

## ZÁSOBOVANIE VRTUĽNÍKOV VYUŽÍVANÝCH PRI RIEŠENÍ KRÍZOVEJ SITUÁCIE POHONNÝMI HMOTAMI

Erika Macášková \*)

### ABSTRAKT

V článku sú charakterizované rozhodnutia o spôsobe zásobovania pohonnými hmotami vrtuľníkov nasadených pri záchranných prácach. Rozhodnutie znamená výber z dvoch variantov zabezpečenia dodávky pohonných hmôt – odberom na letisku alebo dopravou cisternovým automobilom na miesto nasadenia počas riešenia krízových javov. Kritériami rozhodnutia sú čas a náklady.

**Kľúčové slová:** dodávka pohonných hmôt, krízová situácia, rozhodnutie, vrtuľníky.

### ABSTRACT

The article characterized the decision on how to supply fuel helicopters deployed for rescue work. The decision is a choice of two options to ensure fuel supplies - collection at the airport or transport by tanker car on site deployment solution for crisis events. The criteria for the decision are time and cost.

**Key words:** supply of fuel, a crisis situation, decision, helicopters.

### ÚVOD

Pri riešení krízových javov sa podľa potreby využívajú rôzne sily a prostriedky. Aby sa záchranné práce mohli vykonávať podľa možností nepretržite, je potrebné zabezpečiť aj prísun prostriedkov technického a materiálového zabezpečenia. Zároveň treba dbať na to, aby dopĺňanie bolo z časového a ekonomického hľadiska optimálne.

---

\*)Erika Macášková, Ing., Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta špeciálneho inžinierstva, Katedra technických vied a informatiky, Ulica 1.mája 32, 010 26 Žilina, Tel.: +421 41 513 6618, E-mail: Erika.Macaskova@fsi.uniza.sk

## 1 ZÁSOBOVANIE POHONNÝMI HMOTAMI

Jedným z dôležitých druhov materiálového zabezpečenia je dodávka pohonných hmôt (ďalej len „PHM“). Pri využívaní leteckých prostriedkov je zásobovanie PHM špecifické, pretože letecké PHM vyrába jediná firma na Slovensku. Tá ho dopravuje cisternovými vozidlami na letiská a stanice vrtuľníkovej záchranej zdravotnej služby (ďalej len „VZZS“) do zásobníkov. Zásobovanie vrtuľníkov PHM v mieste krízovej situácie (ďalej len „KS“) je preto zložitejšie.

Doplňovanie PHM je zabezpečené dvoma spôsobmi – letom vrtuľníka na letisko alebo stanicu VZZS a dojazdom cisternového vozidla na miesto KS.

Pre ľahšie rozhodnutie, akým spôsobom dopĺňanie PHM vykonať, je možné vytvoriť matematický model. Rozhodnutie sa vykonáva na základe potrebného času na doplnenie PHM a na základe vynaložených nákladov.

## 2 ROZHODOVANIE Z HĽADISKA ČASU

Časové hľadisko vychádza z nutnosti dočasného prerušenia záchranných prác a tým aj prerušenia aktívnej podpory pozemných síl a prostriedkov. Do značnej miery sa tým stráca význam a dôvod použitia leteckej podpory. Preto je veľmi dôležité, aby čas nečinnosti počas dopĺňania PHM bol čo najkratší a aby opätovné nasadenie vrtuľníkov na záchranné práce bolo čo najskoršie.

Matematický model je zameraný na čas nutného výpadku vrtuľníka nasadeného na záchranných prácach. Model je vyjadrený vzťahom (1), kde závislá premenná  $y_{\bar{c}}$  vyjadruje čas nečinnosti. Nezávislá premenná  $x$  vyjadruje vzdialenosť, ktorú musí preletieť vrtuľník na letisko či na stanicu VZZS alebo vzdialenosť, ktorú musí prejsť cisternové vozidlo. Nezávislá premenná  $x$  je vyjadrená vzťahom (2).

Pri doprave PHM cisternovým vozidlom je čas nečinnosti vrtuľníka rovný času tankovania, čo je približne 0,33 hod, t.j. 20 minút. Ide o konštantu  $t_p$  vyjadrenú vzťahom (3). Pri výpočtoch času letu vrtuľníka aj jazdy cisternového vozidla je rozhodujúcim parametrom rýchlosť jazdy. Tá je vyjadrená vzťahom (4), kedy pri výpočte letu vrtuľníka použijeme  $v = 240$ .

$$y_{\bar{c}} = 2 * \frac{x}{r} + t_p \quad y_{\bar{c}} = 2 * \frac{x}{r} + t_p \quad (1)$$

