

# POROVNANIE MOŽNOSTÍ VYUŽITIA VYBRANÝCH AWOS SYSTÉMOV A ICH MANUÁLOV

## COMPARISON OF THE USE POSSIBILITIES OF SELECTED AWOS SYSTEMS AND THEIR MANUALS

**Tomáš Krajčo**

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia  
tomas.krajco2@gmail.com

**Miriam Jarošová**

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia  
miriamjaros@gmail.com

**Abstract** – The goal of this paper is to create a recommendation, which will contain information about which AWOS system is more appropriate to use based on a comparison of individual sensors and subsystems used in selected AWOS systems. The comparison, which results in a recommendation, will focus on technical parameters, limitations to monitor meteorological phenomena and the comprehensibility and complexity of data sheets and manuals, while the resulting recommendation also takes into account the recommendations of individual sensors and subsystems. Due to the complexity of the thesis, it was necessary to set additional objectives, the purpose of which was to provide information about aeronautical meteorology and meteorology as such, basic terms of meteorology, measurements performed by AWOS systems along with basic information about these systems.

**Key words** – AWOS, airport meteorology, aeronautical meteorology, anemometer, ceilometer, transmissometer, present weather sensor, AWOS system measurements, MicroStep-MIS, vaisala.

### I. ÚVOD

V podstate už od prvého letu bratov Wrightovcov, keď ľudia pochopili, že lietat' je možné a nie je to len sen, snažili sa letectvo využiť. Spočiatku bolo letectvo využívané hlavne vo vojenskej oblasti, keďže tieto reálne počiatky letectva a prvých letúnov sa dobovo zhodovali s prvou svetovou vojnou. Po prvej svetovej vojne bolo jasné, že lietadlá sa dajú využiť aj inak, ako na plnenie vojenských úloh, a tak sa začala rozvíjať letecká doprava. Keďže letecká doprava sa rozvíjala veľmi rýchlo, bolo potrebné s ňou vyvinúť aj ďalšie systémy, ktoré zvyšujú bezpečnosť leteckej dopravy. Jedným z odvetví, v ktorom došlo k vývoju, bolo odvetvie meteorológie, konkrétne leteckej meteorológie. Bolo to potrebné z hľadiska zvýšenia bezpečnosti letov, pretože počasie dokáže značne ovplyvniť let. Časom došlo k vývoju rôznych snímačov a meteorologických systémov, ktoré sa čím ďalej, tým viac zdokonaľujú.

Cieľom tohto článku je oboznámiť laickú aj odbornú verejnosť so základnými pojmami meteorológie, meraniami, ktoré vykonávajú systémy AWOS spolu so základnými informáciami o týchto systémoch, pričom hlavným cieľom je poskytnutie informácií a odporúčaní, ktorý z dvoch vybraných systémov AWOS je kvalitnejší a prečo, vypracovaných na základe porovnaní jednotlivých senzorov, ktoré sú štandardne a najčastejšie využívané, podľa informácií dostupných v dátových hárkoch a manuáloch jednotlivých systémov.

### LETECKÁ METEOROLÓGIA A JEJ POČIATKY

Meteorológia je veda zaoberajúca sa atmosférou. Študuje jej zloženie, stavbu, vlastnosti, javy a deje v nej prebiehajúce. Je považovaná za časť fyziky a chápaná ako „fyzika atmosféry“. Poznatky meteorológie sú nevyhnutné v mnohých odvetviach ľudskej činnosti. [1]

Staroveká meteorológia sa začala vyvíjať najmä zásluhou Aristotela, ktorý v štvorzväzkovom diele Meteorologica objasnil svetelné javy v ovzduší, zrážky, vietor, búrky a ďalšie meteorologické javy.

