

# GRANT 13 journal

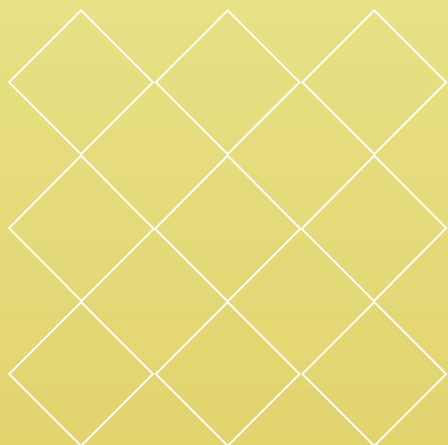
vol. 13 | issue 2

EUROPEAN GRANT PROJECTS | RESULTS | RESEARCH & DEVELOPMENT | SCIENCE

2 issues per year

GRANT journal | Peer-Reviewed Scientific Journal

December 2024



- ◇ výstupy grantů
- ◇ Research and Development
- ◇ podpora výzkumu
- ◇ výsledky vědecké práce

MAGNANIMITAS Assn.

◇ **GRANT Journal** je vědecký časopis publikující výsledky výzkumné a vědecké činnosti příjemců grantů a veřejných podpor. **GRANT Journal** publikuje recenzované vědecké práce a vědecké studie. ◇ **GRANT Journal** is a scientific journal, that publishes results of research and science activities of grantee. **GRANT Journal** publishes original scientific articles and scientific studies. ◇ Příspěvky v časopise jsou recenzovány. Příspěvky neprocházejí jazykovou redakcí. ◇ Contributions in the journal have been reviewed but not edited. ◇ Ročně vycházejí 2 čísla. 2 issues per volume.

**Address of the editorial board: GRANT journal. TECHNOLOGICKÉ CENTRUM Hradec Králové, o. p. s., Piletická 486/19, Hradec Králové, 503 41, The Czech Republic, Tel.: +420 498 651 295, <http://www.tchk.cz/>**

**Published by: MAGNANIMITAS Assn.**

◇ Objednávky předplatného přijímá redakce. Cena předplatného je 50 EUR. Jednotlivá čísla lze objednat do vyčerpání zásob (cena 25 EUR za kus). ◇ Subscription orders must be sent to the editorial office. The price is 50 EUR a year (2 issues per volume). It is possible to order older issues only until present supplies are exhausted (25 EUR an issues).

**Price of CD holder: 25 €**

© GRANT journal ◇ ISSN 1805-062X (CD-ROM), ISSN 1805-0638 (Online) ◇ <http://www.grantjournal.com/>

Časopis je vydáván v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

## OBORY

Aeronautika, aerodynamika, letadla  
Akustika a kmity  
Analytická chemie, separace  
Anorganická chemie  
Aplikovaná statistika, operační výzkum  
Archeologie, antropologie, etnologie  
Astronomie a nebeská mechanika, astrofyzika  
Báňský průmysl včetně těžby a zpracování uhlí  
Bezpečnost a ochrana zdraví, člověk – stroj  
Biofyzika  
Biochemie  
Biotechnologie a bionika  
Botanika  
Dějiny  
Dermatovenerologie  
Dokumentace, knihovnictví, práce s informacemi  
Ekologie – společenstva  
Ekonomie  
Elektrochemie  
Elektronika a optoelektronika, elektrotechnika  
Elementární částice a fyzika vysokých energií  
Endokrinologie, diabetologie, metabolismus, výživa  
Epidemiologie, infekční nemoci a klinická imunologie  
Farmakologie a lékařská chemie  
Filosofie a náboženství  
Fyzika pevných látek a magnetismus  
Fyzika plazmatu a výboje v plynech  
Fyzikální chemie a teoretická chemie  
Fyzologie  
Genetika a molekulární biologie  
Geochemie  
Geologie a mineralogie  
Gynekologie a porodnictví  
Hnojání, závlahy, zpracování půdy  
Hutnictví, kovové materiály  
Hydrologie a limnologie  
Hygiena  
Chirurgie včetně transplantologie  
Choroby a škůdci zvířat, veterinární medicína  
Choroby, škůdci, plevele a ochrana rostlin  
Chov hospodářských zvířat  
Imunologie  
Informatika  
Inženýrské stavitelství  
Jaderná a kvantová chemie, fotochemie  
Jaderná energetika  
Jaderná, atomová a molekulová fyzika, urychlovače  
Jaderné odpady, radioaktivní znečištění a kontrola  
Jazykoveda  
Kardiovaskulární nemoci včetně kardiologie  
Keramiky, žáruvzdorné materiály a skla  
Kompozitní materiály  
Kontaminace a dekontaminace půdy včetně pesticidů  
Koroze a povrchové úpravy materiálů  
Kosmická technologie  
Lékařská zařízení, přístroje a vybavení  
Lesnictví  
Makromolekulární chemie  
Mechanika tekutin  
Městské, oblastní a dopravní plánování  
Mikrobiologie, virologie  
Mortologické obory a cytologie  
Navigace, spojení, detekce a protipatření

Nejaderná energetika, spotřeba a užití energie  
Neurologie, neurochirurgie, neurovědy  
Obecná matematika  
Ochrana krajinných území  
Onkologie a hematologie  
Optika, masery a lasery  
Organická chemie  
ORL, oftalmologie, stomatologie  
Ostatní lékařské obory  
Ostatní materiály  
Ostatní obory vnitřního lékařství  
Ostatní strojírenství  
Pedagogika a školství  
Pedatrie  
Pedologie  
Pěstování rostlin, osevní postupy  
Plasmnictví, mas-media, audiovizie  
Pneumologie  
Počítačový hardware a software  
Pohon, motory a paliva  
Politologie a politické vědy  
Potravinařství  
Pozemní dopravní systémy a zařízení  
Právní vědy  
Průmyslová chemie a chemické inženýrství  
Průmyslové procesy a zpracování  
Psychiatrie, sexuologie  
Psychologie  
Rybářství  
Řízení spolehlivosti a kvality, zkušební činnost  
Řízení, správa a administrativa  
Seismologie, vulkanologie a struktura Země  
Senzory, čidla, měření a regulace  
Sociologie, demografie  
Sport a aktivity volného času  
Stavěnictví  
Strojní zařízení a nástroje  
Střelné zbraně, munice, výbušniny, bojová vozidla  
Šlechtění a plemenářství hospodářských zvířat  
Šlechtění rostlin  
Teoretická fyzika  
Teorie a systémy řízení  
Teorie informací  
Termodynamika  
Traumatologie a ortopedie  
Tuhý odpad a jeho kontrola, recyklace  
Umění, architektura, kulturní dědictví  
Únava materiálu a lomová mechanika  
Vědy o atmosféře, meteorologie  
Veřejné zdravotnictví, sociální lékařství  
Vliv životního prostředí na zdraví  
Vojenství  
Využití počítačů, robotika a její aplikace  
Výživa hospodářských zvířat  
Zemědělská ekonomie  
Zemědělské stroje a stavby  
Zemský magnetismus, geodesie, geografie  
Znečištění a kontrola vody  
Znečištění a kontrola vzduchu  
Zoologie

## BRANCHES

Acoustics and oscillation  
Aeronautics, aerodynamics, aeroplanes  
Agricultural economics  
Agricultural machines and construction  
Analytical chemistry, separation  
Applied statistics, operational research  
Archaeology, anthropology, ethnology  
Art, architecture, cultural heritage  
Astronomy and celestial mechanics, astrophysics  
Atmospheric sciences, meteorology  
Biochemistry  
Biophysics  
Biotechnology and bionics  
Botany  
Cardiovascular diseases including cardio-surgery  
Ceramics, fire-proof materials and glass  
Civil engineering  
Composite materials  
Computer hardware and software  
Contamination and decontamination of soil including pesticides  
Corrosion and material surfaces  
Cosmic technologies  
Dermatology and venerology  
Diseases and animal vermin, veterinary medicine  
Diseases, pests, weeds and plant protection  
Documentation, librarianship, work with information  
Earth magnetism, geodesy, geography  
Ecology - communities  
Economics  
Electrochemistry  
Electronics and optoelectronics  
Elementary particle theory and high energy physics  
Endocrinology, diabetology, metabolism, nutrition  
ENT (ie. ear, nose, throat), ophthalmology, dentistry  
Environmental impact on health  
Epidemiology, infection diseases and clinical immunology  
Farm animal breeding and farm animal pedigree breeding  
Fatigue and fracture mechanics  
Fertilization, irrigation, soil treatment  
Firearms, ammunition, explosives, combat vehicles  
Fishery  
Food industry  
Forestry  
General mathematics  
Genetics and molecular biology  
Geochemistry  
Geology and mineralogy  
Gynaecology and obstetrics  
History  
Hydrology and limnology  
Hygiene  
Immunology  
Industrial chemistry and chemical engineering  
Industrial processes and processing  
Informatics  
Information theory  
Inorganic chemistry  
Land transport systems and equipment  
Legal sciences  
Linguistics  
Liquid mechanics  
Literature, mass media, audio-visual activities  
Macromolecular chemistry  
Machinery and tools  
Management, administration and clerical work  
Medical facilities, apparatus and equipment  
Metallurgy, metal materials  
Microbiology, virology  
Militarism  
Mining industry including coal mining and processing  
Morphological game parks and cytology  
Municipal, regional and transportation planning  
Navigation, connection, detection and countermeasure  
Neurology, neuro-surgery, neuro-sciences  
Non-nuclear power engineering, energy consumption and utilization  
Nuclear and quantum chemistry, photo chemistry  
Nuclear energy  
Nuclear waste, radioactive pollution and control  
Nuclear, atomic and molecular physics, accelerators  
Nutrition of farm animals  
Oncology and haematology  
Optics, masers and lasers  
Organic chemistry  
Other fields of internal medicine  
Other machinery industry  
Other materials  
Other medical fields  
Paediatrics  
Pedagogy and education  
Pedology  
Pharmacology and apothecary chemistry  
Philosophy and religion  
Physical chemistry and theoretical chemistry  
Physiology  
Plant cultivation  
Plant growing, crop rotation  
Plasma physics and discharge through gases  
Pneumology  
Political sciences  
Pollution and air control  
Pollution and water control  
Propulsion, engines and fuels  
Protection of landscape  
Psychiatry, sexology  
Psychology  
Public health system, social medicine  
Reliability and quality management, industrial testing  
Safety and health protection, safety in operating machinery  
Seismology, volcanology and Earth structure  
Sensors, detecting elements, measurement and regulation  
Sociology, demography  
Solid waste and its control, recycling  
Solid-state physics and magnetism  
Sport and leisure time activities  
Structural engineering  
Surgery including transplantology  
Theoretical physics  
Theory and management systems  
Thermodynamics  
Traumatology and orthopaedics  
Use of computers, robotics and its application  
Zoology  
Zootechnics

◇ **GRANT journal** je vědecký časopis publikující výsledky výzkumné a vědecké činnosti příjemců grantů a veřejných podpor. **GRANT journal** publikuje recenzované vědecké práce a vědecké studie. ◇ **GRANT journal** is a scientific journal, that publishes results of research and science activities of grantee. **GRANT journal** publishes original scientific articles and scientific studies.

Časopis je vydáván v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

## **Spoločenské vedy, Social sciences**

Analysis of selected personality characteristics of perpetrators and victims of intimate partner violence <i>Soňa Algayerová</i>	6
Vnímanie a implementácia inovatívnych prvkov vo výučbe učiteľmi na prvom stupni ZŠ <i>Nikola Barčíková</i>	9
K problematike virtuálnych influencerov v kontexte technologickej interferencie <i>Vladimíra Hladíková, Katarína Keďuchová</i>	13
Digital literacy for the 21st century in the context of lifelong learning <i>Eva Janouchová</i>	19
Etnografické skupiny minulosti - handelci <i>Pavol Krajčovič</i>	23
Habáni optikou Malokarpatských pamiatok <i>Pavol Krajčovič</i>	26
Inkluzívna edukácia a profesijná reflexia učiteľa - spojitelné koncepty? Michal Novocký <i>Renáta Orosová</i>	29
Remote Work Phenomenon and the Job Performance of Knowledge Workers <i>Lucie Ottová</i>	37
Comparing binomial proportions in clinical trials: exact confidence intervals for small sample sizes <i>Ivana Pobočíková, Daniela Sršníková, Mária Michalková</i>	42
Analýza a komparace didaktické vybavenosti vybraných učebnic (škol) hry na sopránovou zobcovou flétnu <i>Katrin Sáčková</i>	47
Modelling the wind speed - a comparison between 2- and 3-parameter probability distributions <i>Mária Michalková, Ivana Pobočíková, Zuzana Sedliačková, Daniela Jurášová</i>	51
The impact of physical disability and illness on social relationships and emotion coping <i>Eva Vancu</i>	56

## **Fyzika a matematika, Physics and mathematics**

Modeling in transport and distribution logistics <i>Zuzana Malacká, Peter Malacký</i>	63
--	----

## **Lékařské vedy, Medical sciences**

Analýza veľkosti dávky DAP (Doce Area Product) pri stomatologických pacientoch, ktorí podstupujú vyšetrenie CBCT a OPG prístrojom <i>Anita Zubáková, Martina Horváthová, Denisa Nikodemová, Ihor Gomola</i>	69
--	----

## **Zemědělství, Agriculture**

Prítomnosť deoxynivalenolu v priemyselne vyrábaných krmivách pre psov <i>Michaela Harčárová, Andrej Marcin, Alena Hreško Šamudovská</i>	75
Sledovanie účinku prídavku humínových látok do kŕmnych zmesí na niektoré hematologické parametre u prasiatok <i>Stanislav Hreško, Alena Hreško Šamudovská, Tomáš Mihok, Lukáš Bujňák</i>	78
Sledovanie výšky klkov črevnej sliznice u brojlerových kurčiat po skrmovaní diét s prídavkom $\beta$ -glukánu a humínových látok <i>Alena Hreško Šamudovská, Stanislav Hreško, Andrej Marcin, Michaela Harčárová, Lukáš Bujňák</i>	81
Vplyv suplementácie humínových látok v krmive králikov na kvalitu mäsa <i>Zuzana Lacková, František Zigo, Zuzana Farkašová, Andrej Récky, Jakub Ješík,</i>	85

## **Průmysl, Industry**

MSC Adams based kinematic analysis of Klann's linkage mechanism <i>Leo Brada, Barbara Schürger, Peter Frankovský, Lubica Miková, Darina Hroncová, Erik Prada</i>	89
Singularities of a planar parallel 3-RTR mechanism – a screw theory approach <i>Mária Michalková, Branislav Ftorek</i>	94
Kontrola a meranie električkovej infraštruktúry v krajinách V4 (dotazníkové šetrenie) <i>Peter Onderčo, Jan Rybář, Jozef Leja, Sohaibullah Zarghoon</i>	100
Ověření únosnosti drátkobetonové desky v protlačení dle FprEN 1992-1-1:2023 <i>Kryštof Toman, Iva Broukalová</i>	106



GRANT journal

◇ Společenské vědy  
◇ Social sciences

# Analysis of selected personality characteristics of perpetrators and victims of intimate partner violence

Soňa Algayerová, MSc.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Psychologický ústav FF MU - Masarykova univerzita, Arna Nováka 1, 602 00 Brno, Česká republika; sona.algayerova@gmail.com

Grant: 2024\_135

Name of the Grant: MMK2024

Subject: AN - Psychology

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

**Abstract** The present study explores selected personality characteristics of perpetrators and victims of intimate partner violence (IPV), utilizing projective techniques such as the Rorschach Inkblot Method and the Hand Test. The primary aim is to analyze similarities and differences in personality traits between these groups, with the research sample comprising individuals assessed for forensic purposes. This unique perspective sheds light on the psychological profiles pertinent to IPV cases. Key findings reveal distinct patterns in emotional regulation, aggression, impulsivity, and coping mechanisms. Perpetrators exhibit increased impulsivity and aggression, while victims demonstrate higher emotional instability and anxiety. These findings enhance our understanding of IPV dynamics and support the development of tailored interventions for each group. The study underscores the significance of a dyadic, interactive approach to IPV, focusing on both partners' roles within relationship dynamics. It expands the existing knowledge on IPV in the Slovak context, providing valuable insights for forensic assessments, therapeutic strategies, and prevention efforts. The results highlight the need for multidimensional frameworks to address the complexity of IPV and its broader societal implications.

