

MINIMALIZÁCIA PREPRAVNEJ VZDIALENOSTI A DISTRIBUČNEJ TRASY PRI NÚDZOVOM ZÁSOBOVANÍ V SEKTORE PLYNÁRENSTVA

MINIMALIZATION OF THE TRANSPORT AND DISTRIBUTION ROUTE AT EMERGENCY SUPPLIES IN THE GAS INDUSTRY SECTOR

Júlia MIHOKOVÁ JAKUBČEKOVÁ, Miroslav TOMEK
Julia.Mihokova@fbi.uniza.sk, tomek@utb.cz

Abstract

The gas industry sector belongs to within of the Slovak Republic into the Energy Sector of Critical Infrastructure. The solution of crisis situations in the gas sector is all to more complicated in Slovakia that Slovakia must to import 98 % of natural gas. Even though it has created emergency gas reserves, it must in case of a state of emergency pay the utmost attention to the gas systems with an emphasis on transmission and distribution network. In the event of a crisis situation may occur inter alia violation the transmission and distribution routes. One way to ensure effective and rapid emergency supplies to selected gas customers can be to minimalization transport and distribution routes using application the Dantzig algorithm.

Key words

Distribution, optimization, gas, transportation, route, supply.

ÚVOD

Na zabezpečenie bezpečného fungovania každého štátu vrátane Slovenskej republiky je potrebné okrem iného zabezpečiť dostatočné množstvo rôznych druhov energií. K najvýznamnejším zdrojom tejto energie možno zaradiť aj zemný plyn. Zabezpečenie energetickej bezpečnosti Slovenskej republiky je o to zložitejšie, že Slovensko musí na pokrytie svojej spotreby dovážať 98 % zemného plynu zo zahraničia. V roku 2016 sa dovoz zemného plynu na Slovensko realizoval prostredníctvom plynovodov z Ruskej federácie a Nórska. Z uvedeného dôvodu musí Slovenská republika venovať maximálnu pozornosť vytvoreniu a udržiavaniu núdzových zásob plynu a určiť aj spôsob ich efektívneho použitia v systéme regulovaných dodávok plynu v čase núdze v plynárenstve. Stav núdze je v súlade so zákonom [1] definovaný ako „náhly nedostatok alebo hroziaci nedostatok energie, zmena frekvencie v sústave nad alebo pod úroveň určenú pre technické prostriedky zabezpečujúce automatické odpájanie zariadení od sústavy v súlade s technickými podmienkami prevádzkovateľa prenosovej sústavy alebo prerušenie paralelnej prevádzky prenosových sústav, ktoré môže spôsobiť významné zníženie alebo prerušenie dodávok elektriny alebo vyradenie energetických zariadení z činnosti alebo ohrozenie života a zdravia ľudí na vymedzenom území alebo na časti vymedzeného územia“.

Funkciu orgánu štátneho dozoru nad núdzovými zásobami s pôsobnosťou v oblasti stanovenia minimálnych limitov, kontroly, ukladania sankcií a podobne plní Správa štátnych hmotných rezerv.

Celková kapacita zásobníkov k 1. 7. 2017 (údaje za rok 2017 neboli zatiaľ zverejnené) bola na území Slovenskej republiky 3,40 mld. m³, pričom maximálny denný pevný ťažobný

výkon je cca 45 mil. m³, maximálny denný pevný vlačný výkon cca 38 mil. m³. Prevádzkovateľmi zásobníkov na Slovensku sú spoločnosti NAFTA a.s., Bratislava a POZAGAS a.s., Malacky. Pre potreby Slovenska je využívaný aj podzemný zásobník situovaný na území Českej republiky (Dolní Bojanovice) s kapacitou 0,57 mld. m³, ktorý je prevádzkovaný spoločnosťou SPP Storage s.r.o., Praha. Tento zásobník je napojený na slovenskú plynárenskú sieť a je nezávislý od spojovacích technológií využívaných spoločnosťami POZAGAS a.s. a NAFTA a.s. [2]

