

VÝSTAVBA LANOVÝCH DRÁH NA SLOVENSKU POMOCOU VRTUĽNÍKOV

CONSTRUCTION OF ROPEWAYS IN SLOVAKIA USING HELICOPTERS

Ing. Andrej Bisták, PhD. ^{1*}; doc. Ing. Zdenka Hulínová, PhD. ¹

¹ Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Radlinského 11, 81005 Bratislava, Slovensko

* korespondenční autor: andrej.bistak@stuba.sk

PŮVODNÍ VĚDECKÝ PŘÍSPĚVEK

ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLE

ABSTRAKT SK

Lanové dráhy obyčajne sprístupňujú lokality, ktoré nie sú dosiahnuteľné žiadnym iným dopravným prostriedkom, preto je ich výstavba technologicky a logisticky mimoriadne náročná. Stavenisko lanovej dráhy sa väčšinou nachádza v exponovanom teréne, ktorý často pri výstavbe neumožňuje použitie bežných stavebných strojov. V takom prípade je vhodné využiť dopravné prostriedky, ktorých prevádzka nie je závislá od charakteru terénu - vrtuľníky. Vrtuľníky ako „lietajúce žeriavy“ sa v našom stavebníctve používajú už viac ako šesť desaťročí. V druhej polovici 60. rokov 20. storočia použitie vrtuľníkov práve pri výstavbe lanoviek ešte akcentoval podnik Transporta Chrudim, vtedajší monopolný domáci výrobca lanových dráh. Po získaní pozitívnych skúseností, najmä v segmente lanovej dopravy, sa vrtuľníky začali uplatňovať aj v ďalších „konvenčných“ oblastiach stavebníctva. Postupne sa potvrdzovali výhody využitia tejto technológie pri rôznych druhoch stavebných prác a použitie vrtuľníkov bolo začlenené do bežných technologických postupov. Pri výstavbe lanoviek sú jej neodmysliteľnou súčasťou dodnes.

Klíčová slova: Lanovka; vrtuľník; stavebné procesy; simulačné modelovanie; logistika

ABSTRACT

Ropeways usually provide access to sites that are not accessible by any other types of transport. Due to this fact, the construction of ropeways is technologically and logistically extremely demanding. The construction site is situated mostly in exposed terrain, which often does not allow the use of conventional construction machinery in their construction. In this case, it is advisable to use means of transport that are not dependent on the character of the terrain - helicopters. Helicopters as "flying cranes" have been used by our building industry for over six decades. In the second half of the 1960s, the use of helicopters in the construction of ropeways was accentuated by Transporta Chrudim, a monopolistic domestic ropeway manufacturer. After gaining positive experiences, especially from the transportation by rope segment, helicopters began to be used by the then "conventional" building industry. Gradually, the benefits of execution of different types of construction work were confirmed, and in the following years the use of helicopters was incorporated in the main technological procedures. The construction of ropeways is an essential part of it until today.

Key words: Ropeway; helicopter; construction processes; simulation modelling; logistics

doi.org/10.51704/cjce.2021.vol7.iss01.pp7-15

ISSN (online) 2336-7148

www.cjce.cz

1 ÚVOD

Vrtuľník, vzhľadom k svojim vlastnostiam, predstavuje praktický a nenahraditeľný dopravný prostriedok pre mnohé odvetvia. Možnosť kolmého štartu a pristátia bez závislosti na dlhých vzletových a pristávacích dráhach poskytuje vrtuľníkom neobyčajne široký operačný priestor, pretože na pristátie a štart nevyžadujú rozmernú ani špeciálne upravenú plochu. Netradičné manévrovacie schopnosti umožňujú vrtuľníkom vykonávať lety aj v tesnej blízkosti terénu. Nižšia dopravná rýchlosť vrtuľníkov oproti iným leteckým prostriedkom je v prípade dopravy bremien výhodou [1]. Vrtuľník je schopný letieť všetkými smermi a na rozdiel od klasických lietadiel umožňuje aj zastavenie vo vzduchu - vistenie. Práve kombinácia týchto charakteristických vlastností umožnila využitie vrtuľníkov aj v sektore stavebníctva [2].