**Keywords** Intimate Partner Violence, Projective Methods, Forensic Assessment

## 1. INTRODUCTION

Intimate partner violence (IPV) is a significant societal problem with profound and multifaceted consequences for individuals, families, and communities. This phenomenon encompasses a range of abusive behaviors, including physical violence, emotional abuse, sexual violence, and coercive control, each leaving lasting psychological, physical, and social impacts. According to the World Health Organization (WHO), IPV is one of the most widespread forms of violence, affecting millions globally each year and transcending cultural, economic, and social boundaries.

Although its global relevance is widely recognized, IPV is not a uniform phenomenon; instead, it exhibits diverse patterns influenced by cultural, psychological, and social factors (Straus, 1990; Johnson, 1995). Within Slovakia, research on IPV remains scarce, underscoring the need for studies that explore the unique dynamics and psychological characteristics of both perpetrators and victims in this context.

This study adopts a dyadic perspective, emphasizing the interactive patterns between partners to understand the complexities of IPV. Previous research, such as Fortis (2018), has highlighted the utility of projective techniques like the Rorschach Inkblot Method and the Hand Test in examining aggression and dysfunctional behaviors in intimate relationships. Her findings revealed comparable levels of aggression across genders, with men demonstrating a slightly higher tendency toward aggressive behavior. Similarly, Rode et al. (2015) and Čírtková (2020) have stressed the importance of understanding psychosocial characteristics, attachment styles, and motivations for violence, while distinguishing between different types of IPV to tailor effective interventions.

Societal and cultural norms further shape the expression and acceptability of IPV. Often, violence within intimate relationships is driven by a desire to maintain control, exert power, and influence the partner. Both male and female perpetrators display these dynamics, as evidenced by studies like Prakash et al. (2018) and Mazza et al. (2021). The psychological toll of IPV is substantial, with victims frequently experiencing depression, anxiety, and post-traumatic stress disorder. These findings reinforce the importance of tailored approaches that address the psychological, relational, and cultural dimensions of IPV.

This research seeks to expand the understanding of IPV by analyzing selected personality characteristics of perpetrators and victims within the Slovak context. By employing projective techniques such as the Rorschach Inkblot Method and the Hand Test, the study provides a detailed examination of psychological profiles relevant to IPV cases. This work aims to inform forensic assessments, therapeutic interventions, and policy development, contributing valuable insights to the field of IPV research and prevention.

## 2. METHOD

### 2.1 Research Design

This study employs a cross-sectional forensic research design to investigate selected personality characteristics of victims and perpetrators of intimate partner violence (IPV). The research focuses on individuals who underwent forensic psychological assessments related to IPV cases in Slovakia between 2019 and 2023.



## 2.2 Participants

The study sample consisted of 169 individuals, including 87 victims (86 women and 1 man, mean age = 47.34 years, SD = 15.62) and 82 perpetrators (81 men and 1 woman, mean age = 46.85 years, SD = 11.78). All participants were assessed as part of court-ordered forensic evaluations conducted during criminal investigations into domestic violence offenses. Eligibility criteria included documented victim or perpetrator status in IPV cases and age under 65 years. Exclusion criteria encompassed individuals involved in same-sex relationships or cases that did not meet the criteria of an intimate partnership.

## 2.3 Measurement Methods

To evaluate psychological characteristics, two projective techniques were employed: 1) Rorschach Inkblot Method: Administered and interpreted according to Exner's Comprehensive System, this method was used to assess emotional regulation, impulse control, and personality dynamics; 2) Hand Test: Applied to evaluate aggressive tendencies, coping mechanisms, and interpersonal functioning.

These tools were selected for their ability to provide nuanced insights into the psychological profiles of individuals involved in IPV and their consistency in forensic psychological practice.

## 2.4 Data Analysis

Quantitative data from the Rorschach Inkblot Method and the Hand Test were analyzed using SPSS. Normality testing revealed non-normal distributions, necessitating non-parametric methods. Chi-square tests and Mann-Whitney U tests were used for group comparisons, while multivariate logistic regression identified predictors of group membership. Effect sizes (e.g., Cohen's *d*) provided practical significance, with results interpreted through a clinical lens.

## 2.5 Ethical Considerations

The use of data complied with § 13(3) of Act No. 382/2004 Coll. on Experts, Interpreters, and Translators, which permits the processing of data for scientific and educational purposes. Data processing adhered to principles of personal data protection and anonymization, with all analyses conducted exclusively at an aggregate level.

## 3. RESULTS

From the extensive statistical data collected, we present only the most statistically significant findings, focusing on five key variables from the Rorschach Inkblot Method: Lambda, CDI, WSumC, Afr, and EA. These variables provide critical insights into the psychological characteristics of IPV victims and perpetrators. For each result, Cohen's *d* is reported as a measure of effect size, with values of *d* = 0.2 indicating small effects, *d* = 0.5 moderate effects, and *d* = 0.8 large effects.

**Lambda** measures the tendency to simplify complex stimuli. Higher values indicate a defensive coping style aimed at reducing psychological stress. Perpetrators had significantly higher Lambda scores (mean = 2.00) compared to victims (mean = 1.57;  $p < 0.001$ ,  $d = 0.57$ ), reflecting their reliance on simplifying strategies to manage stress.

**CDI (Coping Deficit Index)** assesses the ability to cope with stressful situations. Higher scores suggest difficulties in adaptation,

limited social maturity, and weaker coping mechanisms. Perpetrators exhibited significantly higher CDI scores (mean = 4.15) than victims (mean = 3.77;  $p = 0.004$ ,  $d = 0.51$ ), indicating greater deficits in coping strategies.

**WSumC (Weighted Sum of Color Responses)** reflects the ability to regulate emotions and process emotional stimuli. Lower scores indicate limited emotional regulation capabilities. Perpetrators demonstrated significantly lower WSumC scores compared to victims, highlighting their weaker capacity for emotional regulation ( $p < 0.05$ ,  $d = 0.48$ ).

**Afr (Affective Ratio)** measures emotional reactivity, with higher values representing greater emotional engagement and more intense emotional responses. Victims had significantly higher Afr scores ( $p < 0.01$ ,  $d = 0.52$ ) than perpetrators, indicating their heightened emotional reactivity.

**EA (Experience Actual)** represents the breadth of available psychological resources for coping with environmental demands. Scores below 6 suggest limited adaptive capacity. Both victims (mean = 4.53) and perpetrators (mean = 4.29) demonstrated significantly lower EA scores compared to normative data, indicating reduced resources for managing stress and challenges ( $p = 0.310$ ,  $d = 0.16$ ).

## 4. DISCUSSION

This study highlights significant psychological differences between IPV victims and perpetrators, emphasizing their distinct coping styles and emotional capacities. Perpetrators rely heavily on defensive mechanisms (elevated Lambda) and exhibit limited emotional regulation (low WSumC). Their elevated CDI scores indicate maladaptive coping strategies, which may exacerbate aggressive behaviours. In contrast, victims display heightened emotional sensitivity (higher Afr) and slightly better emotional regulation but still face deficits in adaptive capacity (lower EA). These findings align with prior research, underscoring the psychological toll of IPV on both victims and perpetrators.

### Lambda and Defensive Strategies

Perpetrators' significantly higher Lambda scores indicate a pronounced reliance on simplifying complex stimuli as a defensive coping mechanism. This tendency aligns with maladaptive responses to stress, enabling perpetrators to distance themselves from the emotional complexities of their actions. Victims, while scoring lower, also exhibited elevated Lambda values, reflecting a defensive response to chronic stress within abusive relationships.

If IPV is viewed as primarily motivated by a desire to exert control and dominance, often stemming from fear of abandonment or failure to elicit desired behaviour, perpetrators' elevated Lambda values highlight the narrowed perception through which they interpret their circumstances. This narrowed cognitive framework leads perpetrators to act on immediate impressions or "cues," often without deeper reflection on the context or long-term consequences of their actions. Such behaviour is less indicative of inherent violence and more representative of immature and restricted personality traits.

### Coping Deficits and CDI

The elevated CDI scores among perpetrators highlight difficulties in managing interpersonal relationships and coping with stress. These findings point to their limited social maturity and less developed adaptive strategies, which may exacerbate violent behaviours. Victims, despite scoring lower than perpetrators, also demonstrated

coping deficits near the clinical threshold, suggesting that prolonged exposure to abuse undermines their ability to adapt effectively.

The motivations driving perpetrators often include enforcing control, eliciting desired behaviour, punishing perceived disloyalty, and asserting dominance. These patterns align with the maladaptive mechanisms associated with high CDI scores.

#### **Emotional Regulation: WSumC and Afr**

Perpetrators' lower WSumC scores underscore their limited capacity for emotional regulation, which likely contributes to impulsive and aggressive behaviour. In contrast, victims' higher WSumC values indicate relatively better emotional regulation, albeit still below normative expectations.

Afr scores further differentiate the groups: victims' heightened emotional reactivity, as indicated by higher Afr values, reflects intense emotional engagement and sensitivity. This vulnerability may amplify the psychological toll of abuse and perpetuate cycles of victimization.

#### **EA and Adaptive Capacity**

Both groups demonstrated lower-than-normative EA values, suggesting limited psychological resources for managing environmental demands. While victims scored slightly higher, the results emphasize significant deficits in adaptive capacity for both groups, underscoring the need for targeted interventions.

#### **Implications for Practice**

These findings emphasize the necessity of tailoring interventions to address the distinct psychological profiles of IPV victims and perpetrators. Therapeutic approaches for perpetrators should focus on enhancing emotional regulation and developing adaptive coping strategies, targeting defensive patterns reflected in high Lambda and low WSumC scores. Interventions could also address perpetrators' reliance on violence as a maladaptive strategy to manage insecurity and maintain control within the relationship.

For victims, interventions should aim to bolster emotional resilience and expand adaptive resources, such as increasing EA scores and addressing vulnerabilities related to heightened Afr values. Addressing the psychological nuances of both groups is essential for breaking the cycle of IPV.

#### **Limitations and Future Research**

While this study offers valuable insights, it is not without limitations. The reliance on forensic samples may restrict generalizability to the broader population. Additionally, the exclusion of same-sex relationships limits the applicability of findings to this demographic. Future research should aim to validate these findings in diverse populations and explore longitudinal effects to capture the evolution of psychological patterns in IPV dynamics.

## **5. CONCLUSION**

By elucidating distinct psychological patterns among IPV victims and perpetrators, this study advances the understanding of IPV dynamics. These findings provide a foundation for developing more effective, evidence-based forensic assessments, therapeutic interventions, and prevention strategies. Addressing the psychological nuances of IPV is essential for mitigating its profound impact on individuals and relationships.

## **References**

1. Čírtková, L. (2020). *Domáci násilí: nebezpečné rodinné vzťahy ve 21. storočí*. Plzeň: Vydavateľstvo a nakladateľstvo Aleš Čeněk. ISBN 9788073808068.
2. Cohen, R. A., Brumm, V., Zawacki, T. M., Paul, R., Sweet, L., & Rosenbaum, A. (2003). Impulsivity and verbal deficits associated with domestic violence. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 9(5), 760–770. Cambridge University Press (CUP). <https://doi.org/10.1017/s1355617703950090>.
3. Exner, J. E. (2009). *Rorschach: Praktická príručka = A Rorschach Workbook for the Comprehensive System*. 1st Czech ed. Praha: Hogrefe - Testcentrum. ISBN 978-80-86471-41-9.
4. Fortis, E. (2018). Ukazovatele agresivity a nefunkčných prejavov správania u rozchádzajúcich sa partnerov. *Duševné zdravie a wellbeing virtuálnej generácie*. IPčko, 2018. s. 87–95. ISBN 978-80-971933-8-6.
5. Johnson, M. P. (1995). Patriarchal Terrorism and Common Couple Violence: Two Forms of Violence against Women. *Journal of Marriage and the Family*, 57(2), 283. JSTOR. <https://doi.org/10.2307/353683>.
6. Mazza, M., Marano, G., del Castillo, A. G., Chieffo, D., Monti, L., Janiri, D., Moccia, L., & Sani, G. (2021). Intimate partner violence: A loop of abuse, depression and victimization. *World Journal of Psychiatry*, 11(6), 215–221. Baishideng Publishing Group Inc. <https://doi.org/10.5498/wjp.v11.i6.215>.
7. Prakash, J., Patra, P., Patra, B., & Khanna, P. (2018). Intimate partner violence: Wounds are deeper. *Indian Journal of Psychiatry*, 60(4), 494. Medknow. [https://doi.org/10.4103/psychiatry.indianjpsychiatry\\_74\\_17](https://doi.org/10.4103/psychiatry.indianjpsychiatry_74_17).
8. Rode, D., Rode, M., & Januszek, M. (2015). Psychosocial characteristics of men and women as perpetrators of domestic violence. *Polish Psychological Bulletin*, 46(1), 53–64. Walter de Gruyter GmbH. <https://doi.org/10.1515/ppb-2015-0006>.
9. Straus, M. A. (1990). The conflict tactics scale and its critics: an evaluation and new data on validity and reliability. In M. A. Straus and R. J. Gelles (Eds.), *Physical violence in American families: Risk factors and adaptations in violence in 8,145 families* (pp. 49–73). New Brunswick, NJ: Transaction Publishing.
10. World Health Organization (WHO). Global and regional estimates of violence against women. Retrieved from [WHO website].



