



**Severočeské doly a.s.
Chomutov**

člen Skupiny ČEZ

System pro výpočet prostorové polohy kolese rýpadel na Severočeských dolech a.s. v reálném čase a jeho aplikace v praxi



Doc. Ing. Dana Vrublová, Ph.D.

Ing. Martin Vrubel, Ph.D.

1. Úvod

2. Základní komponenty systému

3. Aplikace využívající systém pro výpočet polohy koleasa rýpadel

4. Závěr

1. Úvod

- Dobývání **hnědého uhlí** je v České republice, i přes výrazný pokles těžby v posledních dvaceti letech, stále významným oborem (Σ tržby cca. 30mld. Kč přímo, prostřednictvím energetiky stovky miliard Kč)
- V roce 2015 bylo vytěženo přes **38 mil. tun** hnědého uhlí
- Spolehlivé dodávky domácího hnědého uhlí jsou stabilizujícím prvkem české energetiky
- **Z hnědého uhlí se v posledních létech vyrábí stále něco přes 40% elektrické energie spotřebované v ČR**
- Významná je **úloha hnědého uhlí v oblasti topení v domácnostech. Téměř polovina domácností** buď využívá uhlí přímo jako palivo, anebo využívá centrální zásobování teplem (většinou hnědé uhlí)
- V současné době je těžba hnědého uhlí v České republice soustředěna do několika velkolomů v Severočeské hnědouhelné pánvi a Sokolovské pánvi a probíhá ve stále složitějších báňsko-geologických i ekonomických podmínkách
- Hnědouhelné společnosti proto **hledají další možnosti**, jak lépe monitorovat, kontrolovat, plánovat a následně řídit postupy kolesových rýpadel a celý těžební proces tak technicky i ekonomicky zefektivňovat
- **Jednou z významných cest tohoto procesu je sledovat prostorovou polohu koleśa těžebních velkstrojů (kolesových rýpadel)**



2. Základní komponenty systému

- V podmínkách Severočeské hnědouhelné pánve a Sokolovské pánve se při těžbě uhlí i nadloží využívá jako rozhodující technologie **kolesových rýpadel**
- Hmoty jsou těženy v několika výškových úrovních (řezech) nad sebou a jsou zakládány na výsypkách po etážích
- Ročně jsou přemístěny desítky milionů krychlových metrů zemin a hornin. Roční objem těžby jednoho skrývkového rýpadla dosahuje až 10milionů m³. Roční objem těžby hmot je na SD kolem **100 mil. m³**
- Na hnědouhelných lomech dochází k nepřetržité změně tvaru povrchu
- Více systémů podporujících oblast digitálních podkladů pro těžbu - > **Komplexní digitální model lomu** – software firmy KVASoftware s názvem „**Báňský model**“. Ten zahrnuje nejen digitální model terénu ale i digitální geologický model vrstev uhelného souslojí a nadloží. Umožňuje tvorbu map a poskytuje prostředky pro nejrůznější výpočty a analýzy potřebné pro plánování a kontrolu provozu lomu