Novoveká meteorológia vychádza z rýchleho vývoja meteorologických prístrojov, ktoré boli navrhnuté na to, aby umožnili meteorológii dostať sa medzi základné vedecké disciplíny. [2]

Pojem letecká meteorológia predstavuje využitie vedeckého predpovedania počasia v oblasti letectva za účelom zvýšenia bezpečnosti, komfortu a hospodárnosti lietania. Túto svoju funkciu zabezpečuje prostredníctvom sledovania a predpovedania počasia a skúmaním vplyvov počasia na správanie sa lietadiel v rôznych poveternostných podmienkach. [1] Zaoberá sa tiež aplikáciou získaných poznatkov z ostatných odborov meteorológie, ktoré používa k zdokonaľovaniu predpovedí, zefektívneniu prevádzky a zvýšeniu bezpečnosti. Základné meteorologické informácie dovoľujú posádkam lietadiel zoznámiť sa so skutočným počasím na letiskách vzletu a pristátia, ale aj na trati letu. [3]

Počiatky leteckej meteorológie siahajú až do obdobia, kedy sa vo veľkom využívali teplovzdušné balóny a klzáky. No k

„profesionalizácii“ leteckej meteorológie došlo hlavne vplyvom prvej a druhej svetovej vojny, a to aj kvôli tomu, že došlo k nárastu využitia lietadiel ťažších ako vzduch. Následne, po druhej svetovej vojne, viedol nárast komerčnej leteckej dopravy k rozvoju súkromného sektoru leteckých meteorologických skupín v rámci jednotlivých leteckých spoločností. Väčšina vývoja modernej leteckej meteorológie prebiehala kooperáciou týchto skupín s vládnymi agentúrami. Ďalším faktorom ohľadom leteckej meteorológie je výrazne empirický prístup k problémom s predpovedaním počasia, ktoré pretrvávajú aj v súčasnosti, hoci sa tento trend v posledných desaťročiach znížil vďaka vedcom, ktorí sa danou problematikou zaoberajú.

Ďalší z problémov, ktorým tento obor čelil, bol ten, že pokrok predpovedania počasia a javov ovplyvňujúcich bezpečnosť letu sa spoliehal na stretnutie lietadla s danými javmi (turbulencie, strih vetra, námraza, sopečný popol, ...). Avšak pre pilotov, cestujúcich a letecké spoločnosti bolo z praktického hľadiska lepšie a múdrejšie vyhnúť sa takýmto javom. Následne sa v letectve začali využívať radary a spolu so znalosťami ohľadom hlavných meteorologických javov a ich sprievodných javov došlo k zlepšeniu predpovedania počasia, čo umožnilo sa týmto javom vyhnúť. [4] [5]

## II. AWOS

Vzhľadom na to, že počasie je premenlivé a dokáže spôsobiť veľmi vážne ohrozenie bezpečnosti letu, je potrebné, aby bolo neustále sledované, a to v reálnom čase. Takéto sledovanie v reálnom čase je možné uskutočniť prostredníctvom automatizovaných systémov sledovania počasia, teda systémov AWOS.

Systém AWOS (Automated Weather Observing System) je teda automatizovaný systém sledovania počasia, ktorý poskytuje nepretržité informácie v reálnom čase a správy o poveternostných podmienkach na letisku. Jednou z výhod týchto systémov je, že sú plne konfigurovateľné. [6] V rámci tejto konfigurácie a otvorenej štruktúry väčšiny systémov je možné systémy vylepšiť a expandovať tak ich možnosti merania parametrov podľa potrieb letiska, ktoré sa menia spolu s rastom letiska. Následne, podľa konfigurácie systémov AWOS a parametrov, ktoré merajú, je možné rozdeliť systémy AWOS do 9 kategórií. [13]

### HISTÓRIA AWOS

Prvé systémy AWOS sledovali iba tie prvky počasia, ktoré mohli byť merané priamo na mieste, kde sa nachádzala stanica. Jednalo sa o teplotu, teplotu rosného bodu, vietor (rýchlosť a smer) a atmosférický tlak. V 80. rokoch bolo možné, vďaka technologickému pokroku, automatizované meranie stavu oblačnosti (množstvo a výška oblačnosti), viditeľnosti a aktuálneho počasia (zrážky a hmla). [7]

### REŽIMY VÝSTUPU AWOS

Výstup z pozorovania počasia systémom AWOS možno klasifikovať do jedného zo štyroch režimov prevádzky. Tento režim závisí od rozsahu použitia hlasových poznámok a manuálnych pozorovaní. [8]

Tabuľka 1: Skrátené informácie o režimoch výstupu systémov AWOS [8]

Režimy výstupu	Plná Automatizácia	Manuálne doplnenie automatického hlásenia
Režim 1	ÁNO	NIE (iba ako záloha)
Režim 2	ÁNO	NIE (iba forma NOTAM)
Režim 3	ÁNO	ÁNO
Režim 4	NIE	ÁNO

