

VHODNOST A DOSTUPNOST TECHNOLOGIE PŘEPRAVY SILNIČNÍCH NÁVĚSŮ V TERMINÁLU KP

SUITABILITY AND AVAILABILITY OF ROAD TRAILERS TRANSPORT TECHNOLOGIES IN THE INTERMODAL TERMINAL

Jaromír Široký¹, Martin Závojků²

Anotace: První část příspěvku autoři analyzují dostupné technologie kombinovaných přeprav, které umožňují horizontální překládku silničních návěsů. Cílem autorů je srovnání jednotlivých technologií, ze kterých je jedna vybrána a zavedena na vybraném terminálu KP.

Klíčová slova: silniční návěs, kombinovaná přeprava, terminál, analýza.

Summary: The first part of the paper analyzes the available technologies combine transports which allow horizontal transshipment of semi-trailers. The aim is to compare the individual technologies, one of them selected and introduced to the intermodal terminal.

Key words: semi-trailer, intermodal transport, terminal, analysis.

ÚVOD

Hlavním cílem tohoto příspěvku je vybrat vhodnou a dostupnou technologii přepravy silničních návěsů a zavést ji na vybraném terminálu kombinované přepravy (dále jen KP). Vybraná technologie by měla být pro terminál perspektivní z hlediska jeho dalšího rozvoje a měla by dopomoci zvýšit poptávku dopravců po systémech KP. V současné době jsou na trhu dostupné následující technologie, které se nabízejí k výběru:

- Ro-La,
- Flexiwaggon,
- Modalohr,
- Cargobeamer,
- Megaswing,
- ISU.

Výše uvedené progresivní technologie přepravy silničních návěsů klasické stavby jsou podrobně popsány v (1). Zde jsou uvedeny technické a technologické parametry jednotlivých systémů. Pro prvotní výběr vhodné technologie bylo zvoleno využití modelu multikriteriálního hodnocení variant. Hlavním cílem je nalézt metodu, která dosahuje v rámci

¹ doc. Ing. Jaromír Široký, Ph.D., Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, katedra technologie řízení dopravy, Studentská 95, 532 10 Pardubice, Tel.: +420 466 036 199, jaromir.siroky@upce.cz,

² Ing. Martin Závojků, Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Studentská 95, 532 10 Pardubice

všech zvolených kritérií nejlepší varianty. (2) Pro co nejlépejší posouzení volby varianty je v práci využito dvou metod:

- metody vážených součtů – uplatněn princip maximalizace užítku,
- metody TOPSIS – uplatněn princip minimalizace vzdálenosti od ideální varianty. (2)

1. URČENÍ VAH KRITÉRIÍ

Určení vah kritérií je důležité pro určení důležitosti jednotlivých parametrů, které jsou zvoleny subjektivně autorem práce. Pro určení vah jednotlivých kritérií byla zvolena metoda párového srovnávání, která je rovněž známá pod názvem **Fullerova metoda**. V průběhu metody se vždy porovná každé kritérium s každým a je vybíráno to nejdůležitější. Jednotlivá porovnávaná kritéria jsou uvedeny v tabulce 1. Celkový počet porovnávaných kritérií je určen podle vztahu (1).

$$\binom{k}{2} = \frac{k \times (k - 1)}{2} \quad (1)$$

kde kpočet kritérií [-].

Porovnávaná kritéria jsou celkem čtyři z celkového počtu šesti kritérií. Váhy jednotlivých kritérií se určí podle vztahu (2).

$$v_i = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^k n_i} = \frac{n_i}{\frac{k \times (k - 1)}{2}} \quad (2)$$

kde v_i váhy kritérií [-],

n_i počet zakroužkovaných i (odpovídá kritériu) [-],

kpočet kritérií [-].

Všechna porovnávaná kritéria a jejich výsledné váhy jsou zobrazeny v tabulce 1. V tabulce je rovněž určeno, zda se jedná o maximalizační nebo minimalizační kritérium.