# Vnímanie a implementácia inovatívnych prvkov vo výučbe učiteľmi na prvom stupni ZŠ

Nikola Barčíková<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra elementárnej a predškolskej pedagogiky, Pedagogická fakulta, Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici; Ružová 13, 974 11 Banská Bystrica; nikola.barcikova@umb.sk

Grant: 2024\_134

Název grantu: QUAERE2024

Oborové zamčrenie: AM – Pedagogika a školství

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

**Abstrakt** Článok sa zameriava na vnímanie a implementáciu inovatívnych prvkov vo výučbe na prvom stupni základných škôl na Slovensku. Cieľom výskumu bolo preskúmať, ako učitelia na tejto úrovni vzdelávania vnímajú nové pedagogické prístupy a technológie a ako ich integrujú do svojej výučbovej praxe. Hlavnými cieľmi výskumu boli identifikácia charakteristických znakov inovatívnych učiteľov na 1. stupni ZŠ na Slovensku a zistenie, čo títo učitelia považujú za pedagogické inovácie vo svojej praxi. Výskum využíval kvantitatívnu metodológiu, konkrétne dotazníkovú metódu. Výskumný súbor tvorili učitelia na prvom stupni základných škôl na Slovensku, s počtom respondentov 410. Výsledky výskumu odhalili viaceré zaujímavé poznatky o vnímaní a implementácii inovácií učiteľmi. Na základe týchto výsledkov sme charakterizovali dôležité aspekty vnímania a implementácie inovácií a vytvorili sme novú typológiu inovatívnosti učiteľov.

**Kľúčová slova** inovatívne prvky výučby, typológie učiteľov, inovatívny učiteľ, vnímanie inovácií vo výučbe, implementácia inovácií vo výučbe.

## 1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY

V oblasti vzdelávania sa v posledných desaťročiach výrazne zmenili metódy výučby a učenia. Moderné vzdelávanie čoraz viac zahŕňa inovatívne technológie, nové pedagogické prístupy a metódy. Tieto zmeny vytvárajú príležitosť pre kritickú analýzu, hodnotenie a zlepšovanie vzdelávacieho procesu na prvom stupni základných škôl. Pedagogické inovácie sa môžu chápať ako zmeny a obnovenie obsahu vzdelávania, metód a foriem práce, koncepcie výučby, - 458 - metodických postupov učiteľov, ako aj celého školského systému a inštitúcií (Petlák 2012). Inovácie môžeme definovať ako úmyselný proces zmien, ktorý sa snaží modernizovať a zlepšovať rôzne aspekty vzdelávania, ako sú predmety, javy, nástroje, organizácia práce, inštitúcie a systémy (Obdržálek et al. 2004).

Okrem definovania pedagogických inovácií je dôležité venovať pozornosť rôznym typom, druhom a formám týchto inovácií. Pedagogické inovácie a ich špecifické podoby v praxi treba vnímať ako reakciu na spoločenské, ekonomické, sociálne a politické zmeny súčasnej doby. Preto je potrebné zohľadniť rôzne klasifikácie pedagogických inovácií a určiť ich kategórie a kritériá. V súčasnosti môžeme pedagogické inovácie v pedagogike identifikovať podľa

rôznych kritérií. Podľa kritéria technológie napríklad zahŕňajú digitálne aplikácie a portály; podľa kritéria stratégií, metód a foriem vo vyučovaní zahŕňajú napríklad gamifikáciu, kooperatívne a skupinové vyučovanie; podľa kritéria koncepcie vyučovania zahŕňajú projektové vzdelávanie, záujmové vzdelávanie, personalizované vzdelávanie, zážitkové vzdelávanie, partnerské vzdelávanie alebo ekopedagogiku (Cristol 2023).

V rámci témy je dôležité uviesť relevantné typológie učiteľov. Podľa Porubského a kol. (2014) môžeme v súvislosti so súčasnými zmenami vo výchove a vzdelávaní na primárnom stupni hovoriť aj o zmene vnímania učiteľskej profesie, pričom učiteľ je chápaný ako tvorca kurikula. Profesionalita učiteľa sa tak stáva kľúčovým prvkom kurikulárnej reformy. Učiteľ by mal byť vnímaný ako autonómny tvorca zmien v kurikule, ktorý využíva rôzne úrovne svojej profesijnej autonómie. Medzi tieto úrovne patrí všeobecná profesijná autonómia, osobná a kolektívna profesijná autonómia a manažérska autonómia. Toto priamo súvisí s tým, ako učitelia vnímajú svoju rolu v kontexte zmien ich profesie a prístupu ku kurikulu. Rozlišujú sa tri typy učiteľov: vývojoví projektanti kurikula, tvorcovia kurikula a implementátori kurikula. Cox (2019) identifikuje 15 moderných zručností, ktoré by mal učiteľ 21. storočia mať: prispôbovivosť, dôvera, komunikácia, spolupráca, priebežné učenie, nápaditosť, vedenie, organizácia, otvorenosť novým veciam, odhodlanosť, online reputácia, pútavosť, pochopenie technológií, duševná hygiena a inšpirácia. Petlák (2012) v kontexte inovatívneho učiteľa zdôrazňuje autonómiu učiteľa ako profesionála a učiteľa budúcnosti. Učiteľ by si mal vytvárať vzťah k svojej profesii, podporovať vzťahy a interakcie medzi učiteľom a žiakom, zmeniť svoj vnútorný postoj a myslieť na aktivitu žiakov počas výchovno-vzdelávacieho procesu. Mal by tiež využívať slobodnú voľbu v pedagogickej a didaktickej práci, samovzdelávaní a participácii na aktivitách školy. Schulman (v Petlák, 2012) hovorí o siedmich dôležitých oblastiach pre učiteľa budúcnosti: predmetovo-odborné vedomosti, všeobecno-pedagogické vedomosti, znalosť kurikula, odborné didaktické vedomosti, poznanie charakteristík žiakov, znalosť kontextov vzdelávania a filozofické a historické zázemie zámerov a hodnôt vo vzdelávaní.

V neposlednom rade je potrebné spomenúť aj výskumy, ktoré sa zaoberali touto problematikou na Slovensku. Medzi ne patrí Kresilov výskum z roku 2010, ktorý analyzuje kurikulárnu reformu školstva na Slovensku v komparatívnom kontexte. Ďalším významným príspevkom je štúdia Kosovej a Porubského z roku 2011, ktorá sa zaoberá transformáciou vzdelávacieho systému po

roku 1989 s dôrazom na primárny stupeň vzdelávania. Zaujímavá je aj výskumná štúdia Bagalovej z roku 2011 pod záštitou Slovenského pedagogického ústavu, ktorá skúma pedagogické inovácie z pohľadu pedagógov a riaditeľov škôl. Tento výskum sa zaoberal zavádzaním pedagogických inovácií učiteľmi a riaditeľmi na základných školách na Slovensku a využil metódy dotazníkového prieskumu a obsahovej analýzy školských vzdelávacích programov. Bagalová má aj ďalšiu výskumnú štúdiu z roku 2016, ktorá sa venuje experimentálnemu overovaniu pedagogických inovácií na školách na Slovensku. Štúdia predstavuje niekoľko experimentálnych inovácií a ponúka príklady projektov experimentálneho overovania spolu s ich charakteristikou a možným uplatnením na základných školách.

### 1.1 Ciele dotazníkového výskumu

Cieľmi dotazníkového výskumu boli:

- identifikovať charakteristické znaky tých učiteľov na 1. stupni ZŠ na Slovensku, ktorí sa považujú za inovátorov.
- zistiť, čo učelia na 1. stupni ZŠ na Slovensku, ktorí sa identifikujú ako inovátori, považujú za pedagogické inovácie vo svojej praxi.

Ako výskumný problém k našej problematike sme si zvolili tento:

- využívanie a interpretácia pedagogických inovácií učiteľmi na 1. stupni ZŠ,
- charakteristika inovátorov na 1. stupni ZŠ.

Pri výskumnom probléme – využívanie a interpretácia pedagogických inovácií učiteľmi na 1. stupni ZŠ nás práve zaujíma praktická rovina toho ako učelia pedagogické inovácie vnímajú, ako sa vyjadrujú k ich využívaniu, ako zdôvodňujú ich využívanie, ako ich interpretujú vo výchovno-vzdelávacom procese. Výskumný problém týkajúci sa charakteristiky inovátorov učiteľov na 1. stupni základných škôl bol zvolený s cieľom zistiť, ako učelia sami seba vnímajú – či ako tradiční, alebo inovátori – a na akom základe svoje vnímanie argumentujú.

## 2. METÓDY VÝSKUMU

Výskum sa riešil pomocou kvantitatívnej metodológie ako konkrétnu výskumnú metódu sme zvolili dotazník. Dotazník je výskumná metóda, ktorá sa považuje vo výskume za jednu z najpoužívanejších metód. Využíva sa na masové, rýchle zisťovanie názorov, postojov, faktov, preferencií, záujmov o určitý jav alebo činnosť. Vo výskume sa môže použiť ako hlavná výskumná metóda alebo doplnujúca alebo exploračná (Gavora, 2010). Výskumný súbor tvorili učelia na prvom stupni základných škôl na Slovensku. Počet respondentov výberového súboru je 410. Spôsob výberu výskumnej vzorky môžeme charakterizovať ako reprezentatívny a dostupný. išlo o respondentov – učiteľov zastúpených zo všetkých samosprávnych krajov miest a obcí na Slovensku. Pre kvantitatívny výskum bol použitý dotazník ako výskumný nástroj vlastnej konštrukcie vytvorený v elektronickej podobe na Google Forms. Dotazník tvoria škálované položky na Likertovej škále od 1 po 5, polouzatvorené položky (jednoduchý, viacnásobný výber, s možnosťou iné, kde môžu respondenti vyjadriť svoj názor vlastnými slovami).

Získané dáta z kvantitatívneho výskumu prostredníctvom dotazníka boli spracované štatisticky deskriptívne a pomocou inferenčnej štatistiky. Vyhodnotenie a interpretácia dát prebiehali v podobe tabuliek (textové, prehľadové, obrazové) a grafov (stĺpcové,

koláčové) s deskriptívnou štatistikou, presnými číselnými údajmi, počtami, percentuálnym vyjadrením a korelačnými koeficientami. Na tabuľkové a grafické znázornenie dát z dotazníka bol použitý program MS Excel. Na účely štatistickej analýzy a spracovania dát sme použili program SPSS v. 21.0. Na základe vytvoreného výskumného dotazníka sme u učiteľov skúmali ich sebahodnotenie v špecifických aspektoch výučby, ich vnímanie inovátorov prvkov vo výučbe a ich implementáciu inovátorov prvkov v rámci špecifických aspektov výučby. Všetky tieto premenné boli merané pomocou viacerých dotazníkových položiek. Na základe ich celkového resp. priemerného skóre boli vyrátané skóre nasledovných 6 subškál dotazníka, s ktorými sa ďalej pracovalo v rámci viacerých štatistických analýz.

Ako výskumné otázky sme si v našom výskume zvolili nasledujúce:

VO2: Aká je typológia učiteľa z hľadiska sebahodnotenia v špecifických aspektoch výučby, vnímania inovátorov prvkov vo výučbe v rámci špecifických aspektov výučby?

VO3: V ktorých charakteristikách sa vo významnej miere líšia učelia na 1. stupni ZŠ na Slovensku, ktorí sa považujú za inovátorov, od tých, ktorí sa považujú za tradičných?

VO3a: V ktorých charakteristikách sa vo významnej miere líšia učelia na 1. stupni ZŠ na Slovensku, ktorí sa považujú za inovátorov, od tých, ktorí sa považujú za tradičných v rámci nami navrhnutého teoretického modelu?

VO3b: V ktorých charakteristikách sa vo významnej miere líšia učelia na 1. stupni ZŠ na Slovensku, ktorí sa považujú za vysoko inovátorov od tých, ktorí sa považujú za mierne inovátorov, za tradičných v rámci štatistického modelu generovaného zhlukovou analýzou?

VO4: Ako sa inovátori a tradiční učelia líšia v interpretácii nimi uplatňovaných inovátorov prvkov v procese výučby?

VO4a: Ako sa učelia, ktorí sa považujú za inovátorov, a učelia, ktorí sa považujú za tradičných v rámci nami navrhnutého teoretického modelu, líšia v interpretácii nimi uplatňovaných inovátorov prvkov v procese výučby?

VO4b: Ako sa učelia, ktorí sa považujú za vysoko inovátorov, a učelia, ktorí sa považujú za mierne inovátorov, za tradičných v rámci štatistického modelu generovaného zhlukovou analýzou, líšia v interpretácii nimi uplatňovaných inovátorov prvkov v procese výučby?

VO5: Na základe ktorých aspektov vnímania inovátorov prvkov vo výučbe možno u učiteľov v štatisticky významnej miere predikovať mieru ich vnímanej inovátornosti?

## 3. VÝSLEDKY

V dotazníkovom výskume sme dospeli k veľa zaujímavým výsledkom a zisteniam. My pre účely tohto článku uvádzame 2 nasledujúce výsledky.

VO2: Aká je typológia učiteľa z hľadiska sebahodnotenia v špecifických aspektoch výučby, vnímania inovátorov prvkov vo výučbe v rámci špecifických aspektov výučby?

