

Ing. Petr Klouda, Ing. Antonín Novák, Ing. Ladislav Bašta, Ing. Vlastimil Moni, Ing. Karel Strakoš, Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most

Porovnání tvaru zubů systému BAMPU a ESCO na energetickou náročnost a životnost

Přijato: 14. 4. 2008, recenzováno: 30. 8. 2008

Příspěvek stručně popisuje metodiku řešení, výsledky a postup realizovaného komplexního měření na lomovém velkostroji. Měření proběhlo v podmínkách in situ. Měření je součástí grantového projektu č. 105/07/1031 s názvem „Výzkum vlivu tvaru a geometrie břitu rozpojovacích orgánů kolesových rýpadel pomocí nových metod na energetickou náročnost a životnost“.

Comparison of BAMPU and ESCO Systems Tooth Patterns to Energy Demand and Durability

The paper shortly describes a methodology of solving, results, and procedure of a complex measurement realised on a mining excavator. The measurement run under in situ conditions.

Vergleich der Zahnformen des Systems BAMPU und ESCO aus der Sicht der Energieansprüche und der Lebensdauer

Der Beitrag stellt kurz die Lösungsmethodik, Ergebnisse und das Verfahren einer umgesetzten komplexen Messung auf einem Tagebaugroßgerät dar. Die Messung ist in den Bedingungen in situ abgelaufen. Die Messung ist ein Bestandteil des Förderprojektes Nr. 105/07/1031 unter dem Titel „Forschung der Wirkung der Schneidkantenform und -geometrie von Lösungsorganen der Schaufelradbagger mithilfe neuer Methoden auf den Strombedarf und die Lebensdauer.“

Úvod

Hlavním cílem grantového projektu je výzkum vztahů mezi geometrií břitu rozpojovacího orgánu rýpadla (korečku) a jemu příslušející energetickou náročností, životností a tepelným obrazem (termogramem) v daných báňsko-geologických podmínkách. Geometrie řezného procesu ovlivňuje nejen ekonomiku-rentabilitu dobývacího procesu, ale i nepřímo životní prostředí prostřednictvím energetické náročnosti, prašnosti a hlučnosti. Optimalizace řezné geometrie vede k jejich snížení.

Jde tedy o funkce:

termogram = $f(\text{geometrie břitu, geologické podmínky, opotřebení})$

energetická náročnost = $f(\text{geometrie břitu, geologické podmínky, opotřebení})$

opotřebení = $f(\text{geometrie břitu, geologické podmínky, termogram})$, kde energetická náročnost = kWh/m³r.z.

geologické podmínky = třída dobývatelnosti

termogram = střední nebo maximální teplota břitu (zubu)

opotřebení = % max. opotřebení

Vzhledem ke složitosti řešení výše uvedených vztahů bylo řešení omezeno na rýpadla typu KU 800.

Metodika řešení

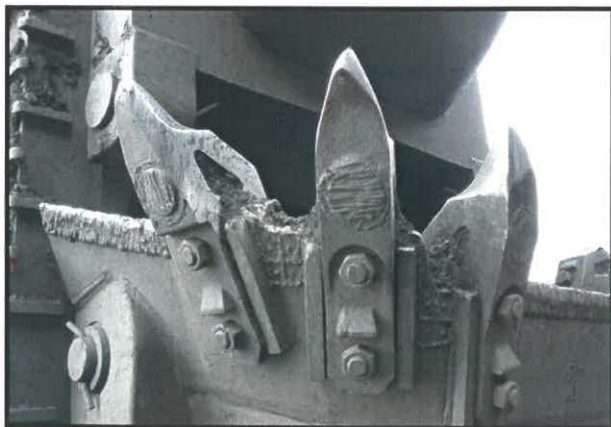
Pro řešení grantového projektu byl navržen následující postup:

- stanovit stroje, na nichž bude realizováno sledování a měření břitů koreček a zubů; tím budou vytipovány řezné geometrie vstupující do řešení projektu
- stanovit termíny a doby sledování
- provést potřebná měření rypných a rozpojovacích odporů, výkonnosti a spotřeby energie doplněné o termovizní měření; předpokládá se měření u nových zubů (břitů) a zubů (břitů) cca ve středu a na konci jejich technického života
- sledovat životnost břitů vytipovaných koreček a životnost zubů
- provést laboratorní analýzy příslušných vzorků hornin, budou využity vzorky odebrané přímo ze skryvkového řezu
- stanovení vztahů

energetická náročnost = $f(\text{geometrie břítu, geologické podmínky})$
 energetická náročnost = $f(\text{termogram})$
 - stanovení vztahu
 termogram = $f(\text{geometrie břítu, geologické podmínky})$

Koncem roku 2007 byla na velkostroji KU 800.20 provedena výměna zubového systému BAMPU za systém se zuby ESCO. Oba systémy byly aplikovány na korečcích totožné konstrukce. S cílem porovnání obou systémů – geometrií – VÚHU Most provedl na tomto velkostroji tři měření, jejichž obsah a výsledky lze použít při řešení grantového projektu. Dále následuje stručný popis měření a jeho výsledky.

Podstata měření spočívá v měření měrných rypných a rozpojovacích sil tzv. nepřímou metodou, doplněnou o termovizní měření povrchové teploty zubů.



Obr. 1 – Uchycení zubu BAMPU na bandáži korečku

Systém ESCO

Zubový systém ESCO Super V se skládá z adaptéru, zubové korunky zajišťovacího kolíku. Adaptér je navařený na bandáži korečku. Na adaptér se nasazuje zubová korunka. Proti jejímu uvolnění slouží zajišťovací kolík. Osazení zubů na korečku je patrné z obr. 2.

Pro porovnání byly vybrány tyto parametry:

- 1/ velikost příkonu pohonu kola v závislosti na těženém množství zeminy
- 2/ velikost příkonu pohonu otoče v závislosti na těženém množství zeminy
- 3/ měrná rypná a rozpojovací síla
- 4/ výsledky laboratorních zkoušek dobývané zeminy – pevnost v prostém tlaku
- 5/ tepelné zatížení břitů zubů získané pomocí termovizního měření
- 6/ časový interval výměny zubů

Systém BAMPU

umožňuje používat různé tvary zubů vzhledem k těžebním podmínkám a tím do jisté míry ovlivňovat rypnou sílu, výkonnost stroje či vlastní opotřebení zubů. Na obr.1 je pohled na koreček osazený systémem BAMPU.



Obr. 2 – Koreček osazený zuby ESCO

Měření č.1

Měření se provádělo v bloku, který byl dobýván 4-lávkovou technologií. Blok byl převážně tvořen jílovcovitými sedimenty, jež byly v celém svém profilu prostoupeny nepravidelně orientovanými tektonickými poruchami. V řezu se nevyskytovaly žádné pevné polohy – proplástky. Koleso pracovalo se systémem BAMPU se zuby středně opotřebovanými.

Zjištěné průměrné hodnoty základních veličin při měření rypných odporů ve 2. lávce jsou uvedeny v tab. 1

Tab. 1

s / m /	b / m /	P_{rst} / kW /	P_{max} / kW /	F_{MR} / kN.m ⁻¹ /	F_{MP} / kN.m ⁻¹ /
0,51	0,08	1020,44	1949,22	84,23	90,85

s - hloubka třísky horniny /m/, b - šířka třísky horniny /m/, P_{rst} - střední hodnota rozpojovacího výkonu kola /kW/,
 P_{max} - maximální hodnota příkonu pohonu kola /kW/, F_{MR} - střední hodnota měrné rozpojovací síly /kN.m⁻¹/,
 F_{MP} - střední hodnota měrné rypné síly /kN.m⁻¹/