Tab. 1 - Zobrazení vah kritérií

Porovnávané hodnoty	Vlastní hmotnost vozu [t]	Hmotnost nákladu [t]	Celková hmotnost loženého vozu [t]	Maximální počet přepravovaných návěsů v uceleném vlaku [ks]
Váhy kritéria	0,17	0	0,33	0,5
Kritérium	MIN	MAX	MIN	MAX

Zdroj: autoři

Určování vah kritérií za pomoci Fullerovy metody lze považovat za subjektivní metodu, která závisí na preferenci jednotlivých variant řešitelem. Hlavní důraz je kladem na co největší počet přepravených návěsů v uceleném vlaku a také na co nejmenší celkovou

hmotnost loženého vozu. Oba tyto faktory autoři považují za klíčové a měly by se kladně projevit v nákladech na provoz. Vstupní hodnoty, které se posuzují, jsou uvedeny v tabulce 2.

Tab. 2 - Vstupní hodnoty do metody vážených součtů a metody TOPSIS

Technologie	Vlastní hmotnost vozu [t]	Hmotnost nákladu [t]	Celková hmotnost loženého vozu [t]	Maximální počet přepravovaných návěsů v uceleném vlaku [ks]
Ro-La	15,3	20,5	61,8	22
Flexiwaggon	35	20,5	81,5	17
Modalohr	40,4	20,5	67,9	38
Cargobeamer	27	20,5	54,5	25
Megaswing	38	20,5	65,5	36
ISU	35	20,5	62,5	36
Kritérium	MIN	MAX	MIN	MAX

Zdroj: autoři

2. METODA VÁŽENÉHO SOUČTU

Při řešení úlohy za využití metody váženého součtu je nezbytně nutné převést všechny minimalizační kritéria na maximalizační (je tak vytvořena kritériální matice). V dalším kroku byla určena ideální varianta (dosahuje ve všech kritériích nejlepší hodnoty - maximální hodnota) a bazální varianta (dosahuje ve všech kritériích nejhorší hodnoty - minimální hodnoty). (3) Ideální a bazální varianty jsou zobrazeny v tabulce 3.

Tab. 3 - Ideální a bazální varianty pro metodu váženého součtu

Varianty	Vlastní hmotnost vozu [t]	Hmotnost nákladu [t]	Celková hmotnost loženého vozu [t]	Maximální počet přepravovaných návěsů v uceleném vlaku [ks]
Ideální	25,100	20,500	27,000	38,000
Bazální	0,000	20,500	0,000	17,000

Zdroj: autoři

Následuje přepočítání kritériální matice na novou normalizovanou kritériální matici podle vztahu (3).

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - D_j}{H_j - D_j} \quad (3)$$

kde r_{ij} prvek normalizované kritériální matice [-],
 y_{ij} prvek původní kritériální matice [-],
 D_j bazální hodnota kritéria v příslušném sloupci [-],
 H_j ideální hodnota kritéria v příslušném sloupci [-].

Nová normalizovaná kritériální matice je zobrazena v tabulce 4.

Tab. 4 - Normalizovaná kritériální matice metoda Váženého součtu

Technologie	Vlastní hmotnost vozu [t]	Hmotnost nákladu [t]	Celková hmotnost loženého vozu [t]	Maximální počet přepravovaných návěsů v uceleném vlaku [ks]
Ro-La	1,00	-----	0,730	0,238
Flexiwaggon	0,215	-----	0,000	0,000
Modalohr	0,00	-----	0,504	1,000
Cargobeamer	0,534	-----	1,000	0,381
Megaswing	0,096	-----	0,593	0,381
ISU	0,096	-----	0,593	0,905

Zdroj: autoři

Do nové normalizované kritériální matice se v posledním kroku vloží váhy (preference) jednotlivých kritérií, dle vztahu (4).

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^n v_j \times r_{ij} \quad (4)$$

kde $u(a_i)$... užitek z varianty a_i [-],
 v_j váha j -tého kritéria [-],
 r_{ij} prvek normalizované kritériální matice [-].

Výsledek (viz tab. 4) je získán na základě řádkových součtů jednotlivých technologií. K jeho dosažení bylo využito maximalizace užítku jednotlivých technologií.