Výskumnú otázku, aká je typológia učiteľa z hľadiska sebahodnotenia v špecifických aspektoch výučby, vnímania inovátorov prvkov vo výučbe a implementácie inovátorov prvkov v rámci špecifických aspektov výučby, sme skúmali pomocou dvojkrokovej zhlukovej (klastrovej) analýzy. Tá nám umožnila identifikovať typy učiteľov, ktoré možno špecifikovať a kategorizovať na základe úrovne nasledovných nami vytvorených kontinuálnych premenných – Dĺžka pedagogickej praxe, Vnímaná miera inovátornosti, Rôznorodosť metód a stratégií na motiváciu žiakov, Rôznorodosť metód na podporu rozvoja myslenia a

problémového riešenia u žiakov, Rôznorodosť metód na posudzovanie efektívnosti organizácie výučby a Rôznorodosť digitálnych technológií pravidelne využívaných počas vyučovania. Do analýzy tak vstupovalo 7 kontinuálnych premenných. V rámci dvojkrokovej zhlukovej analýzy sa ako najspôľahlivejší ukázal model s 3 zhlukmi, ktorý dosahoval strednú mieru kvality – vysvetľoval 20 % variácie. Najvyššiu dôležitosť pre tvorbu zhlukov mala premenná Rôznorodosť metód na podporu rozvoja myslenia a problémového riešenia u žiakov úloh (1,00). Z hľadiska dôležitosti pre tvorbu zhlukov nasledujú premenné Vnímaná miera inovatívnosti (0,61), Rôznorodosť metód a stratégií na motiváciu žiakov (0,60), Miera inovatívneho správania (0,48) a Rôznorodosť metód na posudzovanie efektívnosti organizácie výučby (0,48). Najnižšiu mieru dôležitosti pre tvorbu zhlukov mali premenné Dĺžka pedagogickej praxe (0,16) a Rôznorodosť digitálnych technológií pravidelne využívaných počas vyučovania (0,29).

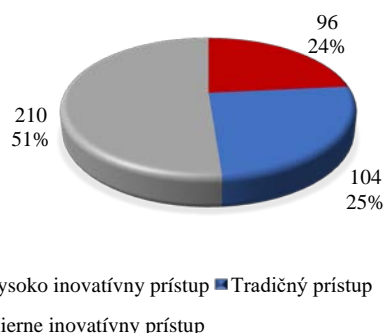
Možno zhrnúť, že učitelia zaradení do 1. zhluku dosahujú najvyššie úrovne všetkých analyzovaných premenných, s výnimkou premennej Dĺžka pedagogickej praxe, ktorú majú na podobnej úrovni ako učitelia zaradení do 2. zhluku. Z uvedeného dôvodu sme 1. zhluk pomenovali Vysoko inovatívny prístup. Učitelia v 3. zhluku dosahujú najnižšie úrovne všetkých analyzovaných premenných vrátane premennej Dĺžka pedagogickej praxe. Z uvedeného dôvodu sme 3. zhluk pomenovali Tradičný prístup. Učitelia zaradení do 2. zhluku dosahujú v rámci všetkých analyzovaných premenných hodnoty vyššie ako učitelia zaradení do 3. zhluku, a zároveň nižšie ako učitelia zaradení do 1. zhluku (s výnimkou premennej Dĺžka pedagogickej praxe). Z uvedeného dôvodu sme 2. zhluk pomenovali Mierne inovatívny prístup.

Tabuľka 1 Typológia učiteľa z hľadiska sebahodnotenia v špecifických aspektoch výučby, vnímania inovatívnych prvkov vo výučbe a vnímanie implementácie inovatívnych prvkov v rámci špecifických aspektov výučby

Dvojkrovová zhluková analýza		Zhluky		
Pomenovanie		2	3	1
		Mierne inovatívny prístup	Tradičný prístup	Vysoko inovatívny prístup
Veľkosť v rámci výskumného súboru		51,2 % (N = 210)	25,4 % (N = 104)	23,4 % (N = 96)
<b>Premenné</b>	<b>Atribúty</b>			
<i>Rôznorodosť metód na podporu rozvoja myslenia a problémového riešenia u žiakov</i>	<i>Dôležitosť</i>		1,00	
	<i>Priemerná hodnota</i>	3,34	2,46	4,93
<i>Vnímaná miera inovatívnosti</i>	<i>Dôležitosť</i>		0,61	
	<i>Priemerná hodnota</i>	3,73	3,19	4,18
<i>Rôznorodosť metód a stratégií na motiváciu žiakov</i>	<i>Dôležitosť</i>		0,60	
	<i>Priemerná hodnota</i>	3,68	2,69	5,08
<i>Vnímanie, sebahodnotenie miery inovatívneho správania</i>	<i>Dôležitosť</i>		0,48	
	<i>Priemerná hodnota</i>	4,19	3,73	4,54
<i>Rôznorodosť metód na posudzovanie efektívnosti organizácie výučby</i>	<i>Dôležitosť</i>		0,48	
	<i>Priemerná hodnota</i>	3,17	2,31	4,00
<i>Rôznorodosť digitálnych technológií pravidelne využívaných počas vyučovania</i>	<i>Dôležitosť</i>		0,29	
	<i>Priemerná hodnota</i>	3,35	2,42	3,84
<i>Dĺžka pedagogickej praxe</i>	<i>Dôležitosť</i>		0,14	
	<i>Priemerná hodnota</i>	24,09	15,95	24,97

Graf 1 Typológia učiteľa z hľadiska sebahodnotenia v špecifických aspektoch výučby, vnímania inovatívnych prvkov vo výučbe a implementácie inovatívnych prvkov v rámci špecifických aspektov výučby

TYPOLOGIA UČITEĽOV NA ZÁKLADE VÝSLEDKOV ZHLUKOVEJ ANALÝZY



VO5: Na základe ktorých aspektov vnímania inovatívnych prvkov vo výučbe možno u učiteľov v štatisticky významnej miere predikovať mieru ich vnímanej inovatívnosti?

Výskumnú otázku, na základe ktorých aspektov vnímania inovatívnych prvkov vo výučbe možno u učiteľov v štatisticky významnej miere predikovať mieru ich vnímanej inovatívnosti, sme skúmali pomocou viacnásobnej lineárnej regresnej analýzy. Výsledky analýzy ukázali, že miera vnímanej inovatívnosti učiteľov je štatisticky významne pozitívne podmienená vnímanou rôznorodosťou metód využívaných na podporu myslenia a problémového riešenia u žiakov  $\beta = 0,200$ ,  $p < 0,001$ , vnímanou rôznorodosťou pravidelne využívaných digitálnych technológií,  $\beta = 0,106$ ,  $p = 0,012$ , a mierou inovatívneho správania,  $\beta = 0,472$ ,  $p < 0,001$ . Z pozitívneho smeru predikcie vyplýva, že čím vyššia je u učiteľa vnímaná rôznorodosť metód využívaných na podporu myslenia a problémového riešenia úloh u žiakov, čím vyššia je vnímaná rôznorodosť pravidelne využívaných digitálnych technológií, a čím vyššia je vnímaná miera inovatívneho správania, tým vyššia je jeho miera vnímanej inovatívnosti. Kombinácia všetkých nezávislých premenných zahrnutých v regresnom modeli vysvetľovala celkovo 35,4 % variability (Adj.R2 = 0,354) vo vnímanej úrovni inovatívnosti učiteľov. Tento výsledok bol štatisticky významný, s  $F(6,403) = 38,372$ ,  $p < 0,001$ . Tento výsledok dosahoval vysokú úroveň vecnej významnosti ( $R^2 \geq 0,25$ ).

Tabuľka 2 Predikcia miery vnímanej inovatívnosti na základe vybraných aspektov vnímania inovatívnych prvkov vo výučbe (N = 410)

Prediktory	Miera vnímanej inovatívnosti						F (df <sub>1</sub> ,df <sub>2</sub> )	p
	B	SE	$\beta$	t	p	Adj.R <sup>2</sup>		
Dĺžka pedagogickej praxe	0,001	0,002	0,022	0,551	0,582			
R metód a stratégií na motiváciu žiakov	0,008	0,020	0,020	-0,403	0,687			
R metód na podporu myslenia a prob. rieš. žiakov	0,095	0,024	0,200	30,905	<0,001	0,354	38,372 (6,403)	
R metód na posudz. efekt. org. výučby	0,015	0,024	0,028	0,599	0,549			
Rôznorodosť pravidelne využívaných DT	0,052	0,021	0,106	20,532	0,012			
Miera inovatívneho správania	0,520	0,047	0,472	110,093	<0,001			

#### 4. DISKUSIA

Druhým výskumným cieľom bolo identifikovať charakteristické znaky tých učiteľov na 1. stupni ZŠ na Slovensku, ktorí sa považujú za inovatívnych. K tomu prislúchala druhá výskumná otázka, ktorou sme riešili aká je typológia učiteľa z hľadiska sebahodnotenia v špecifických aspektoch výučby, vnímania inovatívnych prvkov vo výučbe a implementácie inovatívnych prvkov v rámci špecifických aspektov výučby. Vzhľadom na výsledky dvojokrovej zhlukovej analýzy možno konštatovať, že existujú tri rozdielne typy učiteľov v oblasti sebahodnotenia v špecifických aspektoch výučby, vnímania inovatívnych prvkov vo výučbe a implementácie inovatívnych prvkov. Prvý zhluk, označovaný ako „vysoko inovatívny prístup“, predstavuje učiteľov, ktorí dosahujú vysoké úrovne vo všetkých analyzovaných premenných, s výnimkou dĺžky pedagogickej praxe, ktorá je však na podobnej úrovni ako v druhom zhluku. Tento zhluk by mohol byť považovaný za skupinu učiteľov s výrazne inovatívnym prístupom k výučbe. Druhý zhluk, označovaný ako „mierne inovatívny prístup“, reprezentuje učiteľov s mierne nižšími hodnotami vo všetkých premenných v porovnaní s prvým zhlukom, ale s vyššími hodnotami než tretí zhluk. Táto skupina sa javí ako stredná cesta medzi vysokou inovatívnosťou a tradičným prístupom. Tretí zhluk, označovaný ako „radičný prístup“, zahŕňa učiteľov, ktorí dosahujú najnižšie úrovne vo všetkých analyzovaných premenných, a ich dĺžka pedagogickej praxe je v priemere nižšia. Tento zhluk by mohol byť interpretovaný ako skupina učiteľov s tradičným prístupom k výučbe. V kontexte teoretických východísk problematiky dizertačnej práce je možné záverom konštatovať, že existuje variabilita v prístupoch učiteľov k inováciám vo výučbe. Tieto identifikované typy učiteľov môžu slúžiť ako významný príspevok k porozumeniu a formulovaniu stratégií podpory inovácií v oblasti vzdelávania na príslušnom stupni štúdia. Vyhodnotenie týchto typov učiteľov môže poskytnúť užitočné usmernenia pre vývoj programov na profesijný rozvoj a podporu učiteľov s cieľom zlepšiť kvalitu výučby a inovácií vo vzdelávacom prostredí.

Piatou výskumnou otázkou sme riešili a zisťovali na základe ktorých aspektov vnímania a implementácie inovatívnych prvkov vo výučbe možno u učiteľov v štatisticky miere predikovať mieru ich vnímanej inovatívnosti. Je zjavné, že rôznorodosť metód podporujúcich myslenie a problémového riešenia úloh, pravidelné využívanie digitálnych technológií a miera inovatívneho správania učiteľov predikujú ich vnímanú inovatívnosť vo výučbe. Tieto faktory tvoria kľúčové determinanty, ktoré pozitívne ovplyvňujú mieru, do akej učiteľia považujú svoju výučbu za inovatívnu. Zistenie, že týchto premenných vysvetľuje 35,4 % variácie v úrovni vnímanej inovatívnosti, je významné, pretože ukazuje, že tieto aspekty majú značný vplyv na celkový dojem učiteľov o ich inováčnosti vo výučbe. Výsledky naznačujú, že učiteľia, ktorí aktívne uplatňujú rôznorodé metódy, často využívajú digitálne technológie a prejavujú inovatívne správanie, majú väčšiu tendenciu vnímať svoju výučbu ako inovatívnu (tabuľka 18). Tieto zistenia sa zhodujú s teoretickými predpokladmi, ktoré zdôrazňujú význam diverzity vo vyučovacích prístupoch, technologického vývoja a inováčného myslenia učiteľov. Interpretácia týchto výsledkov v rámci teoretických východísk problematiky potvrdzuje dôležitosť podporovania týchto aspektov pri rozvoji inovatívnej pedagogiky a zdôrazňuje ich potenciálny vplyv na kvalitu vzdelávania a angažovanosť žiakov.

#### 5. ZÁVER

Inovácie vo výučbe na prvom stupni ZŠ na Slovensku predstavujú potenciálnu cestu k zlepšeniu vzdelávacieho procesu. Na základe nášho výskumu sme zistili, ako učiteľia vnímali pedagogické inovácie, ako ich implementovali do výchovno-vzdelávacieho procesu a či existovali aj výzvy pri ich implementácii. Na základe týchto zistení je dôležité poskytnúť učiteľom adekvátnu podporu, odbornú prípravu a zdroje, aby mohli úspešne a efektívne integrovať inovatívne prvky do svojej výučby. Tento krok môže prispieť k zvýšeniu kvality a relevancie vzdelávania na prvom stupni ZŠ na Slovensku. Závery nášho výskumu môžu byť využité na podporu a posilnenie inovácií vo výučbe na prvom stupni základnej školy na Slovensku, čím by sa mohlo zlepšiť vzdelávanie a výsledky žiakov v tejto kriticky dôležitej fáze ich vzdelávania.

