



Ing. Pavel Křivánek

Austin Detonator s.r.o.

H 4

E*Star - elektronické rozbuška

Abstrakt

Elektrické a neelektrické rozbušky jsou v poslední době doplněny stále více využívanými „elektronickými“ rozbuškami. Tyto rozbušky se vyznačují vysokou přesností časování, variabilitou, spolehlivostí iniciace, odolností a bezpečností.

Vyšší ceny těchto rozbušek hrají hlavní roli v rozhodování o jejich použití, ale bez komplexního zhodnocení není možné poznat jejich skutečný přínos.

Tato přednáška se snaží poukázat na rozdíly mezi elektrickými a neelektrickým rozbuškami na jedné straně a elektronickými rozbuškami na straně druhé. Taktéž dokazuje, že je možné používat dražší elektronické rozbušky a současně zajistit lepší ekonomické výsledky lomu, ale i ražby tunelů.

1 Rozbušky

1.1 Rozdělení a princip jednotlivých typů rozbušek

1.1.1 Elektrické rozbušky

Elektrická rozbuška se skládá z těchto základních částí: přívodní vodiče, elektrická pilule, zpoždovací slož, primární náplň, sekundární náplň.

Přívodními vodiči je přiveden elektrický proud, který prochází elektrickou pilulí. Při průchodu proudem elektrickou pilulí dochází k zahřívání odporového drátku, který následně iniciuje slož na piluli, tak pak zpoždovací slož, primární a nakonec i sekundární náplň. Ta poté iniciuje trhavinu. Všechny rozbušky jsou zažehnuty současně

Zpoždění těchto rozbušek je řízeno hořením pyrotechnických, zpoždovacích, složů.

1.1.2 Neelektrické rozbušky

Konstrukce neelektrické rozbušky je velice podobná té elektrické. Namísto přívodních vodičů a elektrické pilule je zde přívodní detonační trubice.

Přívodní detonační trubici je přiveden malý výbuch, který iniciuje zpoždovací slož, primární a nakonec i sekundární náplň. Ta poté iniciuje trhavinu.

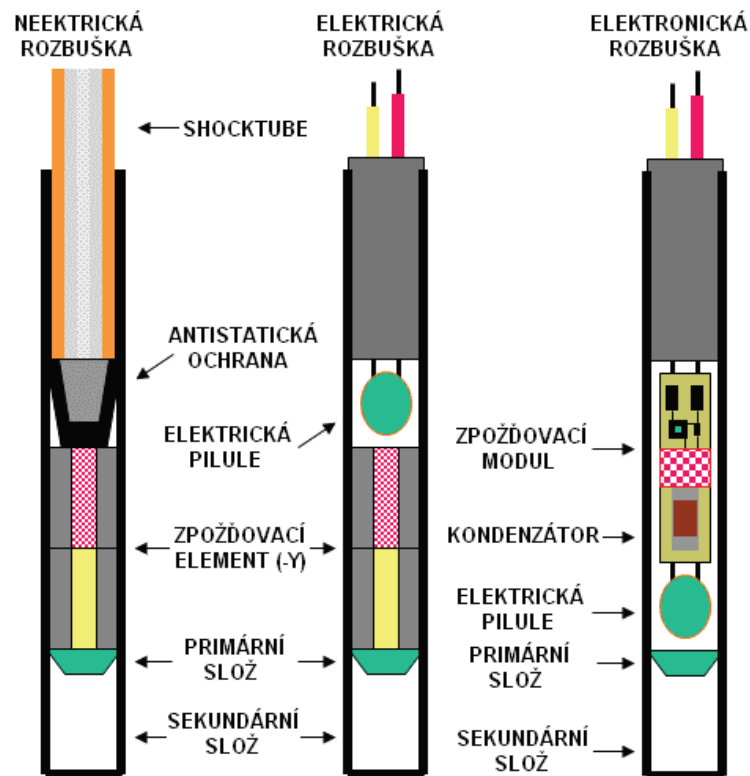
Zpoždění těchto rozbušek je řízeno hořením pyrotechnických, zpoždovacích, složů, postupnost zážehů rozbušek iniciujících trhavinu je dána časováním povrchové sítě.

1.1.3 Elektronické rozbušky

Konstrukčně je elektronická rozbuška podobná té elektrické: přívodní vedení, elektronický iniciační modul (též označovaný jako EIM) s pilulí, primární a sekundární náplň.