Tab. 5 - Výsledek metody vážených součtů

Technologie	Užitek	Pořadí
Ro-La	0,529	5.
Flexiwaggon	0,036	6.
Modalohr	0,668	2.
Cargobeamer	0,613	4.
Megaswing	0,666	3.
ISU	0,723	1.

Zdroj: autoři

V tabulce 22 bylo zjištěno, že při využití metody váženého součtu, při které je zohledňován maximální užitek jednotlivých technologií, se jako nejlepší jeví technologie ISU. Na děleném druhém místě jsou technologie Megaswing a Modalohr. V rámci rozhodování je potřeba také uvažovat s velice progresivní technologií Cargobeamer. Díky dosaženým výsledkům lze považovat technologii Flexiwaggon za naprosto nevyhovující.

Z hlediska co největší objektivnosti výběru nové technologie je rovněž provedeno multikritériální hodnocení variant za pomoci metody TOPSIS.

3. TOPSIS

V rámci této metody je uplatňován princip minimalizace vzdálenosti od ideální varianty. Stejně jako u metody Vážených součtů se provede převedení všech minimalizačních kritérií za maximalizační (vytvoří se kritériální matice). Kritériální matice se následně transformuje na normalizovanou kritériální matice dle vztahu (5).

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (y_{ij})^2}} \quad (5)$$

kde r_{ij} prvek normalizované kritériální matice [-],
 y_{ij}prvek původní kritériální matice [-].

Normalizovaná kritériální matice je zobrazena v tabulce 6.

Tab. 6 - Nová kritériální matice metoda TOPSIS

Technologie	Vlastní hmotnost vozu [t]	Hmotnost nákladu [t]	Celková hmotnost loženého vozu [t]	Maximální počet přepravovaných návěsů v uceleném vlaku [ks]
Ro-La	0,849	0,408	0,450	0,298
Flexiwaggon	0,183	0,408	0,000	0,231
Modalohr	0,000	0,408	0,310	0,515
Cargobeamer	0,453	0,408	0,616	0,339
Megaswing	0,081	0,408	0,365	0,488
ISU	0,183	0,408	0,434	0,488

Zdroj: autoři

V dalším kroku se nová kritériální matice násobí s váhami kritérií na základě vztahu (6). Váhy pro jednotlivá kritéria byla stanovena na základě Fullerovy metody (uvedeno v tab. 2).

$$w_{ij} = r_{ij} \times v_j \quad (6)$$

kde w_{ij} prvek vážené kritériální matice [-],
 r_{ij} prvek normalizované kritériální matice [-],
 v_j váha j-tého kritéria [-].

Vážená kritériální matice je zobrazena v tabulce 7.

Tab. 7 - Vážená kritériální matice

Technologie	Vlastní hmotnost vozu [t]	Hmotnost nákladu [t]	Celková hmotnost loženého vozu [t]	Maximální počet přepravovaných návěsů v uceleném vlaku [ks]
Ro-La	0,142	0,00	0,150	0,149
Flexiwaggon	0,030	0,00	0,000	0,115
Modalohr	0,000	0,00	0,103	0,258

Technologie	Vlastní hmotnost vozu [t]	Hmotnost nákladu [t]	Celková hmotnost loženého vozu [t]	Maximální počet přepravovaných návěsů v uceleném vlaku [ks]
Cargobeamer	0,076	0,00	0,205	0,170
Megaswing	0,014	0,00	0,122	0,244
ISU	0,030	0,00	0,145	0,244

Zdroj: autoři

Z vážené kriteriální matice jsou vybrány ideální a bazální varianty pro každé kritérium a to stejným způsobem jako u metody vážených součtů. Ideální a bazální varianty pro metodu TOPSIS jsou zobrazeny v tabulce 8.

