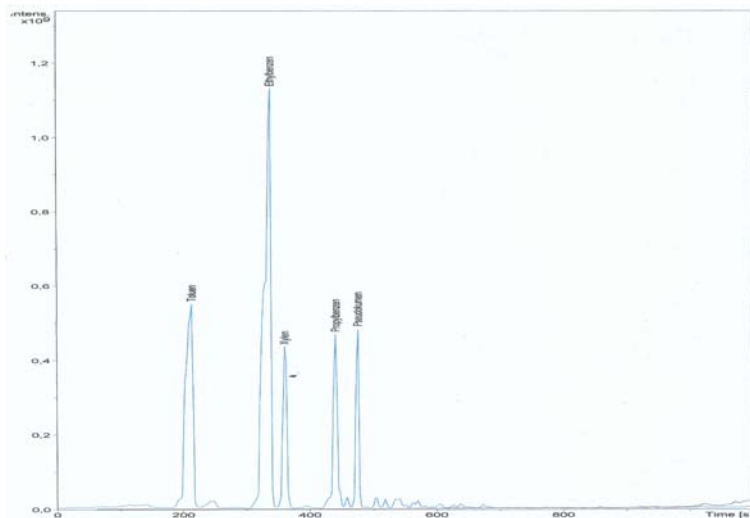
V případě motorové nafty, která je směsí převážně n-alkanů, je diametrální rozdíl v citlivosti obou postupů především v oblasti relativně těžavějších uhlovodíků (do C11), u vyšších uhlovodíků se již objevují píky též na chromatogramu po odběru technikou SPME (obr. 5).

Na obr. 6 je potom provedeno porovnání chromatogramů analýz par odebraných zkoušenými postupy nad reálným vzorkem z požářiště, ve kterém byl identifikován automobilní benzin. Jednalo se o vzorek odebraný po požáru skladu slámy v obci Brloh dne 16. 2. 2009.



Obr. 3

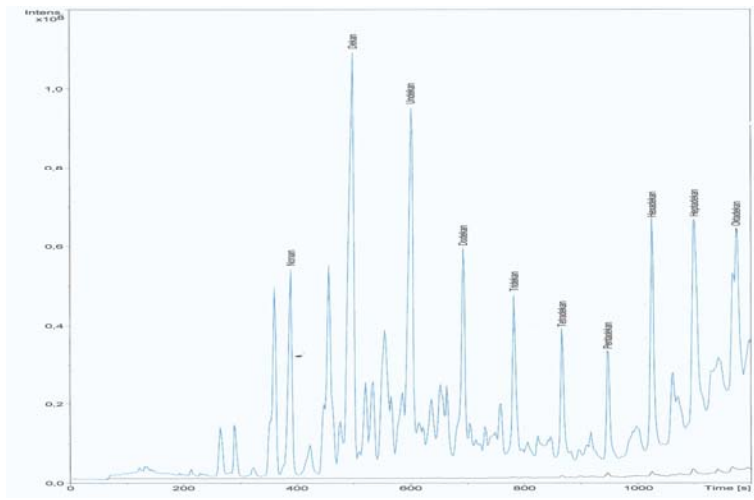
Chromatogramy analýz plynů nad popelem kontaminovaným automobilním benzínem 10 µl/250 g (— stripování pevné fáze 5 minut na trubičku Tenax, — technika SPME CAR/PDMS, doba extrakce 30 minut)