Přívodní vedení slouží ke komunikaci s EIMem a k přenosu elektrické energie. EIM řídí funkci celé rozbušky, tj. dobu zpoždění, kontrolu a odpal. Uživatel pošle příkaz k iniciaci do EIMu a ten v přesně stanovený okamžik uvolní energii uloženou v kondenzátoru, který je součástí EIM, následně proud prochází pilulí, která se iniciuje a zažehuje primární a sekundární náplň.

Zpoždění těchto rozbušek je řízeno elektronicky již před dodáním elektrické energie do squibu (elektrické pilule). Zážeh rozbušky je elektrický, proto je přesný název této rozbušky: elektrická rozbuška s elektronickým časováním.



Obrázek 1: Neelektrická, elektrická a elektronická rozbuška

2 Elektronická rozbuška E*Star

2.1 Elektronický iniciační modul

Základní součástí všech elektronických rozbušek je elektronický iniciační modul, zkráceně EIM.

Každý EIM se skládá ze třech základních částí nutných pro správnou funkci rozbušky: kondenzátoru, elektronické části, pilule

Kondenzátor slouží pro ukládání elektrické energie. Ta je uvolněna až na příkaz uživatele. Její průchod pilulí iniciuje celou rozbušku.

Elektronická část slouží k ovládní celé rozbušky. Tato část provádí kontrolu, ovládá rozbušku, ukládá dobu zpoždění rozbušky a řídí přesné spuštění rozbušky.

Pilule slouží k prvotní iniciaci rozbušky. Samotná pilule je iniciována průchodem elektrického proudu z kondenzátoru umístěného v EIMu.



Obrázek 2: Elektronický iniciační modul E*Star



Obrázek 3: RTG iniciačního modulu E*Star

2.2 Konstrukce rozbušky

Samotná elektronická rozbuška se skládá ze speciální dvojlinky, nastříknutého těsnění, konektoru a laborované mžikové rozbušky.

Pro přívodní vodiče je použita speciální nejodolnější dvojlinka s jádrem Cu 0,6 mm a FeSn 0,65 mm a dvojitou HDPE izolací. Vodiče s jádrem Cu 0,6 mm jsou vhodné pro použití v tunelech, vodič s jádrem FeSn 0,65 mm je vhodný pro použití v lomech. Oby vodiče jsou barevně odlišeny aby nedošlo k jejich záměně.

Jako těsnění je použit speciální nástřik, který zajišťuje vysokou odolnost proti tlaku. Těsnění chrání vodiče do vzdálenosti 5 cm od dutinky, tak jako je tomu u neelektrických rozbušek.

Každá rozbuška je zakončena konektorem. Ten je určen pro připojení na sběrníkové vedení.

EIM je přikrimpován k přívodním vodičům a je umístěn v laborované mžikové rozbušce v Cu dutince.



Obrázek 4: Rozbuška E*Star 6 m a 25 m



Obrázek 5: RTG rozbušky E*Star s vyznačením základních částí

2.3 Základní parametry systému

Základní parametry systému jsou uvedeny v tabulce níže.

Všechny parametry jsou dostatečné pro běžný rozsah odstřelů (lomy, tunely, velkolomy, destrukce).

min zpoždění	1 ms
max zpoždění	10 000 ms
min krok zpoždění	1 ms
presnost časování	0,02 %
max délka přívodních vodiče při 1600 ks rozbušek	95 m
minimální délka vodičů	2 m
max počet rozbušek na 1 větev	100 ks
max počet rozbušek v 1 loggeru	1 600 ks
max počet rozbušek v 1 roznětnici	1 600 ks

Tabulka 1: Základní parametry systému E*Star

3 Studie Luleč

3.1 Lokalita, běžné odstřely, těžba

3.1.1 Lom luleč

Lom Luleč, firmy Českomoravský štěrk a.s. se nachází 5 km západně od Vyškova, 30 km východně od Brna. Jedná se o klasický 5ti etážový stěno-jámový lom. Těženým materiálem je moravská droba a slepenec.



Obrázek 6: Letecký pohled na lom Luleč

3.1.2 Běžné odstřely

Odstřely v tomto kamenolomu provádí společnost Austin Powder Service CZ s.r.o. za použití rozbušek a trhavin z obchodně-výrobní skupiny Austin Powder International.

Jedná se o běžné clonové odstřely s parametry, které jsou stanoveny Generálním projektem odstřelů.