Tab. 8 - Ideální a bazální varianty pro metodu TOPSIS

Varianty	Vlastní hmotnost vozu [t]	Hmotnost nákladu [t]	Celková hmotnost loženého vozu [t]	Maximální počet přepravovaných návěsů v uceleném vlaku [ks]
Ideální	0,142	0,000	0,205	0,258
Bazální	0,000	0,000	0,000	0,115

Zdroj: autoři

Určení vzdálenosti od ideální varianty se určí na základě vztahu (7) a vzdálenosti od bazální varianty se určí podle vztahu (8).

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (w_{ij} - H_j)^2} \quad (7)$$

kde d_i^+ vzdálenost i-té varianty od ideální varianty [-],
 w_{ij} prvek vážené kriteriální matice [-],
 H_j j-tý prvek vektoru ideální varianty [-].

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (w_{ij} - D_j)^2} \quad (8)$$

kde d_i^- vzdálenost i-té varianty od bazální varianty [-],
 w_{ij} prvek vážené kriteriální matice [-],
 D_j j-tý prvek vektoru bazální varianty [-].

Určené vzdálenosti od ideální a bazální varianty jsou zobrazeny v tabulce 9.

Tab. 9 - Vzdálenosti od ideální a bazální varianty

Technologie	Vzdálenost od ideální varianty	Vzdálenost od bazální varianty
Ro-La	0,122	0,209
Flexiwaggon	0,274	0,030

Technologie	Vzdálenost od ideální varianty	Vzdálenost od bazální varianty
Modalohr	0,174	0,176
Cargobeamer	0,110	0,226
Megaswing	0,154	0,178
ISU	0,127	0,196

Zdroj: autoři

Výsledný vztah tzv. relativní ukazatel vzdáleností od bazální varianty se určí podle vztahu (9). (2)

$$c_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (9)$$

kde c_i relativní ukazatel vzdáleností variant od bazální varianty [-],
 d_{i+} vzdálenost i-té varianty od ideální varianty [-],
 d_{i-} vzdálenost i-té varianty od bazální varianty [-].

K zjištění výsledku bylo uplatňováno principu minimalizace vzdáleností od ideální varianty. Výsledek řešení pomocí metody TOPSIS je zobrazen v tabulce 10.

Tab. 10 - Výsledek metodou TOPSIS

Technologie	Užitek	Pořadí
Ro-La	0,632	2.
Flexiwaggon	0,100	6.
Modalohr	0,502	5.
Cargobeamer	0,672	1.
Megaswing	0,537	4.
ISU	0,606	3.

Zdroj: autoři

Použitím metody TOPSIS bylo dosaženo rozdílných výsledků než při aplikaci metody Váženého součtu. Z tabulky 10 je patrné, že jako nejlepší varianta se jeví technologie Cargobeamer, která je následovaná technologií Ro-La a ISU. Technologie Flexiwaggon propadla u obou metod multikriteriálního hodnocení variant.

4. VÝBĚR VHODNÉ VARIANTY

Na základě dosažení různých výsledků a tím pádem také rozdílného preferenčního pořadí u jednotlivých technologií, jak u metody váženého součtu, tak i u metody TOPSIS byla vytvořena souhrnná tabulka 11, která má pomoci k vybrání nejvhodnější technologie.

Tab. 11 - Souhrnná tabulka multikriteriálního hodnocení variant

Technologie	Metoda vážených součtů		TOPSIS	
	Užitek	Pořadí	Užitek	Pořadí
Ro-La	0,529	5.	0,632	2.
Flexiwaggon	0,036	6.	0,100	6.
Modalohr	0,668	2.	0,502	5.
Cargobeamer	0,613	4.	0,672	1.
Megaswing	0,666	3.	0,537	4.
ISU	0,723	1.	0,606	3.

Zdroj: autoři

Na základě dosažených výsledků v tabulce 11 a současných možnostech terminálu, které nebyly zahrnuty do odhadu vah kritérií, a které se musí při výběru technologie ještě zvážít, jsou:

- ekonomická náročnost na zavedení technologie. Náklady na vytvoření podmínek pro zavedení technologie Modalohr a Cargobeamer by vyžadovaly kompletní rekonstrukci železničního svršku a spodku. Nezbytně nutný by byl také nákup nových speciálních železničních vozů. Náklady na zavedení by se tak pohybovaly v řádu stovek milionů korun.
- náročnost na stavební úpravy terminálu,
- dostupné manipulační mechanismy na terminálu,
- délka kolejí u překládkové hrany,
- budoucí ekonomická situace,
- budoucí poptávka po přepravách v rámci KP, aj.