Obr. 4

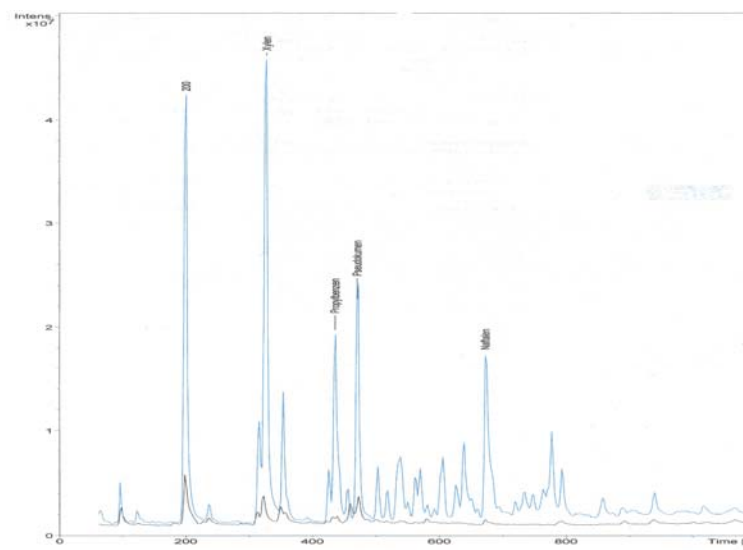
Chromatogramy analýz plynů nad popelem kontaminovaným automobilním benzínem 1 µl/250 g (— stripování pevné fáze 5 minut na trubičku Tenax, — technika SPME CAR/PDMS, doba extrakce 30 minut)





Obr. 5

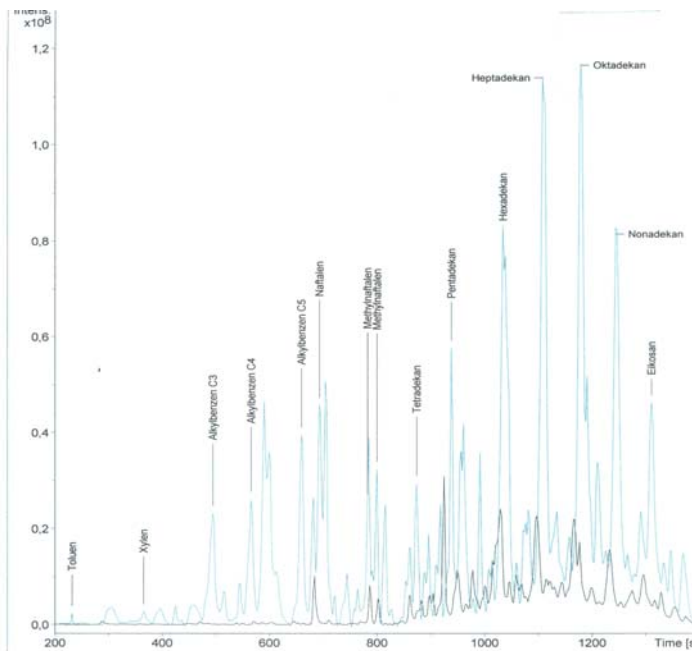
Chromatogramy analýz plynů nad popelem kontaminovaným motorovou naftou  
 10  $\mu$ l/250 g (— stripování pevné fáze 5 minut na trubičku Tenax,  
 — technika SPME CAR/PDMS, doba extrakce 30 minut)



Obr. 6

Chromatogramy analýz plynů nad reálným vzorkem z požářiště - Brloh  
 (— stripování pevné fáze 5 minut na trubičku Tenax,  
 — technika SPME CAR/PDMS, doba extrakce 30 minut)

Zajímavé porovnání nabízí i další reálný vzorek, který byl odebrán po požáru usedlosti v obci Lukovna v září 2009. Po ohledání požářiště v tomto případě vůbec nebylo pochyb o úmyslném založení požáru pomocí hořlavých kapalin. Analýza vzorku technikou SPME jednoznačně ukázala na přítomnost n-alkanů a tím na motorovou naftu (viz černý chromatogram na obr. 7). Se stejným vzorkem pak byla provedena analýza stripováním pevné fáze, která vedle alkanů odhalila rovněž aromatické uhlovodíky včetně alkybenzenů C3 až C5 (viz modrý chromatogram na obr. 7). Tak bylo dokázáno, že ve vzorku byly rovněž stopy automobilního benzínu. Uvedený výsledek a porovnání obou chromatogramů na obr. 7 jasně prokazují závěry předcházejícího studia, že při GC/MS analýze přístrojem EM 640 vlákno SPME upřednostňuje látky méně těkavé před těkavými.