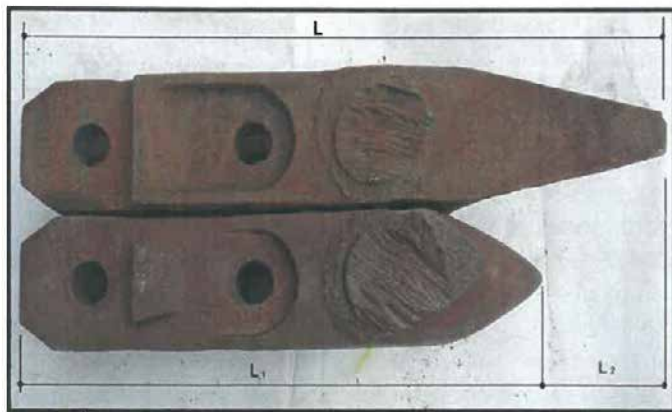
Opotřebení zubů BAMPU

Za sledované období, tj. od 4. 9. do 6. 11. 2007, lze těžební proces charakterizovat výkonnostními parametry:

- skryvka ... průměr $1840 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
- uhlí průměr $1130 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$

Ve sledovaném období pak bylo vyměněno celkem 120 ks zubů.

Porovnání stavu opotřebeného zubu s novým zubem je patrné z obr. 3



Obr. 3 Úbytek zubu o délce $L_2 = 100 \text{ mm}$ hmotnost $G_2 = 2,0 \text{ kg}$

Vyhodnocení vlastní dobývané horniny

Při měření měrných rypných a rozpojovacích sil byly odebrány 2 vzorky dobývané horniny z měřené lávky č. 2 za účelem provedení laboratorního rozboru. Zjištěna byla pevnost v prostém tlaku těžené zeminy $\sigma_c = 2,1 \text{ MPa}$.

Termovizní měření zubů BAMPU

Pro vyhodnocování termogramů byly použity přehledné formuláře, do kterých jsou zapsány veškeré potřebné údaje pro správné vyhodnocení. Každému termogramu přísluší jeden formulář. Na obr. 4 je příklad formuláře. Ze všech měřených teplot zubů byla naměřena nejvyšší povrchová teplota zubu $89,1^\circ\text{C}$,

průměrná 58°C , tzn. stoupla z počáteční průměrné teploty $17,2^\circ\text{C}$ v průměru o $40,8^\circ\text{C}$.