Slovenská republika sa môže v prípade dodávok plynu z Ruska cez Ukrajinu spoľahnúť už aj na ďalšie prepravné trasy. V rámci prepojenia slovenskej a českej prepravnej siete boli vykonané technické opatrenia, ktoré umožnia reverzný tok plynu z Českej republiky na Slovensko s kapacitou 67 miliónov m³ plynu denne. Kapacita prepojenia medzi Slovenskom a Rakúskom je 23 miliónov m³ plynu denne. Už vyše dva roky má Slovensko plynovodné prepojenie aj s Maďarskom. To vie poskytnúť vstupnú prepravnú kapacitu takmer 5 m³ plynu denne na prerušiteľnej báze. V prípade mimoriadnych núdzových situácií by bolo možné využiť aj funkčné prepojenie na úrovni distribučných sietí Kittsee – Petržalka. [3]

Pojem stav núdze v spojení s energetickým prepravným a distribučným systémom v čase krízovej situácie ohrozuje celý systém fungovania spoločnosti, obce či štátu. [4], [5] Článok sa zameriava na riešenie vybraných problémov, ktoré súvisia so vznikom a riešením krízových situácií v plynárenských sústavách s dôrazom na optimalizáciu prepravných a distribučných trás pri núdzovom zásobovaní.

1 KRÍZOVÉ SITUÁCIE V PLYNÁRENSKÝCH SÚSTAVÁCH

V rámci prevencie proti vzniku krízových situácií v plynárenstve nastáva otázka, ktoré prvky plynárenskej sústavy sú ohrozené a môžu spôsobiť sekundárne následky strát finančného charakteru a v najhorších možných situáciách aj strate na živote osôb. Prvky, ktoré možno zaradiť v rámci plynárenskej sústavy medzi rizikové sú:

- kompresorové stanice (napr. plynové turbíny alebo zložité technologické zariadenia) – z hľadiska ich obnovy ide o dlhodobé a náročné opravy,
- odovzdávacie stanice a vnútroštátne prepúšťacie stanice (napr. meracie, či riadiace systémy) – z hľadiska ich obnovy ide o strednodobé a podstatne zložitejšie opravy,
- podzemné zásobníky (napr. nadzemné časti, riadiace systémy) – z hľadiska obnovy ide o veľmi náročnú opravu, v prípade náhrady by išlo o dlhodobý výpadok dodávok plynu, hlavne v zimnom období by išlo aj o veľké finančné straty,
- líniové časti (napr. miesta, kde z dôvodu prechodu cez riečne línie vystupujú plynové potrubia na povrch) – z hľadiska obnovy ide o krátkodobú, niekedy len niekoľko hodinovú opravu.

Najväčším následkom narušenia kritických miest môže byť explózia časti plynárenskej sústavy (dôsledkom napr. teroristického útoku, technologickej havárie a pod.) a následný požiar. Okrem úplného alebo čiastočného poškodenia (zničenia) zariadení, a tým aj prerušenia prepravy plynu, môže nastať znečistenie životného prostredia, prípadne ohrozenie života a zdravia osôb, ktoré by sa v čase explózie nachádzali v blízkosti príslušnej časti plynárenskej sústavy. V prípade, že prepravovaný plyn je aj hlavným zdrojom zariadení na výrobu elektrickej energie, nastane aj odstávka výroby a dodávky elektrickej energie.

Krízové situácie na plynárenskej sústave môžu byť spôsobené:

- úmyselnou činnosťou človeka (napr. sabotážou alebo teroristickým útokom poškodením rozvodných a odberových zariadení),

- neúmyselnou činností člověka (napr. nedostatečnou odborností, neskúseností, nedbanlivosťou),
- technickou poruchou (staroba rozvodného systému),
- možnými hrozbami i prerušením či obmedzením dodávok zo strany dodávateľa (napr. v roku 2009 zo strany Ruska),
- obmedzením alebo prerušením dodávok zo strany tranzitnej krajiny (napr. v roku 2009 Ukrajina),
- živelnými pohromami [4, 5].

Pri riešení krízových situácií a likvidácii následkov na plynárenskej sústave sú stanovené konkrétne úlohy, ktoré musia vykonať príslušné zložky:

- výrobcovia plynu a prevádzkovatelia plynárenských sústav [1]:
 - o analyzujú vzniknutú situáciu,
 - o vyhlasujú stav núdze,
 - o priebežne vyhodnocujú vývoj situácie a postupne likvidujú následky stavu núdze,
 - o zaisťujú zdroje na obnovu dodávok a riadenia postupy obnovy prevádzky sústavy,
 - o vyžadujú súčinnosť prostredníctvom ústredných orgánov alebo orgánov územnej štátnej správy,
- ministerstvo hospodárstva a ústredné orgány:
 - o vyžadujú informácie o postupe od prevádzkovateľov sústavy,
 - o vyhodnocujú vývoj situácie, vytvárajú opatrenia na zabránenie vzniku sekundárnych mimoriadnych udalostí,
 - o predkladajú informácie a návrhy Ústrednému krízovému štábu,
 - o navrhujú mimoriadne opatrenia na zaistenie náhradných energetických surovín (uvoľnenie zo štátnych hmotných rezerv),
 - o rozhodujú o použití pohotovostných zásob,
 - o navrhujú regulačné opatrenia v oblasti potravinárskeho priemyslu a vnútorného obchodu v spolupráci s príslušnými rezortmi,
- územné správne orgány:
 - o plnia úlohy stanovené ústrednými orgánmi,
 - o realizujú mimoriadne opatrenia na zaistenie náhradných zdrojov tepla a energetických surovín,
 - o požiadajú uvoľnenie pohotovostných zásob,
 - o zaisťujú realizáciu regulačných opatrení (zabezpečenie potravinami, vodou, zdravotníckym materiálom, pohonnými hmotami, predmetmi dennej spotreby).

Každý účastník trhu s plynom (výrobca, prevádzkovateľ prepravnej či distribučnej siete, prevádzkovateľ zásobníka, dodávateľ a odberateľ plynu) je povinný podrobiť sa prijatým a vyhláseným opatreniam, ktoré vyplývajú z riešenia krízovej situácie. Obmedzujúce opatrenia v oblasti plynárenstva, pri ktorých sa obmedzuje alebo prerušuje dodávka plynu, sa uplatňujú v tomto poradí [1]:

- obmedzenie odberu plynu u odberateľov, ktorí prevádzkujú výrobu alebo poskytujú služby náročné na spotrebu plynu (napr. v hutníctve, strojárstve, keramickom a sklárskom priemysle, stavebníctve atď.),
- prerušenie dodávok plynu pre odberateľov, ktorí prevádzkujú výrobu alebo poskytujú služby náročné na spotrebu plynu (napr. v hutníctve, strojárstve, keramickom a sklárskom priemysle, stavebníctve atď.),
- obmedzenie a prerušenie dodávok plynu pre ostatných odberateľov okrem chránených odberateľov (napr. výroba dusíkatých hnojív, plastických hmôt, lepidiel a pod.),
- obmedzenie a prerušenie dodávok plynu pre chránených odberateľov (malý podnik),

- obmedzenie a prerušenie dodávok plynu pre chránených odberateľov (odberateľ plynu, ktorý vyrába teplo a teplú úžitkovú vodu určené pre domácnosť alebo pre osoby, ktoré nie sú pri výrobe tepla schopné prejsť na iné palivo),
- obmedzenie a prerušenie dodávok plynu pre chránených odberateľov (prevádzkovatelia zdravotníckeho zariadenia, zariadenia sociálnych služieb a sociálnoprávnej ochrany detí a sociálnej kurately, školy),
- obmedzenie a prerušenie dodávok plynu pre chránených odberateľov (odberatelia plynu v domácnosti).

V zmysle nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 994/2010 z 20. októbra 2010 o opatreniach na zaistenie bezpečnosti dodávky plynu, ktorým sa zrušuje smernica Rady 2004/67/ES členský štát musí spĺňať štandard dodávky a štandard infraštruktúry. Na základe prijatých legislatívnych opatrení po plynovej kríze Slovensko štandard dodávky pre chránených odberateľov spĺňalo už od roku 2009. Štandard infraštruktúry stanovuje, že parameter $N - 1$ musí byť väčší ako 100 %. Na základe výpočtu podľa vzorca, do ktorého vstupujú parametre, ako sú technická kapacita vstupných bodov, maximálna technická kapacita výroby plynu, maximálny technický ťažobný výkon zásobníkov, technická kapacita samostatnej najväčšej plynárenskej infraštruktúry a celková denná spotreba plynu pre prípad výnimočne vysokej spotreby, je možné konštatovať, že stanovenú požiadavku pre parameter $N - 1 - t.j.$ štandard infraštruktúry – Slovensko spĺňa. [2]

2 OPTIMALIZÁCIA PREPRAVNÝCH A DISTRIBUČNÝCH PLYNÁRENSKÝCH TRÁS PRI NÚDZOVOM ZÁSOBOVANÍ

Na optimalizáciu prepravných a distribučných trás pri riešení núdzového zásobovania je potrebné riešiť systém prepravnej (distribučnej) siete zo zdroja plynu (aj zo zásobníka plynu) (u_1), do miesta výdaja (odberateľ plynu) (u_n), aby celková prepravná vzdialenosť bola minimálna.