## III. MERANIA SYSTÉMU AWOS

Táto kapitola bakalárskej práce sa zameriava na definície jednotlivých meteorologických javov, ktoré systémy AWOS vďaka svojim senzorom dokážu sledovať, definície, charakteristiky, štandardy a princípy činnosti jednotlivých senzorov, ktoré sú na monitorovanie daných javov využívané. Okrem senzorov však spomína aj využívané systémy, resp. subsystémy, ktoré sú integrované do systémov AWOS, čím sa vďaka integrácii údajov zlepšuje monitorovanie jednotlivými subsystémami (systém varovania pred strihom vetra, systém snímania stavu povrchu vzletovej a pristávacej dráhy), ale aj výstupné údaje systémov AWOS sú komplexnejšie.

### SLEDOVANÉ METEOROLOGICKÉ JAVY:

Prvým pozorovaným meteorologickým javom je vietor. Vietor je pohyb vzduchovej hmoty, ktorý charakterizujeme smerom odkiaľ vane a rýchlosťou, ktorú môžeme vyjadriť v jednotkách rýchlosti. [10]

Rýchlosť vetra je rýchlosť pohybu vzduchovej hmoty v atmosfére, pričom smer vetra je definovaný ako smer, z ktorého vietor fúka, väčšinou vzťahnutý vzhľadom na magnetický sever. [9]

Na snímanie smeru vetra sa využíva niekoľko typov senzorov, ktoré vo svojej podstate fungujú na princípe snímania otočnej časti, ktorá sa natočí podľa toho, z ktorého smeru vietor fúka. Zariadenia na snímanie rýchlosti vetra sa nazývajú anemometre, ktoré tiež fungujú na niekoľkých princípoch, no najkomplexnejší je ultrazvukový, ktorý bez problémov dokáže určiť aj smer vetra. Avšak pre zvýšenie bezpečnosti boli vytvorené ešte aj systémy varovania pred strihom vetra (LLWAS).

Ďalším pozorovaným parametrom je viditeľnosť. Viditeľnosť môže byť horizontálna, kedy sa dá nazvať aj dohľadnosť, resp. dráhová dohľadnosť v letiskovej meteorológii, na ktorej meranie a určovanie sa využíva dohľadomer, čo je prístroj, ktorý môže určovať dohľadnosť priepustnou metódou alebo metódou rozptylu. Na meranie vertikálnej viditeľnosti sa využíva ceilometer, ktorý dokáže určiť výšku základne oblačnosti spolu s vertikálnou viditeľnosťou.

Taktiež je potrebné poznať aj teplotu okolia, teplotu rosného bodu a mieru vlhkosti. Na obyčajné meranie teploty sa využíva teplomer, no ak je potrebné určiť aj vlhkosť vzduchu a teplotu rosného bodu, používa sa vlhkomer. Toto zariadenie

dokáže určiť nielen vlhkosť vzduchu, ale aj teplotu okolia, keďže určenie teploty rosného bodu je na nej závislé.

Jedno z dôležitých meraní je tiež meranie tlaku vzduchu, ktoré sa vykonáva barometrom. Avšak okrem merania skutočného tlaku sa musí určiť aj tlaková tendencia, čo je vlastne charakter a veľkosť zmeny atmosférického tlaku počas špecifikovanej periódy končiacej v čase pozorovania. Pozostáva zo zmeny tlaku a tlakovej charakteristiky. Jednou z podmienok ohľadom snímačov tlaku pre systémy AWOS je, že musia byť k dispozícii minimálne dva. [9]

Na detekciu výskytu zrážok a ich intenzity sa využívajú zrážkomery. Najčastejšie využívaným je člnkový zrážkomer, čo je pomerne jednoduché a navyiac využívané zariadenie na meranie objemu zrážok v AWOS. Existuje však tiež senzor mrznúceho dažďa, čo je prístroj, ktorý je špecializovaný konkrétne na monitorovanie mrznúceho dažďa, pretože klasické zrážkomery ho nedokážu monitorovať. Ďalším zariadením je senzor súčasného počasia, ktorý v rámci zrážok dokáže určovať nielen ich intenzitu, ale aj typ zrážok prostredníctvom frekvenčného spektra indukovanej scintilácie zrážkami. Tu sa zrážkomery začínajú prelínať so senzormi na určovanie typu zrážok a okrem senzoru súčasného počasia sa na určovanie typu zrážok využíva disdrometer, čo je zariadenie fungujúce na princípe aktívnej optickej laserovej detekcie, vďaka čomu môže nepretržite sledovať veľkosť, rýchlosť a množstvo dažďových kvapiek a určovať typy zrážok.

