

# Štúdium polyamidu 12 očkovaného pôsobením bariérovej výbojovej plazmy

Štefan Florián<sup>1</sup>, Igor Novák<sup>1</sup>, Ján Sedliačik<sup>2</sup>, Ivan Chodák<sup>1</sup>,  
Angela Kleinová<sup>1</sup>, Milena Špírková<sup>3</sup>

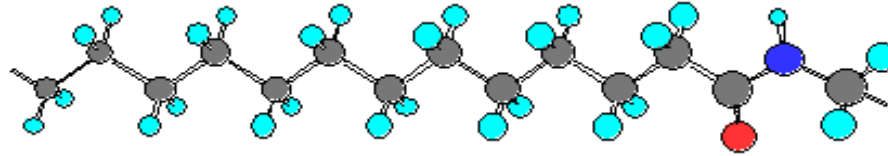
<sup>1</sup> Ústav polymérov SAV, Dúbravská cesta 9, 845 41 Bratislava, Slovensko

<sup>1</sup> Scientica, s.r.o., Hybešova 33, 831 06 Bratislava, Slovensko

<sup>2</sup> TU vo Zvolene, Drevárska fakulta, Zvolen, Slovensko

<sup>3</sup> Ústav makromolekulární chemie Akademie věd České republiky, Praha,  
Česká republika

*E-mail: upolflor@savba.sk*



## Polyamid (PA 12)

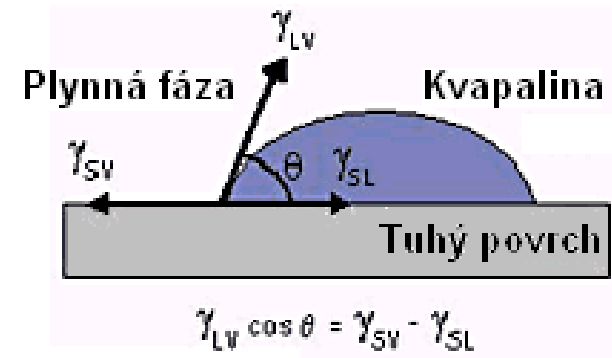
### Vplyv povrchovej úpravy na polymérne povrchy

Duprésova rovnica:  $W_{AB} = \gamma_A + \gamma_B - \gamma_{AB}$

Tuhé povrchy:

Nepriame stanovenie povrchovej energie pomocou merania uhla zmáčania ( $\Theta$ ) rovnovážnej formy kvapky:

$$\gamma_s = \gamma_{sl} + \gamma_L \cdot \cos \Theta$$



**Schéma 1** Nákres kvapky na tuhom povrchu s popisom zodpovedajúcim Youngovmu vzťahu

po dosadení do Duprésovej rovnice dostaneme Young-Duprésovu rovnicu:

$$W_{sl} = \gamma_L (1 + \cos \Theta)$$

**Fowkes:**  $\gamma_{sl} = \gamma_s + \gamma_l - 2\sqrt{(\gamma_s^d \gamma_l^d)}$

**Owens Wendt:**  $\gamma_{sl} = \gamma_s + \gamma_l - 2(\sqrt{(\gamma_s^d \gamma_l^d)} + \sqrt{(\gamma_s^p \gamma_l^p)})$

$$(1 + \cos \theta) \gamma_l = 2(\sqrt{(\gamma_s^d \gamma_l^d)} + \sqrt{(\gamma_s^p \gamma_l^p)})$$

**OWRK:**  $(1 + \cos \theta)/2 \gamma_l / \sqrt{\gamma_l^d} = \sqrt{\gamma_s^d} + \sqrt{\gamma_s^p} \sqrt{(\gamma_s^p \gamma_l^d)}$

**Acidobázická teória:**  $\gamma = \gamma^{LW} + \gamma^{AB}$

$$\gamma^{AB} = 2\sqrt{(\gamma^+ \gamma^-)}$$

$(1 + \cos \theta_i) \gamma_i = 2(\sqrt{(\gamma_i^{LW} \gamma_j^{LW})} + \sqrt{(\gamma_i^+ \gamma_j^-)} + \sqrt{(\gamma_j^+ \gamma_i^-)})$

# EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Nízko hustotný polyetylén (LDPE)

Polyamid 12 (PA12)

