

Ladislav ŠIMANDL*, Jaroslav DAMEC**

NEBEZPEČÍ PŘI TANKOVÁNÍ

DANGER DURING THE FUELLING

Abstrakt

Cílem příspěvku je upozornit na možné nebezpečí při tankování pohonných hmot od statické elektřiny. Příspěvek je orientován na vznik náboje na řidiči, který by následně mohl iniciovat páry pohonných hmot. Je zde uvedeno praktické měření energie elektrostatického náboje, který vzniká při triboelektrickém jevu (tření). Měření bylo prováděno na člověku, který se elektrizoval na židli. Byly použity různé druhy oblečení. Naakumulovaná energie elektrostatického pole dosahovala až dvacetinásobku minimální iniciační energie par benzínu. Tím bylo zjištěno, že při tankování pohonných hmot teoreticky hrozí velké nebezpečí od výboje statické elektřiny. Příspěvek dále pojednává o vlivech výrazně zmenšujících dané nebezpečí jako např. relativní vlhkost vzduchu aj.

Abstrakt

The aim of the submitted contribution is to warn of a possible danger of static electricity while fuelling. The article is focused on an electrostatic charge electrified on a driver that could consequently ignited fuel vapours. The authors have performed practical measurements of the energy of electrostatic charge produced by triboelectric effect (friction). A person in various kinds of clothing materials was electrified on a chair. The accumulated energy of electrostatic reached a value twenty times higher than the minimal ignition energy of gasoline vapours. So it was found out that the danger of a possible discharge of static electricity could be very high. However, the mentioned danger could be influenced for example by relative humidity of air etc.

Key words: electrostatic charge, electric capacity, electrization of insulants, human body, minimal ignition energy, fuels, relative humidity of air

Úvod

Statická elektřina je první druh elektřiny, kterou člověk dokázal pozorovat. A nepotřeboval k tomu žádné složité přístroje. Statická elektřina je všude kolem nás. Je až někdy paradoxní, že na ní člověk zapomíná a „ona se ukáže“ v tu nejméně vhodnou dobu a nastane problém. A právě nemalé problémy můžou nastat při tankování pohonných hmot. Protože se zde vyskytuje hořlavý soubor par PHM se vzduchem, hrozí nebezpečí iniciace tohoto výbušného souboru jiskrovým výbojem elektrostatického náboje [4]. Svědčí o tom i skutečné události [3].

* Ing., VŠB – Technická univerzita Ostrava, FBI, Katedra bezpečnostního managementu, 700 30 Ostrava – Výškovice, e-mail: ladislav.simandl@vsb.cz

** doc., Ing., CSc., Technická univerzita Ostrava, FBI, Katedra bezpečnostního managementu, 700 30 Ostrava – Výškovice, e-mail: jaroslav.damec@vsb.cz

Úvod

Statická elektřina je první druh elektřiny, kterou člověk dokázal pozorovat. A nepotřeboval k tomu žádné složité přístroje. Statická elektřina je všude kolem nás. Je až někdy paradoxní, že na ní člověk zapomíná a „ona se ukáže“ v tu nejméně vhodnou dobu a nastane problém. A právě nemalé problémy můžou nastat při tankování pohonných hmot. Protože se zde vyskytuje hořlavý soubor par PHM se vzduchem, hrozí nebezpečí iniciace tohoto výbušného souboru jiskrovým výbojem elektrostatičkého náboje [4]. Svědčí o tom i skutečné události [3].

Statická elektřina

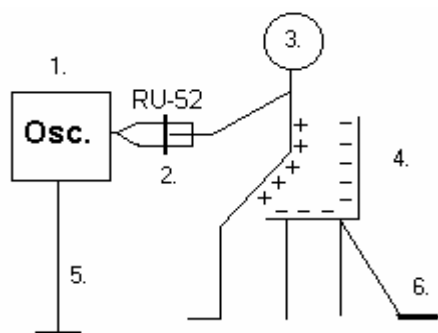
V oblasti statické elektřiny je jen relativně málo poznatků, praktických aplikací a měření. Existence statické elektřiny je zřejmá, ale lze ji obtížně kvantifikovat. Měření statické elektřiny je problematické (vysoká frekvence, velikost napětí a proudu) a klade velké požadavky na měřicí techniku [1]. Také níže uvedená měření se neobešla bez určitých zjednodušení [1].