Obr. 7

Chromatogramy analýz plynů nad reálným vzorkem z požářiště - Lukovna  
 (— stripování pevné fáze 5 minut na trubičku Tenax,  
 — technika SPME CAR/PDMS, doba extrakce 30 minut)

Celkově je možno konstatovat, že analýza vzorků popela s obsahem benzínů nebo nafty potvrdila předpoklad, že analýza po sorpci plynů na trubičku Tenax je podstatně citlivější. Zároveň takto vysoká citlivost vyvolává nezbytnost přijetí některých opatření.

V prvé řadě je nezbytné zabránit jakékoliv kontaminaci vnějšího povrchu trubičky. Po prosátí je nutné trubičku uzavřít zátkami, umístit ji do zvláštního nekontaminovaného obalu, např. do zábrusové uzavřené zkumavky NZ 14, při manipulaci se jí nedotýkat nechráněnou pokožkou a používat čisté textilní rukavice.

Ke zvýšení spolehlivosti výsledků je rovněž nutno analyzovat slepý pokus, tj. prokazatelně nekontaminovaný popel, nejlépe před každou analýzou se stejnou trubičkou.

K tomu byla provedena řada slepých pokusů s různými vzorky popela. Po odběru technikou SPME nebyly identifikovány žádné těkavé látky. Při sorpci na trubičku Tenax byly ve slepém vzorku vždy identifikovány sulfan, ethanol, benzen, toluen a dibutylftalát. Plocha jejich chromatografických píků byla sice nad mezí identifikace, ale např. ve srovnání se vzorkem kontaminovaným 1  $\mu$ l automobilního benzínu byla plocha píku toluenu 400krát menší. Rozhodně je však v praxi v případě využití uvedeného postupu nutné slepý pokus od chromatogramu vzorku odečítat.

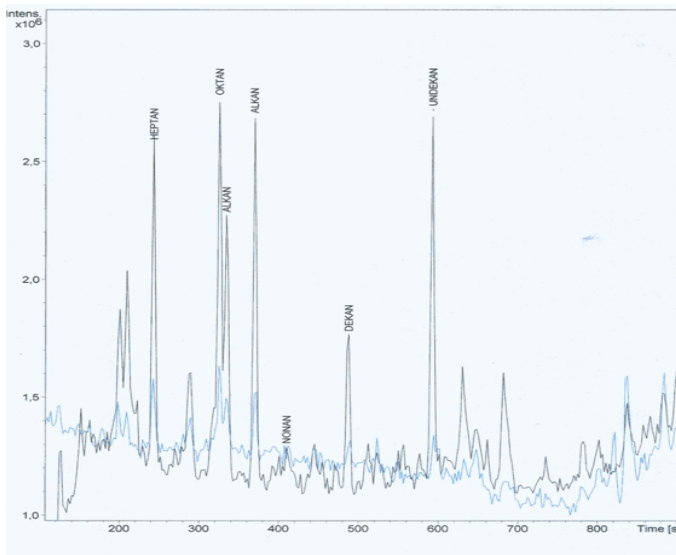
### **Vliv vody na výtěžnost izolace uhlovodíků**

Důvodem studia tohoto jevu byla skutečnost, že popel z požářiště má v praxi určitý obsah vody, a to jak v důsledku hašení požáru, tak může obsahovat vodu ze srážek. Cílem bylo posoudit, jak voda ve vzorku ovlivňuje extrakci uhlovodíků na vlákno SPME a jak ovlivňuje sorpci na Tenax.

K porovnání byly oběma odběrovými technikami analyzovány vzorky popela kontaminovaného 3  $\mu$ l technického benzínu. K analýze bylo do odběrové nádoby odměřeno jednak 250 ml vysušeného popela a jednak 250 ml vysušeného popela s přídavkem 100 ml vody. Porovnání chromatogramů je provedeno na obr. 8 a 9.