Polyetylhexylakrylát

Acetón

Metanol a voda

Očkovacie látky

Testovacie kvapaliny

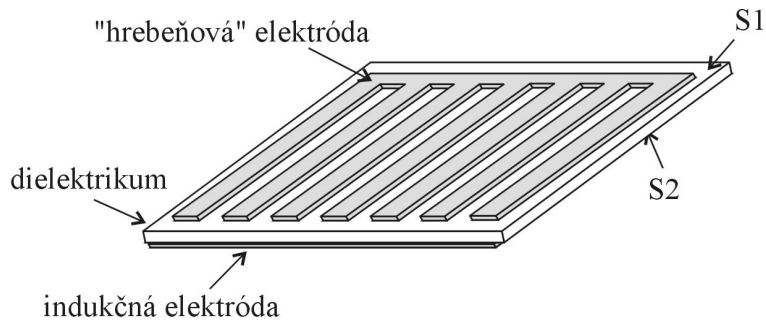


Schéma 4 Schéma dielektrického povrchového bariérového výboja



Mikroskopický goniometer Amplival Pol

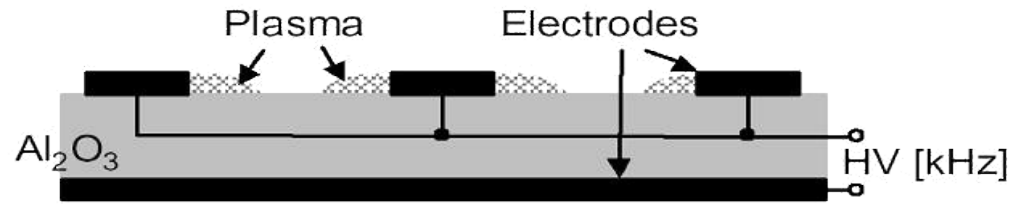


Schéma 2 Priečny rez elektród DSBD výboja

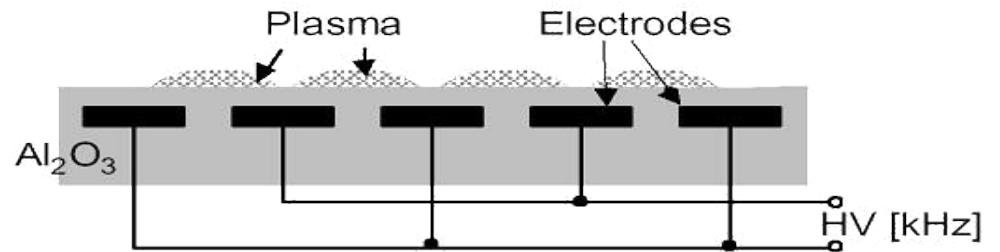
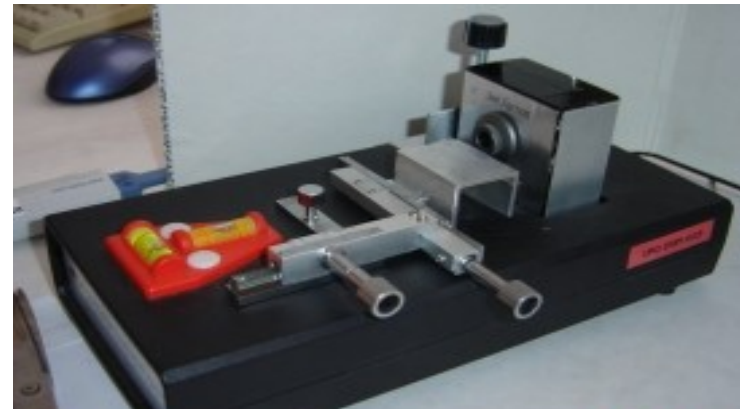
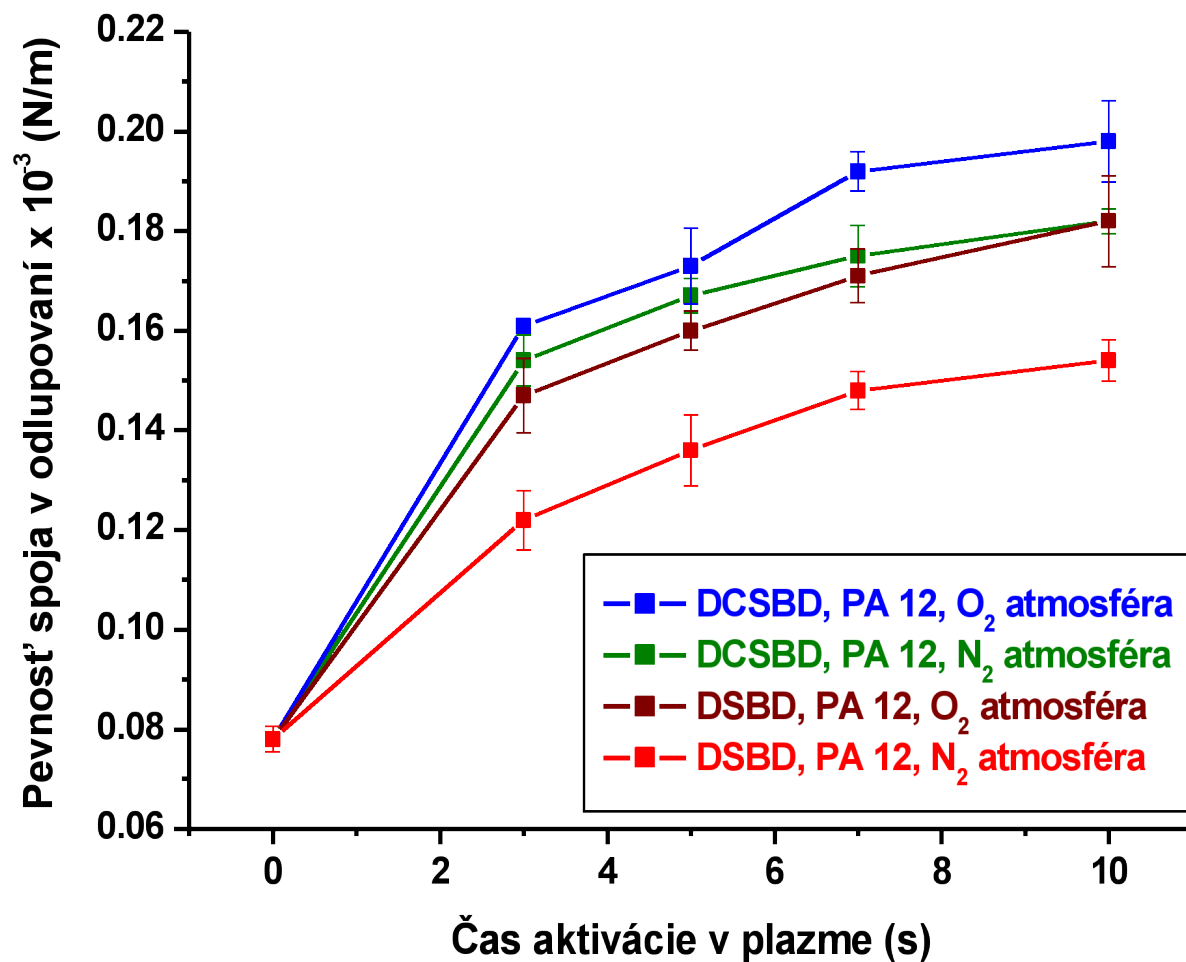