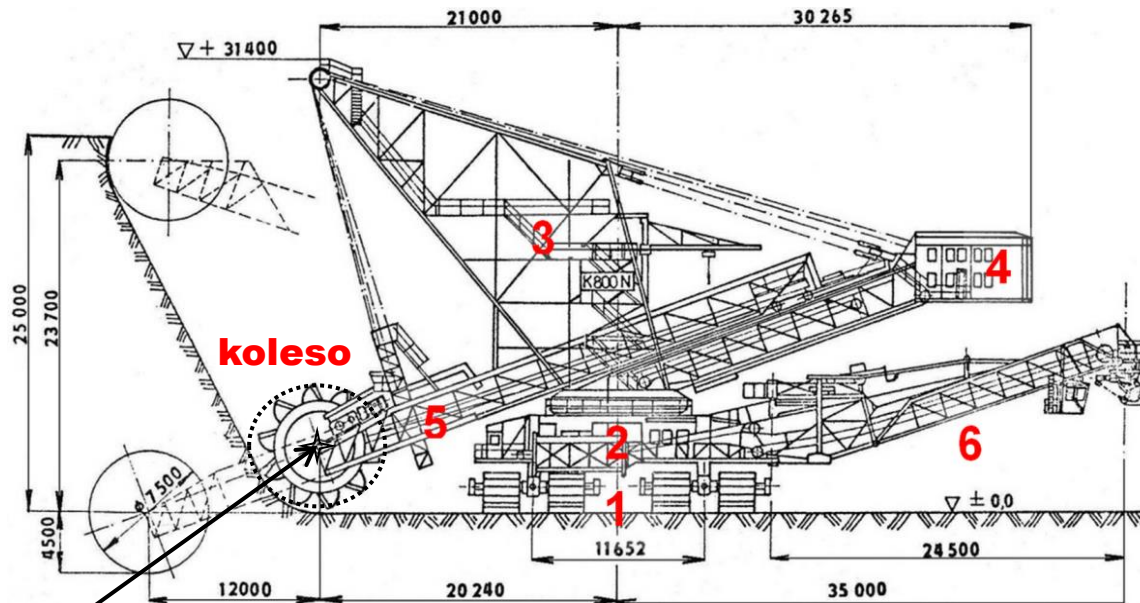


2. Základní komponenty systému

- Pro správnou kontrolu a řízení těžby je potřebné znát **skutečné objemy těžeb a mít lom zaměřený co možná nejčastěji**
- Pomocí **letecké měřické fotogrammetrie** je zaměřování lomů prováděno **6-12 x ročně**. Snímkována bývá plocha několika desítek km² – **vlastní fotogrammetrie už 40 let** (ing. Kříž)
- Jsou aktualizovány **důlní mapy** a prováděny **výpočty těžených objemů hmot**
- Od vyhotovení leteckých snímků, jejich vyhodnocení a aktualizaci digitálních modelů ale obvykle uběhne několik dní. **Pro operativní řízení provozu je to dlouhá doba**. Je potřeba, aby zpětná vazba byla daleko kratší
- Důlní měřiči si byli už v průběhu devadesátých let vědomi obrovských možností, které nabízí GSNN (GPS)

2. Základní komponenty systému

Cíl – souřadnice tělesa koleasa rýpadla
Jak na to?



Střed osy koleasa

Kolesové rýpadlo K800



2. Základní komponenty systému

- Výzkum vycházel z úvahy, že budeme-li znát **prostorové souřadnice středu osy koleśa K** (na obrázku obr. 2), jeho poloměr a tvar, lze definovat hraniční plochy mezi odtěženými a neodtěženými hmotami. Platí zjednodušená zásada: „**Tam, kde bylo koleśo, nemůže již být hornina**“.

Nalezení hraničních ploch (povrch koleśa – terén) umožňuje aktualizovat digitální model terénu v reálném čase

- Aby bylo možné **prostorové souřadnice koleśa rýpadel v reálném čase** počítat je nutno **vytvořit soustavu měřících přístrojů**, jejichž měření k získání potřebných dat pro výpočet povedou. Výběr měřících přístrojů je především ovlivněn potřebou:
 - Měřit **souřadnice X, Y a Z alespoň dvou bodů na rypadle** a to co možná nejčastěji.
 - Měřit **sklon rýpadla** jako celku vůči vodorovné rovině.
 - Měřit **sklon koleśového výložníku** vůči vodorovné rovině.
 - Měřit **výsuv koleśového výložníku**.