3.1.3 Odstřely elektronickou rozbuškou E*Star

Odstřely provedené elektronickou rozbuškou E*Star nebyly nijak zvláště upravovány, všechny postupy byly převzaty z běžných odstřelů, jediná změna byla změna samotných rozbušek. Parametry vrtné sítě i časování odstřelů byly zachovány.

Tímto způsobem byly provedeny clonové odstřely číslo 986.CO, 998.CO a 1000. CO o celkové tonáži 89 000 tun.

3.1.4 Těžba, doprava, zpracování

Nakládka materiálu se provádí dvěma typy strojů. Elektricko-hydraulické rýpadlo EH a kolový nakladač CAT. Tímto je zajištěno, že dochází k optimálnímu složení vstupních materiálů a tím i výsledných výrobků.

Doprava materiálu je zajišťována dumpery Komatsu.

Dopravený materiál je zpracován primárním čelistovým drtičem.



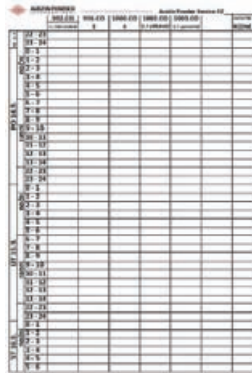
Obrázek 7: Nakládka rubaniny

3.2 Fáze 1

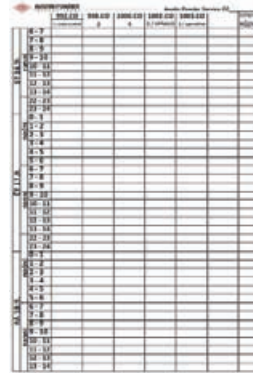
3.2.1 Metodika, sběr dat

Teoretický předpoklad, že dochází ke zlepšení fragmentace odstřelů, se může projevit zvýšeným množstvím zpracované rubaniny.

Proto byla první fáze zaměřena na sběr dat, které by určily množství zpracované rubaniny. Všechna rubanina je v této lokalitě dopravováno pomocí kolové dopravy, dumperů, a proto sběr dat byl svěřen řidičům vozidel.



Obrázek 8: Formulář, přední strana



Obrázek 9: Formulář, zadní strana

3.2.1 Vyhodnocení

Při zpracovávání běžných odstřelů byl výkon 100 – 600 tun / hod. Při zpracování odstřelů prováděných elektronickou rozbuškou to bylo 200 – 700 tun / hod.

Zjištěné výsledky vykazují tak velký rozptyl hodnot, že vyvolaly pochybnosti o důvěryhodnosti.

3.3 Fáze 2

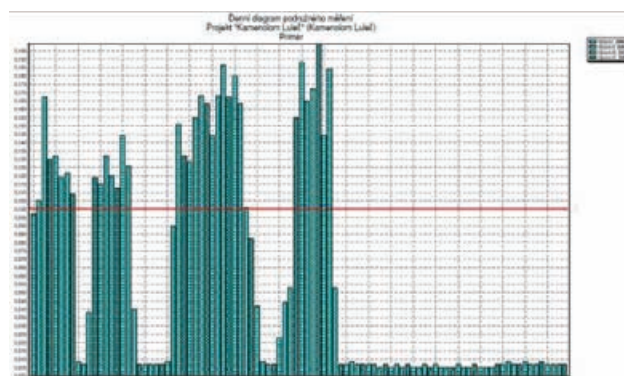
3.3.1 Metodika, sběr dat

Protože první fáze byla neúspěšná co se týče sběru dat a výsledků, bylo potřeba nalézt jiný způsob sběru dat a taktéž vyhodnocení.

Protože je primární drtič připojen k neustálému monitorování a veškerá data jsou ukládána, nebylo nikterak náročné tyto data získat.

Během výrobního procesu je monitorována okamžitá spotřeba elektrické energie na primárním drtiči, resp. čtvrt hodinová hodnota.

Během této fáze jsme se zaměřili na kalendářní týdny č. 30 a č. 34, kdy byly zpracovávány neelektrické odstřely a na týden č. 37, kdy byl zpracování elektronický odstřel.