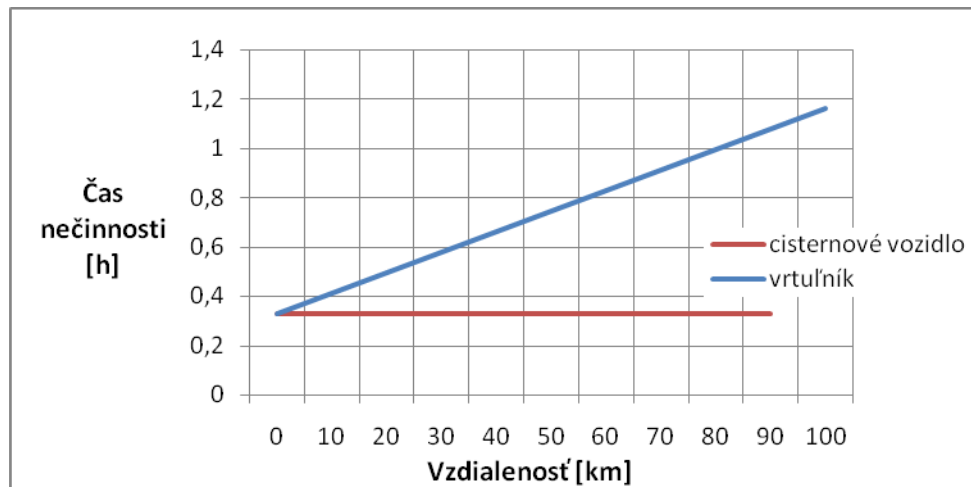
$$x \in R \quad x \in R \quad (2)$$

$$t_p = 0,33 \text{ hod} \quad (3)$$

$$v = \{1; 240\} \quad r = \{90; 240\} \quad (4)$$

Pri výpočte variantu dopĺňovania cisternovým vozidlom použijeme  $v = 1$ , pretože predpokladáme, že cisternové vozidlo je na mieste KS skôr, ako potreba

doplňania PHM vznikne. V tom prípade je čas nečinnosti vrtuľníka konštantný, teda rovný času potrebného na naplnenie nádrže. Výsledky výpočtov sú zobrazené na obrázku číslo 1.



Obrázok. 1 – Graf porovnania spôsobu zabezpečenia pohonnými hmotami z hľadiska času

Z grafu je zrejмый čas nečinnosti vrtuľníka z dôvodu jeho letu na letisko či stanicu VZZS, ktorý sa zväčšuje priamo úmerne so vzdialenosťou. Výsledkom porovnania je, že na dopĺňanie PHM je z časového hľadiska výhodnejšie využiť cisternové vozidlo.

Ak by sa pri výpočte bral do úvahy aj potrebný čas na príjazd cisternového vozidla, konštantný čas by sa zmenil na variabilný. Potom by sa v matematickom modeli za rýchlosť jazdy namiesto hodnoty  $v = 1 \text{ km.h}^{-1}$  dosadila hodnota  $v = 90 \text{ km.h}^{-1}$ . Následne z výpočtov vyplynulo, že optimálnym spôsobom dopĺňania paliva je let vrtuľníka na letisko či stanicu VZZS.

### 3 ROZHODOVANIE Z HL'ADISKA NÁKLADOV

Rozhodnutie z hľadiska času nepostačuje, preto boli ako ďalšie kritérium zvolené náklady. Druhý matematický model vyjadruje náklady vynaložené pri doprave PHM cisternovým vozidlom a na let vrtuľníka na letisko či stanicu VZZS. Model na výpočet nákladov je vyjadrený vzťahom (5). Nezávislá premenná  $x$  vyjadruje prejdenu vzdialenosť a je vyjadrená vzťahom (6). Konštanta  $b$ , vyjadrená vzťahom (7), predstavuje náklady na PHM potrebné na úplné doplnenie nádrže vrtuľníka. Predpokladaný objem nádrže je 550 litrov, čo vychádza z priemerného objemu nádrží používaných typov vrtuľníkov na záchranné práce v Slovenskej republike. Konštanta  $c$ , vyjadrená vzťahom (8), predstavuje cenu spotrebovaných PHM vrtuľníkom pri jednej hodine letu. Preto pri výpočtoch spojené s cisternovým vozidlom sa dosadí hodnota 1. Konštanta  $d$ , vyjadrená vzťahom (9), predstavuje náklady za prenájom cisternového vozidla a jej vodiča za každú načatú hodinu. Konštanta  $r$  je vyjadrená vzťahom (4). Posledná konštanta  $t_p$  vyjadruje čas plnenia v hodinách. Konštanta  $t_p$  je vyjadrená vzťahom (10).