2. Základní komponenty systému

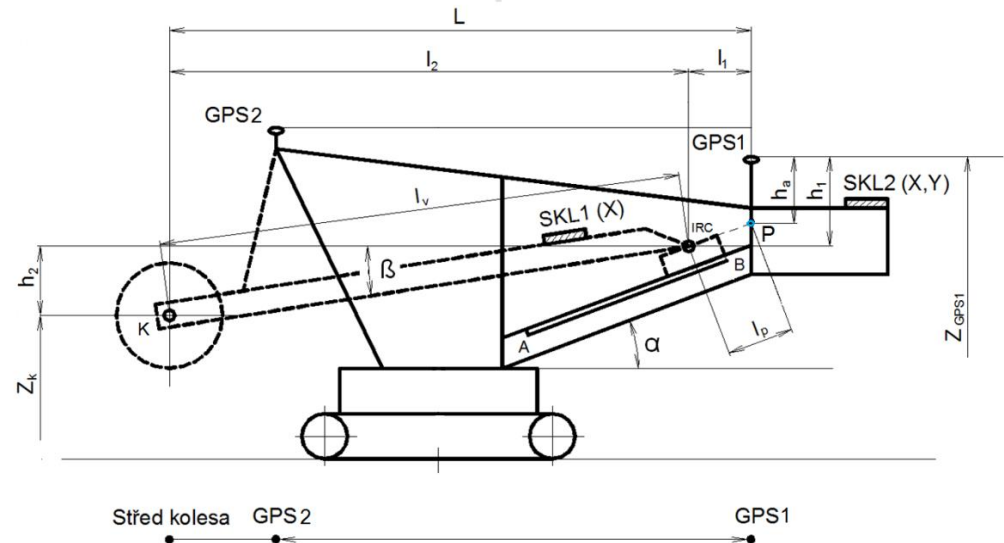
- Pro měření absolutní polohy dvou bodů na pohybujícím se rypadle je nejvýhodnější použít technologii **GNSS**
- Měření sklonů částí konstrukce rýpadla je zajištěno **sklonoměry**
- výsuv kolesového výložníku je měřen prostřednictvím **inkrementálního rotačního snímače otáček** - výsuv výložníku je vypočten přepočtem otáček osy ozubeného kola, jež přenáší točivý moment elektromotoru na posun kolesového výložníku pomocí pastorku.
- Měřicí (měřické) přístroje je nutno umístit na velkostroj tak, abychom získali relevantní vstupní hodnoty pro výpočet a aby byly v takových pozicích, kde nebudou vadit provozu rýpadla a naopak nebudou samy ohrožovány zhoršenými podmínkami pracovního prostředí.

Systém pro výpočet prostorové polohy kola se skládá ze tří základních prvků:

- měřicí segment (GNSS přijímače, přijímače a čidla, kontrolní jednotka),
- komunikační segment (přenos dat),
- uživatelský segment (vyhodnocovací software)

2. Základní komponenty systému

- Geodetickým měřením přímo na rýpadle byly zjištěny **parametry pro odvození matematických vztahů, potřebných pro výpočet prostorové polohy středu osy koleśa rýpadla**. Jedná se především o vzdálenosti jednotlivých měřidel vůči sobě i vůči některým mechanickým „uzlům“ konstrukce rýpadla