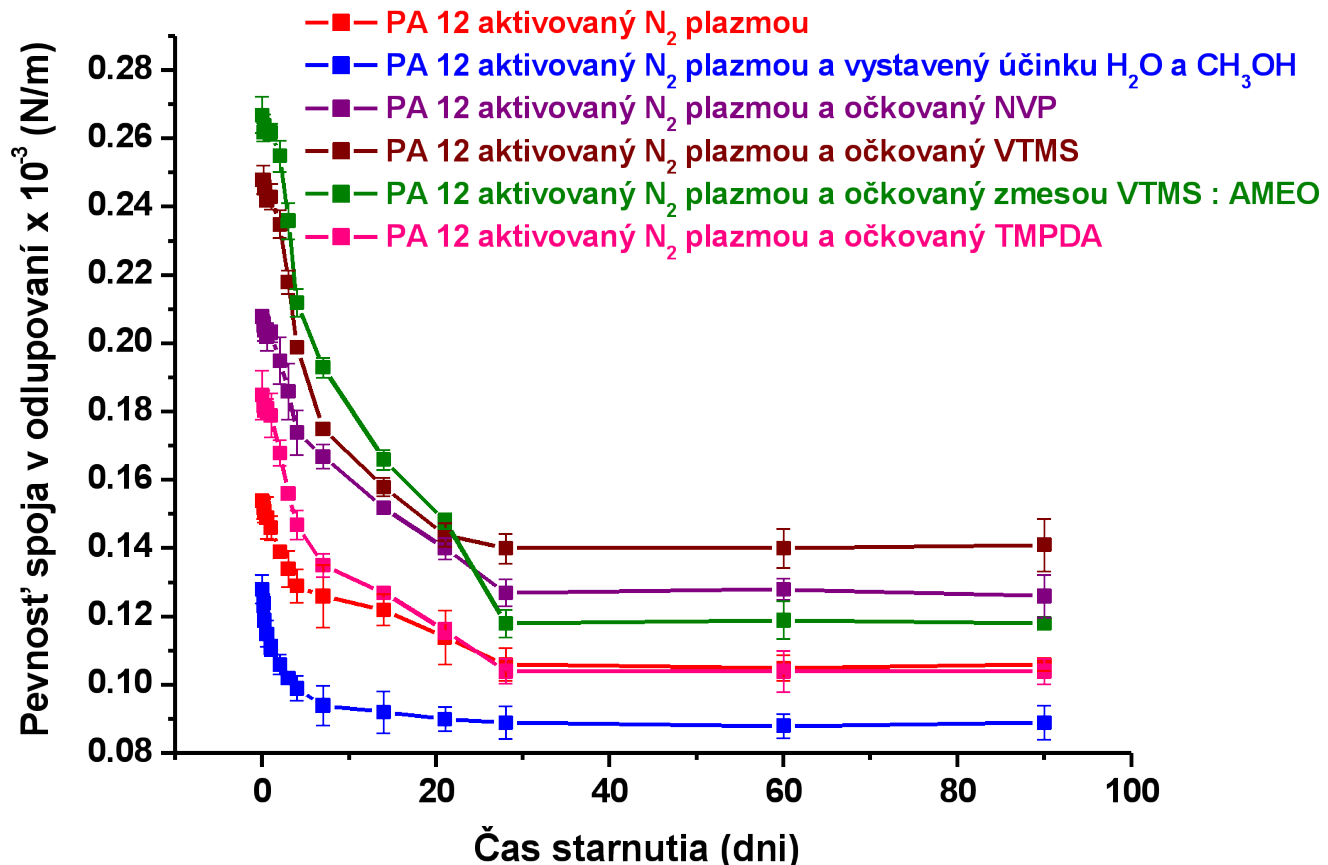
Schéma 3 Priečny rez elektród DCSBD výboja