Výpočet vychází z následujících předpokladů:

- 1.) Člověk je dokonale vodivý.
- 2.) Obuv je elektrostaticky nevodivá.
- 3.) Lidské tělo má vlastní kapacitu.
- 4.) Nabíjení je jen mezi materiálem oblečení a židlí.

Měření

Uspořádání měření je schématicky zobrazeno na obrázku č. 1.

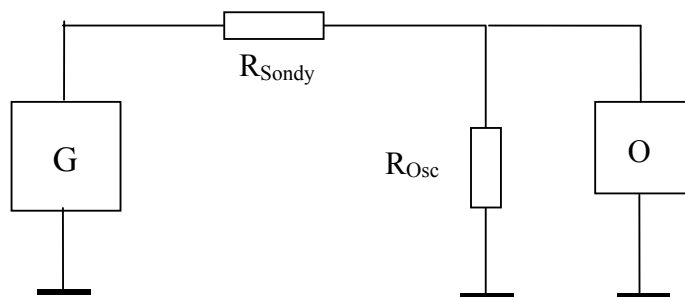


1. Digitální osciloskop M221
2. Odporová sonda RU-52
3. Člověk
4. Židle s kovovou konstrukcí, sedátko a opěrátka bylo z nalakovaného dřeva
5. a 6. Uzemnění

Obrázek č. 1. Uspořádání měření.

Třením mezi látkou a sedačkou se na sedačce židle vytváří záporný náboj, kterým se nabíjí kovová konstrukce židle. Na člověku se hromadí kladný náboj. Kapacita člověka vůči židli a jeho náboj pak určují velikost energie jiskry, která by se vytvořila po přiblížení části těla k uzemněné součásti.

Při zvedání člověka ze židle bude kapacita mezi tělem člověka a židlí postupně klesat a napětí tedy bude naopak narůstat [1]. Současně se však bude náboj vybíjet přes svodové odpory a především přes odpor sondy a osciloskop, který zaznamenává průběh napětí (viz obr.2.).



Obrázek č. 2. Zjednodušené blokové schéma měření:

G – generátor impulsů (blokové nahrazení člověka, který se zvedá a vytváří napěťový impuls)

R_{Sondy} – odpor sondy RU-S2 ($1G\Omega$)

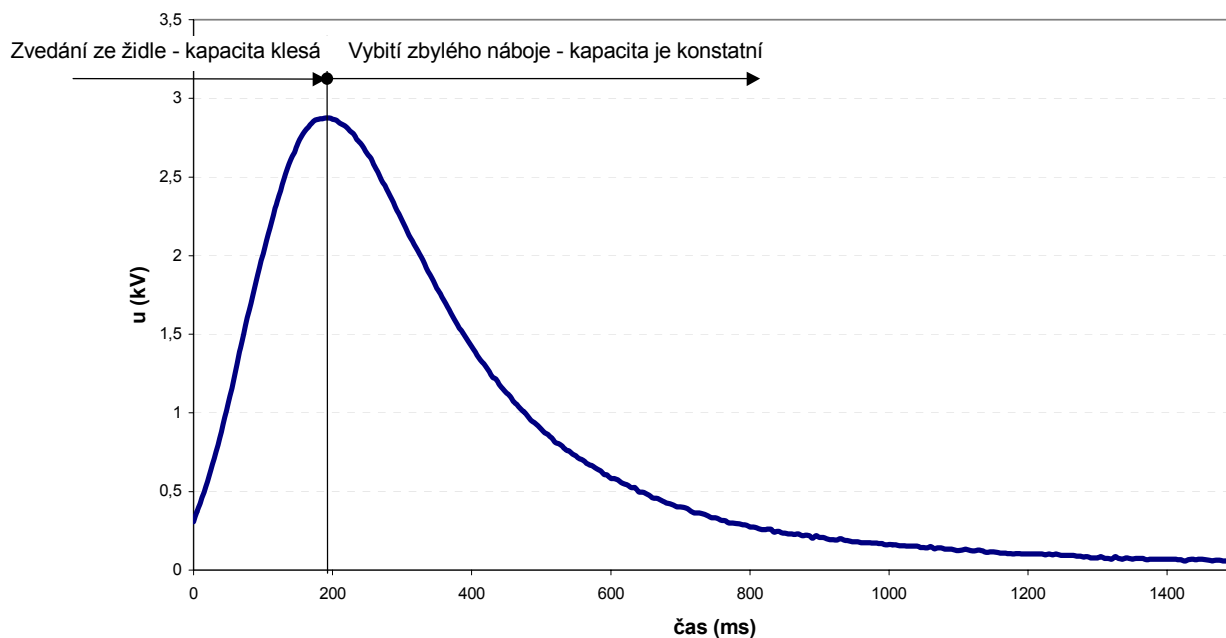
R_{Osc} – vnitřní odpor osciloskopu ($1M\Omega$)