2. Základní komponenty systému

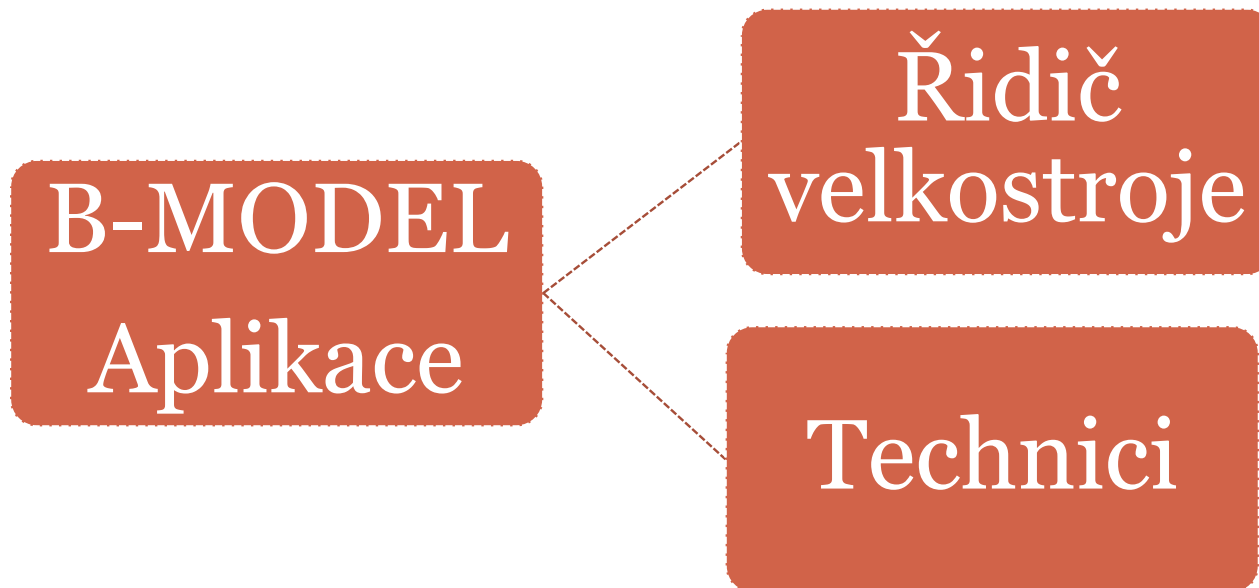
Výsledné vzorce pro výpočet souřadnic X_K , Y_K a Z_K :

$$Y_K = Y_{GPS1} + \sin \left(\arctg \frac{Y_{GPS2} - Y_{GPS1}}{X_{GPS2} - X_{GPS1}} \right) \cdot \left[\left(7,557 + IRC \frac{12,03}{40423} \right) \cdot \cos (19,648 - SKL2_X) \pm 35,966 \cdot \cos \beta \right]$$

$$X_K = X_{GPS1} + \cos \left(\arctg \frac{Y_{GPS2} - Y_{GPS1}}{X_{GPS2} - X_{GPS1}} \right) \cdot \left[\left(7,557 + IRC \frac{12,03}{40423} \right) \cdot \cos (19,648 - SKL2_X) \pm 35,966 \cdot \cos \beta \right]$$

$$Z_K = Z_{GPS1} - \left\{ 1,77 + \sin (19,648 - SKL2_X) \cdot \left(7,557 + IRC \frac{12,03}{40423} \right) \right\} \pm 35,966 \cdot \sin \beta$$

