

## **NOVÉ ZPŮSOBY SNIŽOVÁNÍ PRAŠNOSTI V KAMENOUHELNÝCH DOLECH**

### **Abstrakt**

Prašnost v uhelných dolech představuje důležitou součást bezpečného provozu. V poslední době, se díky zvýšené kontrole řídicích i kontrolních organizací, její úroveň neustále zvyšuje. Mezi významné činitele snížení prašnosti patří zavlažování a také organizované sledování prašné expozice. Neméně důležitým aspektem ke snížení prašnosti je i používání postřiku na razicích, dobývacích strojích a dalších mechanismech. Vývoj, který byl dosažen v konstrukci a uspořádání postřiku, je předmětem tohoto článku.

### **Anotace**

Článek se zabývá problémem vhodné konstrukce rozprašovacích trysek na důlních strojích v uhelných dolech. Je stanoveno, že pro daný rozměr prachových částic by měly být použity vodní kapky, vhodných rozměrů. V článku jsou uvedeny praktické příklady.

### **Annotation**

The paper deals with the problem of using of the suitable spray nozzles construction on mining machineries in coal mines. It is specified that for the dust particles size should be used water drops with suitable dimensions. Practical examples are given in this paper.

### **Zákonitosti výběru postřiku.**

Podle [1][7] vyžaduje správná aplikace zneškodňování prachu, aby se přihlédlo k řadě fyzikálních zákonitostí. Každý materiál reaguje na vlhkost rozdílně. Nedostatečná vlhkost, znamená také nedostatečné zneškodnění. Příliš vysoké zkropení, může poškodit kvalitu materiálu, nebo ztížit jeho úpravu. Uhlí například odpuzuje vodu a ta vyžaduje přidání chemických aditiv, aby se zvýšila absorpce.

Nejvíce prachových částic, vznikajících při procesu rozrušování se neuvolňuje do vzduchu. Prach ulpívá na povrchu uvolněné substance. Úměrné zvlhčení je proto

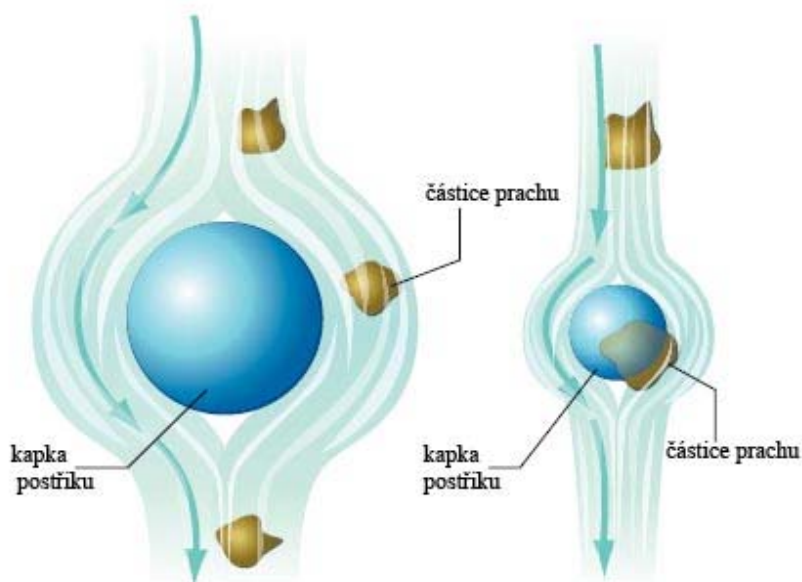
významné, aby se dosáhlo stavu, že prach bude spojen s původním materiálem. Je třeba zohlednit, že horniny a uhlí, které se musí po vytěžení ještě upravovat na úpravně, mohou být na vlhkost citlivější, než materiály, které úpravu nevyžadují. Důležité je také, je-li materiál v klidu, nebo se pohybuje.