O – osciloskop

Z daného schématu vyplývá, že měření vzniku a zániku náboje bylo převáděno napěťovým děličem, který tvořil odpor sondy RU-S2 a vnitřní odpor osciloskopu. Dělicí poměr tedy je 1:1000 a tím bylo zabezpečeno, že se nepřekročilo maximální vstupní napětí na osciloskopu i přes to, že se v elektrostaticce jedná o několik kV.

Průběh napětí na osciloskopu pak je znázorněn na grafu č.1.

Průběh napětí na osciloskopu při zvedání ze židle



Graf č. 1: Průběh napětí v časové závislosti na člověku při jeho zvedání ze židle.

Graf znázorňuje celý průběh vzniku a zániku elektrostatického potenciálu. Z toho vyplývá, že na vnitřním odporu osciloskopu a sodně byla zmařena veškerá energie vzniklého elektrostatického náboje. energii lze vyjádřit vztahem (1):

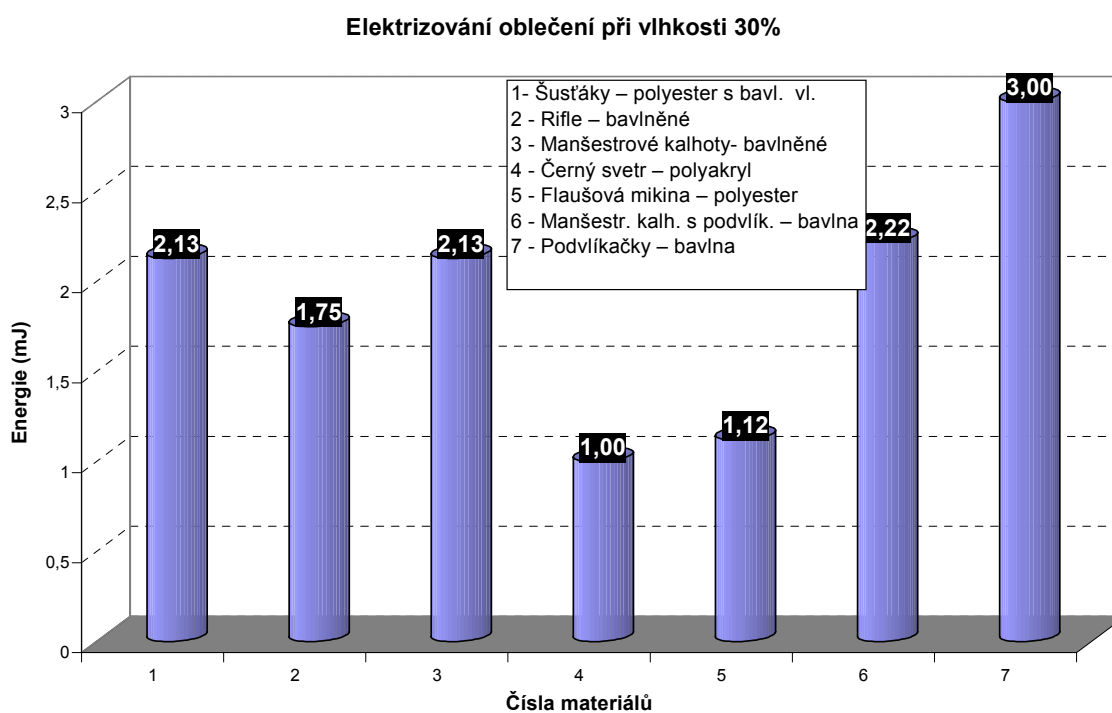
$$W = \int \frac{u(t)^2}{R} \cdot dt \quad (1)$$

kde W je energie v J
 $u(t)$ je časový průběh napětí ve V
 R je celkový odpor v Ω
 t je čas v s

Výsledné průběhy napětí tedy pak byly numericky integrovány obdélníkovou metodou.