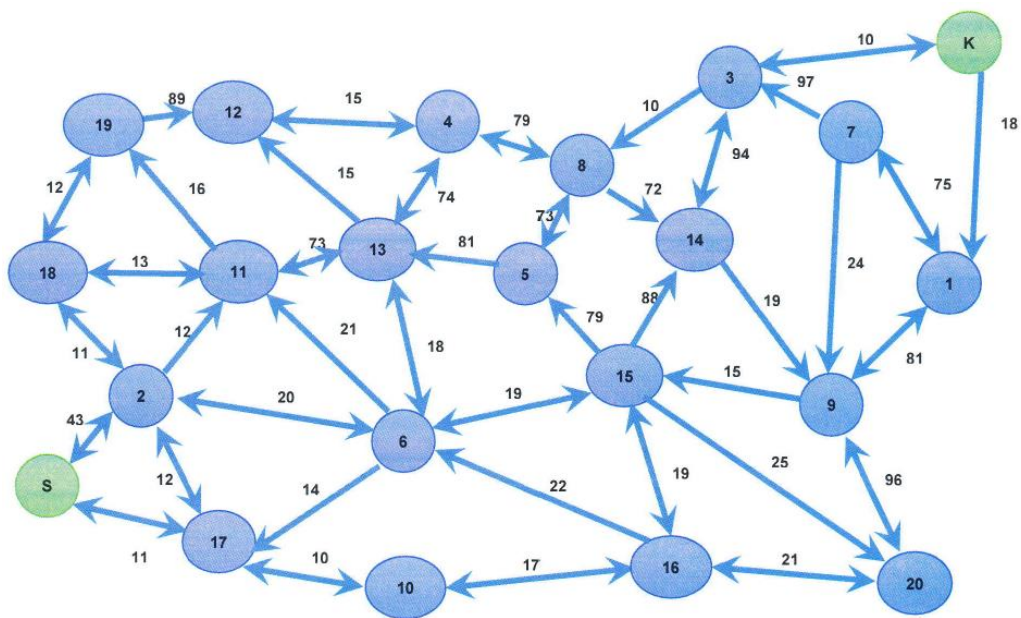
Pomocou aplikácie metódy Dantzigovým algoritmom je možné nájsť najkratšiu prepravnú či distribučnú cestu. [6], [7] Úlohou bolo zabezpečiť prepravné či distribučné trasy núdzového zásobovania plynu odberateľom cez nenarušenú prepravnú (distribučnú) sieť. Za východiskový vrchol je možné zvoliť si miesto zdroja plynu (napr. zásobník plynu). Východiskovému vrcholu, označenému ako v_r , bude priradená počiatočná hodnota 0, čo znamená že $v_r = 0$. Za výstupný vrchol v sieti možno považovať odberné miesto, ktoré je určené pre odberateľov. Niektoré úseky siete považujeme za jednosmerné, ostatné za obojsmerné.

Ako d_j bude označená dĺžka prepravnej (distribučnej) cesty z vrcholu v_r do vrcholu v_j , ide o najkratšiu cestu medzi týmito vrcholmi. Hodnota c_{ij} predstavuje vzdialenosť z i -tého vrcholu do j -tého a π_j označuje predchádzajúci vrchol, z ktorého vedie cesta do daného vrcholu. [6]

V prípade, že prepravné trasy (distribučná sieť) v rámci infraštruktúry sú neporušené, za východiskový vrchol určíme zdrojové miesto plynu, výstupným miesto výdaja (odberu), ostatné vrcholy predstavujú prepravné uzly na prepravnej (distribučnej) sieti a hrany medzi jednotlivými vrcholmi predstavujú najkratšiu možnú prepravnú (distribučnú) vzdialenosť.

Úlohou je nájsť najkratšiu možnú cestu medzi zdrojom plynu a výdajným (odberovým) miestom, pričom nemusí ísť o časovo najrýchlejšiu cestu, ale o vzdialenostne najkratšiu cestu, keďže hodnoty medzi vrcholmi sú udávané v kilometroch. Ak by sme chceli riešiť časovo najrýchlejšiu cestu, museli by byť hodnoty hrán určené časovou jednotkou. Na obrázku 1 je

znázornená vybraná fiktívna prepravná (distribučná) sieť, ktorá začína v mieste S (vstupný vrchol) a končí v mieste K (koncový príp. výstupný vrchol).