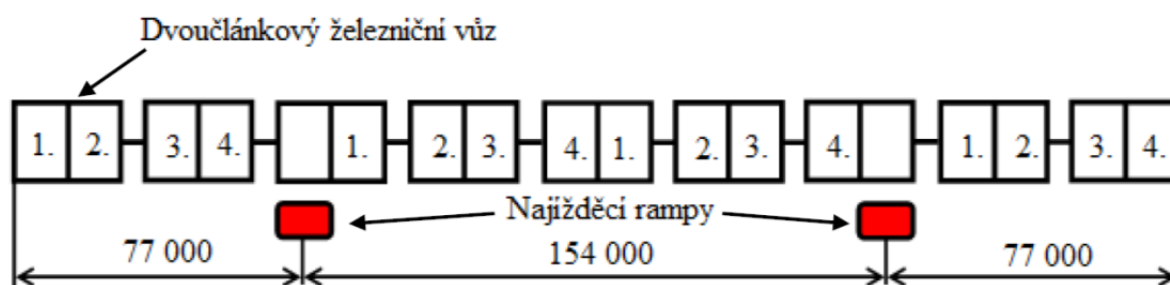
Po zvážení všech výše uvedených údajů byla zvolena jako nejlepší varianta technologie ISU, která má nejvyšší užitek u řešení za pomoci metody vážených součtů. Náklady na zavedení technologie ISU jsou obchodním tajemstvím společnosti RCA. Na základě informací od této společnosti jsou náklady na zavedení této technologie podstatně levnější než pořízení nového výsuvného stohovače nebo kapsového železničního vozu. Na základě tohoto zjištění lze náklady odhadovat na stovky tisíc až 1,5 milionu korun.

Zavedení technologie ISU na terminálu v Brně je inspirováno využíváním této technologie společností RCA na terminálu Wels (AT). Podklady pro zavedení technologie ISU byly získány na základě komunikace se společností RCA, která přišla s touto inovativní technologií a aktivně ji provozuje. Na terminálu Wels probíhá nakládková intermodálních návěsů a návěsů běžné stavby na nakládací hraně o délce 350 m (terminál v Brně má délku nakládací hrany 330 m). (4) Oba dva terminály tak lze považovat za rovnocenné, protože na obou se ucelený vlak dělí na dvě části. Terminál ve Walsu je navíc vybaven portálovým jeřábem, ale nakládka za pomoci technologie ISU probíhá pouze za využívání výsuvného stohovače. Ukázka nakládky na terminálu Wels je uvedena v příloze K. Pro zavedení technologie ISU na terminálu v Brně je nezbytně nutné dovybavit terminál následujícími zařízeními:

- speciální najížděcí rampa 2×,

- zařízení pro fixaci náprav (několik desítek kusů, zařízení odjíždí společně s návěsem),
- speciální ocelová konstrukce s vyvazovacími popruhy, která umožňuje uchycení na spreader 1×,
- ocelová traverza pro fixaci královského čepu (několik desítek kusů, zařízení odjíždí společně s návěsem).

Na základě zkušeností společnosti RCA, budou rampy pro najíždění návěsů pevně umístěny na terminálu podél nakládací hrany na dvou místech a to tak, aby efektivita nakládky byla co nejlepší. Při umisťování ramp musí být kladen důraz na to, aby poloha rampy neovlivnila nakládku/vykládku dvou článků železničního vozu (viz. obrázek 1). Autor práce navrhuje umístit první najížděcí rampu od konce kolejiště po 77 000 mm, druhá rampa by byla umístěna od první po 154 000 mm. Umístění ramp je navrženo na základě nakládky 9 dvoučlánkových vozů Wascosa, které mají délku přes nárazníky 34 200 mm (celková délka je tak 307 800 mm). Tímto rozložením bude docíleno efektivnější nakládky návěsů, než kdyby se poloha nakládacích ramp určila pouze podle délky manipulačních kolejí (330 m). Obě rampy budou umístěny podélně s kolejištěm a to z důvodu nedostatku místa pro jiné uložení.