Rozměr kapek vody a úhel postřiku ovlivňují efekt pokrytí povrchu, když působí na stojící materiál. Rozměr kapek vody a rychlost kapek ovlivňují pokrytí povrchu, když působí na pohybující se materiál. Tyto faktory musí být brány v úvahu, když vybíráme rozmístění a typ trysek, a když potřebujeme zachytit polétavý prach.

Zachycení částic prachu je nejefektivnější, když mají částice prachu a vodních kapek ekvivalentní rozměry. Kapky, které jsou příliš velké, nechtějí kolidovat, s malými částicemi prachu a kapky, které jsou příliš malé, se velmi rychle vypařují a unikají z prachových částic. Vyjadřuje to obrázek 1.

Zachycení polétavého prachu vodním postřikem je nejefektivnější v oblasti s malou turbulencí. V závislosti na prostředí chceme dosáhnout uchycení prachových částic.

Jestli je průměr kapek větší, než prachových částic, budou prachové částice sledovat proud kolem kapky (část obrázku vlevo). Pokud je průměr kapek a prachových částic srovnatelný, budou prachové částice sledovat menší proud kolem kapky a spojí se s ní (část obrázku vpravo).

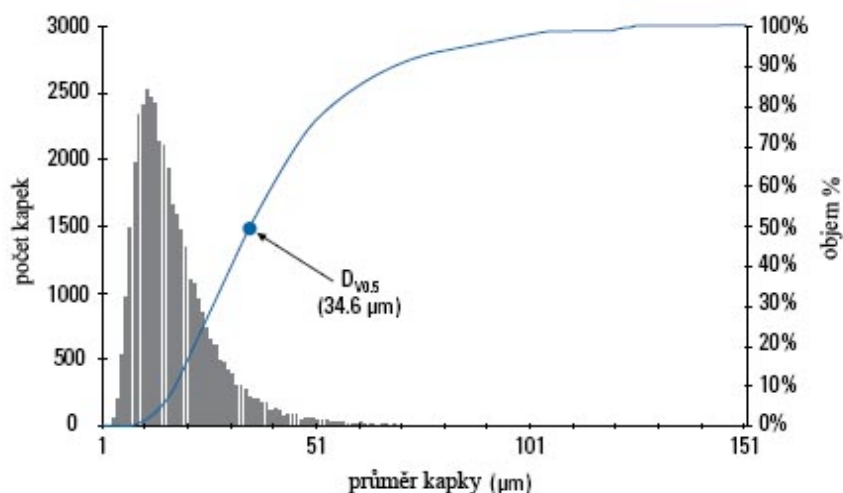


Obr. 1 Vztah mezi rozměrem kapky a zrn prachu

Zdroj:[1]

Z obr. 1 lze dokázat, že rozměr částic prachu je při návrhu systému postřiku velmi zásadní.

Pokud se týče rozměru kapky, odpovídá rozměru individuálních kapek, které tvoří rozložení kapek trysky. Každý postřik je složen z kapek různých rozměrů a označuje se jako distribuce kapek, viz obr. 2.



Obr. 2 Určení střední průměru kapky podle rozložení v proudu

Zdroj: [1]

V levé části diagramu vidíme, počet kapek příslušného průměru, který produkuje tryska. Z toho se dá určit  $D_{v0.5}$ .

$D_{v0.5}$  je střední průměr kapky, také označovaný jako VMD. (Volume median diameter). V daném příkladu na obr. 2 je  $D_{v0.5}$  rovno 34,6  $\mu\text{m}$ .

Práce [1] uvádí také rozměry částic prachu, které mohou vzniknout při dobývání určitých surovin. Současně ale upozorňuje, že se jedná jen o všeobecné určení a každý jednotlivý případ vyžaduje samostatné posouzení. Mimo jiné i z hlediska, jak určitý způsob postřiku ovlivní následný úpravárenský proces.

Průměry částic prachu, které mohou vzniknout při dobývání.

(1  $\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$ ).