Aj napriek ich zjavným výhodám boli vrtuľníky v niektorých prípadoch už prekonané novšími a efektívnejšími spôsobmi realizácie, napr. s využitím dronov (v literatúre označovaných často ako UAV - unmanned aerial vehicles, teda bezpilotných lietadiel). Drony majú široké uplatnenie a v oblasti stavebníctva slúžia napr. na kontrolu stavu elektrických vedení, nadzemných produktovodov, ciest, mostov, priehrad, tunelov, železničných tratí či zavlažovacích kanálov [3]. Vzhľadom na ich zanedbateľnú nosnosť však vrtuľníky zostávajú naďalej ťažko nahraditeľné v oblasti samotných stavebných prác a dopravy materiálu.

2 PRVOPOČIATKY LETECKÝCH PRÁC NA NAŠOM ÚZEMÍ A ICH TECHNICKÝ ROZVOJ

V našich podmienkach, teda v niekdajšom Československu, sa éra využitia vrtuľníkov v stavebnom priemysle začala v roku 1957, kedy bolo na strechu 42 m vysokej budovy pomocou vrtuľníka dopravených niekoľko častí technického zariadenia [2]. Stavebnými prácami uskutočňovanými vrtuľníkom (označovanými aj ako letecké práce) sa v roku 1961 začali zaoberať vtedajšie Československé aerolínie, ktoré zakúpili 2 vrtuľníky typu Mi-1 a Mi-4. S pomocou týchto strojov sa až do roku 1968 overovali možnosti uplatnenia vrtuľníkov pri rôznych druhoch stavebných prác.



Obr. 1 Vrtuľníky typu Mi-4 (v popredí), Mi-2 (v strede) a Mi-1 (v pozadí) v Leteckom múzeu Praha-Kbely v septembri 2019 (autori)

Vrtulníky typov Mi-1 a Mi-4 (obr. 1) však nemali postačujúcu nosnosť (max. 200 - 1300 kg) a navyše boli vybavené iba jedným piestovým motorom. Po havárii vrtulníka Mi-4, počas demontáže nákladnej lanovky v Sirku v roku 1966, boli tieto aktivity pozastavené a začalo sa hľadanie vhodnejšieho modelu vrtulníka, ktorý by splňal všetky požiadavky na vykonávanie leteckých prác [4].

V roku 1967 prišla na trh novinka - dodnes rozšírený stroj typu Mi-8. Ešte v tom istom roku získala dva vrtulníky Mi-8 aj vtedajšia československá armáda. Vrtulníky boli pridelené Vojenskému leteckému a výskumnému stredisku 031 Praha-Kbely, kde sa v marci 1968 uskutočnil skúšobný let s oceľovou podperou lanovej dráhy v podvese a jej pokusné usadenie na presne stanovený cieľ. Výsledky týchto skúšok preukázali, že vrtulník typu Mi-8 vyhovuje všetkým požiadavkám na vykonávanie leteckých prác a umožnili tiež potvrdiť nasledovné uvažované predpoklady [4]:

- hodnoty normálnej vertikálnej rýchlosti osadenia bremena získané z prevádzky vrtulníkov Mi-4 zodpovedali predpokladanej hodnote 5-10 cm/s, čo bolo v súlade s rýchlosťami zdvihu väčšiny vtedajších klasických žeriavov,
- dlhé bremeno (rúrová podpera) pri rôznych dĺžkach závesu (5-20 m) a pri rôznych rýchlostiach letu (0-90 km/h) nespôsobovalo narušenie priebehu letu,
- pri skúšaní dosiahnuteľnej horizontálnej presnosti v etape konečného osadenia podpery na základovú pätku sa zistilo výrazné vertikálne kývanie bremena, ktoré zhoršovalo podmienky presného osadenia.