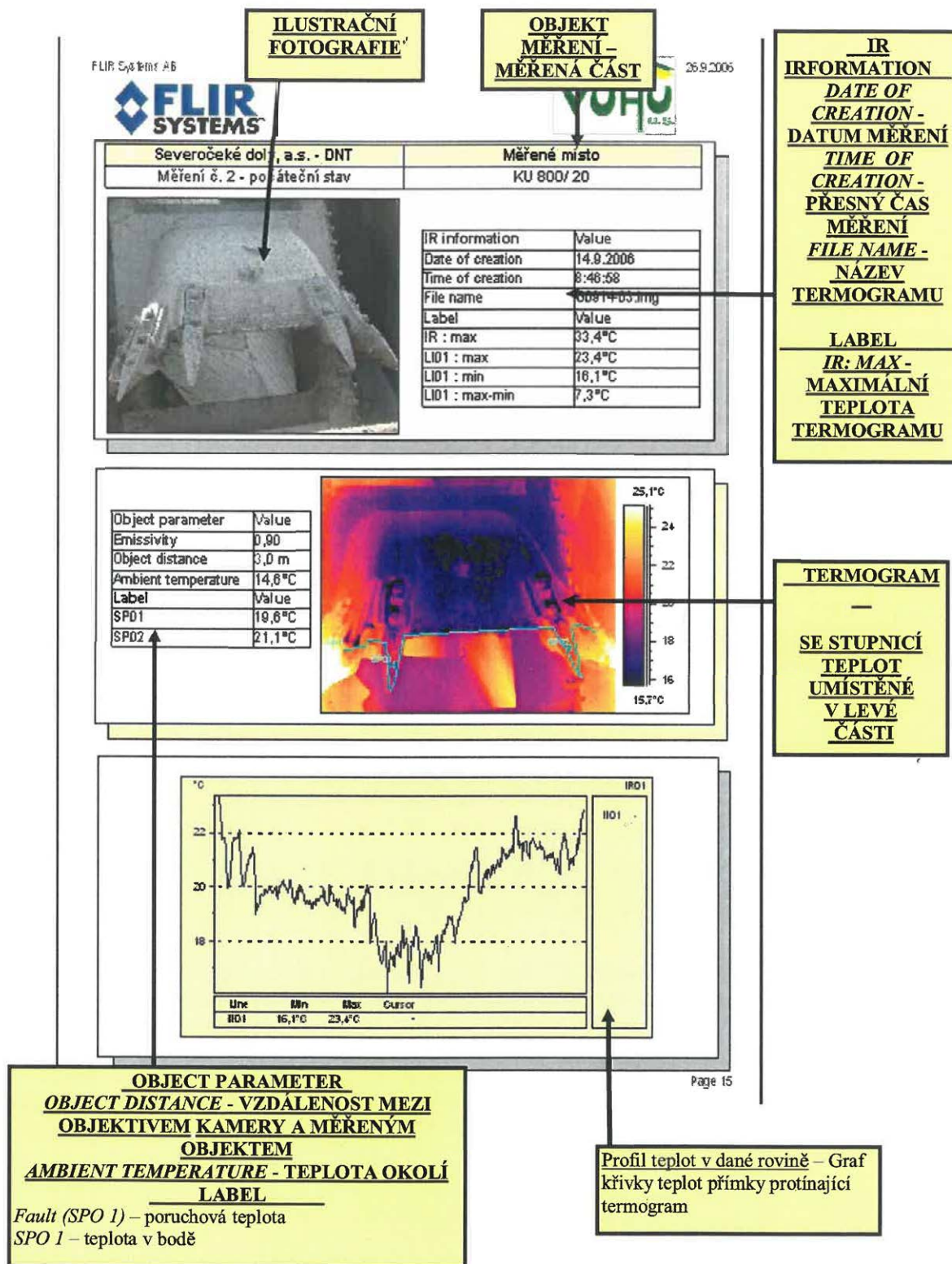
Měření č. 2 – nové zuby ESCO

V průběhu měsíce prosince 2007 byla provedena rekonstrukce korečků kola osazených zuby BAMPU za korečky osazené systémem ESCO. Celé kolo bylo osazeno zuby s korunkami typu V39VYH. Vlastní těžba byla zahájena 3. 1. 2008 ve smíšeném řezu. Část řezu tvořila vybíhající uhelná sloj, zbytek byl zastoupen prachovitými kaolinitickými jílovci. Celková situace měřeného bloku je dokladována na obr. 5. Zjištěné průměrné hodnoty základních veličin při měření rypných odporů ve 3. látce 29. 1. 2008 jsou uvedeny v následujícím tabulkovém přehledu.

s / m /	b / m /	$P_{rst} / \text{kW} /$	$P_{rmax} / \text{kW} /$	$F_{MR} / \text{kN} \cdot \text{m}^{-1} /$	$F_{MP} / \text{kN} \cdot \text{m}^{-1} /$
0,54	0,07	1079	1549,66	94,92	101,31