Vápenec 10 až 1000  $\mu\text{m}$

Polétavý popílek 10 až 200  $\mu\text{m}$

Uhelný prach 1 až 100  $\mu\text{m}$

Pískovec 2 až 100  $\mu\text{m}$

Prachovec	5 až 80 $\mu\text{m}$
Cementový prach	3 až 100 $\mu\text{m}$
Práškové uhlí	3 až 500 $\mu\text{m}$

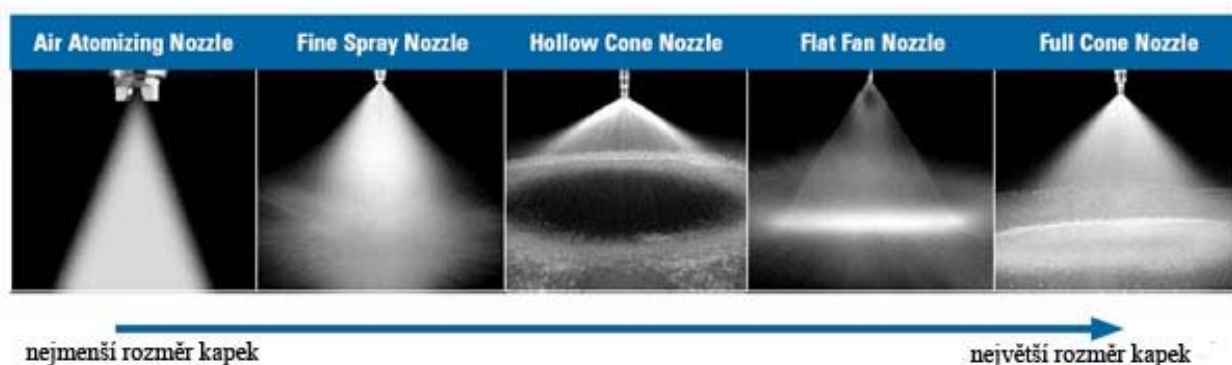
S velkou pravděpodobností, bude mít každá uhelná sloj, určitého stratigrafického pásma, poněkud jiné složení prachových částic. A také volba a tvar dobývacího orgánu ovlivní průměr prachového zrna. Prokázalo se, že nejpříznivější fragmentaci měly uhelné pluhy. Z jiných důvodů, zejména pevnosti uhelných slojí, je však používání pluhů k dobývání silně limitováno.

V současné době existují řady systémů, které je možno při řešení postřiku uplatnit. Uvádíme jejich přehled:

- Jednoduchý vodní systém, je nejméně nákladný a dá se jednoduše zavést
- Přidáním povrchově aktivní látky k vodě, tím se sníží povrchové napětí a dojde k lepší interakci mezi vodou a určitým typem prachu, který vzdoruje absorpci vody
- Pěnový systém. Ten potřebuje méně vody, ale obvykle vyžaduje použití stlačeného vzduchu.
- Pojiva, jako aglomeráty částic, které zamezí odpaření vody. Nicméně mohou způsobit zanášení trysek a po rozpuštění ve vodě i ohrozit životní prostředí.

### Typy trysek.

Také při výběru typu trysek je možno volit optimální řešení s ohledem na velikost prachových částic. K dispozici jsou následující typy, seřazené podle velikosti rozměru kapky, od nejmenší, po největší obr. 3.



Obr. 3 Různé typy trysek

Zdroj:[1]