Po vykonaní skúšobných letov bol spracovaný technologický postup a vyrobené montážne prípravky pre zabezpečenie prvej akcie – dopravy a montáže 35 rúrových podpier dvojúsekovej sedačkovej lanovky Špičák – Pancír v českej Železnej Rude (obr. 2). Samotná montáž podpier prebehla v dňoch 28. mája – 1. júna 1968. Napriek nepriazni počasia (dážď, nízka oblačnosť a silný vietor) boli montážne procesy realizované za 5 hod. 38 min. čistého letového času. Celá stavba vrátane prípravy a ukončenia trvala iba 10 pracovných dní. Realizácia tejto montáže klasickou technológiou pritom počítala so 73 pracovnými dňami a cenou vyššou o 297 253,70 Kčs [4].

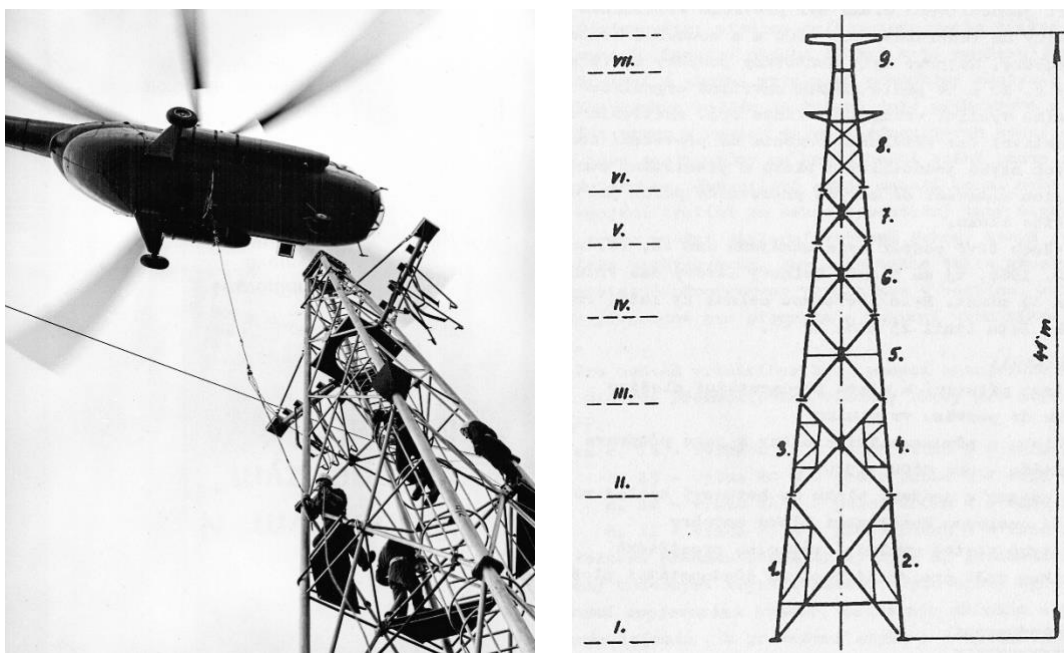


Obr. 2 Montáž rúrových podpier sedačkovej lanovky Špičák – Pancír v Železnej Rude (Miroslav Holub)

Positívne skúsenosti z tejto stavby podporili ďalší rozvoj vrtuľníkového programu. Hlavným iniciátorom využitia vrtuľníkov v celom stavebnom priemysle pritom bola niekdajšia Transporta Chrudim, v tom čase domáci monopolný výrobca týchto lanových dráh. Jej montážny závod Tramontáž mal eminentný záujem na zefektívnení realizácie stavieb v náročných podmienkach, v tej dobe ešte stále málo mechanizovaných [5]. Do konca roku 1970 sa vlastnosti vrtuľníkov overovali aj pri stavebných prácach mimo „lanovkového“ sektora. Išlo napr. o montáž vysokých oceľových stožiarov elektrického vedenia, montáž potrubných mostov, obnovu zastaraných výrobných hál s komplikovaným prístupom, montáž a demontáž oceľových komínov a zariadení na strechy hál, montáž a demontáž anténnych systémov, vežových žeriavov a pod. [4]. V samotnom segmente lanovej dopravy nasledovalo niekoľko ďalších prototypových akcií, z ktorých najvýznamnejšie uvádzame v nasledujúcej časti tohto článku.