Počasia však ovplyvňuje mnoho rôznych aspektov prevádzky letiska, vrátane vzletových a pristávacích dráh. Práve na nich dochádza k veľkému množstvu nehôd, a to aj v dôsledku zníženého brzdiaceho účinku spôsobeného kontamináciou povrchu dráhy. Na poskytovanie informácií ohľadom stavu povrchu vzletovej a pristávacej dráhy slúži dráhový senzor, ktorý obvykle býva súčasťou systému RWIS (Runway Weather Information System).

Posledným, veľmi dôležitým sledovaným meteorologickým fenoménom sú blesky, respektíve prítomnosť búrky. Blesk je elektrostatický výboj spôsobený nerovnováhou medzi búrkovými mrakmi a zemou alebo medzi mrakmi navzájom a búrka je súbor elektrických, optických a akustických javov vznikajúcich medzi oblakmi navzájom alebo medzi oblakmi a zemou, pričom definícia búrky je podmienená prítomnosťou bleskov. Detekcia búrky je v prvom rade zabezpečená prostredníctvom senzorov slúžiacich na detegovanie elektrostatických výbojov, teda bleskov. Ich presnosť detekcie sa zvyšuje hlavne tým, že vytvárajú detekčnú sieť bleskov. [14]



Obrázok 1: Zobrazenie komponentov detekčnej siete bleskov (senzory bleskov, centrálny procesor, systém zobrazenia) [11]

#### IV. POROVNANIE SENZOROV A SYSTÉMOV AWOS

V rámci praktickej časti bakalárskej práce sa riešilo porovnanie najčastejšie používaných, štandardných jednotlivých senzorov vo vybraných automatizovaných systémoch pozorovania počasia. Vybrané boli systémy AWOS dvoch, aj internacionálne, známych spoločností.

Prvým je systém AWOS vyvinutý a poskytovaný spoločnosťou MicroStep-MIS. Systém poskytovaný touto spoločnosťou bol vybraný z toho dôvodu, že daná spoločnosť je slovenského pôvodu a ich systém sa využíva aj na našom najväčšom letisku – letisko Milana R. Štefánika v Bratislave.

Druhým AWOS systémom je Vaisala AviMet, ktorý bol vybraný na základe jeho ľahkej dostupnosti ako možnosť náhrady AWOS systému a senzorov IMS4 AWOS vytvoreného a prevádzkovaného spoločnosťou MicroStep-MIS. Ľahká dostupnosť je v tomto spektre ponímaná ako dostupnosť vzhľadom na to, že na Slovensku sa nachádza spoločnosť Spinet a.s., ktorá na území Slovenskej Republiky spravuje systémy spoločnosti Vaisala.

Práca je, ako bolo už vyššie spomenuté, zameraná na porovnanie jednotlivých senzorov. V praxi sa ale často nestretáme len s tým, že určitý meteorologický fenomén monitoruje len jeden konkrétny senzor, ktorý je samostatne umiestnený. Práve naopak, často je možné sa stretnúť s komplexnými zariadeniami a systémami, ktoré integrujú viacero prístrojov, prípadne nahrádzajú niektoré prístroje tým, že sú pokročilejšie a vykonávajú aj ich funkciu.

#### POROVNÁVANÉ SENZORY A SYSTÉMY

Pri vybraných systémoch AWOS boli porovnávané štandardne a najčastejšie poskytované anemometre, senzory stavu aktuálneho počasia, zrážkomery, zariadenia na meranie vlhkosti a teploty, ceilometre, barometre, senzory stavu povrchu vzletovej a pristávacej dráhy, senzory detekcie bleskov a systémy stavu povrchu vzletovej a pristávacej dráhy (RWIS), systémy zisťovania prítomnosti búrky, systémy varovania pred prítomnosťou strihu vetra a celková charakterizácia systému AWOS.