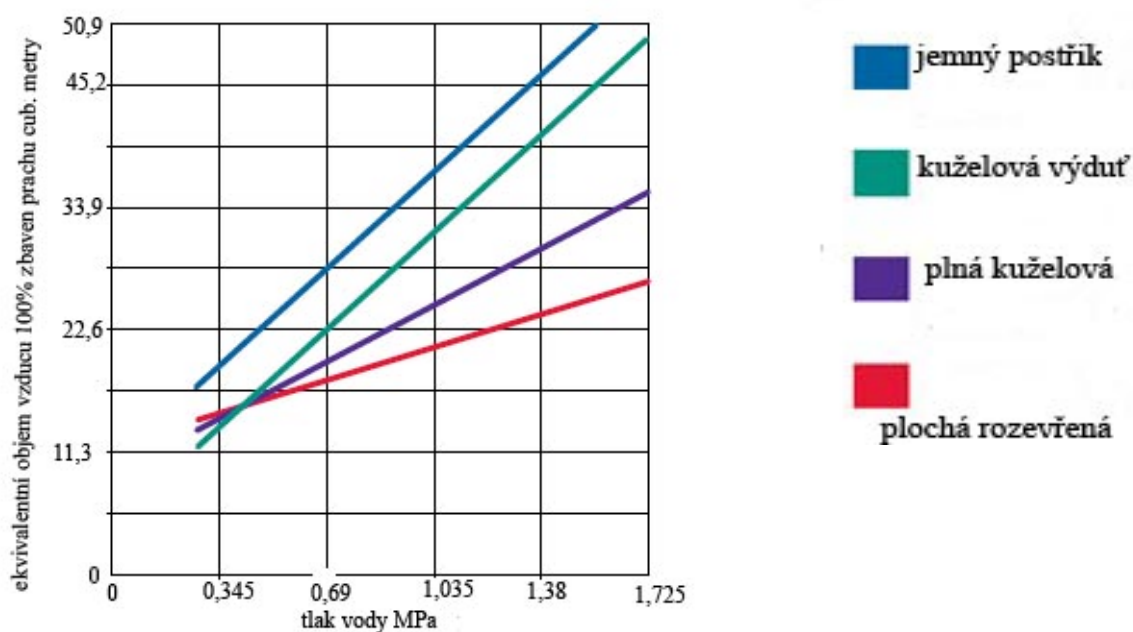
Jsou to typy:

- Tryska pro jemný postřík s použitím vzduchu (Air Atomizing Nozzle) Typ 1
- Tryska pro jemný postřík (Fine Spray Nozzle) Typ 2
- Tryska s kuželovou výdutí (Hollow Cone Nozzle) Typ 3
- Plochá rozevřená tryska (Flat Fan Nozzle) Typ 4
- Plně kuželovitá tryska (Full Cone Nozzle) Typ 5.

Běžně se pro snížení prašnosti používají trysky, které produkují kapky průměru mezi 200 až 1 200  $\mu\text{m}$ . Pro potlačení polétavého prachu se uplatňují trysky pro jemný postřík, které produkují kapky průměru mezi 20 až 200  $\mu\text{m}$ .

Efektivita zmenšení obsahu polétavého prachu, podle typu trysek je uvedena na obr. 3.

Z obr. 4 lze odvodit, že se stoupajícím tlakem vody v tryskách, zbavíme prachu vyšší objem vzduchu. Tak například tryskou pro jemný postřík s podporou vzduchu, při tlaku vody 1,38 MPa, zbavíme prach v prostoru asi 45 až 50 kubických metrů. (Modrá přímka v grafu).



Obr. 4 Závislost mezi tlakem vody a ekvivalentním objemem vzduchu v kubických metrech, pro 100 % zbavení se prachu, pro různé typy trysek

Zdroj: [1]

Z uvedeného přehledu, který jsme oproti [1] podstatně zkrátily, vyplývá, že volba systému postříku a typu trysek, by měla být založena na podrobném rozboru vlastností

horniny, jejíž prašnost máme omezit. To by vyžadovalo, aby alespoň pro určitou slojovou skupinu, byla zjištěna fragmentace prachu při vlastním ražení, dobývání, ale i jiných činnostech, například vrtání svorníků a dopravě rubaniny. Z analýzy této fragmentace lze pak postupem, který jsme v této kapitole uvedli, stanovit způsob zkrápění, který může být efektivní.

Doposud jsme mluvili o funkci postřiku výhradně z hlediska zneškodňování prachu. Pro úplnost je nutno dodat, že postřik u všech důlních mechanismů, má nezastupitelnou úlohu i při omezování nebezpečí zapálení metanovzdušné směsi.

### **Význam správné funkce postřiku. Draze zaplacená zkušenost.**

O významu správné funkce postřiku nelze přinést přesvědčující důkaz, než vyplynul z rozboru různých havárií v OKD [7][2] nebo ve světě.