2.1 Montáž podpier prihradovej konštrukcie

Po úspešnej realizácii spomenutej montáže podpier sedačkovej lanovej dráhy sa technický rozvoj v závode Tramontáž zameril na overenie montáže podpier kabínkových lanoviek [4]. Tieto podpory boli, na rozdiel od podpier sedačkových lanoviek, prihradovej konštrukcie a typicky dosahovali podstatne väčšie výšky a dimenzie, a teda aj hmotnosti.



Obr. 3 Montáž prihradových podpier kabínkovej lanovky Tatranská Lomnica - Skalnaté pleso (3a) a typická zostava podpory s vyznačenými blokmi (3b) [4]

Overenie tohto typu prác sa uskutočnilo na stavbe kabínkovej lanovky Tatranská Lomnica - Štart - Skalnaté pleso. V rámci tejto stavby bolo potrebné vykonať montáž 4 traťových podpier (Obr. 3a). Konštrukcia podpier bola riešená ako prihradová s prírubovými stykmi v rovine rozdelenia jednotlivých sekcií - blokov. Jednotlivé sekcie boli na každej bočnej stene spojené iba jedným prírubovým stykom a nemali dolné ani horné priečne prepojenie, ktoré by zo sekcie vytvorilo samostatný tuhý blok. Výnimku tvorila iba dolná kotviaca sekcia vybavená priečnym zavetrením (Obr. 3b).

Aby bolo možné takto konštruované sekcie samostatne dopravovať vrtuľníkom, museli byť počas prepravy a montáže doplnené pomocnými tiahľami. Vo fáze montážnej prípravy sa teda použili 4 druhy

montážnych prípravkov: prípravky na zabezpečenie tuhosti zostavy blokov, prípravky pre osadenie atypických dolných rozdelených sekcií jednej z podpier, prípravky zabezpečujúce pomocné navádzanie všetkých blokov a pomocné plošiny, umožňujúce pracovníkom zhotovenie stykov vo výške a manipuláciu pri usadzovaní blokov nesených vrtuľníkom.

Na predmontážnej ploche, umiestnenej vedľa futbalového ihriska v Tatranskej Lomnici, sa pomocou autožeriava predmontovali všetky bloky pre montované podpery. Podpery mali výšku 20 - 41 m a skladali sa zo 4 - 8 blokov s hmotnosťou 750 - 2300 kg. Samotná plocha ihriska sa využívala ako miesto pre vzlet a pristátie vrtuľníka a dopĺňanie paliva. Doprava jednotlivých blokov sa vykonávala z predmontážnej plošiny na miesta montáže v teréne (základové pätky podpier) vzdialené vzdušnou čiarou 4,6 – 5 km. Montáž podpier sa začala 14. októbra a ukončila 19. októbra 1968, teda trvala 5 pracovných dní. Celkový letový čas vrtuľníka bol 9 hod. 16 min. a spolu sa vykonalo 25 letov s priemerným trvaním jedného letu 25 min. 12 s. Po úspešne vykonanej realizácii sa konštatovalo, že cena za montáž vrtuľníkom bola o 660 798 Kčs nižšia ako pri použití klasickej technológie a čas montáže sa skrátil o 121 pracovných dní [4].

2.2 Betonáž základových pätiiek a montáž rúrových podpier

Sedačková lanovka Štrbské Pleso – Solisko, opäť s technológiou z Transporty Chrudim, bola do prevádzky uvedená pri príležitosti majstrovstiev sveta v lyžovaní, uskutočnených na Štrbskom Plese vo februári 1970. Montážny závod mal začať práce 1. júna 1969. V tom čase však neboli vyhotovené všetky výkopy pre základové pätky 38 traťových podpier a neboli realizované ani žiadne betonárske práce. Betonáž pätiiek s využitím pomocnej lanovky a koša na betón s objemom 0,5 m³ sa začala 10. júna 1969. Jazda koša k základu podpery č. 36, situovanej neďaleko hornej stanice, a naspäť trvala cca 5 hodín. Na stavbe sa pritom malo zabudovať asi 650 m³ betónu, čo navrhnutou technológiou nebolo realizovateľné ani do konca roku 1969.