Pri každom jednom porovnávanom elemente bolo vypracované čiastkové zhodnotenie a odporúčanie, že ktorý senzor/systém poskytovaný vybranými spoločnosťami je vhodnejšie použiť, prípadne aj v akých podmienkach. Porovnanie jednotlivých senzorov a subsystémov integrovaných do systémov AWOS bolo z praktického hľadiska a lepšieho prehľadu spracované v tabuľkovej forme (Tabuľka 2, ktorá je uvedená nižšie), aby tak bol čitateľ schopný rýchlo vyčítať, ktorej spoločnosti systém AWOS v čom dominuje.

Tabuľka 2: Tabuľkové porovnanie jednotlivých častí systémov AWOS

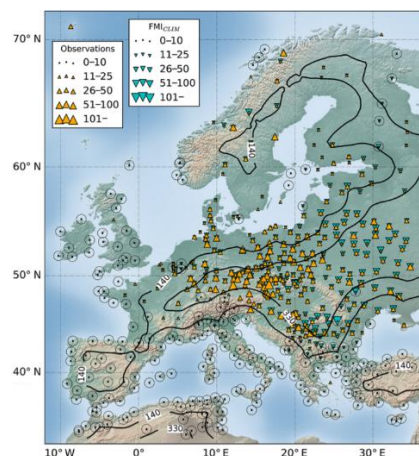
-----	MicroStep-MIS	Vaisala
Anemometer	✓	
Senzor stavu aktuálneho počasia	✓	
Zrážkomer		✓
Zariadenie na meranie vlhkosti a teploty		✓
Ceilometer		✓
Barometer	✓	
RWIS		✓
Dráhový senzor		✓
Systém zisťovania prítomnosti búrky	✓	
Senzor detegovania búrky	✓	✓
LLWAS	✓	
Základné parametre AWOS	✓	

Vo vyššie uvedenej tabuľke môžeme vidieť tabuľkových prehľad výsledkov čiastkových porovnaní jednotlivých senzorov a systémov ponúkaných spoločnosťami MicroStep-MIS a Vaisala v ich systémoch AWOS. Výsledkami porovnaní boli odporúčania, na základe ktorých bolo vypracované celkové odporúčanie na ponúkané systémy AWOS.

Ako bolo spomenuté, pre porovnanie boli vybrané štandardne a najčastejšie využívané/ponúkané senzory v štandardizovaných systémoch AWOS oboch spoločností, vrátane subsystémov integrovaných do AWOS systémov.

Anemometer spoločnosti MicroStep-MIS je odporúčaný vzhľadom na fakt, že je možné ho využiť v oblastiach, kde vietor dosahuje väčšiu silu, pretože dokáže určiť veľkosť vetra až do hodnoty  $85 \text{ m.s}^{-1}$ , čo je o 10 metrov za sekundu viac ako anemometer spoločnosti Vaisala.

Pri porovnávaní senzoru aktuálneho stavu počasia bola do úvahy braná schopnosť určovania viditeľnosti, respektíve dráhovej dohľadnosti, typu a množstva zrážok. Po zhodnotení všetkých faktov a údajov z obrázku uvedeného pod týmto odstavcom je zrejmé, že je lepšie využiť SWS-250 ponúkaný spoločnosťou MicroStep-MIS, pretože dráhovú dohľadnosť dokáže určiť do omnoho väčšej vzdialenosti (o 55 kilometrov viac ako senzor spoločnosti Vaisala), a preto, že v Európe sa mrznúci dážď, ktorý dokáže identifikovať senzor spoločnosti Vaisala, tak často nevyskytuje a jeho prítomnosť sa dá predpokladať na základe usporiadanie teplého a studeného frontu.



Obrázok 2: Zobrazenie frekvencie výskytu mrznúceho mrznúceho dažďa v Európe počas obdobia 1979-2014; oranžové trojuholníky sú pozorovania SYNOP a tyrkysová s využitím iného algoritmu. [12]

Vzhľadom na zobrazenie výsledkov porovnania v tabuľke je jasné, že je lepšie využiť zrážkomer RG13H spoločnosti Vaisala. Toto odporúčanie je založené hlavne na fakte, že dokáže pracovať kontinuálne bez maximálnej hodnoty zrážok, ktoré je schopný odmerať, ale aj na väčšej teplote, pri ktorej je schopný správnej prevádzky.