SEE systém



**Obr. 1** Vplyv účinku typu plazmového výboja na adhéziu PA 12 ku polyakrylátu v atmosfére O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>

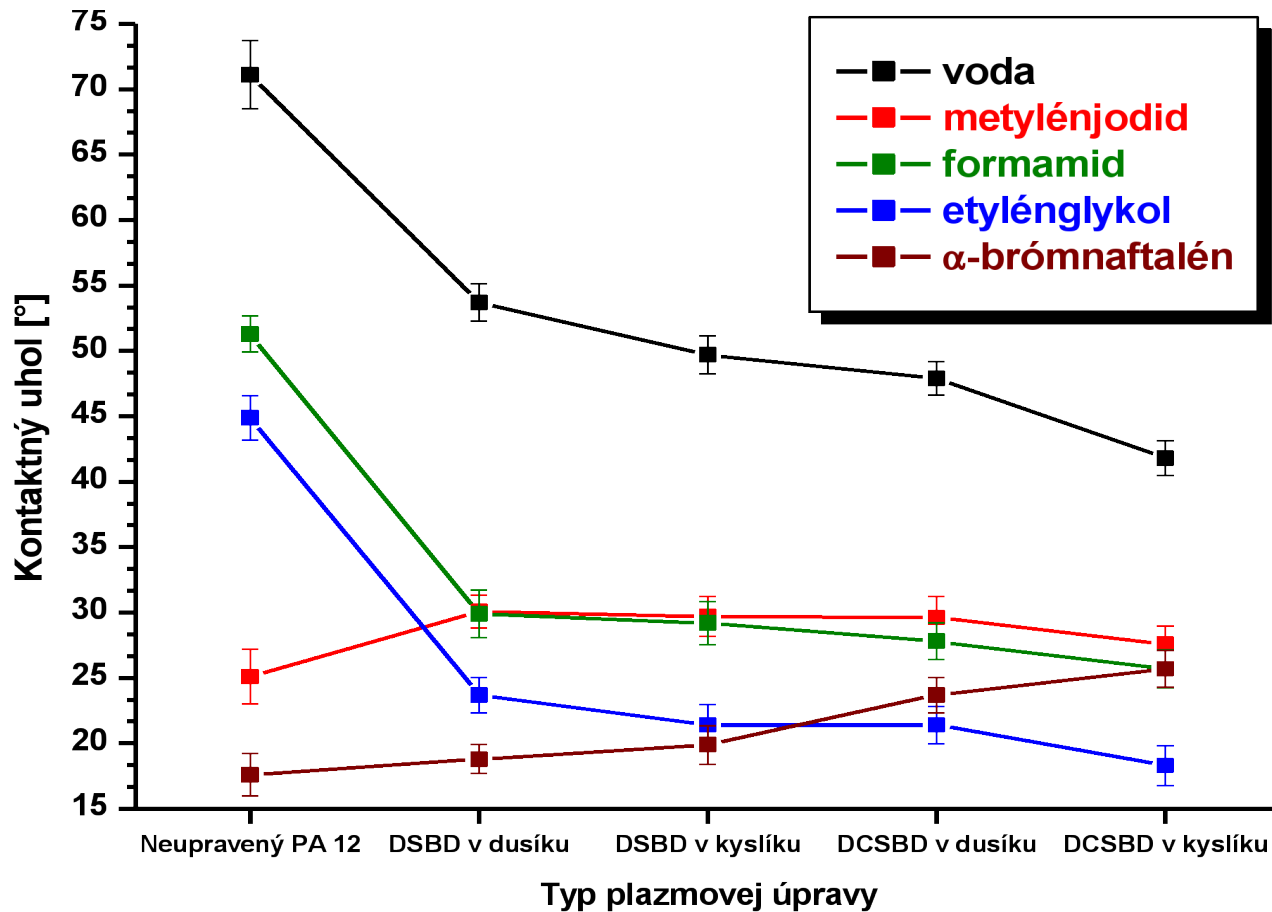


**Obr. 2 Vplyv DSBD plazmového výboja a očkovania na starnutie PA 12 fólií**

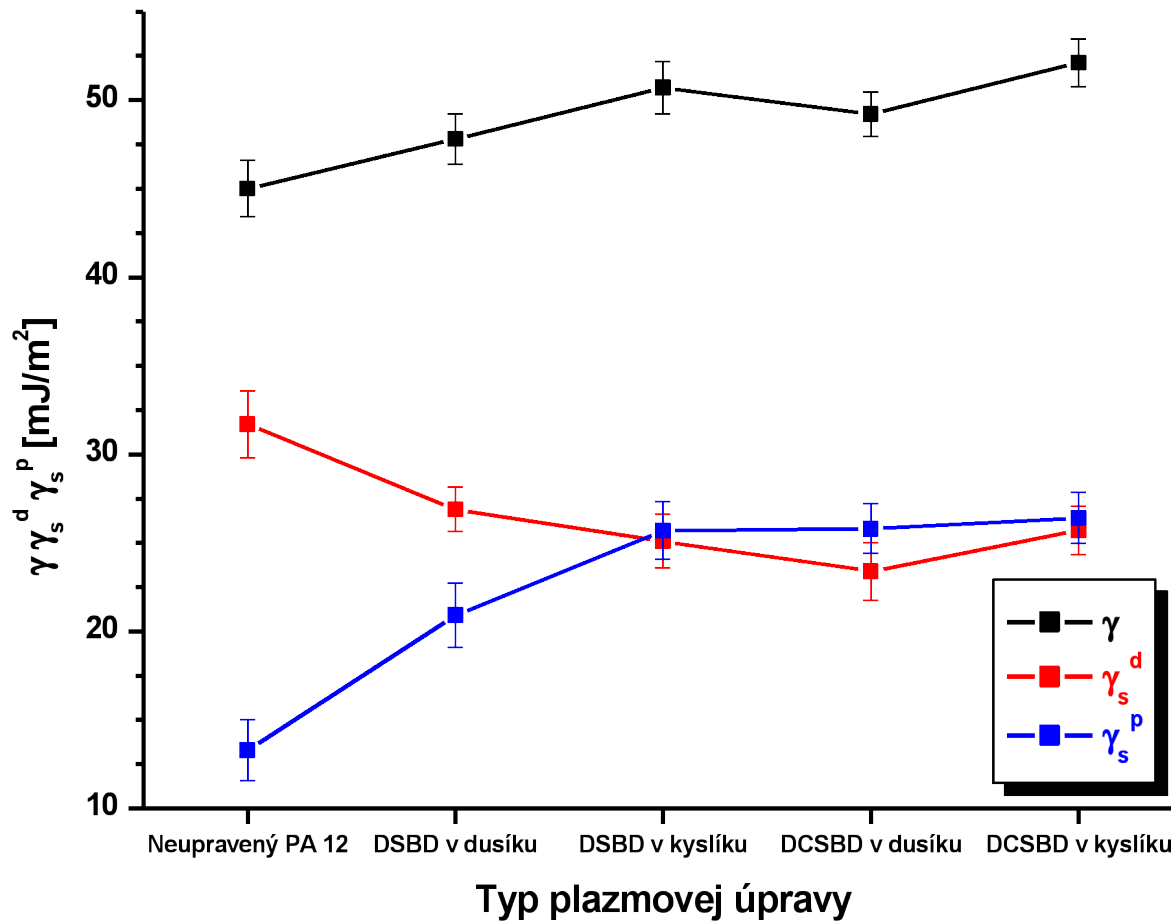
**a stabilitu plazmou modifikovanej vrstvy v závislosti od použitia očkovacej látky, sledovaný v N<sub>2</sub> atmosfére**