Na žiadosť investora Tramontáž navrhla a realizovala betonáž základových pätiiek pomocou vrtuľníka. Čerstvý betón bol dopravovaný od 11. augusta do 5. septembra 1969 na ten účel vyvinutým kontajnerom. Následne boli 3. októbra, teda za jeden deň, vrtuľníkom osadené i všetky podpery (Obr. 4). Použitie vrtuľníka na tejto stavbe tak skrátilo dobu montáže traťových podpier o 90 pracovných dní, čo prispelo k vyrovnaniu časových sklzov a umožnilo odovzdať lanovku do užívania v stanovenom termíne [4].

Montážny závod Tramontáž uskutočňoval pomocou vrtuľníka montáž už všetkých nasledujúcich sedačkových lanoviek. Medzi prvé „sériové“ montáže, realizované do roku 1974, patrili montáže týchto lanových dráh:

- Železná studnička - Kamzík (Bratislava),
- Turecká - Krížna (Turecká),
- Banská Bystrica - Srnková (Banská Bystrica),
- Podstráne - Martinské hole (Martin), išlo o lanovku umiestnenú vo veľmi náročnom teréne, kde sa v spoločnom lesnom prieseku nachádzalo súbežne s traťou budovanej lanovej dráhy aj 110 kV vzdušné elektrické vedenie pre napájanie vysieláča. Táto komplikovaná stavba sa úspešne dokončila v júni 1973 [4].



Obr. 4 Montáž podpier sedačkovej lanovky Štrbské Pleso – Solisko (Miroslav Holub)

3 SÚČASNOSŤ LETECKÝCH PRÁČ V SEKTORE LANOVEJ DOPRAVY

Charakter a uplatnenie leteckých prác pri výstavbe lanoviek sa do dnešných dní prakticky nezmenili, v súčasnosti sa však vrtuľníky v Slovenskej republike používajú už pri výstavbe takmer každej novej lanovky. V posledných rokoch to boli napríklad lanové dráhy Oravská Lesná - Kohútik, Krupová - Kosodrevina (Chopok juh), Ždiar - Vtáčie turne, Roháče - Spálená, Lúčky - Vyhládka (Chopok sever) a Štart - Skalnaté pleso (Tatranská Lomnica). Jednou z najsledovanejších akcií bola výstavba nového lanovkového prepojenia severnej a južnej strany Chopku v rokoch 2011 – 2012, ktoré je tvorené lanovou dráhou Priehyba - Chopok zo severu a lanovou dráhou Kosodrevina - Chopok z juhu.

Pre dnešné lanovky je vo všeobecnosti charakteristický väčší počet potrebných letov v porovnaní so staršími zariadeniami, opisovanými v predchádzajúcej kapitole, a to vzhľadom na vyššie zaťaženia pôsobiace na konštrukčné prvky a s tým súvisiace zväčšenie potrebných dimenzií nosných oceľových konštrukcií. V dôsledku vyššej hmotnosti podpier, ktorá presahuje technické možnosti vrtuľníkov, sa podpory už v projekčnej etape rozdeľujú na stanovený počet segmentov. Tieto segmenty sa na stavbe spájajú typicky pomocou prírub so skrutkovými spojmi, pričom presné osadenie susediacich dielov zabezpečujú montážne prípravky (Obr. 5). Na kompletne zhotovenie jednej podpory je teda potrebné uskutočniť niekoľko letov. Za tým účelom výrobca strojného zariadenia lanovky, ktorý je tradične v segmente lanovej dopravy obvykle aj výrobcom jej nosných konštrukcií, poskytuje dodávateľovi leteckých prác tabuľky s uvedením presného počtu dielcov, ich rozmerov (dĺžok) a hmotností. Na základe hmotnostných tabuliek realizátor následne vypracuje technologický postup montáže, najmä rozdelenie segmentov do jednotlivých letov a celkové poradie letov.