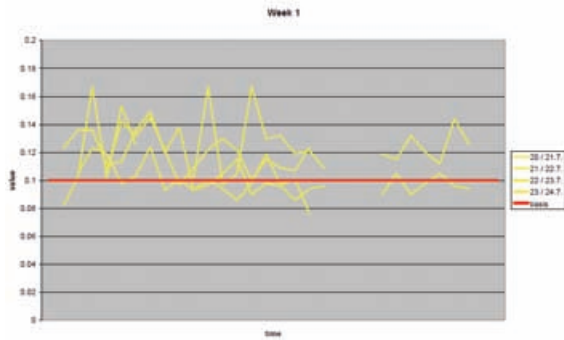


Obrázek 10: Sloupcový graf čtvrt hodinové spotřeby elektrické energie

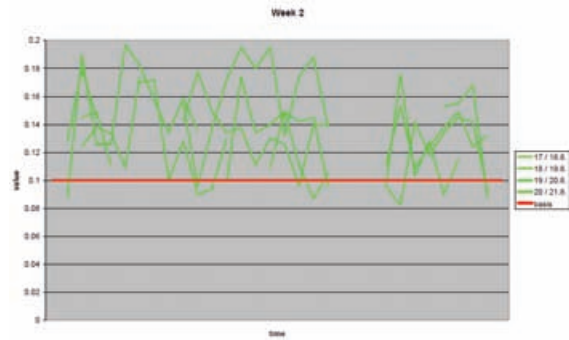
3.3.2 Vyhodnocení

Průměrná spotřeba elektrické energie během týdne 30 byla 453 kWh, během týdne 34 to bylo 543 kWh. Zpracovávání elektronického odstřelu mělo spotřebu 337 kWh.

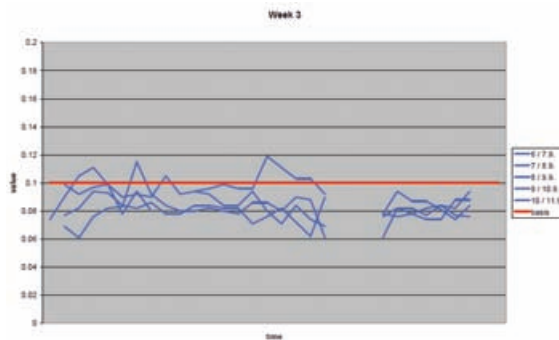
Objektivnějšího výsledku lze dosáhnout při vložení všech dat do tabulek a grafů.



Graf 1: Týden 30, neelektrický odstřel



Graf 2: Týden 34, neelektrický odstřel



Graf 3: Týden 37, elektronický odstřel

3.4 Fáze 3

3.4.1 Metodika, sběr dat

Protože v předchozí fázi byly porovnávány odstřely z různých míst lomu, z různého období a mohlo zde dojít k menším rozdílům, které mohly mít za následek zvýšení nepřesností, bylo potřeba udělat porovnávací neelektrický odstřel.

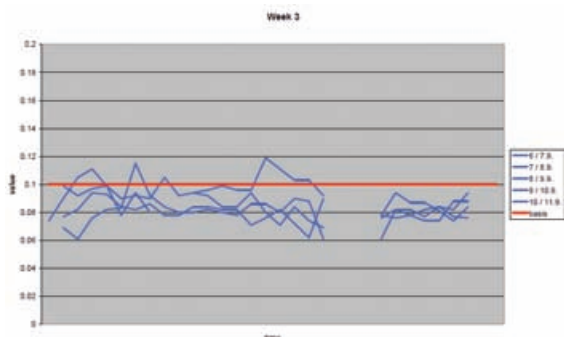
Proto byl proveden neelektrický odstřel na stejné etáži jako 1000. CO Luleč, byly použity stejné trhaviny, stejná geometrie odstřelu, stejné časování.

Tímto bylo zaručeno, že došlo k minimálním rozdílům podmínek mezi těmito dvěma odstřely.

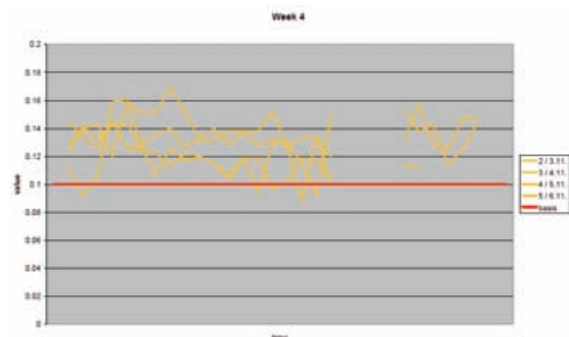
3.4.2 Vyhodnocení

Z dat vyplývá, že průměrná spotřeba při zpracování elektronického odstřelu byla 337 kWh a při zpracování neelektrického odstřelu během týdne 45 byla 510 kWh.