**VTMS : AMEO > VTMS > NVP > TMPDA**

## Vplyv plazmy na hodnoty povrchovej energie PA 12 meraním uhlov zmáčania

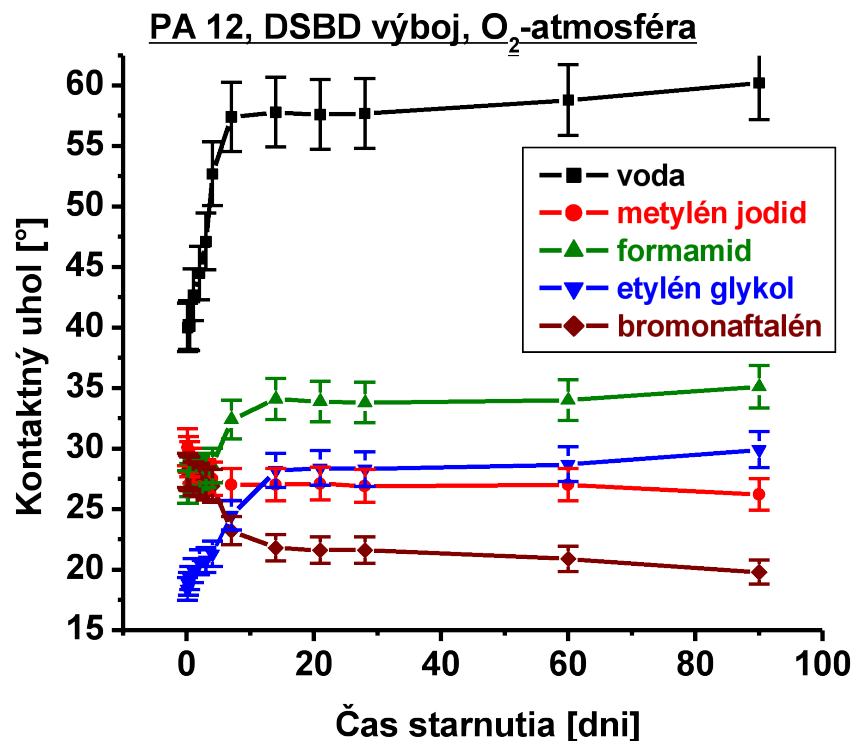


**Obr. 3 Zmena hodnôt uhlov zmáčania v závislosti od spôsobu aktivácie PA 12 fólií v DSBD výboji a DCSBD výboji**



**Obr. 4 Zmena hodnôt povrchových energií a ich zložiek vypočítaných pomocou OWRK metódy v závislosti od spôsobu aktivácie PA 12 fólií v DSBD a DCSBD výboji**