#### **Důl ČS Armáda - 1977 (OKR)**

V úterý 22. 3. 1977 ve večerních hodinách, došlo, na závodě II dolu ČS Armáda v Karviné k výbuchu metanu a uhelného prachu, který se destruktivně projevil v celé oblasti 36. sloje v páté kře. Následkem exploze zahynulo v dole 31 horníků. V této důlní katastrofě sehrála důležitou roli i nezvládnutá prachová situace. K explozi došlo na 10. patře v ražbě přípravných chodeb nového porubu díky nepřípustnému ničení trhaviny. Odpalem volné nálože na počvě byl iniciován metan vytlačený z výlomu do profilu chodby a uhelný prach. Následovalo šíření vzdušné rázové vlny doprovázené menšími místními výbuchy metanovzdušné směsi a rozvířeného uhelného prachu. K tomuto rozvíření přispěla nezvládnutá situace v oblasti zásobníků, kde prach nebyl dostatečně zneškodňován a také fakt, že v kritickou dobu výbuchu projížděl zásobníkem č. 2, vlak s uhlím ve vozech a uhlí bylo vyklápěno do zásobníku. Z tohoto neštěstí můžeme usuzovat, že v minulosti nebyl věnován otázce zneškodňování uhelného prachu takový důraz. Samozřejmě musíme zohlednit vývoj protiprašné techniky, který nebyl na takové úrovni, jako je dnes.

#### **Upper Big Branch – 2010**

Podcenění a nedůslednosti protiprašného boje, v současné době, můžeme demonstrovat na důlní katastrofě v USA na dole Upper Big Branch. V pondělí 5. dubna 2010 došlo k explozi metanu, jejíž následky si vyžádaly smrt 29 horníků. Tato událost je považována za největší důlní katastrofu v USA za posledních 40 let.

Na základě důkazů shromážděných na dole a svědectví, které nabídli ti, co znali praxi a podmínky na Upper Big Branch, dospěl vyšetřující tým k závěru, že místo vzniku výbuchu bylo na výdušné straně porubu. Řezný orgán porubového kombajnu přibral stropní vrstvu pískovce. Následkem toho vznikla jiskra, která zapálila vrstvu metanu a vytvořila ohnivou kouli. Tato hořící směs zapálila metan, který se nahromadil v závalovém prostoru během velikonočního víkendu a pronikl do porubní stěny. Exploze postupovala podél výdušné oblasti, kde se nahromaděný uhelný prach stal palivem pro druhou ještě více smrtící výbušnou vlnu. Výbuch postupoval několika směry, přes porub, dále do vstupu na výdušnou stranu a pokračoval důlními díly v délce dvou mil. (3,2 km).

Metan, který se soustředil také v prostoru dobývacího orgánu porubového kombajnu, zapálila frikční jiskra, když nože řezného nástroje přibíraly průvodní horninu – pískovec. Jako ochrana proti možnému vzplanutí jsou sekce výztuže i dobývací orgán opatřeny systémem vodních trysek.

Bohužel trysky se často zanášely a tak většina z nich byla nefunkční. Na některých místech trysky chyběly úplně. Nejen že se pak v těchto místech vodní mlha nevytvořila, ale klesal také tlak vody v potrubí, takže voda i z funkčních trysek spíše vytékala. Skrápěcí zařízení nebylo správně udržováno a neplnilo funkci, ke které bylo konstruováno. V důsledku toho, nemohl být iniciační zdroj výbuchu rychle uhašen.

I když kombajn byl vybaven vodním rozprašovačem, který měl uhasit případný oheň v okamžiku zapálení, pozdější zkoušky ukázaly, že postřikovač na kombajnu nebyl účinný. Některé trysky odpadly a některé byly ucpané. Osádka nemohla dělat nic, aby zastavila šíření ohnivé koule, která vznikla uhelný prach, na výdušné chodbě 1. Severní oblasti. Když se plamen šířil, zformoval se do tvaru klínu, a vyrostl tak do masivní střely, která se šířila po celém profilu důlních děl, od stropu až k počvě.