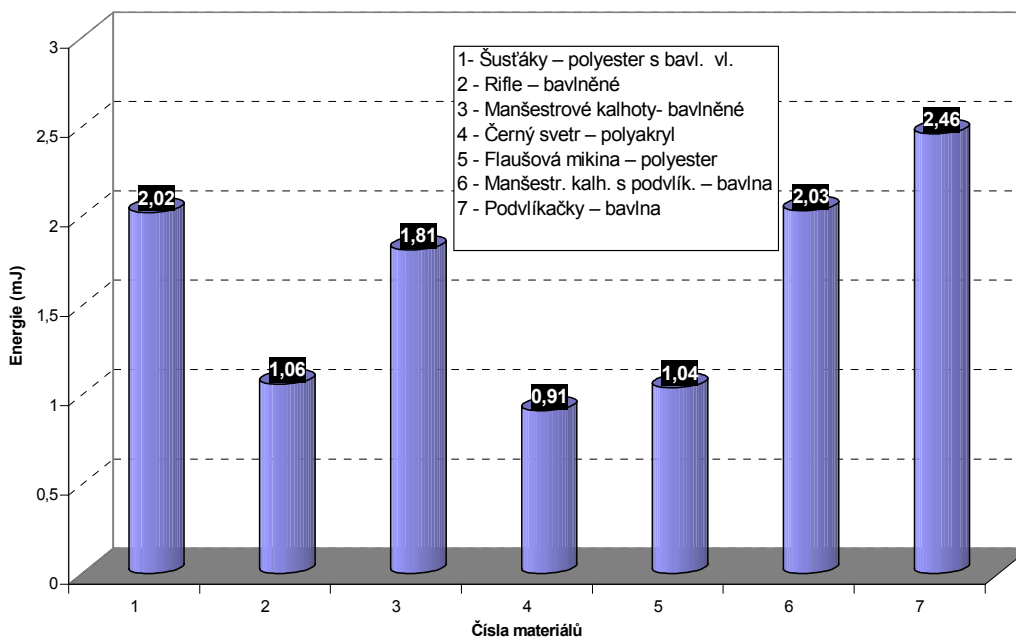
Vyhodnocení měření:

Pro názornost budou následovat výsledky dvou měření. Při dvou různých relativních vlhkostech vzduchu (dále jen vlhkosti). Při vlhkosti 30% a 40%.



Graf č. 2: Elektrizování oblečení při vlhkosti 30%.

Elektrizování oblečení při vlhkosti 40%



Graf č. 3: Elektrizování oblečení při vlhkosti 40%.
Nebezpečí iniciace hrozí jestliže:

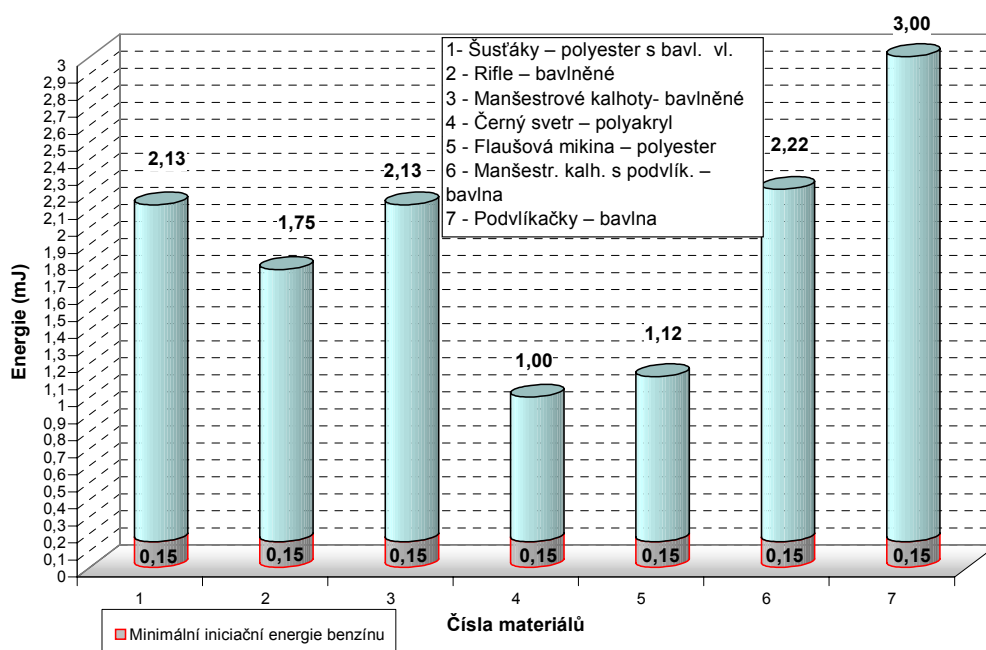
$$E > MIE$$

kde E energie skutečná v J

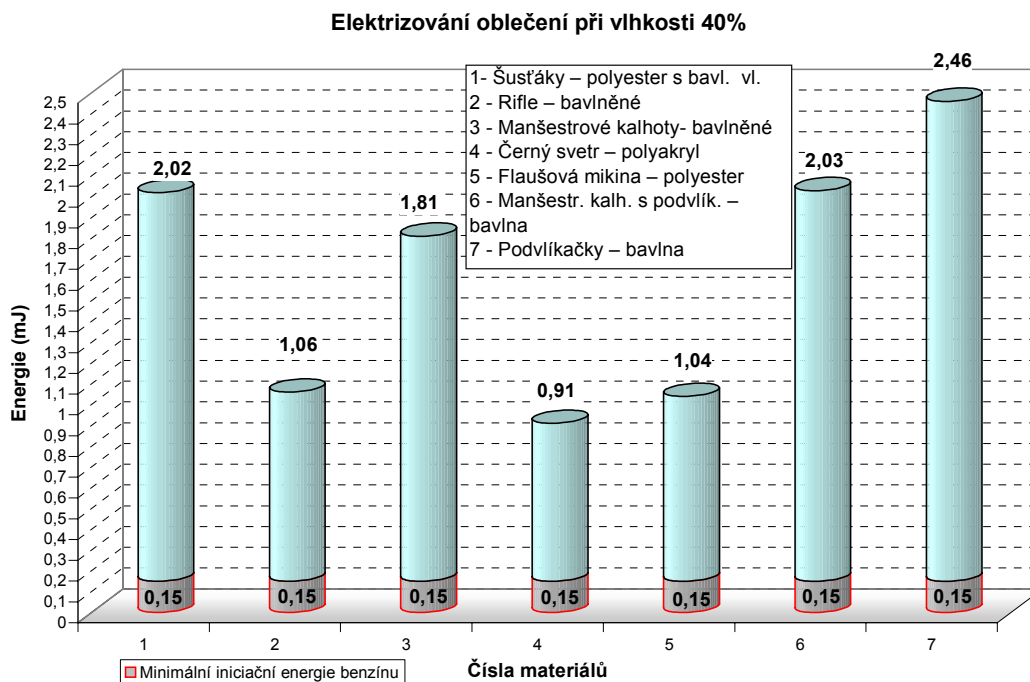
MIE minimální iniciační energie v J (pro benzín MIE = 0,15 mJ [5]).

Z porovnání naměřených energií (viz grafy 4. a 5.) vyplývá, že E je mnohonásobně vyšší, než MIE.

Elektrizování oblečení při vlhkosti 30%



Graf č. 4.: Porovnání výsledných energií nábojů s minimální iniciační energií benzínu. Měření bylo prováděno při relativní vlhkosti 30%.



Graf č. 5.: Porovnání výsledných energií nábojů s minimální iniciační energií benzínu. Měření bylo prováděno při relativní vlhkosti 40%.

Jiskry vzniklé z těchto naměřených energií jsou schopné iniciovat hořlavý soubor par benzínu se vzduchem.