# Vyhodnotenie vplyvu plazmovej modifikácie a očkovania na povrchové vlastnosti PA 12

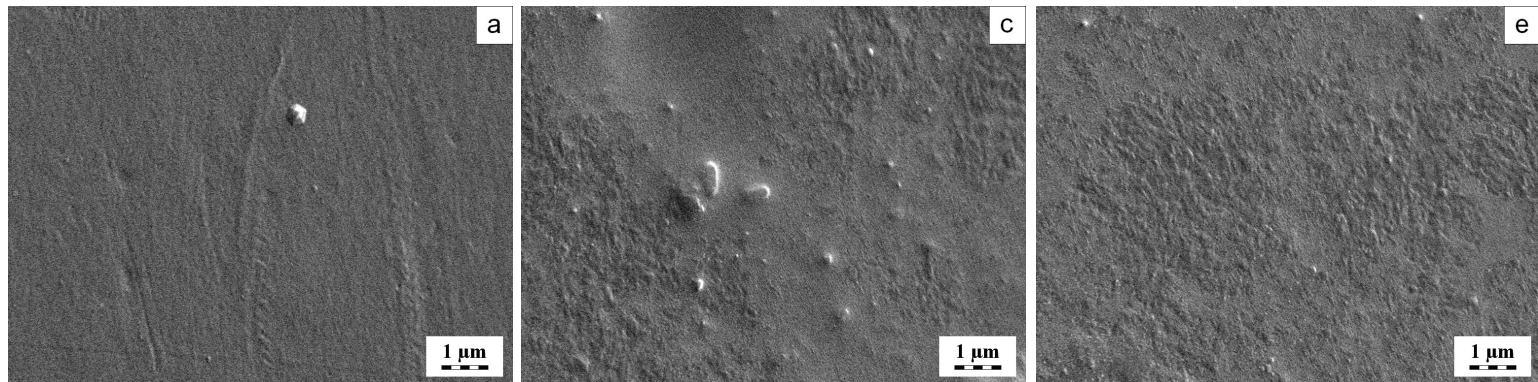


Obr. Zmena hodnôt uhlov zmáčania v závislosti od času starnutia PA 12 fólií v DSBD výboji za prítomnosti kyslíka

Aktivovaný polymér > VTMS:AMEO > VTMS > NVP > TMPDA > CH<sub>3</sub>OH+H<sub>2</sub>O > Pôvodný polymér

# Štúdium charakteru fyzikálnych a chemických zmien na povrchu PA 12 po modifikácii plazmou

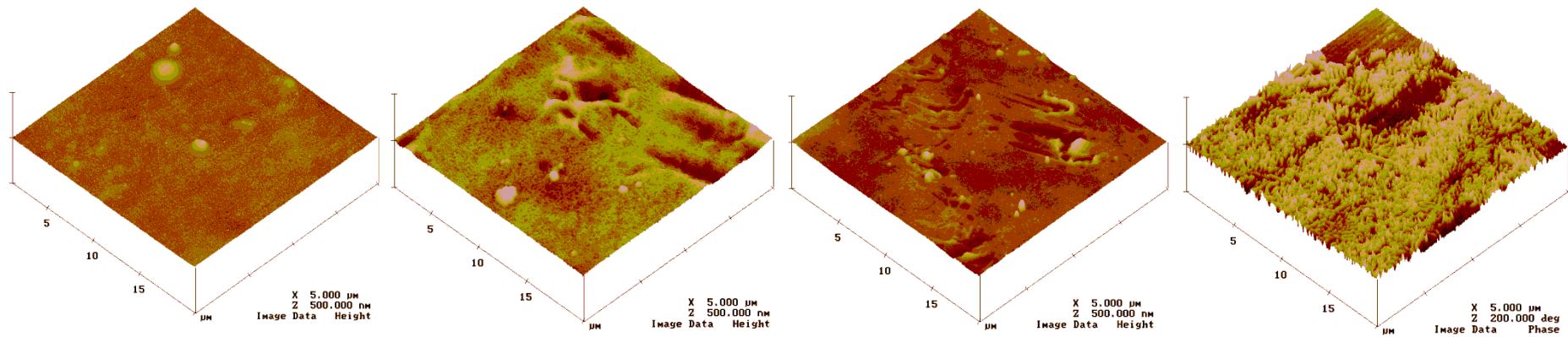
*Hodnotenie zmien morfológie plazmou modifikovaných povrchov PA 12 metódami SEM a AFM*