#### Zdroje

1. BAGALOVÁ, E., 2011. *Pedagogické inovácie na Slovensku z pohľadu učiteľov a riaditeľov ZŠ približenie výsledkov výskumu : výskumná správa*. [online]. Bratislava: Štátny pedagogický ústav, 2011. Dostupné na: [https://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/vyskumne-ulohy-experimentalne-overovania/pedagogicke\\_inovacie.pdf](https://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/vyskumne-ulohy-experimentalne-overovania/pedagogicke_inovacie.pdf)
2. BAGALOVÁ, E., a E. BIZÍKOVÁ, 2016. O experimentálnom overovaní pedagogických inovácií. *Pedagogika.sk*, 7(2), s. 103-126.
3. COX, J., 2019. 15 Professional Development Skills for Modern Teachers. [online]. TeachHUB, 2019. Dostupné na: <https://www.teachhub.com/professional-development/2019/11/15-professional-development-skills-for-modern-teachers/>
4. CRISTOL, D., 2023. Pedagogical innovation as a source of professional development. [online]. Thot Cursus. Dostupné na: <https://cursus.edu/en/26546/pedagogical-innovation-as-a-source-of-professional-development>
5. GAVORA, P. (2010). Elektronická učebnica pedagogického výskumu. Bratislava. Univerzita Komenského. <http://www.e-metodologia.fedu.uniba.sk>
6. KRESILA, J., 2010. Reforma kurikula na Slovensku v komparatívnom kontexte. *Journal of Pedagogy*, 1 (1), s. 102 – 121
7. KOSOVÁ, B. a Š. PORUBSKÝ, 2011. Slovenská cesta transformácie edukačného systému po roku 1989 na príklade primárneho vzdelávania prípravy jeho učiteľov. *Pedagogická orientace*, 21(1), s. 35-50.
8. OBDRŽÁLEK, Z., HORVÁTHOVÁ, K. a kol., 2004. Organizácia a manažment školstva. Terminologický a výkladový slovník. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo – Mladé letá
9. PETLÁK, E., 2012. Inovácie v edukačnom procese. Dubnica nad Váhom: Dubnický technologický inštitút.
10. PORUBSKÝ, Š., KOSOVÁ, B., DOUŠKOVÁ, A., TRNKA, M., POLIACH, V., FRIDRICHOVÁ, P., ADAMCOVÁ, E., SABO, R., LYNCH, Z., CACHOVANOVÁ, R., a L. SIMANOVÁ, 2014. Škola a kurikulum – transformácia v slovenskom kontexte. Banská Bystrica: Belianum



# K problematike virtuálnych influencerov v kontexte technologickej interferencie

Vladimíra Hladíková<sup>1</sup>  
Katarína Kedzuchová<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fakulta masmediálnej komunikácie, Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave, Námestie J. Herdu, 917 01 Trnava, Slovenská republika;  
email: vladimira.hladikova@ucm.sk

<sup>2</sup> email: kedzuchova1@ucm.sk

Grant: 025UCM-4/2023

Název grantu: Riziká a príležitosti (online) vzdelávania v čase technologickej interferencie

Oborové zamčrení: AJ - Písemnictví, mas-media, audiovize

Financované EÚ NextGenerationEU prostredníctvom Plánu obnovy a odolnosti SR v rámci projektu č. 09103-03-V04-00370

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

**Abstrakt** Vedecký príspevok sa zaoberá fenoménom virtuálnych influencerov, ktorí sa v posledných rokoch stali kľúčovou súčasťou digitálneho marketingu. Virtuálni influenceri, vytvorení pomocou technológií CGI a 3D modelovania, prinášajú nové príležitosti v oblasti propagácie produktov, no súčasne vyvolávajú otázky týkajúce sa fenoménu technologickej interferencie, kognitívneho preťaženia a etických výziev. Vedecký príspevok analyzuje vývoj a kategorizáciu virtuálnych influencerov, ich využitie v marketingových kampaniach a dopady na správanie a rozhodovanie používateľov. Osobitná pozornosť je venovaná ich potenciálu v edukácii, ako aj rizikám spojeným s posilňovaním stereotypov a šírením dezinformácií. Na základe skúmania slovenského príkladu BejbyBlue príspevok poukazuje na unikátny prienik technológie, kreativity a marketingu, pričom zdôrazňuje potrebu kritickej mediálnej gramotnosti v digitálnom veku.

**Kľúčová slova** virtuálny influencer, technologická interferencia, sociálne médiá, mediálna gramotnosť, digitálne inovácie, kritické myslenie

## 1. ÚVOD

Digitálne technológie sa vyvíjajú exponenciálnym tempom, čo zásadne ovplyvňuje mnohé aspekty našich životov. S príchodom digitálnych hier, kde môžu používatelia v zastúpení za virtuálnu postavu realizovať rôznorodé činnosti v generovaných priestoroch, bolo len otázkou času, kedy sa táto technológia vyvinie do takej miery, že samotní používatelia preniknú do týchto virtuálnych svetov. Tento fenomén dnes zahŕňa nielen rozšírenú (augmentovanú) realitu (AR) a virtuálnu realitu (VR), ale aj fenomén známy ako virtuálne influencerstvo.

Virtuálna realita (VR) predstavuje simuláciu reálneho sveta alebo fiktívneho trojrozmerného priestoru, v ktorom môžu používatelia interagovať s digitálnymi objektmi prostredníctvom zmyslových vstupov. Singh a Singh (2017) definujú VR ako technológiu, ktorá umožňuje užívateľom ponoriť sa do prostredia vytvoreného počítačom, kde dochádza k zážitkovému prenosu do iného sveta.

Prvé aplikácie VR boli realizované v oblasti školstva a hier. Postupný pokles cien hardvéru a technologická inovatívnosť umožnili masové rozšírenie tejto technológie, čo z nej robí dostupnú nielen pre rekreačné využitie, ale aj pre profesionálne aplikácie. Šubák (2016) rozdeľuje VR na štyri hlavné typy:

- Mobilná virtuálna realita predstavuje najdostupnejší model, k akému sa široká verejnosť vie dostať. Dnešné smartfóny sú dostupné s dostatočne výkonnými procesormi, ale aj väčšími displejmi, ktoré sú vhodné pre dosiahnutie kvalitného digitálneho zážitku. Najväčší dopad na popularitu VR mala jednoznačne mobilná VR Google Cardboard, ktorá sa skladá z kartónovej šablóny.
- Desktopová virtuálna realita, inak známa aj ako virtuálna realita pre počítače, je jednou z najdrahších možností prežitia digitálneho zážitku. Počítač má už asi každá domácnosť, avšak nie všetky počítače sú dostatočne výkonné na to, aby dokázali spustiť softvér pre VR. Jedným z najznámejších projektov VR je Oculus Rift, avšak jeho predaj je obmedzený iba pre niektoré krajiny a Slovensko medzi ne nepatrí.
- Konzolová virtuálna realita predstavuje najmä lacnejšiu alternatívu desktopovej VR, pretože funguje na konzole a zatiaľ jediná konzolová VR predstavila spoločnosť Sony. Je možné ju spustiť na konzole PlayStation 4 a projekt vývojári nazvali Morpheus. Jej konkurencia s názvom Scorpio, od spoločnosti Microsoft, je zatiaľ iba v štádiu vývoja a tým pádom momentálne na trhu nemá aktívnu konkurenciu.
- Standalone virtuálna realita je najnovší typ VR, ktorá nepotrebuje žiadne výpočtové zariadenie na jej spustenie. Dizajnom sa podobá mobilnej VR, ale používateľ k nepotrebuje ďalšie zariadenie, sama je schopná plne fungovať ako kompletný VR headset. S takýmto typom VR prišli na trh výskumné laboratória spoločnosti Meta.

Virtuálna realita sa dnes využíva v širokom spektre oblastí vrátane medicíny, architektúry, vzdelávania a zábavy. Zároveň otvára priestor pre nové marketingové stratégie, vrátane virtuálnych influencerov.

## 2. CIEĽ A METODIKA

Hlavným cieľom vedeckého príspevku bolo preskúmať fenomén virtuálnych influencerov v kontexte technologickej interferencie a analyzovať ich vplyv na správanie, rozhodovanie a kognitívne procesy používateľov. Príspevok sa snažil identifikovať potenciálne prínosy a riziká spojené s využívaním virtuálnych influencerov, pričom osobitný dôraz bol kladený na etické výzvy, transparentnosť a potrebu regulácie ich obsahu. Úlohou vedeckého príspevku bolo prispieť k lepšiemu pochopeniu toho, ako technologické inovácie formujú interakcie medzi digitálnym obsahom a jeho publikom.

Pri spracovaní problematiky virtuálnych influencerov a technologickej interferencie bola použitá kombinácia kvalitatívnych a kvantitatívnych výzkumných metód. Vedecké bádanie bolo zamerané na analýzu dostupných sekundárnych zdrojov, vrátane vedeckých článkov, odborných publikácií a online databáz so špecifickým dôrazom na fenomén technologickej interferencie, vývoj virtuálnych influencerov a ich vplyv na používateľov. V rámci prípadovej štúdie bol analyzovaný projekt slovenskej virtuálnej influencerky BejbyBlue. Zamerali sme sa na jej digitálnu tvorbu, komunikačnú stratégiu a reakcie používateľov na jej obsah. Prípadová štúdia bola doplnená o rozhovory s autormi projektu a analýzu verejne dostupných príspevkov na sociálnych sieťach. Na základe získaných poznatkov boli formulované odporúčania pre tvorcov obsahu, marketingových odborníkov a vzdelávacie inštitúcie s cieľom minimalizovať negatívne dopady technologickej interferencie a podporiť zodpovedné využitie virtuálnych influencerov.

## 3. VÝSLEDKY A DISKUSIA

Pojem influencer sa vo verejnom diskurze často spája s jednotlivcami, ktorí aktívne pôsobia na sociálnych médiách a vytvárajú obsah ovplyvňujúci mienku alebo spotrebiteľské rozhodnutia svojho publika. Tento koncept je však nutné zasadiť do širšieho historického kontextu, kde prvými influencerami nemuseli byť digitálne aktívne osoby, ale napríklad verejné authority, odborníci alebo predstavitelia profesií s vysokou médiálnou a spoločenskou viditeľnosťou. Takýmito "nedigitálnymi influencerami" boli napríklad lekári, novinári, či príslušníci verejných zložiek, ako policajti alebo hasiči.

Koncept digitálneho influencerstva, ako ho poznáme dnes, začal získavať popularitu od roku 2016, keď sociálne médiá prekročili hranice jednoduchého komunikačného nástroja a stali sa dominantným zdrojom informácií pre široké publikum (Yufada & Simanjuntak, 2023). Tento fenomén podnietil odborníkov k definícii a kategorizácii influencerov na základe rôznych parametrov. Podľa Sanahaju (2020) sa influenceri vyznačujú tromi kľúčovými vlastnosťami:

- Vytváranie angažovaného priestoru: Jednotlivci, ktorí si na sociálnych sieťach vybudovali komunitu aktívnych sledovateľov interagujúcich s ich obsahom.
- Ovplyvňovanie rozhodovania: Disponujú schopnosťou ovplyvňovať názory a spotrebiteľské rozhodnutia na základe vnímanej alebo skutočnej authority.
- Odborná špecializácia: Ich vplyv je zameraný v špecifických oblastiach odbornosti alebo výnimočných vedomostiach, ktoré oslovujú široké publikum.

Tieto vlastnosti umožňujú rozlišovať medzi bežnými užívateľmi sociálnych médií a tými, pre ktorých sa stali zdrojom hlavného zamestnania alebo profesijnej identity.

Influencerov môžeme rozdeliť na základe ich dosahu, úrovne vplyvu a zamerania obsahu. Atherton (2020) navrhuje nasledujúce kategórie:

### 1. Influenceri so špecifickým obsahom

Tieto osobnosti sú definované svojou odbornou orientáciou skôr ako počtom sledovateľov. Sú prepojené s konkrétnymi priemyselnými sektormi alebo níka segmentmi. Príkladom je Alin Ma (XenonCos), známa cosplay influencerka aktívna na Instagrame. Jej dopad na trh môže byť ilustrovaný schopnosťou ovplyvniť predaj produktov, ako sú lepidlá na parochne, ktoré odporúča.

### 2. Autoritatívni influenceri

Zameriavajú sa na odborné znalosti a sú často uznávaní ako myšlienkoví vodcovia vo svojom odbore. Títo influenceri môžu zahŕňať lekárov, novinárov alebo technologických expertov. Slovenským príkladom je Zuzana Kovačič Hanzelová, novinárka, ktorá na svojom Instagrame kombinuje osobné príspevky s komentármi na spoločenské a politické témy.

### 3. Mikroinfluenceri

Mikroinfluenceri majú menej ako 100 000 sledovateľov, avšak ich obsah je výrazne cieleň a autentický. Títo tvorcovia majú vysokú mieru interakcie s publikom a sú preferovaní pre marketingové spolupráce. Ich obsah je považovaný za najviac stotožniteľný so spotrebiteľskou základňou. Do tejto kategórie patria aj nanoinfluenceri, ktorí majú maximálne tisíc sledovateľov. Vďaka ich vysoko-cieleňmu obsahu, prirodzenosti a originalite, ktorú svojim fanúšikom poskytujú, ich sledujú len ľudia, ktorí sa o ich názory naozaj zaujímajú. V súčasnosti sa stali najviac využívaným typom influencerov pre marketingové spolupráce. Až 61 % spotrebiteľov sa vyjadrilo, že najviac stotožniteľný obsah tvoria práve mikroinfluenceri.

### 4. Influenceri strednej úrovne

Patria sem osobnosti s počtom sledovateľov medzi 100 000 a 1 miliónom. Hoci ich dosah nie je taký rozsiahly ako pri celebritách, majú vysokú mieru interakcie s komunitou. Jedným z príkladov je napr. Dušan Brachna (Duklock). Na svojich profiloch na sociálnych sieťach Instagram, X (predtým známe ako Twitter) a Youtube má viac ako 100 tisíc sledovateľov, ktorí sa zaujímajú o nové technológie, hry a lifestyle obsah.

### 5. Celebritní influenceri

Tieto osobnosti disponujú obrovským počtom sledovateľov (viac ako 1 milión) a ich vplyv je globálny. Hoci miera interakcie ich publika je relatívne nízka, ich značkový potenciál je mimoriadny. Kylie Jenner, s viac ako 300 miliónmi sledovateľov na Instagrame, je príkladom tejto kategórie.

S nástupom digitálnych technológií a sociálnych médií sme mohli sledovať vznik a popularizáciu nových trendov v marketingu, medzi ktoré patrí aj fenomén virtuálnych influencerov. Po úspechu tradičných influencerov, ktorí pôsobia ako sprostredkovatelia medzi značkami a ich cieľovými skupinami, sa objavila nová forma digitálneho marketingu, ktorá využíva umelo vytvorené postavy generované počítačovými technológiami, ako je CGI (Computer-Generated Imagery) alebo 3D modelovanie.