Obr. 1 - Rozmístění najížděcích ramp vzhledem k poloze železničních vozů

Zdroj: autoři

Z obrázku 1 je patrné, že při nakládce návěsů na pozici u najížděcích ramp nastává komplikace v podobě nemožnosti využití rampy pro plynulou navážku návěsů terminálovým tahačem. Nájezd na rampu je umožněn až tehdy, když se výsuvný stohovač dostane zpět na pozici, ze které je připraven znovu spustit vyvazovací popruhy. Na těchto pozicích však není nutné počítat s časovou přírážkou, protože výsuvný stohovač nemusí přejíždět na jinou pozici a tím ušetří dostatek času, který stačí na uvolnění pozice pro navážku návěsu na rampu. Čas potřebný na najetí na rampu a přípravu zařízení pro fixaci náprav je 0,5 min. (5)

ZÁVĚR

Zavedením nové technologie ISU na terminálu bude umožněna nabídka širšího portfolia služeb, které může oslovit všechny dopravce z atrakčního okolí terminálu. Náklady na zavedení technologie oproti ostatním technologiím nejsou příliš vysoké a měly by se pohybovat ve výši maximálně 1,5 mil. Kč. Terminál bude dovybaven dvěma speciálními najížděcími rampami, zařízeními pro fixaci náprav, ocelovou traverzou pro fixaci královského čepu silničního návěsu a speciální ocelovou konstrukcí s vyvazovacími popruhy. Je třeba ovšem zdůraznit, že technologii ISU je však na základě dosažených výsledků stále nutné

vnímat jako doplňkovou službu k již nabízené překládce intermodálních návěsů v daném terminálu KP.

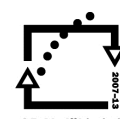
Příspěvek vznikl za podpory řešení projektů CZ.1.07/2.3.00/20.0226 „Podpora sítě excelence výzkumných a akademických pracovníků v oblasti dopravy DOPSIT, CZ.1.07/2.2.00/15.0352 „Inženýrské vzdělávání jako interakce teorie a praxe“ a CZ.1.07/2.4.00/17.0107 Podpora stáží a odborných aktivit při inovaci oblasti terciárního vzdělávání na DFJP a FEI Univerzity Pardubice. Tyto projekty jsou spolufinancovány Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

POUŽITÁ LITERATURA

- (1) ŠIROKÝ, J., SLIVONĚ, M., ZÁVOJKO, M. Progresivní technologie přepravy silničních návěsů běžné stavby po železnici, Proceedings of the International Scientific Conference Horizons of railway transport 2014, vydavatelstvo Žilinskej univerzity v Žiline EDIS Strečno 18. – 19.9. 2014, str. 298-313, ISBN 978-80-554-0918-4.
- (2) LEDVINOVÁ, M., BULÍČEK, J. *Řešené příklady z teorie a řízení dopravy: Studijní opora*. 2012. vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice.
- (3) BULÍČEK, J. *Systémová analýza: Studijní opora*. 2011. vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice.
- (4) RCA - Terminals des Kombinierten Verkehrs: Basisinformationen Stand April 2011. *Rail Cargo Austria: Rail Cargo Group* [online]. 2011 [cit. 2014-03-22]. Dostupné z: http://www.railcargo.at/en/Logistics_services/Intermodal/_Downloads/TerminalsBasisinformationfinal.pdf.
- (5) ADAMEC, V., STŘELEČEK, L. HAMPEL. *Ekonometrie I: učební text*. Vyd. 1. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013, 162 s. ISBN 978-80-7375-703-8.
- (6) ZÁVOJKO, M. *Vertikální a horizontální překládka silničních návěsů ve vybraném terminálu kombinované přepravy*, Univerzita Pardubice, 2014, 103 stran.