Potvrzují to praktické měření, uvedená v literatuře [2] (autor inicioval směs par benzínu se vzduchem u hrdla otevřené nádrže jiskrou statické elektřiny; statický náboj byl vytvořen při tření člověka o sedačku z automobilu).

Některé vlivy ovlivňující velikost energie při elektrizování.

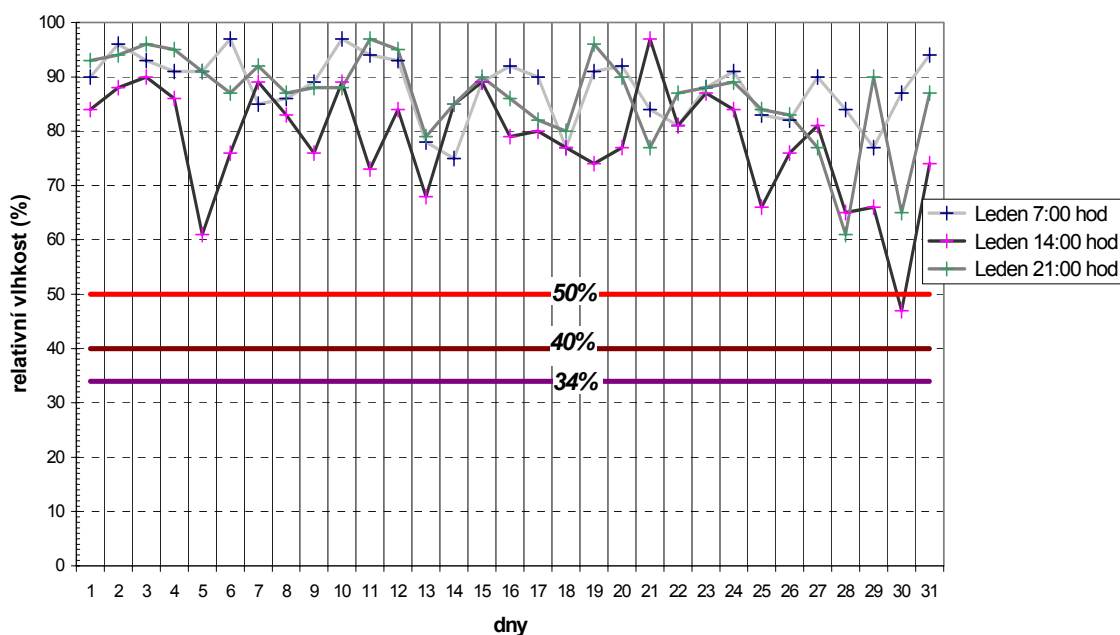
1) Vlhkost

Se zvětšující se vlhkostí se materiály hůře elektrizují. (viz Tabulka č. 1.)

Tabulka č. 1.: Hodnoty energií elektrostatického pole v závislosti na materiálu a relativní vlhkosti vzduchu (podle[1]).