Obr. 1

Grafické zobrazenie nenarušenej prepravnej (distribučnej) siete

Na riešenie modelového príkladu, ako už bolo spomenuté, si zvolíme metódu Dantzigov algoritmus (Tabuľka 1).

Tabuľka 1

Východisková tabuľka pre metódu Dantzigov algoritmus [6]

v_r				
i	1	2	...	n
c_{ij}

Pomocou vzťahov [5, 6] (1 až 5) doplníme hodnoty a vypočítame. Výsledok modelového príkladu je uvedený v Tabuľke 5.

$$\min z(x) = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=2}^n c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{n-1} x_{ij} = 1, \quad j = 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{j=2}^n x_{ij} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n - 1 \quad (3)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i = 1, 2, \dots, n - 1 \quad j = 2, 3, \dots, n \quad (4)$$

Kde:

$$c_{ij} = \begin{cases} c_{ij} & \text{ak existuje cesta z uzla } i \text{ do uzla } j \\ 0 & \text{pre } i = j \\ M & \text{ak neexistuje cesta z uzla } i \text{ do uzla } j \end{cases} \quad (5)$$

Po dosadení hodnôt, získané z obrázka 1, bude východisková tabuľka mať nasledovný tvar (tabuľka 2), kde v_r je hodnota vzdialenosti konkrétneho vrcholu od vrcholu S (počiatočného bodu) a u_i je označenie jednotlivých vrcholov, cez ktoré nám ide fiktívna sieť.

V ďalších krokoch je uvedený postup riešenia východiskovej tabuľky (tabuľka 2) modelového príkladu pomocou metódy Dantzigov algoritmus (tabuľka 3 a 4).

Pri riešení príkladu sa ukazuje aj postupne cesta, cez ktorú nám povedie najkratšia vzdialenosť. Z tabuľky 3 a 4 je evidentné, že cesta prechádza z vrcholu S cez vrcholy 2, 17 a 18. Pre zistenie ďalšieho poradia jednotlivých vrcholov je nutné postup opakovať. Tento postup (tabuľka 3 a tabuľka 4) aplikujeme dovtedy, pokým nevytlúčime všetky vrcholy a zároveň získame všetky hodnoty najkratšej vzdialenosti jednotlivých vrcholov k východiskovému bodu. Výsledok riešenia modelového príkladu je uvedený nižšie (tabuľka 5).

Z tabuľky vyplýva, že najkratšia možná vzdialenosť medzi vrcholmi má hodnotu 661 km a cesta prechádza cez vrcholy $5(u_1), 2(u_2), 11(u_{12}), 13(u_{14}), 4(u_5), 8(u_6), 14(u_{15}), 3(u_4), K(u_{22})$.

Pomocou uvedenej metódy by mohli orgány krízového riadenia včasne a optimálne zareagovať na vzniknutú krízovú situáciu v oblasti núdzového zásobovania v sektore plynárenstva. V rámci plánovania prepravného (distribučného) zabezpečenia núdzového zásobovania je potrebné vopred stanoviť predpokladané trasy, prípadne alternatívne, ktoré by boli z hľadiska optimalizácie vzdialeností vhodné na zásobovanie [8] plynom odberateľov v prípade narušenia časti infraštruktúry.

Tabuľka 2
Východisková tabuľka modelového príkladu pomocou metódy Dantzigov algoritmus

v_r																			
u_i	$S-u_1$	$1-u_2$	$2-u_3$	$3-u_4$	$4-u_5$	$5-u_6$	$6-u_7$	$7-u_8$	$8-u_9$	$9-u_{10}$	$10-u_{11}$								
	2 (43)	7 (75)	S (43)	8 (103)	8 (79)	8 (73)	2 (206)	1 (75)	4 (79)	1 (81)	16 (171)								
	17 (119)	9 (81)	6 (206)	14 (94)	12 (159)	13 (81)	11 (214)	3 (97)	5 (73)	15 (158)	17 (101)								
			11 (123)	K (103)	13 (74)		13 (185)	9 (247)	14 (72)	20 (96)									
			17 (128)				15 (198)												
			18 (110)				17 (141)												
u_{ij}																			