3. Aplikace využívající systém pro výpočet polohy kole rýpadel

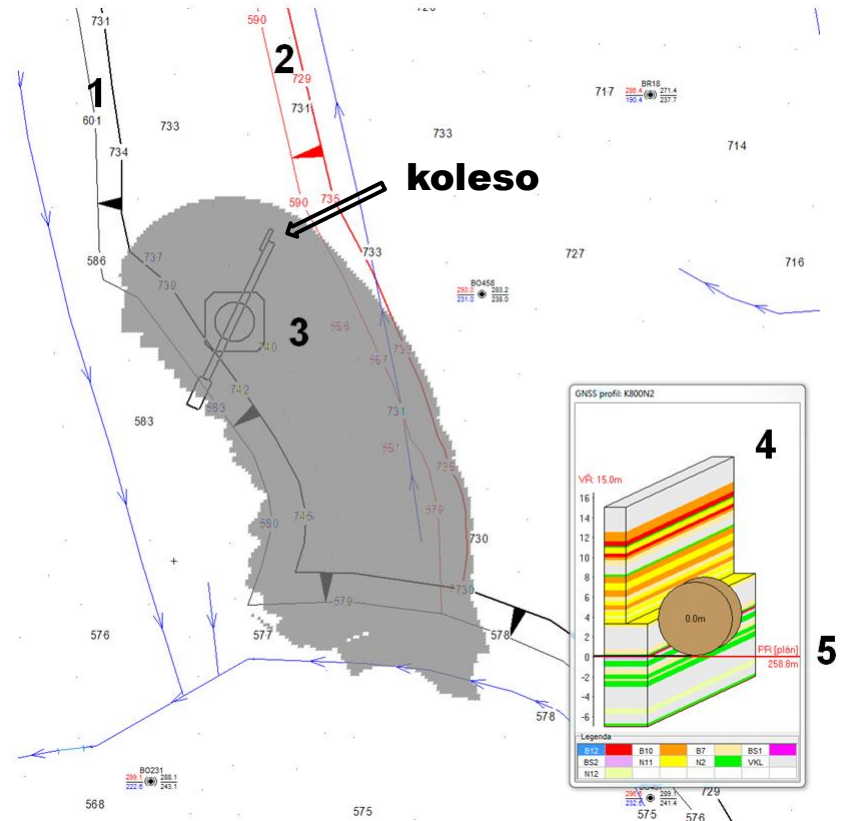


3. Aplikace využívající systém pro výpočet polohy koleasa rýpadel

koleso



zaměřený uhelný řez (1), báňský plán (2), schematizovaná pozice rýpadla (3) a vertikální profil uhelné sloje s pozicí koleasa (4) v reálném čase. Vodorovná linie v profilu (5) znamená niveletu plánované těžební pláně rýpadla. Podbarvená plocha ukazuje místa, kde již rýpadlo těžilo (kde bylo koleso).





Severočeské doly a.s.
Chomutov

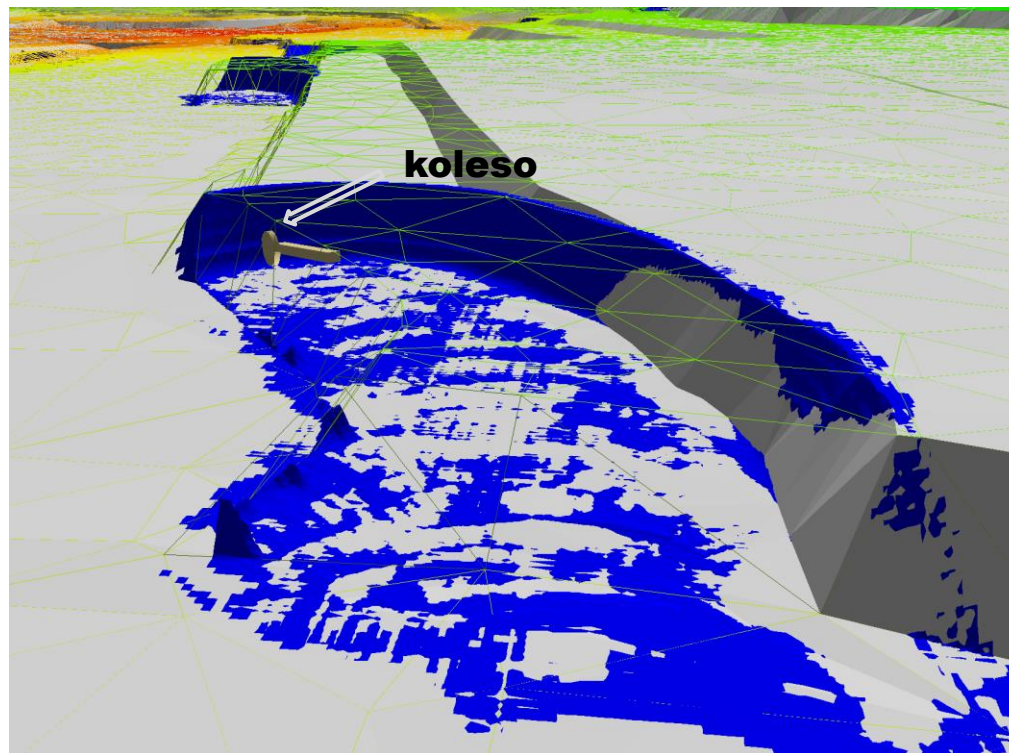
člen Skupiny ČEZ

System pro výpočet prostorové polohy koleasa rýpadel na Severočeských dolech a.s. v reálném čase a jeho aplikace v praxi