$$y_N = b + \left(2 * \frac{x}{r} + t_p\right) * c * d \quad y_N = b + \left(2 * \frac{x}{r} + t_p\right) * c * d \quad (5)$$

$$x \in R \quad x \in R \quad (6)$$

$$b = 1\,045 \quad b = 2\,200 \text{ €} \quad (7)$$

$$c = \{1; 232\} \quad c = \{1; 488,88\} \quad (8)$$

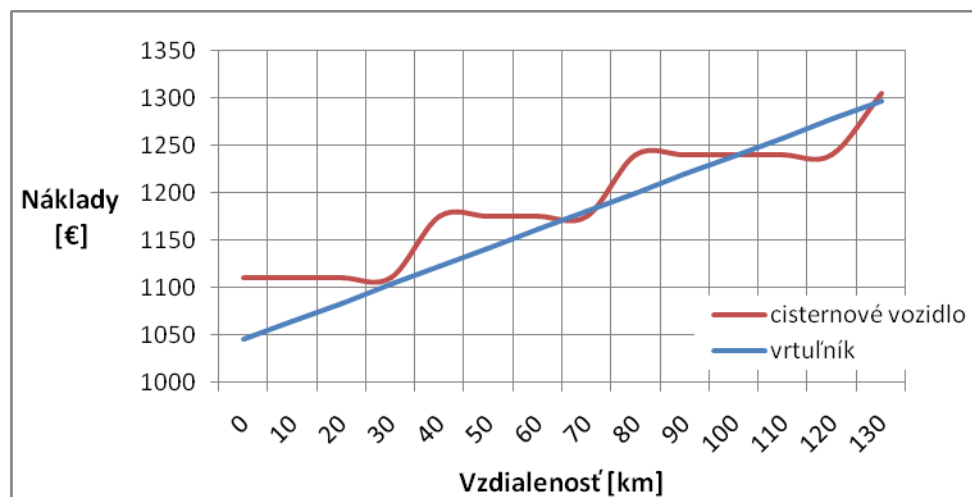
$$d = \{65; 1\} \quad d = \{1; 65\} \quad (9)$$

$$t_p = \{0,33; 1\} \quad t_p = \{1; 0,33\} \quad (10)$$

Pri výpočte nákladov s využitím cisternového vozidla sa za konštanty dosadzuje vždy prvé číslo. Pri výpočte nákladov pri lete vrtuľníka na letisko sa za konštanty dosadzuje vždy druhé číslo.

Aby bolo porovnávanie spôsobov zásobovania PHM možné, bolo potrebné vzniknuté náklady pri použití cisternového vozidla vydeliť množstvom PHM určených pre jeden vrtuľník, čo je spomínaných 550 l. Vzájomné porovnanie spôsobov zabezpečenia PHM je zobrazené na obrázku číslo 2.

Z hľadiska nákladov je výhodnejší let vrtuľníka na letisko. Sú však prípady, kedy je výhodnejší dojazd cisternového vozidla na miesto KS. Ide o prípady, kedy je letisko vzdialené 70 – 80 km alebo 110 – 135 km od miesta KS.



Obrázok 2 – Graf porovnania spôsobu zabezpečenia pohonnými hmotami z hľadiska nákladov

#### 4 ROZHODOVANIE Z HĽADISKA NÁKLADOV A ČASU

Na určenie optimálneho spôsobu dopĺňania PHM a zjednodušenie procesu rozhodovania je možné spojiť obe hľadiská do jedného modelu. Tento model je nazvaný ako „spoločné meradlo“. Výsledné hodnoty spoločného meradla nemajú

mernú jednotku. Výsledný matematický model je vyjadrený vzťahom (11). Obom kritériám sú pridelené váhy. Váhy sú vyjadrené vzťahom (12) a (13), zároveň určujú dôležitosť kritérií, keďže riešenie krízovej situácie je z hľadiska času dôležitejšie ako hľadisko nákladov. Súčet váh je rovný jednej.

$$y = y_{\epsilon} + y_N \quad y_N = b + \left(2 * \frac{x}{r} + t_p\right) * c * d \quad (11)$$