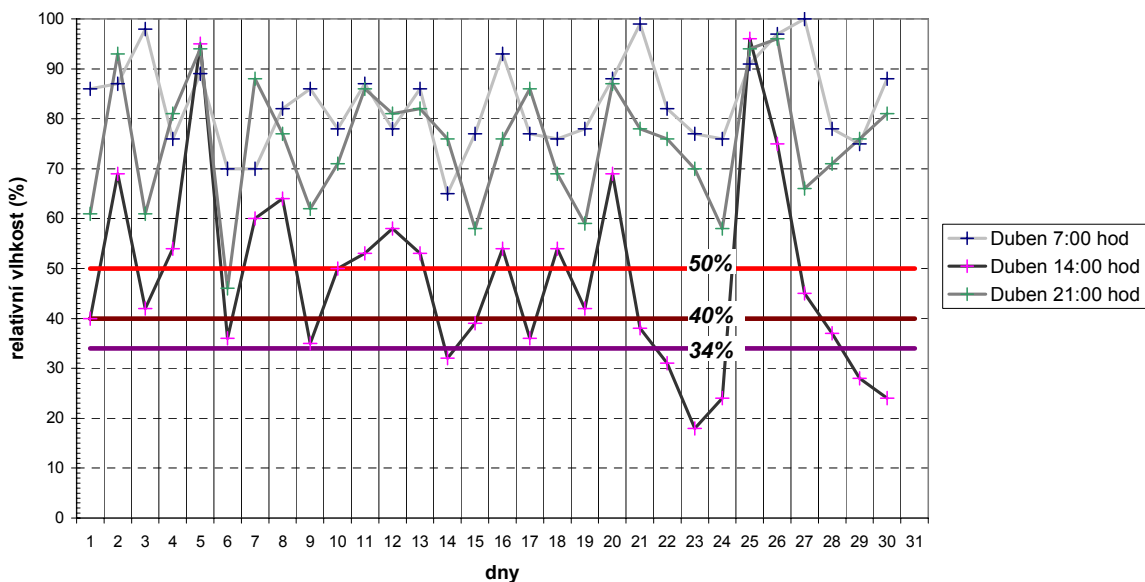
Mat. č.:	Popis materiálů:	Energie* (mJ)		
		Relativní vlhkost 30%	Relativní vlhkost 40%	Relativní vlhkost 54%
1	Šustáky – polyester s bavl. vl.	2,13	2,02	0,49
2	Rifle – bavlněné	1,75	1,06	0,12
3	Manšestrové kalhoty- bavlněné	2,13	1,81	0,13
4	Černý svetr – polyakryl	1,00	0,91	0,53
5	Flaušová mikina – polyester	1,12	1,04	0,82
6	Manš. kalh. s podvlík. – bavlna	2,22	2,03	-
7	Podvlíkačky – bavlna	3,00	2,46	-

**Průběh naměřené relativní vlhkosti vzduchu v lednu
v 7:00,14:00 a 21:00 hodin**



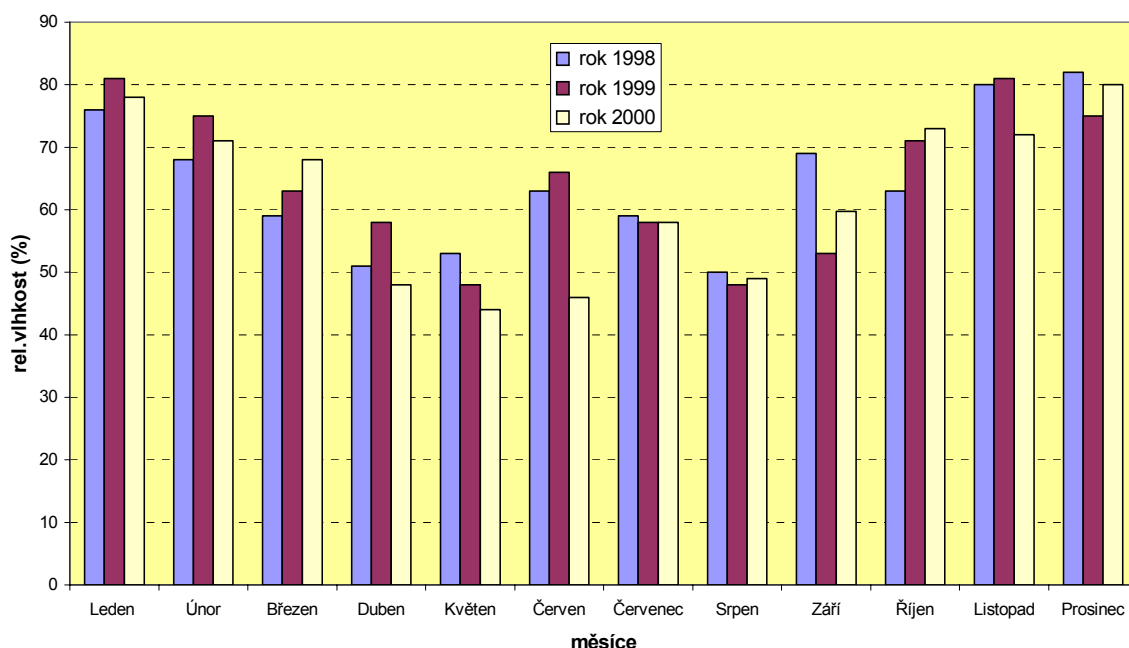
Graf č. 6.: Průběh naměřené relativní vlhkost v měsíci lednu v 7:00, ve 14:00 a ve 21:00 hodin.