Obr. 17 Porovnanie plazmou neupravenej (a), v N<sub>2</sub> plazme (c) a v O<sub>2</sub> plazme (e) povrchovo modifikovanej PA 12 fólie v DSBD výboji pri čase aktivácie 10s

# Štúdium charakteru fyzikálnych a chemických zmien na povrchu PA 12 po modifikácii plazmou

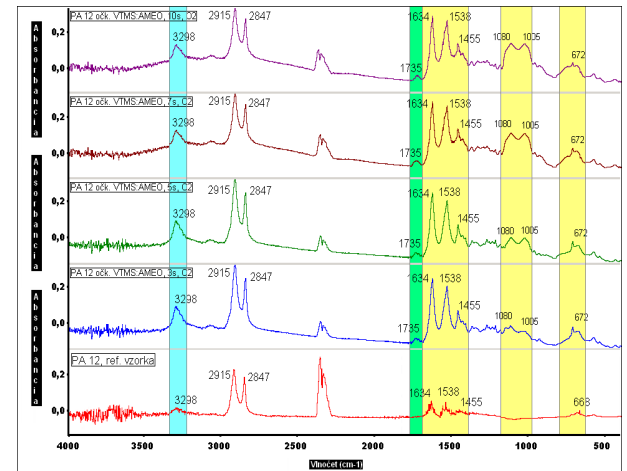
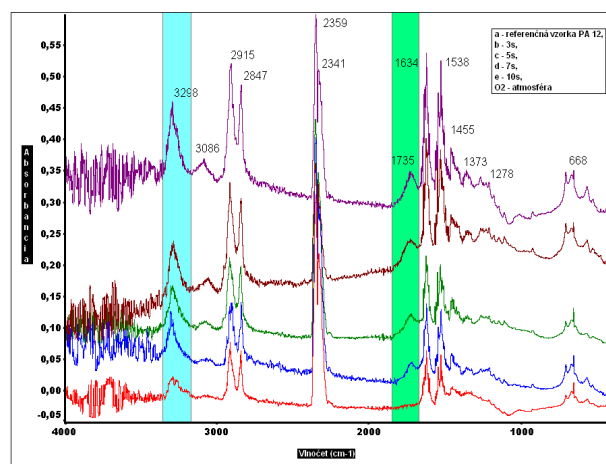
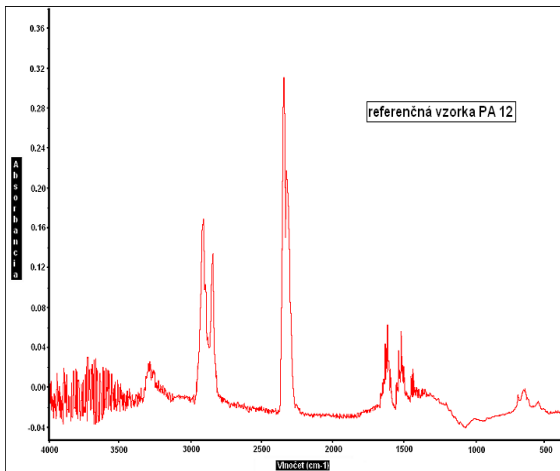
*Hodnotenie zmien morfológie plazmou modifikovaných povrchov PA 12 metódami SEM a AFM*



Obr. 19 AFM snímky ref. PA 12, aktivovaného v N<sub>2</sub>, aktivovaného v O<sub>2</sub> a aktivovaného a následne očkovaného VTMS:AMEO snímané vo výškovom režime

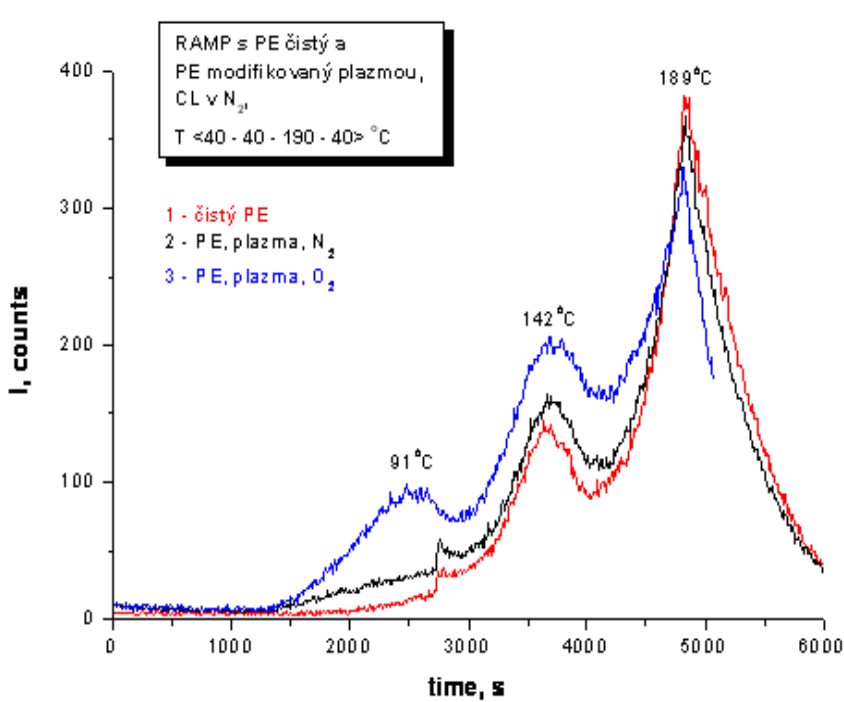
# Štúdium charakteru fyzikálnych a chemických zmien na povrchu PA 12 po modifikácii plazmou a následnom očkovaní