Obr. 5 Montáž podpier lanovej dráhy vrtuľníkom Mi-8 v súčasnosti (autori)

Letecké práce možno v Slovenskej republike vykonávať len na základe povolenia vydaného Dopravným úradom (DÚ). DÚ v povolení určí rozsah a podmienky na vykonávanie leteckých prác. Na Slovensku v súčasnosti pôsobia, podľa registra DÚ, Divízie civilného letectva, na trhu leteckých prác v oblasti stavebníctva dve spoločnosti: UTair Europe, s.r.o. (letisko Piešťany) a TECH-MONT Helicopter company, s.r.o. (letisko Spišská Nová Ves) [6].

4 LETECKÉ PRÁCE V STAVEBNOM PRIEMYSLE Z HĽADISKA LOGISTIKY

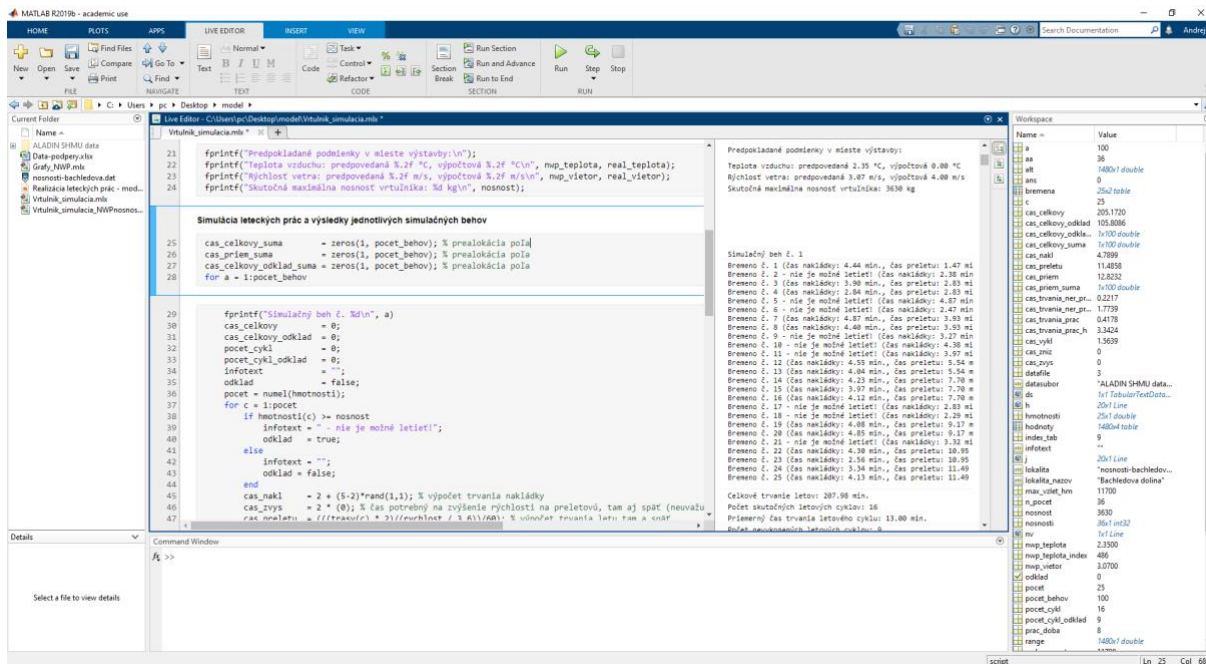
Praktické využitie vrtuľníkov v stavebníctve je ovplyvnené množstvom náhodne pôsobiacich faktorov, predovšetkým poveternostnými podmienkami. Klasické metódy časového a nákladového plánovania stavieb nedokážu tieto náhodné javy dostatočne zachytiť, čo negatívne vplýva na celý proces realizácie výstavby. Autenticitu výstupov projektovej prípravy stavieb môžeme zvýšiť pomocou progresívnych nástrojov, medzi ktoré patrí aj simulačné modelovanie. Simulačné modelovanie, vychádzajúce z teórie pravdepodobnosti a matematickej štatistiky, sa dokáže lepšie priblížiť k premenlivej realite stavebnej výroby [7]. V oblasti prípravy stavieb sa na Slovensku využíva simulačný prístup zriedka, vo väčšej miere ho však už dnes používajú iné výrobné odvetvia priemyslu, často napr. strojárstvo.