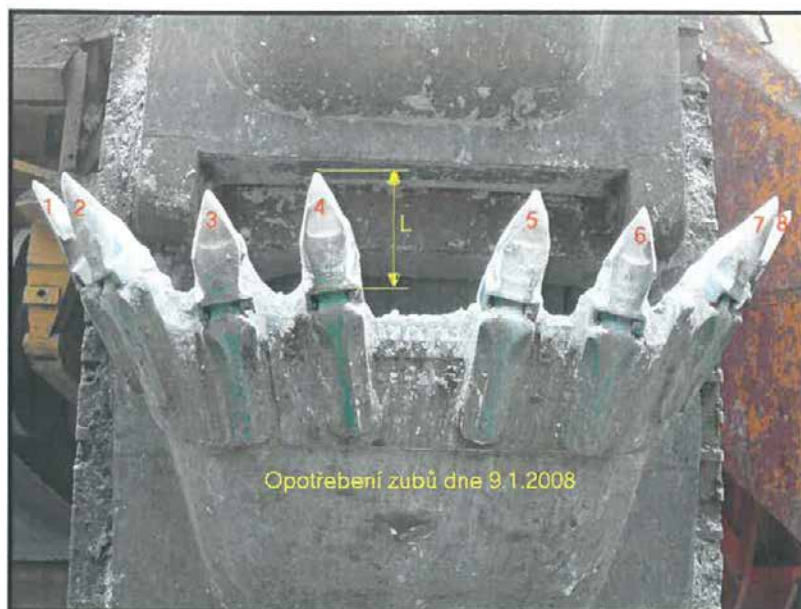
Obr. 5 - Pohled na dobývaný řez



Opotřebení zubů ESCO

Průběžné měření opotřebení jednotlivých zubů na korečku bylo provedeno dne 9. 1. 2008. Jako

etalon byla vzata délka korunky nového zubu, tj. $L = 26,5$ cm. Pozice jednotlivých zubů je znázorněna na obr. 6.



Obr.6 - Pozice jednotlivých zubů na korečku

Naměřené hodnoty opotřebení uvádí následující tabulkový přehled – tab. 2.

Tab. 2

Pozice zubu	1	2	3	4	5	6	7	8
Délka L (cm)	26	24,5	23	24	24	23	24,5	25,5

Celková těžba:

Od 3. 1. - 9. 1. 2008 bylo korečky odtěženo: - 84 900 m³ skrývky

Dne 28. 1. 2008 se prováděla výměna opotřebovaných zubů. Z celkových 26 korečků na kolese rýpadla byly vyměněny na 24 korečcích zuby na pozici 3, 4, 5, 6 za nové, zuby na pozicích 2 a 7 byly vzájemně vyměněny. Za celé sledované období, tj. od 3. 1. – 28. 1. 08 nedošlo k žádné destrukci či výměně zubů.

Stav opotřebení jednotlivých zubů je dokladován v tab. 3.

Tab. 3

Pozice zubu	1	2	3	4	5	6	7	8
Délka L (cm)	25	22	20	22	21	20	22	25

Z naměřených údajů opotřebení je patrné, že nejvíce exponované zuby jsou na pozicích 3 a 6. Jejich délkový úbytek do výměny činil cca 6,5 cm, což reprezentuje hmotnostní úbytek 1,5 kg (obr. 7).



Obr. 7 - Opotřebovaný čelní zub z pozice 3 event. 6

Za sledované období, tj. od 3. 1. do 28. 1. 2008, lze těžební proces charakterizovat výkonnostním parametrem:

Skrývka Ø těžba $1435\text{m}^3\text{ h}^{-1}$

Termovizní měření – nové zuby ESCO

Při tomto termovizním měření byla zjištěna maximální teplota zubu $91,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, průměrná $77,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, tzn. že stoupla z počáteční průměrné teploty $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ v průměru o $54,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Vyhodnocení vlastní dobývané horniny

Při měření měrných rypných a rozpojovacích sil byly odebrány 2 vzorky dobývané horniny

z měřené lávky č. 3 za účelem provedení laboratorního rozboru. Zjištěna byla pevnost v prostém tlaku těžené zeminy $\sigma_c = 5,0\text{ MPa}$.

Měření č. 3 – opotřebované zuby ESCO

Měření bylo provedeno dne 6. 3. 2008 za obdobných báňsko – geologických podmínek jako měření č. 2 ze dne 29. 1. 2008.