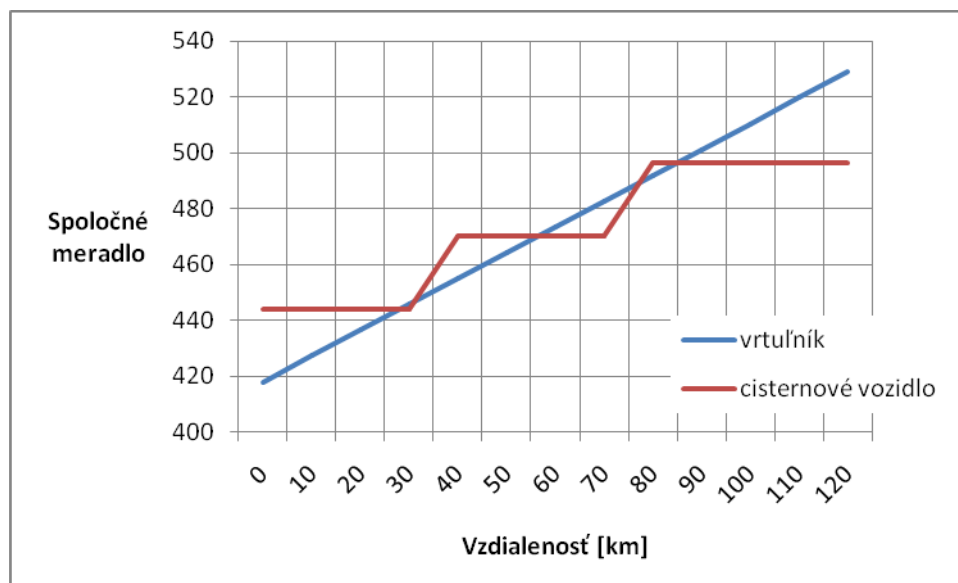
$$\alpha_1 = 0,6 \quad (12)$$

$$\alpha_2 = 0,4 \quad (13)$$

Spojením kritérií nákladových a časových, kedy vrtuľník nemôže vykonávať záchranné činnosti, vznikol podklad pre optimálne rozhodnutie o spôsobe dopĺňania PHM pre vrtuľníky. Spôsoby sa striedajú v otvorených intervaloch:

- let vrtuľníka je optimálny, ak je letisko vzdialené (0-28), (32-56), (77-85) kilometrov,
- dojazd cisternového vozidla je optimálny, ak miesto KS je vzdialené (28 – 32), (56-77).

Výsledky výpočtu sú zobrazené na obrázku číslo 3.



Obrázok 3 – Graf porovnania spôsobu zabezpečenia pohonnými hmotami z hľadiska nákladov a času spolu

Z grafu je možné okrem iného odčítať, že so zväčšujúcou sa vzdialenosťou, ktorú musia dopravné prostriedky prekonať, sa intervaly optimálneho spôsobu pre let vrtuľníkom znižujú a pre dojazd cisternového vozidla zväčšujú.

## ZÁVER

Na záver je nutné pripomenúť, že všetky výpočty boli vykonané pre jeden vrtuľník. Na záchranných činnostiach sa však podľa potreby môže podieľať viac vrtuľníkov. Vtedy je rozhodovanie o optimálnom spôsobe zabezpečenia PHM zložitejšie. Vedúci zásahu musí zvážiť, či môže všetky vrtuľníky poslať natankovať PHM na letisko a tak úplne obmedziť letecké záchranné činnosti. Alebo sa viac oplatí, ak na miesto KS príde cisternové vozidlo, z ktorého sa môžu doplniť PHM všetkým použitým vrtuľníkom.

Ďalšími faktormi pri rozhodovaní sú typy vrtuľníkov a postupnosť ich zapojenia do záchranných činností. Potom čas vzniku potreby doplnenia PHM je rôzny. Nakoniec jeden z najdôležitejších faktorov rozhodovania je dĺžka času vykonávania záchranných činností. Teda samotná potreba vrtuľníkov vyjadrená v čase. Môžu vzniknúť situácie, kedy k potrebe doplnenia paliva nedôjde.

## LITERATÚRA

- [1] GALAJDA, S. <galajda@ate.sk>. [2011-11-09]. Zásobovanie pohonnými hmotami. [E-mail to: erika.macaskova@fsi.uniza.sk].
- [2] CHROMEK, I. Stav a možnosti leteckej techniky pri hasení lesných požiarov. In Zborník referátov z odbornej konferencie FIRE & SEARCH & RESCUE konaná v dňoch 3. – 4. apríla 2007. ISBN 978 – 80 – 228 – 1730 – 1, s. 30 – 37.
- [3] LACKO, R. Letecká záchranná služba – úlohy a praktické skúsenosti. In Zborník referátov z odbornej konferencie FIRE & SEARCH & RESCUE konaná v dňoch 3. – 4. apríla 2007. ISBN 978 – 80 – 228 – 1730 – 1, s. 16 - 22.
- [4] Seidl, M., Šimák, L. 2006. Doprava v krízových situáciách. Nitra: Vydavateľstvo SPU v Nitre, 2006. 133 s. ISBN 80-8069-678-0.
- [5] SVOBODA, V. 1978. Vrtuľníky. Praha: Naše vojsko. 1979. 324 s.
- [6] Ústavný zákon číslo 227/2002 o bezpečnosti štátu v čase vojny, vojnového stavu, výnimočného stavu a núdzového stavu.
- [7] Zákon Národnej rady Slovenskej republiky číslo 143/1998 o civilnom letectve.

Článok recenzoval:  
prof. Ing. Miloslav Seidl, PhD.