Ako zariadenie na meranie vlhkosti a teploty sa využíva jedno komplexné zariadenie. Pri porovnávaní bolo zistené, že je lepšie využiť sondu HMP155, ktorá je ponúkaná spoločnosťou Vaisala, a to z dôvodu, že v základnom vybavení poskytuje sondu na meranie teploty, ktorá má vyšší teplotný rozsah merania a presnosť a aj preto, že poskytuje možnosť využitia štítu proti slnečnému žiareniu alebo Stevensonovej obrazovky, čo zvyšuje životnosť sondy.

Ďalej môžeme vidieť, že spoločnosť Vaisala poskytuje aj lepší ceilometer. Názov ceilometru je CL31 a oproti ceilometru ponúkanému spoločnosťou MicroStep-MIS (CBME80) je v podstate z každého hľadiska lepší.

Ako môžeme vidieť už z tabuľky, barometer ponúkaný spoločnosťou MicroStep-MIS (MSB780(X)) je odporúčané použiť, pretože dokáže určiť hodnotu tlaku lepšie z hľadiska presnosti a aj rozlišovacej schopnosti. Taktiež je možné ho použiť v oblastiach, kde teploty klesajú hlboko pod bod mrazu.

Po porovnaní systémov RWIS a senzorov je možné povedať, že jediný markantný rozdiel je v dráhových senzoroach. Systémy ponúkajú to isté, akurát senzor DRS511, ponúkaný spoločnosťou Vaisala, je lepší, pretože dokáže určiť hrúbku vodného stĺpca až do hodnoty 7 milimetrov, zatiaľ čo IRS31, ktorý ponúka spoločnosť MicroStep-MIS, len do 4 milimetrov. Vzhľadom na tento fakt a aj na fakt, že v rámci systému RWIS spoločnosť Vaisala ponúka konzultácie ohľadom podmienok na vzletovej a pristávacej dráhe 24 hodín denne.

Čo sa týka systémov zisťovania prítomnosti búrky, v tabuľke môžeme vidieť, že systém spoločnosti MicroStep-MIS je výhodnejšie použiť. K tomuto záveru som došiel na základe toho, že systém tejto spoločnosti umožňuje aj sledovanie letu na

búrkovom displeji, vďaka čomu je možné lepšie a jednoduchšie informovať a koordinovať daný let.

Po porovnaní senzorov detegovania búrky bolo zistené, že dokážu zaznamenať elektrostatický výboj až do vzdialenosti 56 kilometrov, a teda bolo potrebné upriamiť pozornosť na ostatné parametre. Na základe týchto parametrov bolo zistené, že TSS928, ponúkaný spoločnosťou Vaisala, dokáže správne pracovať za prítomnosti väčšej sily vetra, až o 11,7 metrov za sekundu viac ako senzor BTM-300, ktorý je ponúkaný spoločnosťou MicroStep-MIS. Ale MicroStep-MIS má výhodu v tom, že má v sebe integrované zariadenie na detekciu intenzity elektrického poľa, zatiaľ čo TSS928 ho štandardne integrovaný nemá a ak áno, v rámci presnejšieho určovania detekcie bleskov, tak je jeho minimálne prevádzková teplota limitovaná na -23°C, čo je o 27°C menej ako u senzora BTM-300, a preto, na základe porovnania výhod a nevýhod je možné povedať, že sú vo svojej podstate na takej istej úrovni, čo sa kvality týka.

Taktiež boli porovnané aj systémy LLWAS oboch spoločností, ktoré sú integrované do systémov AWOS. Z dostupných informácií bolo zistené, že systém LLWAS ponúkaný spoločnosťou MicroStep-MIS je kvalitnejší, pretože využíva technológiu LIDAR na zistenie prítomnosti strihu vetra, vďaka čomu poskytuje presnejšiu detekciu v suchých podmienkach ako systém spoločnosti Vaisala, ktorý v suchých podmienkach využíva na detekciu iba anemometre.

Po porovnaní základných parametrov AWOS je možné prehlásiť, že v štandardnej zostave je lepšie využiť IMS4 AWOS ponúkaný spoločnosťou MicroStep-MIS hlavne preto, že v štandardnom vybavení navyše poskytuje, na rozdiel od Vaisala AviMet AWOS, informácie ohľadom vzletovej a pristávacej dráhy a prítomnosti búrok.