Virtuálne influencerstvo je ešte stále na začiatku vo vývoji, a preto ani na Slovensku či v okolitých európskych štátoch nevidíme rozsiahle využitie takejto „marketingovej stratégie“. Influencerka tohto typu vieme definovať ako digitálnu postavu vytvorenú pomocou CGI alebo 3D modelovacieho softvéru, ktorá slúži na propagáciu produktov alebo služieb zväčša v oblastiach krásy, módy a životného štýlu (King, 2023). Sú to fiktívne postavy, ktoré majú napodobňovať autenticnosť reálnych ľudí, zvierat alebo vecí. Je to

charakter vyrobený na mieru pre potreby značky, a touto vlastnosťou sa klientom otvárajú možnosti, ktoré s klasickými influencerami nie sú uskutočniteľné, napríklad absolútna kontrola nad vzhľadom, obsahom a komunikáciou (Kreativ Gang, 2021).

Firmy a značky začali využívať virtuálnych influencerov na krátkodobú spoluprácu, kampaň obmedzenú určitým časovým úsekom alebo na dlhodobú spoluprácu ako ambasádorov ich značky (Kreativ Gang, 2021). Všetky spolupráce sú výsledkom dlhého dohadovania a vymýšľania, na ktorom sa podieľa niekoľko ľudí. Nedávnu, minuloročnou kampaňou s veľmi pozitívnymi ohlasmi vytvorila spoločnosť BMW pre ich nový model vozidla BMW iX2, kde ako hlavný charakter reklamy vystupovala najznámejšia virtuálna influencerka Lil Miquela. Myšlienkou tohto reklamného spotu, mimo prezentovania nového typu auta, bolo Miqueline prežívanie reálneho, ľudského života, ktorý si nakoniec kompletne zamiluje (Lighthouse Independent Media, 2023).

Virtuálni influenceri sa stali populárnymi z jedného prostého dôvodu – schopnosť prispôbiť sa akýmkoľvek potrebám reklamnej kampane. V prípade, že sa správne využívajú, vedú značkám a firmám priniesť veľké výhody, ktoré dokážu zabezpečiť pri komunikácii obchodného cieľa vysokú účinnosť. Medzi ich ďalšie užitočné vlastnosti King (2023) uvádza:

- Nízka nákladovosť, pretože fiktívnym charakterom nie je potrebné platiť honorár za ich prácu promotéra. Samozrejme, ak je influencer vytváraný nanovo - pre danú značku na špecifické účely kampane - bude potrebný kapitál na jeho vytvorenie a ľudské zdroje na udržiavanie aktivity na jeho sociálnych médiách.
- Konzistencia obsahu, keď že takýto influenceri nestarnú a môžu tvoriť obsah pre svoju cieľovú skupinu dovtedy, pokiaľ to bude relevantné pre klienta či danú kampaň. Nemenia vzhľad, neodchádzajú do rôznych odvetví alebo potenciálne nedokážu skončiť ani svoju kariéru, čo môže byť bežným prípadom pri ľudských influenceroch.
- Úplná kontrola nad influencerom z dôvodu ovládania jeho prezentovania na sociálnych médiách, kde jeho názory nie sú nijak ovplyvniteľné myšlienkami iných alebo jeho osobnými presvedčeniami.

V súčasnej dobe na sociálnych médiách ľudia však často vyhľadávajú autenticitu, reálne zobrazovanie života a skutočnú tvár tvorcov. Tieto parametre virtuálni influenceri len ťažko môžu splňať, keďže nežijú v reálnom svete, necítia tak ako ľudia a ich vzhľad je vygenerovaný počítačom. Preto je toto ich veľké negatívum, ktoré v momentálnej situácii ich tvorcovia nedokážu odstrániť. Ďalšou negatívnou vlastnosťou môže byť nepriama podpora negatívnych stereotypov o určitých etnických alebo rasových skupinách alebo stereotypov týkajúcich sa rodového zaradenia postavy. V prípade, že virtuálny influencer je navrhnutý tak, aby vyhovoval určitej skupine alebo estetickému štýlu, mohlo by to byť ostatnými skupinami vnímané aj ako karikatúrne ladený dizajn, a tým pádom by myšlienka kampane nemusela byť vôbec pochopená. Pre takéto prípady je dobré a vhodné tvoriť charaktery rôzneho vzhľadu a dizajnu, aby sa predišlo nedorozumeniam v súčasných sociálnych témach o znášanlivosti ostatných osôb v širokej spoločnosti.

Na základe samostatného procesu výroby je možné diferencovať virtuálnych influencerov do 5 kategórií:

- CGI charaktery sú navrhnuté tak, aby pripomínali skutočných ľudí alebo zvieratá a tvoria sa najčastejšie softvérovými programami Blender alebo Maya. Možnosti pri tomto type

tvorby sú nekonečné a postavy môžu mať jednoduchý dizajn, kreslený štýl alebo silný realistický charakter.

- 3D modely vyzerajú podobne ako CGI postavy, ktoré sú väčšinou tvorené v programoch ako napríklad ZBrush alebo Cinema 4D. Môžu sa výrazne líšiť v zložitosti od jednoduchých po náročné a komplikované realistické charaktery.
- Deepfake avatary vytvárajú ich autori pomocou AI a algoritmov strojového učenia za účelom vysokej podobnosti živým osobám. Technológia deepfake umožňuje manipuláciu obrazového a zvukového záznamu a často sa využíva na vytváranie postáv, ktoré evokujú výzor slávnych ľudí alebo verejných mediálnych osôb.
- Hybridní influenceri zahŕňajú kombináciu prvkov reálneho a virtuálneho obsahu. V jednoduchosti to znamená, že zo skutočnej osoby, ktorá je určitou digitálnou technikou zachytená ako obrazový materiál, môžeme ďalej vytvoriť pomocou iných softvérov inú, fiktívnu postavu či doplniť jej virtuálne črty.
- Virtuálne zvieratá sú poslednou kategóriou tohto delenia, ktoré predstavujú avatary zvierat najčastejšie využívané na propagáciu produktov alebo služieb týkajúcich sa oblasti veterinárnej starostlivosti alebo kategórie vecí pre domácich miláčikov.

Virtuálni influenceri dnes predstavujú fenomén, ktorý je hodnotený najmä na základe počtu sledovateľov ich digitálnych profilov a kvality generovaného obsahu. Ich pôvod však siaha hlboko do histórie mediálneho priemyslu a technológií, predchádzajúce obdobie, kedy sa umelá inteligencia a digitálne technológie stali dominantnými.

Vývoj týchto digitálnych postáv je úzko spätý s technologickými inováciami, no zároveň prináša otázky technologickej interferencie, teda prenikania technológií do každodenného života používateľov, ktoré ovplyvňuje ich správanie, rozhodovanie a vzdelávanie.

Technologická interferencia zahŕňa všetky aspekty, kde digitálne technológie zasahujú do kognitívnych, emocionálnych alebo behaviorálnych procesov používateľov. Tento fenomén ovplyvňuje nielen individuálne rozhodovanie, ale aj interakcie v širšom sociálnom a vzdelávacom kontexte. Technologická interferencia sa často prejavuje ako preťaženie informáciami, strata schopnosti sústrediť sa či neschopnosť oddeliť skutočný a virtuálny svet. Tieto faktory vedú k tzv. digitálnemu stresu, ktorý má negatívny dopad na kognitívne schopnosti a celkové duševné zdravie používateľov. Virtuálni influenceri, ktorí sú výsledkom prepojenia pokročilých technológií s kreatívnym marketingom, môžu do určitej miery byť príkladom toho, ako fenomén technoferencie ovplyvňuje rozhodovanie a správanie ľudí.

Príkladom skorých virtuálnych osobností sú virtuálne hudobné skupiny The Archies alebo The Gorillaz. The Archies sú fiktívna rocková skupina z roku 1968 založená na základe animovanej televíznej série The Archie Show. Ich najpopulárnejšia pieseň je Sugar, Sugar, ktorá ma na hudobnej platforme Youtube Music celkovo so všetkými verziami skladby cez 210 miliónov prehratí. Virtuálna skupina The Gorillaz bola založená v roku 1998 a funguje dodnes. Tvoria ju 4 virtuálne postavy a ich najznámejšou skladbou je Feels Good Inc. s viac ako 1,2 miliardy prehratiami (Youtube Music, b.d). Všetky charaktery spomínaných hudobných skupín boli 2D postavy, ktoré nastavili vzor pre súčasné virtuálne osobnosti.

Prvou nereálnou influencerkou bola Cynthia Mannequin, prezývaná aj ako *Gaba Girl*. Táto podobizňa ženy bola socha zo sadry dizajnéra výkladu Lestera Gabu, ktorý ju skonštruoval v roku 1932. Mala veľmi reálny ľudský vzhľad, ktorý dopĺňali aj nedokonalosti



tváre či pokožky, ktoré z nej urobili autentický fenomén. Jej dizajnér sa s ňou verejne prezentoval, fotografoval – takýmto spôsobom si získala popularitu. Jej popularita bola taká veľká, že ju firmy začali využívať na propagáciu svojich produktov. Cynthiina kariéra skončila symbolicky jej „smrťou“, keďže sa rozbila na kusy po náhodnom páde. Printové médiá dokonca hlásili jej smrť tak, ako keby bola skutočná, aby sa upevňovala jej úloha mediálnej celebrity aj po smrti.

Neskôr, v osemdesiatych rokoch, sa ako prvá digitálna virtuálna osobnosť objavil Max Headroom. Tento fiktívny charakter, vytvorený pomocou počítačových špeciálnych efektov a hraný hercom Mattom Frewerom, parodoval redaktorov a talkshow moderátorov. Max Headroom bol známy svojím špecifickým humorom a vystupoval v reklamných kampaniach, napríklad pre spoločnosť Coca-Cola, čím si získal množstvo fanúšikov.

Prelom v oblasti digitálneho zvuku priniesol v roku 2007 softvér na generovanie hlasu, ktorý umožnil vznik japonskej speváčky Hatsune Miku, ktorá sa postupom času stala virálnou virtuálnou speváčkou. Jej hlas sa využíval v rôznych hudobných žánroch a fanúšikovia jej hudby si ju užívali viac ako desať rokov, aj v podobe holografických koncertov. Príbeh mladej speváčky Hatsune Miku nielenže redefinoval virtuálnu hudbu, ale ovplyvnil aj dizajn videohier a animovaných filmov (Rasmussen, 2022).

Onedlho sa s narastajúcou popularitou sociálnych médií začali objavovať virtuálne osobnosti aj v tomto priestore. Ami Yamato je považovaná za oficiálne prvú Vtuberku na svete. Vtuberka je pomenovanie pre virtuálne osoby pôsobiace na sociálnej platforme Youtube. Profil Ami bol vytvorený v roku 2011 a vlogy z jej života uverejňuje aj v súčasnosti. Jej dizajn je 3D animovaná verzia jej ľudskej podoby (Rasmussen, 2022). Podobný digitálny obsah sa neskôr rozšíril aj na platforme pre živé vysielanie Twitch, kde sa jeho popularita každým dňom zvyšuje.

Dnes dominujú významné virtuálne osobnosti ako Lil Miquela, ktorá debutovala na Instagrame v roku 2016. S viac ako tromi miliónmi sledovateľov predstavuje spojenie autentického digitálneho obsahu a realistického CGI dizajnu. Miquela spolupracovala s renomovanými značkami ako Chanel a Calvin Klein.

Okrem najznámejšej virtuálnej influencerky súčasnosti Lil Miqueli vzniklo množstvo nových influencerov, o ktorých sa oplatí hovoriť. Jednou z nich je aj Imma, ktorú vyvinula spoločnosť Aww Inc. V súčasnosti má na svojom instagramovom profile viac ako 390 tisíc sledovateľov a počas jej kariéry už spolupracovala so značkami Nike alebo Dior. Taktiež spolupracovala s reálnymi modelkami pre kampaň Kate Cosmetics, kde bola ťažko rozoznateľná od ďalších dvoch reálnych modeliek. Jej digitálna kolegyňa, oficiálne prvá svetová virtuálna modelka, Shudu, má za sebou tiež úspešnú kariéru, počas ktorej spolupracovala napríklad so svetovou značkou oblečenia Balmain či filmovou produkčnou spoločnosťou 20th Century Studios UK. Vytvoril ju britský fotograf Cameron James Wilson, ktorý je aj zakladateľ agentúry The Diigitals Agency. Na rozdiel od iných virtuálnych influencerov má oveľa vyššiu mieru interakcie publika (Conti & Gathani & Tricomi, 2022).

Svet digitálnych hier a herný priemysel objavil potenciál virtuálnych influencerov. Spoločnosť Riot Games vytvorila pre hru *League of Legends* nielen samostatné virtuálne osobnosti, ako napríklad Seraphine, ktorej profil bol založený najmä na promovaní jej osoby ako novej postavy v hre, ale aj celú hudobnú skupinu s názvom K/DA, ku ktorej sa sama Seraphine neskôr pridala. Skupinu tvorili 4 ženské herné postavy a nahrali niekoľko piesní, ktoré mali veľký úspech. Počas svojej aktívnej kariéry sa im podarilo vydať aj EP, na

ktorom sa nachádzalo ich 5 posledných piesní. V súčasnosti už aktívne nepridávajú obsah na žiadne sociálne médiá (Riot Games, b.d.).

Aj v európskom prostredí možno pozorovať rastúci trend využívania virtuálnych influencerov, ktorý nadobúda čoraz výraznejšiu podobu. Tento vývoj zahŕňa niekoľko významných príkladov, napr. V Nemecku pôsobí 22-ročná Yuna, ktorej sa podarilo dostať na titulnú stranu známeho nemeckého časopisu *FIVMAGAZINE*, na ktorom je odfotená spolu s jej virtuálnymi kamarátkami, Kyrou z Indie a Suou z Južnej Kórei. Ďalšou európskou virtuálnou influencerkou je Lila Ziyagil, ktorá má na svojom instagramovom profile viac než 43 tisíc sledovateľov a jej najväčším úspechom bol článok v celosvetovo-známom magazíne *Forbes* alebo v módnom časopise *The Impression*. V neposlednom rade možno spomenúť Serah Reikka, ktorá je prvou francúzskou CGI modelkou a herečkou. Dostala sa do pozornosti médií hlavne vďaka jej hereckému obsadeniu v krátkom filme *Beyond Polaris*, ktorý získal aj ocenenie One-Reeler v roku 2017 (Virtual Humans, b.d.).