Obr. 5 Řezný orgán dobývacího kombajnu na dole UBB

Zdroj: [5]

## **Nové technologie.**

S nástupem nových technologií, zejména v první dekádě 21. století se významně zvýšil způsob ochrany proti prachu, zejména pokud se týče skrápění. U technologií zaváděných po roce 2010 určených pro rozhodující důlní činnosti, tj. dobývání a ražení jsou to tyto prostředky.

### **Skrápěcí zařízení u porubových kombajnů.**

Podle [3] je například u dobývacího kombajnu MB 630E ochrana proti prachu zařízena tak, že sbíjecí orgány kombajnu mohou být vybaveny středním tlakovým vnitřním skrápěním, zamezujícím vznícení metanovzdušné směsi.

Rameno je pro účinnější likvidaci prachu a omezení tvorby metanové vrstvy v prostoru mezi řeznými orgány vybaveno tryskami vnějšího postřiku.

### **Skrápěcí zařízení na razicím kombajnu.**

Při kontinuálním ražení důlních děl hraje zásadní roli postřikový systém u razicích kombajnů. U nového kombajnu SANDVIK MR 340x – Ex je postřikový systém realizován jako kombinace vodního a vzduchového postřiku. Vzduchový postřik zajišťuje 19 trysek, postřik, trubky o průměru 5mm a 12 trysek v postřikových blocích o průměru 6mm. Tento systém funguje na jediném zdroji stlačeného vzduchu při tlacích 0,8 – 1 MPa. Vodní postřik je realizován postřikovou tryskou s 19 tryskami o průměru 1mm. Průtok vody se



zde pohybuje okolo 19 l/min při tlaku až 5 MPa. Mimo jiné to umožňuje kombajnu vodní postřik vlastního dobývacího prostoru s přerušovaným sektorovým řízením.

Znázornění funkce postřiku na razícím kombajnu JOY, je uveden na obr. 6

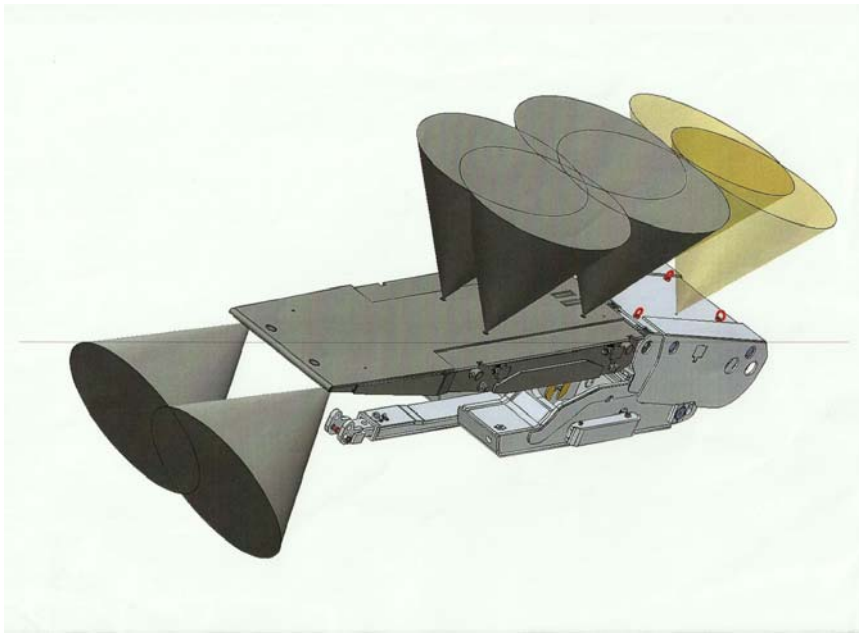


*Obr. 6 Detailní pohled, funkce postřiku na řezný orgán razícího kombajnu JOY typu Wethead*

*Zdroj: [5]*

### **Skrápěcí zařízení na výztuži.**

Vývoj technologií pro dobývání uhlí nabízí stále nové a sofistikovanější systémy, především vodních a vzduchových postřiků jak u dobývacích i razících komplexů. Jeden z těchto nových systémů můžeme najít na nově dodané výztuži FAZOS, která obsahuje systém vodních postřiků na štítech výztuže a stropnici.