Overenie vhodnosti použitia simulačného modelovania v oblasti prípravy stavieb realizovaných vrtuľníkmi bolo hlavným cieľom dizertačnej práce „Využitie simulačného modelovania pri príprave výstavbového procesu“ [8]. V dizertačnej práci sme sa zaoberali koncepciou, návrhom a implementáciou simulačného modelu leteckých prác, ktorý vnímame v širšom edukatívnom rámci so zameraním sa na možnosti využitia počítačovej simulácie pri príprave realizácie tohto typu stavieb [9, 10]. Podstatnou charakteristikou navrhnutého simulačného modelu je riešenie vplyvu poveternostných podmienok na realizáciu výstavby, ktorého algoritmus sme navrhli v spolupráci so Slovenským hydrometeorologickým ústavom (SHMÚ) na báze rôznych komerčne používaných numerických modelov predpovede počasia, ako sú modely IFS, ALADIN a A-LAEF [11, 12, 13]. Simulačný model sme zostavili v prostredí MATLAB (Obr. 6).

doi.org/10.51704/cjce.2021.vol7.iss01.pp7-15

ISSN (online) 2336-7148

www.cjce.cz



Obr. 6 Simulačný model leteckých prác v stavebníctve vytvorený ako tzv. live script v prostredí MATLAB

Na základe poznatkov získaných snímkovaním reálnych procesov, ako aj na základe relevantných informácií zo stavebnej praxe, sme navrhli a zostavili simulačný model leteckých prác a jeho možnosti preukázali na prípade výstavby kabínkovej lanovej dráhy v Bachledovej doline (Slovensko). Súčasne sme prezentovali široké možnosti uplatnenia numerických modelov predpovede počasia súčasnej úrovne, ktoré, ako také, predstavujú de facto „simulačný model v simulačnom modeli“ [14]. Výsledky získané simuláciou považujeme za vierohodné, pretože sa veľmi približujú k tým, ktoré bývajú dosahované v praxi v prípade realizácií stavieb tohto typu a rovnako v plnom rozsahu odôvodňujú použitie simulácie pri príprave leteckých prác v stavebníctve. Konceptcia simulačného modelu leteckých prác je otvorená a umožňuje širšie využitie ako v celom segmente stavebnej výroby, tak v iných priemyselných odvetviach.

5 ZÁVER

Súdoby líder v riešenej problematike, niekdajší podnik Transporta Chrudim, akcentoval využitie vrtuľníkov pri montáži lanových dráh už od druhej polovice 60. rokov 20. storočia. Po dobrých skúsenostiach, nadobudnutých najmä v sektore lanovej dopravy, objavilo výhody využitia vrtuľníkov aj vtedajšie „konvenčné“ stavebníctvo. S vrtuľníkom typu Mi-8 sa overili rôzne druhy stavebných prác a v nasledujúcich rokoch bolo použitie vrtuľníkov tohto typu zaradené do bežných technologických postupov.

Využitím vrtuľníkov získalo stavebníctvo prostriedok, ktorý umožňuje realizáciu výstavby aj v náročných prírodných podmienkach. Súčasne sa však zvýšili nároky na prípravu týchto stavebných prác. Ich plánovanie a organizácia si vyžaduje využitie modernejších prístupov, ako je napríklad simulačné modelovanie, pomocou ktorého sa vieme k realite priblížiť presnejšie, zachytiť všetky náhodné vplyvy a eliminovať ich dôsledky. 21. storočie je dobou štvrtej priemyselnej revolúcie, ktorá má potenciál zmeniť od základov doterajšiu podobu mnohých ľudských činností. Nielen z tohto dôvodu sa s rôznymi dômyselnými aplikáciami informačných technológií budeme aj v oblasti stavebnej výroby stretávať čoraz častejšie.

doi.org/10.51704/cjce.2021.vol7.iss01.pp7-15

ISSN (online) 2336-7148

www.cjce.cz

Poděkování

Autori příspěvku děkují pánovi Miroslavovi Holubovi, bývalému zaměstnancovi Transporty Chrudim, za poskytnutí historických fotografií. Příspěvek představuje čiastkový výstup řešení projektu VEGA č. 1/0511/19.