3. Aplikace využívající systém pro výpočet polohy koleasa rýpadel

- 3D zobrazení



3. Aplikace využívající systém pro výpočet polohy kolela rýpadel

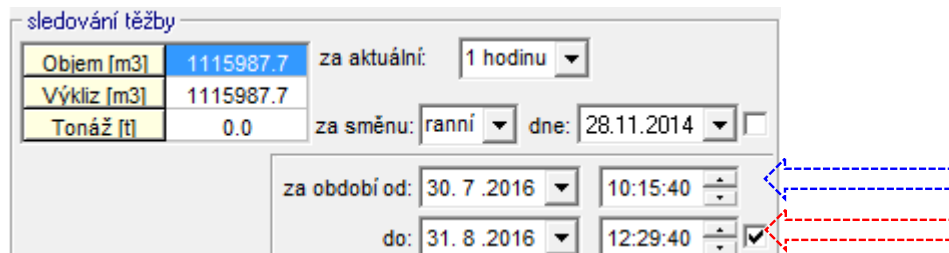
- Jedním z nejdůležitějších a nejkompexnějších úkolů měřičů na povrchových dolech jsou **výpočty objemů odtěžených hmot** = průběžná kontrola podnikatelského záměru
- Tím, že je popisovaným systémem **aktualizován digitální model terénu v reálném čase** tak je samozřejmě možné provádět **výpočty objemů** za libovolně zvolené období (směna, den, měsíc...)

Báňský model si „pamatuje“ stav automaticky aktualizovaného digitálního modelu v jakémkoliv čase. **Výpočet objemů v období od-do trvá několik vteřin.** Stačí zadat v nabídce – sledování těžby – datum a čas výchozího (modrá šipka) a konečného stavu (červená šipka).

sledování těžby

Objem [m3]	1115987.7	za aktuální:	1 hodinu	
Výkliz [m3]	1115987.7	za směnu:	ranní	dne: 28.11.2014
Tonáž [t]	0.0			

za období od: 30. 7. 2016 10:15:40
do: 31. 8. 2016 12:29:40



System pro výpočet prostorové polohy kolešá rýpadel na Severočeských dolech a.s. v reálném čase a jeho aplikace v praxi



Tabulka 1 Výsledky výpočtů objemů od 30. 7. 2016 do 31. 8. 2016 – rýpadlo SchRS 1320/110

Metoda výpočtu objemu odtěženého rýpadlem	Objem [m ³]	Rozdíl
Metoda 1 – z fotogrammetrického vyhodnocení lomu	1 119 337	
Metoda 2 – ze systému GNSS Báňský model	1 115 988	-0,3 %
Metoda 3 – pásové váhy	964 000	-13,9%