Obr. 7 Štítová výztuž FAZOS, s tryskami

Zdroj:[6]

Štíty jsou vybaveny 8mi tryskami typu RECHLER, který vytváří vodní paprsek kuželovitého tvaru, s normálním výkonem (kapacitou)  $7 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  @ tlak 0,5 MPa.

Je ovšem více různých způsobů sledu postřikování, podobně jako to mají systémy CAT, nebo JOY, které se dají upravit podle řídicího programového vybavení, (software).

Zde uvádíme několik čísel podle výpočtu kapacity (výkonu). Nejméně dvě sekce postřikují současně (lze upravit podle programového vybavení), s výkonem  $10,2 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  @ 0,98 MPa @ 1 tryska, to znamená  $40,8 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  pro 4 koncové trysky, během dobývání (řezání kombajnem),  $128,8 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  @ 1,08 MPa pro 12 (stropnice & zával) trysek, během přesouvání sekce a  $134,2 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  @ 0,87MPa pro všech 16 trysek během regulérního zkrápění podél stěnového porubu. Kapacita postřiku (skrápění) může být zvýšena na pět současně postřikujících sekcí, v závislosti na těžbě. Především uvedené hodnoty vyžadují nezbytný objem chladicí vody a předpokládají pouze jednu vodní pumpu (čerpadlo) v daném okamžiku a jednu jednotku v záloze. V důsledku toho může být kapacita postřiku zvýšena dvojnásobně. Všechny objemy a funkce postřiku jsou srovnatelné se systémy CAT nebo JOY.

## Použitá literatura.

- [1] *A Guide to Spray Technology for Dust Control*, [cit.2012-06-19]  
URL: <[www.spray.com/Literature\\_PDFs/B652\\_Dust\\_Control.pdf](http://www.spray.com/Literature_PDFs/B652_Dust_Control.pdf)>
- [2] FASTER, P.: *Profesor Roman Makarius: Memento důlních nehod v Českém hornictví*. Ostrava: Montanex, 2008, ISBN 9788072252718
- [3] Dobývací kombajn MB410E  
URL: <<http://www.tmachinery.cz/perch/resources/products/pdf/cz/mb141.pdf>>  
[cit. 2012-06-19]
- [4] Sandvik unikatowy pokaz kombajnu chodnikowego MR340,  
URL: <[www.teberia.pl/galeria/thumbnails.php?album=198](http://www.teberia.pl/galeria/thumbnails.php?album=198)> [cit. 2012-06-19]
- [5] Wethead  
URL:<<http://www.joy.com/en/Joy/Products/Continuous-Miners/Wethead.htm>>  
[cit. 2012-06-19]
- [6] Materiál poskytnutý společností OKD, a.s.
- [7] GIBESOVÁ B. *Prašnost na pracovištích v dolech OKD, a.s. po zavedení technologií POP 2010*. Ostrava, 2012, Diplomová práce na Hornicko-geologické fakultě VŠB – TU Ostrava.

## Seznam obrázků

Obr. 1 Vztah mezi rozměrem kapky a zrn prachu.....	2
Obr. 2 Určení střední průměru kapky podle rozložení v proudu.....	3
Obr. 3 Různé typy trysek .....	4
Obr. 4 Závislost mezi tlakem vody a ekvivalentním objemem vzduchu v kubických metrech, pro 100 % zbavení se prachu, pro různé typy trysek .....	5
Obr. 5 Řezný orgán dobývacího kombajnu na dole UBB.....	8
Obr. 6 Detailní pohled, funkce postřiku na řezný orgán razicího kombajnu JOY typu Wethead .....	9
Obr. 8 Štítová výztuž FAZOS, s tryskami.....	10