Významným faktorom v úspechu virtuálnych influencerov sú pokročilé technológie, ako napríklad Unreal Engine 5, MidJourney AI alebo Autodesk Maya. Tieto nástroje umožňujú tvorbu hyperrealistických modelov, ktoré sú následne integrované do digitálneho priestoru, pričom môžu ďalej dynamicky interagovať s používateľmi. Avšak práve tieto technológie, ktoré umožňujú vytvárať detailné a pútavé digitálne obsahy, zároveň podporujú technologickú interferenciu. Používatelia môžu byť zmätení, keď nie sú schopní rozlíšiť, či obsah vytvára skutočná osoba alebo virtuálna postava. Tento jav ovplyvňuje ich schopnosť kriticky myslieť a môže viesť k tomu, že prijímajú obsah bez jeho overenia.

Technologická interferencia sa prejavuje aj v tom, ako ľudia interagujú s obsahom virtuálnych influencerov. Personalizované algoritmy a ciele reklamy sú často navrhnuté tak, aby maximalizovali čas strávený na digitálnych platformách. Tieto mechanizmy nielenže podporujú závislosť na digitálnom obsahu, ale zároveň vedú k tomu, že používatelia sú menej odolní voči manipulatívne obsahu. Virtuálni influenceri môžu navyše nevedomky šíriť stereotypy alebo dezinformácie. Napríklad, ak propagujú nereálne ideály krásy alebo životného štýlu, môže to viesť k pokrivenému vnímaniu reality a ovplyvniť hodnotové nastavenia mladých ľudí. Vzdelávacie inštitúcie by preto mali klásť dôraz na posilnenie mediálnej gramotnosti a kritického myslenia, aby sledovatelia dokázali rozpoznať a vyhodnotiť obsah virtuálnych influencerov.

V Európe možno pozorovať postupný rozmach trendu virtuálnych influencerov, ktorý si našiel miesto aj v marketingových stratégiách na Slovensku. Jedným z najvýraznejších príkladov je projekt spoločnosti Tatra Banka, ktorá v roku 2020 predstavila BejbyBlue, prvú slovenskú virtuálnu influencerku, navrhnutú ako ambasádorku kampani študentských účtov. Tento projekt predstavuje unikátne prepojenie technologických inovácií, digitálneho marketingu a psychológie cieľovej skupiny.

Keď BejbyBlue v roku 2020 predstavili ako ambasádorku študentských kampaní, mala 19 rokov. V súčasnosti sa o jej veku vyjadrila Lempochnerová (súkromná korešpondencia, 22. december, 2023) ako jedna z jej tvorcov takto: „Ako aj my, aj ona sa mení. Jenne zostarla, dospela, no aj napriek tomu chceme, aby bola stále zaujímavá pre mladých ľudí.“ Za realizáciou projektu stoja dve popredné inštitúcie - reklamná agentúra THIS IS LOCCO s.r.o. a kreatívci z produkčnej spoločnosti SORRYWECAN, ktorí na mediálnom zobrazení jej osoby aj v súčasnosti aktívne pracujú. Tatra Banka je finančná inštitúcia na Slovensku, ktorá sa od svojho založenia v roku 1990 profiluje ako líder inovácií, správy aktív a



firemného a privátneho bankovníctva. Banka sa zameriava najmä na poskytovanie inovatívnych finančných produktov a služieb, podporuje udržateľné podnikanie a zaujíma vedúcu pozíciu na trhu podielových fondov na Slovensku. Hlavným cieľom jej stratégie je poskytovať výnimočný zážitok klientovi a stať sa najviac odporúčanou bankou na Slovensku. (Tatra Banka, b.d.). Tatra Banka má celkovo 5 profilov na sociálnych sieťach Facebook, Instagram, X, LinkedIn a Youtube. Všetky profily v súčasnosti sleduje niekoľko tisíc ľudí: Facebook – 89 tisíc sledovateľov, Instagram – 27,5 tisíc sledovateľov, LinkedIn – 16 tisíc sledovateľov, Youtube – 8,5 tisíc sledovateľov a X – 2,5 tisíc sledovateľov. Obsah publikujú najaktívnejšie na ich facebookovú stránku a Instagram.

„V minulosti boli tvármi Tatra academy výrazné osobnosti ako Rytmus, Sajfa alebo Gizka. Všetko to boli extrémne úspešné kampane, ale každá z tých tvárí mala pred tým svoj život, čiže sa nedala „vyformovať“ na mieru značke. A práve v napojení na kľúčové hodnoty Tatra banky, ako je inovatívnosť, digitálnosť a modernosť, si myslím, že je Bejby Blue pre značku výnimočná,“ hovorí o virtuálnej osobnosti Juraj Kováč, kreatívny riaditeľ agentúry THIS IS LOCCO (Ševčíková, 2021).

BejbyBlue prezentuje mladé dievča, ktoré je známe najmä vďaka svojim krátkym modrým vlasom a obľube modrej farby. Jej meno má hlbokú myšlienku v oboch častiach. Slovo Bejby v preklade znamená dieťa, avšak v hovorenej reči sa toto slovo taktiež využíva ako prezývka pre ženu. Táto kombinácia ju označuje aj ako dcéru Tatra Banky. Jej tvorcovia zvolili ženské pohlavie na základe vyššej sledovanosti ženských influenceriek. Modrú farbu jej autori vložili do mena preto, lebo v roku zadania reklamnej kampane bola farbou roka a z psychologického hľadiska má znázorňovať otvorenú myseľ či rozvážnosť a dôveru (Ševčíková, 2021). V otázkach a odpovediach na webovom portáli Tatra Banky opísali autori v mene Bejby jej poslanie takto: „Mojim poslaním je ukázať mladým, že akékoľvek sú ich sny, vedú si ich splniť. A samozrejme, niest' aj za ne zodpovednosť.“ Venuje sa hudbe, móde a fotografovaniu. Otvára témy ako zodpovednosť, finančná gramotnosť či spoločenské hodnoty, tvorbu osobných cieľov či nasledovanie vlastných snov. Pôsobí nenápadne, ticho, priateľsky a ochotne. Tak bola predstavená aj verejnosti, kedy na začiatku o nej nikto nevedel, že je virtuálna a až postupne začali odhaľovať jej identitu. Ako umelkyňu ju vykresľujú aj s hlbokým estetickým cítením, ktoré sa prejavuje aj na jej štýle obliekania (Mahútová, 2020).

Je teda zrejmé, že virtuálni influenceri majú potenciál zasiahnuť aj do oblasti vzdelávania, napríklad propagáciou finančnej gramotnosti alebo environmentálnych tém. Ich využívanie vo vzdelávacom prostredí však prináša nové riziká. Prejav technologicko-ferferencie môžu negatívne ovplyvniť vzdelávacie prostredie tým, že žiakovi a študentovi vystavujú prebytku informácií, čo vedie k digitálnemu preťažaniu. Virtuálni influenceri môžu navyše nevedomky posilňovať stereotypy alebo šíriť dezinformácie, ak nie sú správne kontrolovaní.

V rámci hudby vydala niekoľko piesní, spolupracovala aj so slovenskými interpretmi Dalybom a Glebom a jej najnovšiu skladbu NO HATE vytvorila v rámci spolupráce s umelcom Porsche Boy. Tú predstavili v júni roku 2023 spôsobom živého predstavenia, ktoré bolo možné zrealizovať pomocou AR, rozšírenej reality (Miklošovičová, 2023). Augmentovaná alebo rozšírená realita je technológia, ktorá umožňuje spájať prvky digitálneho sveta s realitou v reálnom čase, kedy vytvára upravený obraz (Šichtová, 2018). Ako jeden z najlepších príkladov na vysvetlenie fungovania takejto reality možno uviesť hru Pokémon GO, v ktorej hráči po celom svete hľadali malé virtuálne postavičky, ktoré videli v realite pomocou fotoaparátu mobilného zariadenia. Vo videoklipech alebo iných vizuálnych dielach, v ktorých sa BejbyBlue priamo

nevyskytuje, je jej identita symbolicky reprezentovaná motýľom, ktorý je pre ňu ikonickým symbolom. Tento vizuálny motív bol použitý aj na titulnej strane prestížneho slovenského ženského magazínu EMMA, kde sa BejbyBlue objavila v rámci spolupráce iniciovanej samotnou redakciou periodika. V roku 2022 sa týmto spôsobom presunula z výhradne digitálneho prostredia do offline sféry médií, čím sa stala hlavnou témou daného vydania časopisu.

Vizuálny dizajn virtuálnej influencerky BejbyBlue bol vypracovaný digitálnou agentúrou SORRYWECAN v priebehu troch mesiacov. Tento projekt radí BejbyBlue medzi tzv. hybridných influencerov, ktorých charakteristickým rysom je kombinácia reálnych a digitálne generovaných prvkov. Konkrétne sa pri tvorbe využíva fotografia ľudskej modelky, na ktorú sa prostredníctvom pokročilého softvéru aplikuje digitálne renderovaná tvár BejbyBlue. Technologický proces zahŕňa použitie softvéru Autodesk Maya, ktorý umožňuje vysokorýchlostné renderovanie, precíznu prácu s tieňmi, svetlom, kompozíciou kamery a modelovaním virtuálneho prostredia. Finálne vizualizácie sú následne spracované prostredníctvom platformy Unreal Engine 5, ktorá predstavuje jeden z najpokročilejších nástrojov na tvorbu moderného a inovatívneho 3D obsahu.

Podľa vyjadrenia Lempochnerovej (súkromná korešpondencia, 22. december 2023) sa tvorba obsahu pre BejbyBlue z pôvodne jednočlenného tímu rozšírila na skupinu minimálne piatich odborníkov, pričom pri tvorbe kampaní sa tento počet ďalej zvyšuje. Proces produkcie jedného príspevku na platforme Instagram trvá približne 4 až 6 hodín. Tento proces zahŕňa brainstorming kreatívnych konceptov, plánovanie kompozície a výber lokácie, styling modelky, samotné fotografovanie a následnú postprodukciiu, ktorá zahŕňa digitálne renderovanie tváre BejbyBlue. Pri tvorbe obsahu sa kladie dôraz na inovatívne experimentovanie, najmä v oblasti líčenia a účesov, ktoré reflektujú záujmy BejbyBlue o módu a vizáž.

Primárnym komunikačným kanálom BejbyBlue je sociálna sieť Instagram, ktorý slúži ako hlavná platforma na interakciu s cieľovou skupinou. Podľa Lempochnerovej (súkromná korešpondencia, 22. december 2023) má BejbyBlue založený aj účet na platforme TikTok, kde však jej mediálna aktivita zostáva obmedzená vzhľadom na začínajúce skúsenosti jej tvorcov s touto platformou. Pre niektoré vizualizácie na TikToku využíva tím technológiu MidJourney AI. Tento generatívny nástroj umelej inteligencie, spravovaný spoločnosťou MidJourney Inc., umožňuje vytvárať obrazové výstupy na základe textových popisov. Používatelia interagujú s algoritmom prostredníctvom platformy Discord, kde zadávajú požiadavky na tvorbu vizuálov. Nástroj nachádza uplatnenie aj v ďalších oblastiach, ako sú výtvarníctvo a architektúra, kde sa využíva na vizualizáciu návrhov a kreatívnych konceptov. Napriek jeho inovatívnosti sa v súvislosti s jeho používaním vynárajú otázky týkajúce sa autorských práv a originality umeleckých diel (Jaruga-Rozdolska, 2022).

BejbyBlue zatiaľ nenadviazala formálnu spoluprácu so žiadnym iným virtuálnym influencerom, avšak v komentároch pod jej príspevkami z roku 2023 bola zaznamenaná textová interakcia s Kionou, začínajúcou nemeckou virtuálnou influencerkou. Významná časť virtuálnych influencerov bola nútená pozastaviť svoju mediálnu aktivitu vzhľadom na náročnosť produkcie obsahu. Lempochnerová (súkromná korešpondencia, 22. december 2023) však uviedla, že tím nemá v úmysle ukončiť tvorbu obsahu pre BejbyBlue, pokiaľ bude naďalej rezonovať v cieľovej skupine.

#### 4. ZÁVER

Virtuálni influenceri predstavujú inovatívny nástroj digitálneho marketingu, ktorý však v kontexte technologickej interferencie so sebou prináša významné riziká a výzvy. Ich schopnosť ovplyvňovať rozhodovanie a správanie používateľov vyžaduje kritický prístup k tvorbe a správe ich obsahu. Zistenia poukazujú na to, že neustály prísun informácií od týchto digitálnych entít môže viesť k výraznému kognitívnemu preťaženiu používateľov, čo negatívne ovplyvňuje ich schopnosť sústrediť sa, analyzovať informácie a efektívne sa učiť. Tieto dopady sú obzvlášť zreteľné vo vzdelávacom prostredí, kde môžu zasahovať do kognitívnych a sociálnych procesov študentov. Etické výzvy spojené s virtuálnymi influencermi zahŕňajú potrebu zvýšenej transparentnosti, regulácie a zodpovedného prístupu k ich využívaniu.

Medzi konkrétne opatrenia patrí povinné označovanie digitálnych postáv, mechanizmy na overovanie pravdivosti obsahu a zabezpečenie, že virtuálni influenceri nebudú propagovať škodlivé stereotypy či neetické správanie. Rovnako je potrebné vytvárať vzdelávacie iniciatívy, ktoré podporia mediálnu gramotnosť a kritické myslenie užívateľov, aby dokázali rozpoznať manipuláciu a odlišiť autentický obsah od digitálne generovaného. Do budúcnosti je nevyhnutné venovať zvýšenú pozornosť vývoju regulačných rámcov, ktoré by vyvážili kreatívne a komerčné potenciály virtuálnych influencerov s ochranou používateľov pred negatívnymi dopadmi technologickej interferencie. Tento multidisciplinárny prístup, zahŕňajúci technologické, etické a vzdelávacie perspektívy, môže prispieť k zodpovednému využívaniu virtuálnych influencerov v digitálnom prostredí.