#### POROVNANIE MANUÁLOV

Pre vypracovanie bakalárskej práce bolo potrebné pracovať aj s dátovými hárkami jednotlivých zariadení a – samozrejme – s manuálmi k jednotlivým systémom AWOS a ich senzorom. Na základe tohto porovnania bolo zistené, že dokumenty síce obsahujú v podstate rovnaké informácie, no dátové hárky a manuály spoločnosti Vaisala boli menej prehľadné, pretože v určitých prípadoch sú konštruované skôr ako propagačný materiál alebo brožúra a niektoré potrebné informácie neboli prvoplánovo jasné.

## V. ZÁVER

Základným cieľom bakalárskej práce bolo porovnanie systémov AWOS, ich jednotlivých senzorov a „subsystémov“ integrovaných so systémom AWOS a ich manuálov, na základe ktorého boli vypracované samostatné odporúčania ohľadom senzorov a komplexné odporúčanie ohľadom celého systému AWOS s dôrazom na technické parametre senzorov.

Okrem vyššie uvedeného hlavného cieľa sme sa v práci venovali aj doplnkovým cieľom, ktoré boli stanovené na začiatku spolu s hlavným cieľom. Účelom doplnkových cieľov bolo poskytnúť informácie týkajúce sa základov systémov AWOS, leteckej meteorológie a meteorológie ako takej.

Koncovým výsledkom práce je teda vypracovanie záverečného odporúčania, ktorý zo systémov AWOS – MicroStep-MIS a Vaisala AviMet – je vhodnejšie použiť vzhľadom na technické parametre a manuály.

Počas tvorby práce sa tiež vyskytli problémy s určitou nedostupnosťou informácií alebo aj ich konfrontáciou, čoho výsledkom je aj väčší počet bibliografických údajov, aby boli informácie v bakalárskej práci čo najobjektívnejšie.

V rámci výskumu ohľadom štandardne a najčastejšie používaných senzorov a subsystémov v AWOS systémoch bolo zistené, že podľa parametrov, ktoré boli pre porovnanie brané do úvahy (technické parametre, limitácie monitorovať meteorologické javy a zrozumiteľnosť dátových hárkov a manuálov), je výhodnejšie použiť systém AWOS spoločnosti MicroStep-MIS, aj keď AWOS spoločnosti Vaisala za ním veľmi nezaostáva.

Vzhľadom na fakty, že systém AWOS spoločnosti MicroStep-MIS je podľa výsledkov porovnaní výhodnejšie použiť a že aj na letisku Milana R. Štefánika v Bratislave bol systém AWOS spoločnosti Vaisala nahradený lepšou verziou systému IMS4 MicroStep-MIS, je možné, že v budúcnosti bude táto slovenská spoločnosť omnoho väčším konkurentom, či už spoločnosti Vaisala alebo inej spoločnosti v rámci poskytovania systémov AWOS. Svoju konkurencieschopnosť do budúcnosti by mohla spoločnosť MicroStep-MIS zvýšiť prostredníctvom vývoja modernejších, presnejších a hlavne vlastných senzorov, ktorými v súčasnosti ešte vo svojej ponuke nedisponuje.

## REFERENCIE

- [1] DVOŘÁK, P. 2004. Letecká meteorologie. Cheb : Svět křídel, 2004. 221 s. ISBN 80-86808-09-2
- [2] Meteorológia [online]. Dostupné na internete: <http://www.senzorika.leteckafakulta.sk/?q=node/130> (použitá 05.02.2020)
- [3] Letecká meteorológia [online]. Dostupné na internete: <https://aeroweather.webnode.sk/> (použitá 20.02.2020)
- [4] Knox, J. et al. 2018. Aviation Meteorology [online]. Dostupné na internete: <https://www.oxfordbibliographies.com/view/document/obo-9780199874002/obo-9780199874002-0196.xml> (použitá 05.02.2020)
- [5] Meteorological observations over the past centuries [online]. Dostupné na internete: <https://www.encyclopedia-environment.org/en/air-en/meteorological-observations-over-past-centuries/> (použitá 05.02.2020)
- [6] Automated Weather Observing System (AWOS) [online]. Dostupné na internete: [https://www.skybrary.aero/index.php/Automated\\_Weather\\_Observing\\_System\\_\(AWOS\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Automated_Weather_Observing_System_(AWOS)) (použitá 30.12.2019)
- [7] Airport Wind Observation Architectural Analysis [online]. Dostupné na internete: [https://www.ll.mit.edu/sites/default/files/publication/doc/2018-09/ATC-443%20Wind%20Analysis\\_Clark\\_Ferris\\_Moradi\\_119813.pdf](https://www.ll.mit.edu/sites/default/files/publication/doc/2018-09/ATC-443%20Wind%20Analysis_Clark_Ferris_Moradi_119813.pdf) (použitá 12.02.2020)