Tabuľka 3
Riešenie modelového príkladu 1. časť riešenej tabuľky

Vrchol S je východiskový bod
K východiskovej hodnote pripočítame konkrétnu vzdialenosť:
 $0+43 = 43$,
 $0+119 = 119$.
Určíme najkratšiu vzdialenosť (v našom prípade 43 – u_2)
Vylúčime vrcholy S a 2, pri ďalšom riešení príkladu už s týmito vrcholmi nepočítame.

v_r	0	43																
u_i	S- u_1	1- u_2	2- u_3	3- u_4	4- u_5	5- u_6	6- u_7	7- u_8	8- u_9	9- u_{10}	10- u_{11}							
u_{ij}	2 (43)	43 (75)	S (43)	8 (103)	8 (79)	8 (73)	2 (206)	1 (75)	4 (79)	1 (81)	16 (171)							
	17 (119)	9 (81)	6 (206)	14 (94)	12 (159)	13 (81)	11 (214)	3 (97)	5 (73)	15 (158)	17 (201)							
			11 (123)	K (103)	13 (74)		13 (185)	9 (247)	14 (72)	20 (96)								
			17 (228)				15 (198)											
			18 (110)				17 (241)											

K hodnote 43 pripočítame konkrétnu vzdialenosť:
 $43+206 = 249$,
 $43+123 = 166$,
 $43+128 = 171$,
 $43+110 = 153$.
Určíme najkratšiu vzdialenosť zo stĺpcov S a 2 (v našom prípade 119 – u_{17})
Vylúčime vrchol 17, pri ďalšom riešení príkladu už s týmito vrcholom nepočítame.

Tabuľka 4
Riešenie modelového príkladu 2. časť riešenej tabuľky

K hodnote 119 pripočítame konkrétnu vzdialenosť:
 $119 + 101 = 220$.
 Určíme najkratšiu vzdialenosť zo stĺpcov S, 2 a 17 (v našom prípade 153 – u₁₈)
 Vylúčime vrchol 18, pri ďalšom riešení príkladu už s týmto vrcholom nepočítame.

v_r						119	220				
u_i	11-u ₁₂	12-u ₁₃	13-u ₁₄	14-u ₁₅	15-u ₁₆	16-u ₁₇	17-u ₁₈	18-u ₁₉	19-u ₂₀	20-u ₂₁	K-u ₂₂
	13 (73)	4 (159)	4 (74)	3 (94)	5 (79)	6 (227)	7 (113)	2 (110)	12 (89)	9 (96)	1 (189)
	18 (155)		6 (185)	9 (195)	6 (198)	10 (171)	2 (128)	11 (135)	18 (128)	16 (211)	3 (103)
u_{ij}	19 (169)		11 (73)		14 (88)	15 (197)	10 (101)	19 (128)			
			12 (153)		16 (197)	20 (211)	220				
					20 (251)						

Tabuľka 5
Výsledné riešenie modelového príkladu metódy Dantzigov algoritmus

v_r	0	740	43	558	313	465	249	815	392	659	220	
u_i	$S-u_1$	$1-u_2$	$2-u_3$	$3-u_4$	$4-u_5$	$5-u_6$	$6-u_7$	$7-u_8$	$8-u_9$	$9-u_{10}$	$10-u_{11}$	
u_{ij}	2 (43)	43 (119)	7 (75)	815 (81)	8 (79)	8 (73)	2 (206)	1 (75)	4 (79)	1 (81)	16 (171)	391
17 (119)	17 (119)	9 (81)	6 (206)	14 (94)	12 (59)	13 (81)	11 (214)	3 (97)	5 (73)	15 (58)	17 (101)	
			11 (123)	K (103)	13 (74)		13 (85)	9 (247)	14 (72)	20 (96)		
			17 (28)			15 (198)						
			18 (110)			17 (41)						

2. pokračovanie Tabuľka 5
Výsledné riešenie modelového príkladu pomocou metódy Dantzigov algoritmus

v_r	166	370	239	464	447	391	119	153	281	602	661	
u_i	$11-u_{12}$ $12-u_{13}$ $13-u_{14}$ $14-u_{15}$ $15-u_{16}$ $16-u_{17}$ $17-u_{18}$ $18-u_{19}$ $19-u_{20}$ $20-u_{21}$ $K-u_{22}$											
u_{11}	13 (73)	239 (259)	4 (74)	313 (94)	558 (99)	576 (227)	6 (119)	2 (110)	12 (89)	370 (96)	698 (189)	860 (189)
u_{12}	18 (125)		6 (85)	424 (195)	6 (98)	10 (71)	2 (28)	11 (35)	18 (28)	16 (211)		3 (103)
u_{13}	19 (169)	375	11 (73)		14 (88)	15 (97)	10 (101)	19 (128)	281			
u_{14}			17 (53)	392	16 (97)	20 (211)	602					
u_{15}					20 (251)	698						