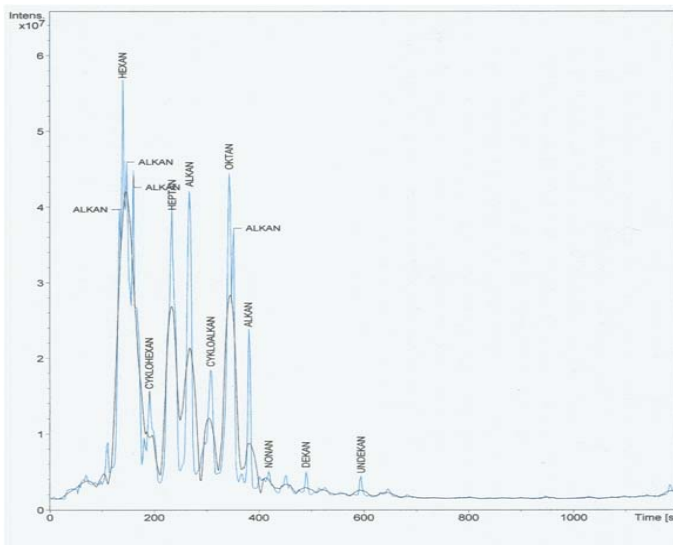
Na obr. 8 jsou chromatogramy pořízené po odběru technikou SPME. Z obrázku vyplývá, že stupeň extrakce uhlovodíků na vlákno CAR/PDMS je vyšší v případě suchého popela. Jev zřejmě souvisí s tím, že u suchého popela jsou v okolí vlákna pouze molekuly vzduchu a uhlovodíků, zatímco v případě popela s vodou k nim přistupují ještě molekuly vody, čímž zřejmě dochází ke snížení parciálního tlaku uhlovodíků v okolí vlákna. To může mít za následek – oproti parám nad suchým popelem - snížení extrakční výtěžnosti.

Stejně srovnání je pro odběr prosáváním trubičkou Tenax provedeno na obr. 9. Zde je výsledek přesně opačný. Z obrázku vyplývá vyšší výtěžnost stripování u popela s vodou proti popelu suchému. Lze tak předpokládat, že molekuly vody při sorpci uhlovodíků na Tenax nekonkurují a naopak vodní pára pomáhá strhávat uhlovodíky z popela do proudu vzduchu. Pro analýzu není na závadu ani sloupec vody, který při prosávání kondenzuje v prázdné části trubičky.



Obr. 8

Chromatogramy analýz plynů nad popelem kontaminovaným technickým benzínem 3  $\mu$ l/250 g odebraných technikou SPME CAR/PDMS, doba extrakce 30 minut (— 250 g popela + 100 ml vody, — 250 g suchého popela)



Obr. 9

Chromatogramy analýz plynů nad popelem kontaminovaným technickým benzínem 3  $\mu$ l/250 g odebraných stripováním pevné fáze 5 minut na trubičku Tenax (— 250 g popela + 100 ml vody, — 250 g suchého popela)

## Závěr

Popsaný postup identifikace akceleraantů hoření ve vzorcích z požářiště je založen na tzv. stripování pevné fáze. Základem je metodika head-space, ale na rozdíl od dosud používaného postupu nejsou plyny a páry nad vzorkem odebírány technikou SPME, ale sorpcí na trubičku Tenax.

Navržený postup je ve srovnání s odběrem par technikou SPME o 2 až 3 řády citlivější a je také rychlejší. Trubičky Tenax, umožňující stejně jako SPME vlákna mnohonásobné opakování analýzy, jsou ve srovnání s vlákny podstatně levnější (zhruba 20krát) a robustnější. Na druhou stranu má však využití trubiček Tenax také některé nevýhody: vysoká citlivost přináší nebezpečí sekundární kontaminace, stejně jako manipulace se vzorkem při plnění stripovací nádoby, nezbytnost vybavení plynovým čerpadlem a termodesorpční jednotkou, nutnost provádění slepého pokusu, vysoká cena některých stripovacích nádob aj.