- [8] AWOS 3000 Automated Weather Observing system User's Manual [online]. Dostupné na internete: <http://www.allweatherinc.com/wp-content/uploads/3000-0011.pdf> (použitie 06.01.2020)
- [9] Federal Aviation Administration. 1990. Automated Weather Observing Systems (AWOS) for Non-federal Applications. 1990. 51 s. [online]. Dostupné na internete: [https://books.google.sk/books?id=IQg6AQAAMAAJ&pg=PA1&lpg=PA1&dq=awos+weather+reports&source=bl&ots=QviXBzScB1&sig=ACfU3U1JR9Iq1Hks9CvVFzblFuMTO4C4sg&hl=sk&sa=X&ved=2ahUKEwi\\_2sD5hfLmAhWibVAKHXOTAkMQ6AEwD3oECAkQAQ#v=onepage&q=awos%20weather%20reports&f=false](https://books.google.sk/books?id=IQg6AQAAMAAJ&pg=PA1&lpg=PA1&dq=awos+weather+reports&source=bl&ots=QviXBzScB1&sig=ACfU3U1JR9Iq1Hks9CvVFzblFuMTO4C4sg&hl=sk&sa=X&ved=2ahUKEwi_2sD5hfLmAhWibVAKHXOTAkMQ6AEwD3oECAkQAQ#v=onepage&q=awos%20weather%20reports&f=false) (použitie 07.01.2020)
- [10] Slovník vybraných meteorologických pojmov a výrazov [online]. Dostupné na internete: <http://www.shmu.sk/sk/?page=1095> (použitie 05.02.2020)
- [11] Lightning Detection Networks [online]. Dostupné na internete: <https://www.vaisala.com/en/products/systems/lightning-detection-networks> (použitie 12.02.2020)
- [12] Matti Kämäräinen et al. 2017. A method to estimate freezing rain climatology from ERA-Interim reanalysis over Europe [online]. Dostupné na internete: <https://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/17/243/2017/nhess-17-243-2017.pdf> (použitie: 31.03.2020)
- [13] Everything You Need to Know about AWOS and ASOS [online]. Dostupné na internete: <https://www.flyingmag.com/everything-you-need-to-know-aboutawos-and-asos/> (použitie 28.12.2020)
- [14] Natural disasters, Lightning [online]. Dostupné na internete: <https://www.nationalgeographic.com/environment/natural-disasters/lightning/> (použitie 05.02.2020)
- [15] BADÁNIK, B., LAPLACE, I. LENOIR, N., MALAVOLTI, E., TOMOVÁ, A. & KAZDA, A. 2010. Future strategies for airports. 27th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences 2010, ICAS 2010, volume 6, pages 4416-4425
- [16] STEFANIK, M., BADÁNIK, B. & MATAS, M. 2012. Aspects of airport ground access/egress systems. International Conference on Industrial Logistics, ICIL 2012 - Conference Proceedings, pages 17-29
- [17] NOVÁK, A. 2011. Komunikačné, navigačné a sledovacie zariadenia v letectve. Bratislava : DOLIS, 2015. - 212 s. ISBN 978-80-8181-014-5.
- [18] NOVÁK, A., TOPOLEČÁNY, R., BRACINÍK, T. 2009. Výcvik leteckých posádok s využitím nových technológií. Žilinská univerzita, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, 2009. - 94 s. ISBN 978-80-554-0108-9.
- [19] NOVÁK-SEDLÁČKOVÁ, A., KURDEL, P. & MREKAJ, B. 2018. Synthesis criterion of ergatic base complex with focus on its reliability. INFORMATICS 2017 - Proceedings, pages. 318-321.
- [20] KAZDA, A., CAVES, R.E. 2007. Airport Design and Operation. Bingley: Emerald Group Publishing Limited, 2007. 538 s. ISBN 978-0-08-045104-6.

Tomáš Krajčo – narodený v Bojniciach absolvoval v roku 2017 Gymnázium V. B. Nedožerského v Prievidzi, následne od roku 2017 študoval na Žilinskej univerzite v Žiline odbor letecká doprava.