ZÁVER

Najvýznamnejším opatrením štátu pri riešení krízových situácií v oblasti plynárenstva pri vyhlásení stavu núdze musí byť efektívne hospodárenie s núdzovými zásobami plynu. Súčasťou efektívneho riešenia musí byť aj preprava plynu. Prepravné a distribučné zabezpečenie núdzového zásobovania plynom zahŕňa plánovanie, prípravu, prepravu a distribúciu plynu odberateľom na miesto výdaja (odberu) počas krízových situácií. Orgány krízového riadenia v rámci plánovania sa musia zaoberať aj minimalizáciou prepravnej vzdialenosti a distribučnej trasy pri núdzovom zásobovaní plynom. Pred a v priebehu spracovania tejto úlohy je potrebné okrem iného aj identifikovať možné riziká a hrozby, ktoré môžu vážnym spôsobom ohroziť bezpečnosť, efektívnosť a rýchlosť realizácie núdzového zásobovania v prípade narušenia prepravnej a distribučnej infraštruktúry. Medzi takéto riziká môže patriť narušenie prepravnej a distribučnej trasy. Preto sa autori zamerali na riešenie núdzového zásobovania pomocou výberu optimálnej trasy s využitím metódy lineárneho programovania.

Článok vznikol za podpory projektu VEGA č.1/0240/15 Procesný model riadenia bezpečnosti a ochrany kritickéj infraštruktúry v sektore dopravy.

Literatúra

- [1] Zákon č. 251/2012 Z. z. Zákon o energetike a o zmene a doplnení niektorých zákonov.
- [2] Ministerstvo hospodárstva Slovenskej republiky. Správa o výsledkoch monitorovania bezpečnosti dodávok plynu, jún 2017 [online]. [cit. 2017-12-29]. Dostupné z: <http://www.economy.gov.sk/uploads/files/o12GkcSI.pdf>
- [3] *Na prípadné výpadky dodávok plynu z Ruska cez Ukrajinu je Slovensko pripravené* [online]. 2017 [cit. 2017-12-29]. Dostupné z: <https://euroskenoviny.sk/2017/09/28/na-pripadne-vypadky-dodavok-plynu-z-ruska-cez-ukrajinu-je-slovensko-pripravene/>
- [4] MIHOKOVÁ JAKUBČEKOVÁ, J. a E. BENČÍKOVÁ. Securing the transportation in emergency situation during critical infrastructure failure. In: *Proceedings of the 20th international scientific conference Transport means 2016*. Kaunas: Kaunas University of Technology, 2016, s. 279–286. ISSN 1822-296X.
- [5] SEIDL, M. a M. TOMEK. Niektoré aspekty prípravy ochrany obyvateľstva pred účinkami mimoriadnych udalostí. In: *Metody a postupy ke zkvalitnění výuky krizového řízení a přípravy obyvatelstva na řešení krizových situací II: sborník přednášek z mezinárodní konference, Uherské Hradiště*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, Fakulta logistiky a krizového řízení, 2014, s. 245–250. ISBN 978-80-7454-412-5.
- [6] BREZINA, I., Z. ČIČKOVÁ a M. REIFF. *Kvantitativne metódy v logistike. Zbierka príkladov*. 1. vydanie. Bratislava: Vydavateľstvo Ekonóm, 2005. ISBN 80-225-1967-7.
- [7] ULČIKOVA, D., D. VICAR a M. MUSIL. Transport optimization – the issue of circular tours. In: *Proceedings of the 20th international scientific conference Transport means 2016*. Kaunas: Kaunas University of Technology, 2016, s. 332–336. ISSN 1822-296X.
- [8] MIHOKOVÁ JAKUBČEKOVÁ, J. a M. TOMEK. Optimalizácia trasy prepravy pitnej vody pri núdzovom zásobovaní do miest ubytovania. *The Science for Population Protection*. 2017, Vol. 9, č. 2, s. 51–57. ISSN 1803-568X.