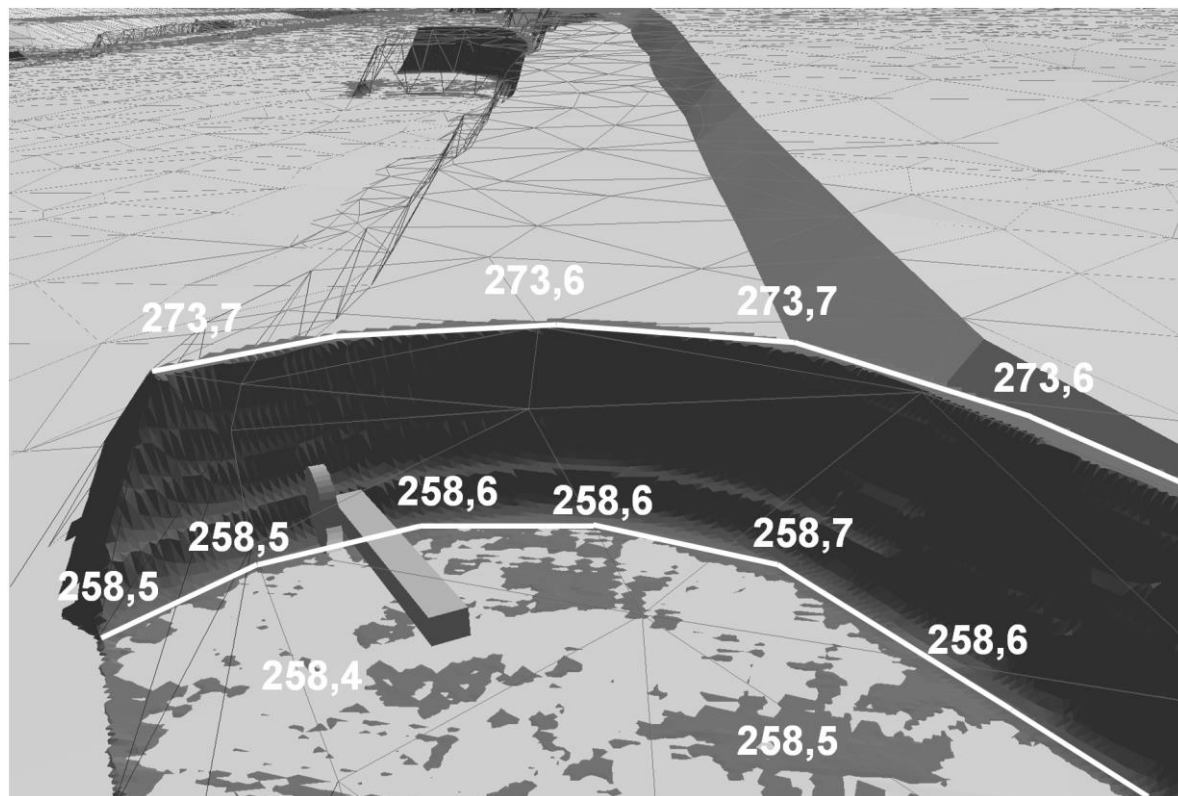
Tabulka 2 Výsledky výpočtů objemů od 30. 7. 2016 do 31. 8. 2016 – rýpadlo KU800/20

Metoda výpočtu objemu odtěženého rýpadlem	Objem [m ³]	Rozdíl
Metoda 1 – z fotogrammetrického vyhodnocení lomu	392 022	
Metoda 2 – ze systému GNSS Báňský model	401 287	+2,4 %
Metoda 3 – pásové váhy	351 100	-11,4%

3. Aplikace využívající systém pro výpočet polohy kolese rýpadel

Aktuální polohu kolese a těžbou vytvořený (aktualizovaný v reálném čase) digitální model terénu lze zobrazit i prostorově. Najetím na jakýkoliv bod modelu lze získat souřadnice X, Y a Z a stav lomu tak vektorizovat

Vyhodnocení postupu rýpadla K800 k
2.12.2016 10:51hod





4. Závěr

- **Měřický systém** pro určování středu osy kola rýpadla v reálném čase osvědčil za téměř 10 let svého nasazení v praxi při povrchové těžbě hnědého uhlí svoji životaschopnost
- Analýzy dosažené přesnosti prokazují vyhovující přesnost systému (odpovídá vyhlášce ČBÚ č. 435/1992 Sb.)
- **V současné době (rok 2016) je systém nasazen na všech 22 rýpadlech Severočeských dolů a.s. těžících na lomech Tušimice a Bílina skrývku i uhlí v souhrnném objemu téměř 100mil. m³ ročně.**
- Vývoj aplikací využívající znalost o poloze kola rýpadla v reálném čase je stále více zaměřen na podporu provozu a to jako **jeden z nástrojů pro kontrolu a řízení těžby**



**Severočeské doly a.s.
Chomutov**

člen Skupiny ČEZ

DĚKUJI ZA POZORNOST



Doc. Ing. Dana Vrublová, Ph.D.

Ing. Martin Vrubel, Ph.D.