Použitá literatura

- [1] MESSINGEROVÁ, V., 2005. *Technológia vzdušnej dopravy dreva v lesníctve*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. ISBN 80-228-1523-3.
- [2] JINDRA, F., 1965. *Stavebně montážní práce s využitím vrtulníků v ČSSR*. Praha: NADAS.
- [3] GREENWOOD, W., LYNCH, J., ZEKOS, D., 2019. Applications of UAVs in Civil Infrastructure. *Journal of Infrastructure Systems*, 25(2). ISSN 1076-0342.: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000464](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000464)
- [4] BOUDNÍK, J., DOSOUDIL, E., 1974. *Využitie vrtulníkov v národnom hospodárstve*. Bratislava: Dom techniky SVTS v Bratislave.
- [5] HRUBEŠ, V., 1988. Využití vrtulníků v osmdesátých letech v ČSSR. In: *Využitie vrtulníkov v národnom hospodárstve - zborník prednášok, Tatranská Lomnica, 18. - 19.10.1988*. Žilina: Dom techniky ČSVTS v Žiline, s. 16-19.
- [6] DŮ (Dopravný úrad), 2021. *Letecké práce* [online]. Bratislava: Dopravný úrad [cit. 16. júla 2021]. Dostupné na: <http://letectvo.nsat.sk/letova-prevadzka/osvedcenie-letovej-sposobilosti/formulare/>
- [7] HULÍNOVÁ, Z., 2011. *Analýza stavebných procesov z hľadiska ich modelovania*. Bratislava: Nakladateľstvo STU. ISBN 978-80-227-3474-5.
- [8] BISTÁK, A., HULÍNOVÁ, Z., 2020. *Využitie simulačného modelovania pri príprave výstavbového procesu*. Dizertačná práca.
- [9] BISTÁK, A., 2017. Simulácia stavebných procesov realizovaných vrtulníkmi: analýza a návrh koncepcie modelu. In: *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering: 27th Annual PhD Student Conference, 25. October 2017, Bratislava, Slovakia*. Bratislava: Spektrum STU, s. 226-231. ISBN 978-80-227-4751-6.
- [10] BISTÁK, A., 2018. Využitie simulačného modelovania pri príprave výstavbového procesu realizovaného technológiou leteckých prác. In: *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering: 28th Annual PhD Student Conference, October 24th 2018, Bratislava, Slovakia*. Bratislava: Spektrum STU, s. 115-122. ISBN 978-80-227-4864-3.
- [11] DERKOVÁ, M. et al., 2017. Recent improvements in the ALADIN/SHMU operational system. *Meteorological Journal*, 20(2), s. 45-52. ISSN 1335-339X.
- [12] TERMONIA, P. et al., 2018. The ALADIN system and its canonical model configurations AROME CY41T1 and ALARO CY40T1. *Geoscientific Model Development*, 11(1), s. 257-281. ISSN 1991-9603. <https://doi.org/10.5194/gmd-11-257-2018>
- [13] WANG, Y. et al., 2011. The Central European limited-area ensemble forecasting system: ALADIN-LAEF. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 137(655), s. 483-502. ISSN 1477-870X. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1002/qj.751>
- [14] BISTÁK, A., HULÍNOVÁ, Z., NEŠTIK, M., 2021. Simulation modelling of aerial works and its role in the preparation of construction. *Slovak Journal of Civil Engineering*, 29(1), s. 20-26. ISSN 1338-3973. <https://doi.org/10.2478/sjce-2021-0004>