V době prováděného měření rýpadlo skrývalo prachovité kaolinitické jílovce. Výška dobývané lávky byla cca 6 m (obr. 8). Z měřené lávky byly odebrány dva vzorky skrývaného materiálu za účelem provedení laboratorního testování.



Obr. 8 - Dobývaný blok v době měření

Zjištěné průměrné hodnoty základních veličin při měření rypných odporů ve vybrané těžené látce jsou uvedeny v následujícím tabulkovém přehledu.

b / m /	s / m /	$P_{\text{rst}} / \text{kW} /$	$P_{\text{rmax}} / \text{kW} /$	$F_{\text{MR}} / \text{kNm}^{-1} /$	$F_{\text{MP}} / \text{kNm}^{-1} /$
0,38	0,04	1309,91	1794,64	112,75	115,20

Termovizní měření – opotřebované zuby ESCO

Termovizním měřením byla zjištěna maximální teplota zubu $130,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, průměrná $108,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, průměrná teplota z počáteční hodnoty $10,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ stoupla o $97,6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Vyhodnocení vlastní dobývané horniny

Při měření měrných rypných a rozpojovacích sil byly odebrány 2 vzorky dobývané horniny z měřené lávky za účelem provedení laboratorního rozboru. Zjištěna byla pevnost v prostém tlaku těžené zeminy $\sigma_c = 5,5\text{ MPa}$.

Závěr

Výše uvedené výsledky lze shrnout do následující tabulky.

<i>system</i>	P_{rst} /kW/	P_{rmax} /kW/	F_{MR} /kNm ⁻¹ /	a /kWh.m ⁻³ /	t_{max} /°C/	$t_{prům}$ /°C/	Δt /°C/	$Q_{stř}$ /m ³ .h ⁻¹ /	σ_c /MPa/
BAMPU opotřeбенé	1020	1949	84	0,554	90	58	41	1840	2,1
ESCO nové	1080	1550	95	0,753	91	77	54	1435	5,0
ESCO opotřeбенé	1310	1795	113	1,638	131	108	98	800	5,5

Z tabulky plyne:

- u typu ESCO byl při těžbě s opotřeбенými zuby nárůst příkonů motorů kola o 11,5 % vzhledem ke jmenovitému výkonu
- teploty z termogramů (hlavně Δt) celkem dobře sledují ostatní fyzikální charakteristiky dobývacího procesu – spotřebu energie, měrný rypný odpor, pevnost materiálu.

Literatura:

- [1] Grantový projekt č. 105/07/1031 „Výzkum vlivu tvaru a geometrie bříty rozpojovacích orgánů kolesových rýpadel pomocí nových metod na energetickou náročnost a životnost“.
- [2] Zpráva VÚHU a.s. č.251/07 „Zvýšení životnosti korečků KU800.20 s využitím zubů ESCO“.

Časopis Zpravodaj Hnědé uhlí zařazen do seznamu uznávaných časopisů

Rada pro výzkum a vývoj schválila na svém 234. zasedání dne **20. června 2008**, z důvodu zavedení objektivního a kvalifikovaného hodnocení výsledků výzkumu a vývoje, Seznam recenzovaných periodik vydávaných v České republice, kterým není přidělen indikátor Impact Factor databáze WoS společnosti Thomson Reuters.

Seznam tvoří 386 časopisů zahrnujících všechny obory a jejich zařazení bylo podmíněno splněním kritérií, která mimo jiné např. zahrnují požadavky na vydávání původních vědeckých a odborných prací, podmínku recenzování příspěvků nezávislými oponenty, cizojazyčnost abstraktů, dodržení určeného poměru složení redakční rady atd.

Zařazení Zpravodaje Hnědé uhlí do tohoto seznamu je významným oceněním kvality časopisu a zároveň přínosem pro autory příspěvků, neboť Rada pro VaV bude seznam využívat při hodnocení těch výsledků výzkumu a vývoje podporovaného z veřejných prostředků, které jsou vykazovány jako články v odborném periodiku.

(MK)