**Průběh naměřené relativní vlhkosti vzduchu v dubnu
v 7:00,14:00 a 21:00 hodin**



Graf č. 7.: Průběh naměřené relativní vlhkost v měsíci dubnu v 7:00, ve 14:00 a ve 21:00 hodin.

**Průměrná relativní vlhkost vzduchu v závislosti na měsících
v roce 1998,1999 a 2000**



Graf č. 8.: Průběh průměrné relativní vlhkosti vzduchu v průběhu celého roku 1998,1999 a 2000.

Z tabulky č. 1. vyplývá, že jedním z významných vlivů na elektrostatické nabíjení je relativní vlhkost vzduchu. Proto je důležité znát její hodnoty v průběhu roku. Grafy č. 6, 7 a 8 uvádějí hodnoty relativní vlhkosti naměřené v hydrometeorologickém ústavu Ostrava-Poruba. Vlhkost je měřena vždy v 7:00, ve 14:00 a ve 21:00 hodin.

Z výsledků měření uvedených v tabulce č.1 vyplývá, že za nebezpečnou lze považovat hodnotu relativní vlhkosti pod 50%.

V průběhu roku klesne pod padesát procent jen v některých měsících a po určitou část dne. Například v měsíci lednu neklesne pod 50% vůbec (viz graf 6.) zatím co v měsíci dubnu až několikrát a to především kolem čtrnácté hodiny (viz graf 7.).

Z celkového grafu průběhu vlhkosti během roku (viz graf č. 8) vychází, že vlhkost klesá pod padesát procent pouze v období od dubna do konce srpna.

Z toho lze usoudit, že nebezpečí hrozí jen v krátkých časových intervalech.

2) Použité materiály oblečení

Při elektrizování materiálů se vyskytly určité odchylky. Například přiléhavé oblečení, jako jsou podvlíkačky (materiál č.7. viz tab. č.1.) nabíjí lidské tělo na větší energii ve srovnání s několikvrstevným oblečením, jako je např. materiál č. 6. (viz tab. č.1). Přiléhavý materiál pravděpodobně snáze předá vzniklý náboj lidskému tělu a tím i vyšší energii. To svědčí o nebezpečí především u dámských punčochových kalhot, které jsou vhodné na elektrizaci a jsou přilehající k tělu. To také potvrzují praktické pokusy [2].

3) Vlhkost kůže a rychlost zvedání člověka ze sedačky

Pokusy s těmito vlivy uvádí lit [1]. Při zvyšování vlhkost kůže klesá schopnost statického nabíjení.

Se zvětšující se rychlostí zvedání člověka ze sedačky roste napětí i velikost náboje. Pro kvantifikaci těchto vlivů bude zapotřebí provést další měření.

Závěr

Z výše uvedených skutečností vyplývá, že při tankování benzínu hrozí nebezpečí iniciace směsi benzinových par se vzduchem.

Literatura

1. ŠIMANDL, L. *Iniciační energie potřebná k iniciaci par pohonných hmot*. Diplomová práce. Ostrava: VŠB-TU, 2001, 70 s.
2. KALOUZ, S. *Nebezpečí výbuchu par benzínu v nádržích automobilů*. Diplomová práce. Ostrava: VŠB-TU, 2001.
3. ŠROM, I. *Spis o požáru oděvu na řidiči nákl. automobilu LIAZ*. Frýdek-Místek: HZS okr. Frýdek-Místek, 1995, č.j. PO-2220/95, evid. č. požáru 3802950406.
4. DAMEC, J. *Protivýbuchová prevence*. 1 vyd. Ostrava: SPBI VŠB - TU, 1998. 188 s. ISBN 80-86111-21-0
5. PETŘINA, V. *Statická elektřina a požární ochrana*. 1 vyd. Praha: Svaz požární ochrany ČSSR, sv.58, 1979. 265 s.

Summary

The accumulated energy of electrostatic on human body reached a value twenty times higher than the minimal ignition energy of gasoline vapours. So it was found out that the danger by fuelling of a possible discharge of static electricity could be very high. However, the mentioned danger could be influenced for example by relative humidity of air etc.