Ještě lepšího porovnání lze opět dosáhnout při porovnání dat v grafu, které reprezentují aktuální spotřeby elektrické energie..



Graf 4: Týden 37, elektronický odstřel



Graf 5: Týden 45, neelektrický odstřel

4 Ekonomické porovnání

4.1 Vstupní informace pro výpočet

4.1.1 Průměrná spotřeba na priméřním drtiči

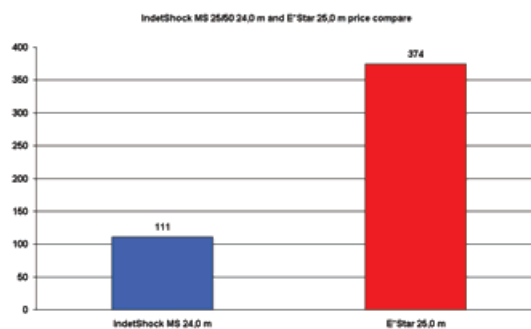
V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty, který jsou základem dalších výpočtů.

	Průměrná spotřeba (kW ¹ /4h)	Průměrná spotřeba (kWh)
týden 37	85	341
týden 45	128	513

Tabulka 2: Průměrná spotřeba priméřního drtiče

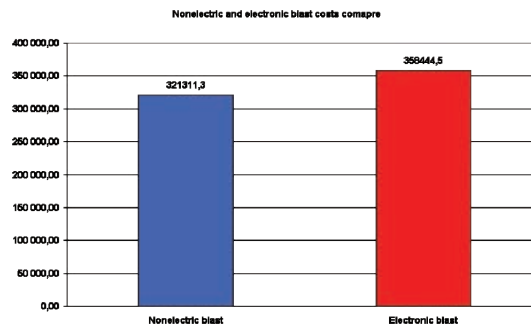
4.1.2 Cenové porovnání odstřelů

Cena neelektrické rozbušky IndetShock MS 25/50 24,0 m je 111,00 Kč. Elektronická rozbuška E*Star 25,0 m stojí 374,00 Kč. To je rozdíl +237%.



Graf 6: Cenové porovnání rozbušek IndetShock MS 25/50 24,0 m a E*Star 25,0 m

Avšak cenový rozdíl na celém odstřelu bez ceny za vrtání je odlišný. Cena neelektrického odstřelu je 321 311,30 Kč. Cena elektronického odstřelu je 358 444,50 Kč. Rozdíl je +12% .



Graf 7: Cenové porovnání neelektrického a elektronického odstřelu

4.1.3 Ostatní vícenáklady

Do této studie nebyly započítány ostatní vícenáklady. Předpokládá se, že firma provádějí TP vlastní zařízení pro provádění elektronických odstřelů a TVO provádí tento typ odstřelů samostatně.

4.1.4 Další informace z lomu

Cena elektrické energie pro lom Luleč je 4,- Kč / kWh.

Průměrná rychlost zpracovávání materiálu je 400 tun / hod.

4.2 Výpočet úspor

4.2.1 Cena neelektrických a elektronických rozbušek

Cena rozbušek při použité neelektrického systému je 18 702,80 Kč. Náklady na stejný odstřel při použití elektronických rozbušek je 55 836,00 Kč. Rozdíl je 37 133, 20 Kč, to je nárůst +199 %.

4.2.2 Úspory elektrické energie in priméřním drtiči

Průměrná spotřeba na priméřním drtiči při zpracovávání byla 514 kWh, při elektronickém odstřelu 341 kWh. Finální úspora je 173 kWh.

Úspora je $173 \text{ kWh} \times 4, - \text{ Kč} / \text{ kWh} = 692, - \text{ Kč} / \text{ h}$.

4.2.3 Celková doba zpracovávání odstřelu

Celková tonáž odstřelu byla 34 455 tun. Průměrně je zpracováno 400 tun materiálu za 1 hodinu. Proto odstřel je zpracován za $34\,455 \text{ tun} / 400 \text{ tun} / \text{ h} = 86$ hodin.

4.2.4 Finální součet

Úspory jsou 692,- Kč/h, to je $692 \text{ Kč/h} \times 86 \text{ h} = 59\,512, -$ během zpracovávání celého odstřelu.

Lom dokáže celkem uspořit 59 912,- Kč.

Celkové vícenáklady jsou 37 133,20 Kč.

Finální úspora je 22 779,- Kč, tj. 66 hal./t.