Analyza chemických zmien povrchových vrstiev PA 12 fólií metódou FTIR ATR

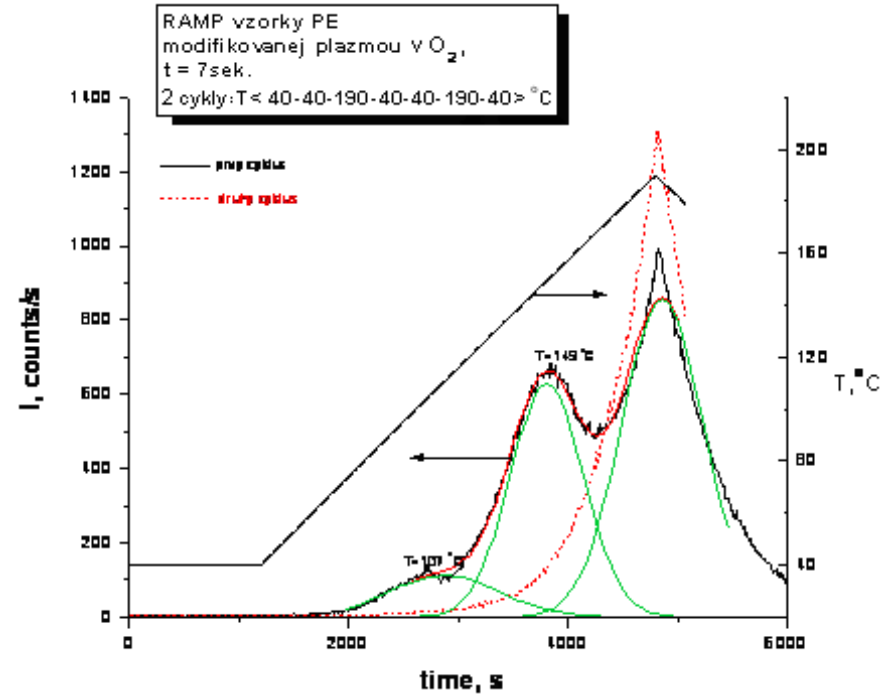


# Štúdium charakteru fyzikálnych a chemických zmien na povrchu LDPE a PA 12 po modifikácii plazmou

Vplyv plazmy na chemickú zmenu LDPE fólií vyhodnotený metódou chemiluminiscencie



Obr. 20 Chemiluminiscenčné spektrá neupravenej a N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> plazmou upravenej LDPE fólie pri čase aktivácie v plazme 10 s podrobené 1 cyklu v dusíku



Obr. 21 Chemiluminiscenčné spektrá O<sub>2</sub> plazmou upravenej LDPE fólie pri čase aktivácie v plazme 7 s podrobené 2 cyklom v dusíku

# ZÁVER

- 1 **Modifikácia plazmou pozitívne vplýva na hodnoty odlupovacej sily bez ovplyvnenia mechanických vlastností polymérov**
- 2 **Rast povrchovej energie LDPE a PA 12 modifikovaného plazmou je sprevádzaný zvýšením zmáčateľnosti modifikovaného povrchu LDPE a PA 12**
- 3 **Očkovaním látok na plazmou aktivovaný polymér sa dosiahne zlepšenie adhézneho spoja, vytvorenie nových funkčných skupín a tým aj zvýšenie stability vrstvy**
- 4 **Stabilita plazmou vytvorenej povrchovej vrstvy zaručuje využitie plazmy pre rôzne aplikácie do praxe**
- 5 **Účinkom plazmy dochádza k zvýšeniu fyzikálnej drsnosti povrchu potvrdené SEM a AFM metódou**
- 6 **Dochádza k zmene chemického zloženia povrchovej vrstvy v dôsledku prebiehajúcich oxidačných procesov potvrdenej chemiluminiscenciou, FTIR ATR a XPS metódou**

Táto prezentácia vznikla vďaka podpore v rámci OP Výskum a vývoj pre projekt: **Vývoj ekologických metód pre kontrolu populácií vybraných druhov lesných škodcov v zraniteľných vysokohorských oblastiach Slovenska** (ITMS: 26220220087), spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.



**Európska únia**  
Európsky fond regionálneho rozvoja



SCIENTICA



**ĎAKUJEM ZA POZORNOSŤ**