## Resumé

*Described procedure of identification of burning accelerators from fire seat is based on stripping solid phase. The methodology of head-space is the basis, unlike the procedure used so far gases and vapors over the sample are not taken SPME technique, but by the sorption on Tenax tube.*

*The proposed procedure is in comparison with SPME sampling technique par on 2 to 3 orders more sensitive and is also faster. Tenax tubes allow as well as SPME fibers multiple repetition of analysis and they are much cheaper (about 20 times) and more robust than SPME fibers. On the other hand has using of Tenax tubes some disadvantages: high sensitivity and sample manipulation during filling of stripping bottle carry the risk of secondary contamination, need to equip the laboratory gas pump and termodesorption unit, necessity to do the blank, the high cost of some stripping containers, etc.*

## Literatura

- [1] *Optimalizace výkonu státního požárního dozoru zjišťováním příčin vzniku požárů (s využitím analýzy SWOT)*. Praha: MV – GR HZS ČR, 2008.
- [2] *Chemická analýza akceleraantů – hořlavých kapalin ve vzorcích požárních zbytků metodou SPME-GC/MS. Metodika TÚPO č. 02-08*. Praha: TÚPO, 2008.
- [3] ČAPOUN, Tomáš, KRYKORKOVÁ, Jana, URBANOVÁ, Dagmar a LOČÁRKOVÁ, Petra. *Metodiky analýzy organických látek mobilním plynovým chromatografem s hmotnostním detektorem EM 640 III. Těkavé organické látky v různých matricích*. [Výzkumná zpráva]. Lázně Bohdaneč: MV - GR HZS ČR, Institut ochrany obyvatelstva, 2008.

- [4] KRYKORKOVÁ, Jana, ČAPOUN, Tomáš. Příspěvek k využití techniky SPME při analýze těkavých organických látek metodou GC/MS. *The Science for Population Protection*, 2008, roč. 0, č. 0, s. 57-72.
- [5] KRYKORKOVÁ, Jana, ČAPOUN, Tomáš. Studium kinetiky sorpce těkavých organických látek na vlákna SPME při analýze metodou GC/MS. *The Science for Population Protection*, 2009, roč. 1, č. 1, s. 39-52.
- [6] ČAPOUN, Tomáš, KRYKORKOVÁ, Jana. *Metodiky analýzy organických látek mobilním plynovým chromatografem s hmotnostním detektorem EM 640 I. Těkavé organické látky v ovzduší a vodě*. [Výzkumná zpráva]. Lázně Bohdaneč: MV - GR HZS ČR, Institut ochrany obyvatelstva, 2006.
- [7] ČAPOUN, Tomáš, KRYKORKOVÁ, Jana. Analýza látek v ovzduší metodou GC/MS se sorpčními trubičkami Tenax. *The Science for Population Protection*, 2008, roč. 0, č. 0, s. 17-28.
- [8] BELLAR, T.A., LICHTENBERG, J. *J. Amer. Water Works Assoc.*, 1974, 66 (12), s. 739.
- [9] BELLAR, T.A., LICHTENBERG, J. *Environ. Monitor. Ser. EPA 670/4-74009*, USA, 1974.
- [10] ČAPOUN, Tomáš, KRYKORKOVÁ, Jana a URBANOVÁ, Dagmar. *Metodiky analýzy organických látek mobilním plynovým chromatografem s hmotnostním detektorem EM 640 IV. Identifikace a stanovení nebezpečných látek ve vzduchu*. [Výzkumná zpráva]. Lázně Bohdaneč: MV - GR HZS ČR, Institut ochrany obyvatelstva, 2009.
- [11] ČAPOUN, Tomáš, KRYKORKOVÁ, Jana a URBANOVÁ, Dagmar. Příspěvek ke stanovení organických látek různých vlastností v ovzduší metodou GC/MS. In *Sborník přednášek z XVIII. mezinárodního semináře o separační chemii a analýze toxických látek*. Lázně Bohdaneč: MV - GR HZS ČR, Institut ochrany obyvatelstva, 2009, CD.
- [12] Software EffiValidation 3.0. Fy EffiChem, 2002.