#### Zdroje

1. Atherton, J. (2020). *Strategie sociálnych médií*. Lingea.
2. Conti, M., Gathani, J., Tricomi, P. P. (2022). Virtual Influencers in Online Social Media. *IEEE Communications Magazine*, 60, 1-7. <https://doi.org/10.1109/MCOM.001.2100786>
3. Jaruga-Rozdolska, A. (2022). Artificial intelligence as part of future practices in the architect's work: MidJourney generative tool as part of a process of creating an architectural form. *Architectus*, 3(71), 95-104. <https://doi.org/10.37190/arc220310>
4. King, C. (2023). *The Rise of Virtual Influencers: Should You Be Working With Them?* <https://hypeauditor.com/blog/the-rise-of-virtual-influencers-should-you-be-working-with-them/>
5. Kreativ Gang. (2021). *Konečne influencer podľa vašich predstáv: Virtuálni influenceri*. <https://kreativgang.sk/virtualni-influenceri/>
6. Lighthouse Independent Media. (2023). BMW makes it real with virtual creator Lil Miquela in latest campaign. *MARKETING-INTERACTIVE*.
7. Mahútová, M. (2020). *Zoznámate sa s Bejby Blue – prvou slovenskou virtuálnou influencerkou*. <https://www.tatrabanka.sk/sk/blog/inovativne-bankovnictvo/zoznamte-bejby-blue-prvo-u-slovenskou-virtualnou-influencerkou/>
8. Miklošovičová, S. (2023). *Bejby Blue súčasťou prvého hudobného AR performance na Slovensku*. <https://www.tatrabanka.sk/sk/blog/tlacove-spravy/bejby-blue-sucastou-prveho-hu-dobneho-ar-performance-slovensku/>
9. Rasmussen, M. (2022). *Who Was the First Virtual Influencer?* <https://www.virtualhumans.org/article/who-was-the-first-virtual-influencer>
10. Riot Games. (b.d.). *K/DA Official Fan Club*. <https://www.leagueoflegends.com/en-gb/event/kda-official-fan-club/>
11. Sanahuja, N. (2020). *The Science of Influencer Marketing*. Omega Publishers.
12. Singh N., Singh S. (2017). Virtual reality: A brief survey. *International Conference on Information Communication and Embedded Systems (ICICES)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICICES.2017.8070720>
13. Ševčíková, P. (2021). Rozhovor s Jurajom Kováčom: Digitálny influencer nie je idea, je to kanál. *Stratégie*, 10-12.
14. Šubák, M. (2016). *Ako sa dostať do virtuálnej reality*. <https://virtualnarealita.eu/vseobecne-virtualna-realita/ako-sa-dostat-do-vr/>
15. *Tatra Banka*. (b.d.). <https://www.tatrabanka.sk/sk/o-banke/o-tatra-banke/>
16. Virtual Humans. (b.d.). *First Virtual Influencers*. <https://www.virtualhumans.org/t/first>
17. Yufada, E., Simanjuntak, T. (2023). Evolving concept and popularity of influencers: a literature review. *Jurnal Komunikasi Profesional*, 7(2), 194-215. <https://doi.org/10.25139/jkp.v7i2.5527>

# Digital literacy for the 21st century in the context of lifelong learning

Eva Janouchová<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Catholic University in Ružomberok, Faculty of Education, Department of Social Work, Slovak Republic; eva.janouchova600@edu.ku.sk

Grant: 2024\_134

Granter: QUARE2024

Subject: AM – Pedagogy and education

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

**Abstract** The paper explores the key concepts of traditional literacy concerning the more recent corresponding term digital literacy, focusing on the 'new literacies' of the 21st century. It aims to highlight the breadth and heterogeneity of terminology used in the literature. It also emphasizes the integration of digital literacy into lifelong learning so as not to widen the digital divide between digitally literate and non-literate people. Possible inequalities in access to digital technologies and the Internet are presented using the results of an empirical survey, the main aim was to identify and analyze selected aspects of digital literacy among seniors (students of third-age university). Third Age Universities play an important role in bridging the digital divide of this age group.

**Keywords** digital literacy, lifelong learning, digital divide, university of the third age

## 1. INTRODUCTION

Technological advances are constantly accelerating, changing the requirements for individual competencies. Modern reality emphasizes a dynamic set of skills that are essential for navigating a technologically advanced world. The development of artificial intelligence is thus an increasingly pressing challenge that we must face in all areas of our lives. The issue of desirable skills for the 21st century is often associated with the issue of 'new literacies', which extends the original definition of the term 'digital literacy'. The literature is characterized by a plurality of terms in this respect.

Digital literacy can make a significant contribution to the quality of aging and independent living for seniors. While children are currently raised in an environment where technology is firmly embedded in everyday life, older generations may face some challenges. Support for lifelong learning should contribute to the sustainability of digital literacy and to increasing the benefits of the adoption of digital technologies in individuals' lives (MPSV, 2015). The range of learning opportunities specifically for seniors is very broad, both in terms of content and organization.

Among the basic institutions dedicated to the education of seniors are universities of the third age (including virtual ones), academies of the third age, universities of leisure time, and clubs for seniors, while the most demanding opportunity for the education of seniors at the university level is offered by universities of the third age (Špaténková & Smékalová, 2015). Third Age Universities organized by universities in the Czech Republic are part of the so-called

lifelong learning programs and are implemented according to Section 60 of Act No. 111/1998 Coll. on Higher Education, as amended (Zákon o vysokých školách).

## 2. DIGITAL LITERACY IN THE ERA OF THE NEW LITERACIES

The topic of desirable skills for the 21st century is often linked to the issue of 'new literacies'. Basic skills such as reading, writing, and numeracy are no longer sufficient. Průcha (2009, p. 223) defines the term literacy as "... the ability to master various types of communication and numerical tasks to use textual information in a variety of life situations. Literacy is a complicated, complex, and changing phenomenon. Its content and the way it is defined respond to the specific social context, reflecting the evolving conditions and changing needs of society, its culture, language, and norms. Therefore, over the last fifty years, as society's interest in this phenomenon has increased, we have gradually encountered several definitions of the term."

According to Průcha (2009), we distinguish between basic and functional literacy. Basic literacy includes only reading and writing or numeracy, while functional literacy is the ability to think about information, solve various problem situations and formulate one's own opinions. The term literacy is mainly used where the emphasis is on the practical application of knowledge, skills, and attitudes in different life situations.

The above shows that different types of literacies are acquired throughout life, influenced by internal and external influences. External factors include economic influences and socio-cultural aspects such as upbringing and education at school or in the family. Internal factors include innate aptitudes, experience and knowledge acquired during life, age, intellectual level, ability and readiness for further education, ability to work with information, and others. Literacy develops first in the family and then in the school environment. Functional literacy is developed through higher-order thought processes, critical thinking, and tasks that promote creativity and learning throughout the learning process.

The essential process of lifelong learning, which responds to changes and developments in society, is gaining importance at the beginning of the 21st century, mainly due to rapid technological change and the proliferation of information resources. There is a redefinition of the term information literacy as "knowing when and why we need information, where to find it, and how to evaluate, use,

and communicate it further with an awareness of the importance of ethical action" (American Library Association, 2013, p 1). Currently, information literacy and media literacy are considered to be similar to digital literacy. Other relevant terms include computer literacy, which was mainly used in the 1980 s, in addition to ICT literacy, network literacy, and e-literacy (Bawden, 2008). Of these, media literacy is considered as the ability to use and evaluate information that is obtained from mass media.

In conclusion, the above types of literacies tend to overlap today and form a system of so-called multiliteracies, see Figure 1.

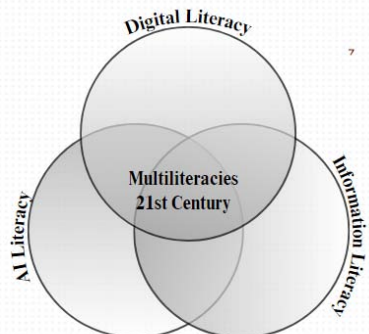


Fig. 1 Multiliteracy system in the 21st century

### 2.1 Digital literacy in the 21st century

The concept of literacy in the context of 21st century skills is constantly evolving and it is understandable that 'new kinds' of literacy are emerging. Few areas in our modern world are not permeated by digitalization: we use digital tools for work, study, play, and everyday life. There are many definitions of digital literacy in the literature, but much of it goes back to the original definition proposed by Gilster (1997), who defines digital literacy as "the ability to understand and use information in a variety of formats from a wide range of sources when presented through computers" (Gilster, 1997, p. 1). That definition emphasizes that digital literacy is not only about technical skills but also includes a cognitive dimension.

This fact is also taken into account by the international project OECD Future of Education and Skills 2030 (2030), which includes among the particularly important cognitive foundations that constitute basic literacy, on which digital literacy and information literacy can be built. It is clear that the term digital literacy appears to be a multifaceted term, which some authors argue includes the concept of digital competence. Picatoste (2018) broadly defines it as "a set of different skills to perform well in a digital society" (Picatoste et al., 2018, p. 1033).

Digital literacy is understood in the report of the Digital Literacy Strategy of the Czech Republic for the period 2015 to 2020 as "a set of competencies necessary to identify, understand, interpret, create, communicate and use digital technologies (their technical features and content) in a purposeful and safe way in order to maintain or improve the quality of life of their surroundings, i.e. for the purpose of professional and personal self-fulfillment, development of their potentials and maintaining or increasing their participation in society" (MPSV, 2015, p. 7). In this definition, digital literacy is a highly complex set of skills.

Although there are similar definitions from other bodies such as the European Union, OECD etc., all include in their concept of literacy not only the process of understanding but also the process of

applying what has been learned and understood. It is therefore a concept that enables an individual to participate in the social and cultural aspects of modern society.

Thus, digitally literate people should be capable of any activities with digital technologies that they have to deal with in different life situations, whether we mean work, learning, leisure, or other aspects of everyday life (Zounek et al., 2021).

### 2.2 Artificial intelligence literacy

Artificial intelligence has become an integral part of the social and educational landscape, especially since generative intelligence has evolved into a widely available tool for anyone with access to the internet. In order for individuals to effectively use AI-based technologies such as ChatGPT, they must have a variety of knowledge and skills about AI. The literature defines this literacy as a new set of skills and competencies that enable people to use AI effectively and ethically in their daily lives (Long & Magerko, 2020).

It can be assumed that people with higher digital skills may be more familiar with AI concepts. People's access to a particular technology is necessary for them to be literate in that technology (Aydin, 2021). However, unequal access to technology creates a complex problem that is recognized as the digital divide (van Dijk, 2005). Due to limited access to information and communication technologies, individuals have fewer opportunities to use and understand the benefits of artificial intelligence. Furthermore, the digital divide also includes inequalities in skills and expertise to use AI-based technologies (van Dijk, 2020).

Despite the importance of AI literacy in everyday life, little is known about its determinants. Individuals with physical access to information and communication technologies can be expected to make greater use of AI-based technologies. Such knowledge, skills and values have led to the emergence of the concept of artificial intelligence literacy (AI literacy). In this regard, AI literacy is defined as a new kind of skills and competencies that enable people to use AI effectively and ethically in their daily lives (Long & Magerko, 2020).

## 3. EMPIRIC RESEARCH

The sample of the survey presented below consisted of students of the University of the Third Age of the University of Hradec Králové (U3V UHK) in the period 2023/2024. The main objective of the research project was to identify and analyze selected aspects of digital literacy of seniors and to interpret them in the context of the possible use of digital technologies in the institutional education of seniors at universities of the third age.

In the academic year 2023/2024, a total of 665 participants were registered for the study, of which 88 % were women and 12 % were men. The most represented age groups were between 65 and 74 years (57 %) and 75 and over (33 %). A total of 294 seniors participated in the survey, of whom 94 % were women and only 6 % were men. The questionnaire contained 14 closed and 2 open questions.

The obtained data were subjected to descriptive statistical analysis, some parts of which are presented in the following section. A partial output of the research probe is the identified categories of specific digital devices that seniors own and work with. It was also investigated whether they use these devices, including applications



that require an internet connection, including data on email and social media account usage (Facebook, Instagram, Classmates, etc.). From the results presented (Chart 1, 2, 3), it is clear that seniors mainly own and use a desktop computer, laptop (42 %), and smartphone (40 %), which they use including applications requiring an internet connection in a dominant 84 %. A significantly large group of respondents (88 %) use email. In the item of having an active social media account, the negative response (52 %) slightly outweighs the positive (48 %).

Chart 1 U3V UHK students' access to digital devices including internet applications

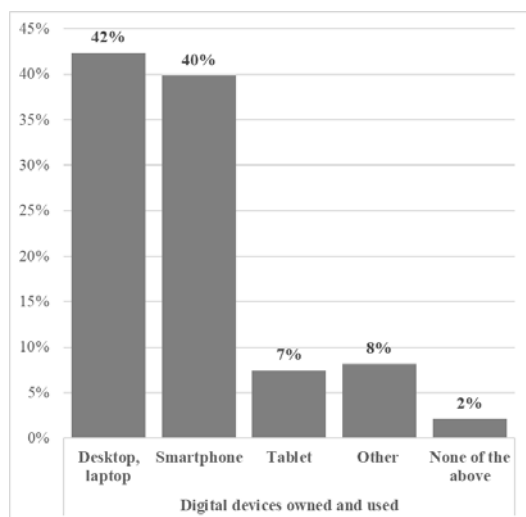


Chart 2 UHK U3V students' access to digital devices including applications requiring internet connection

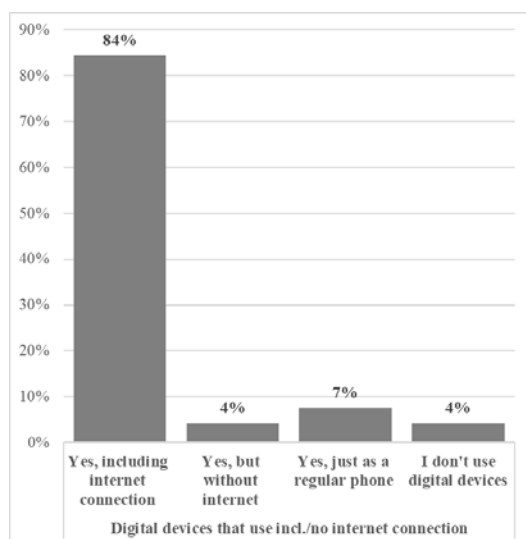
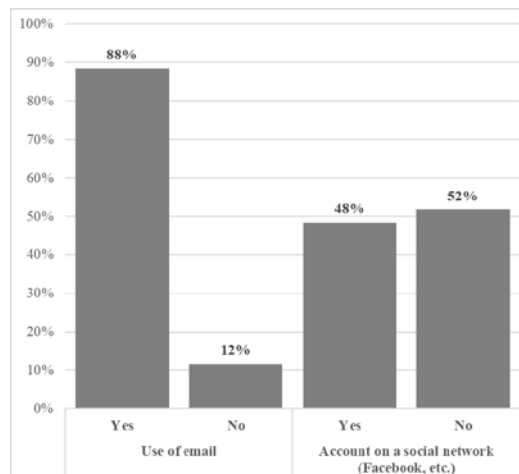


Chart 3 Use of email and social media accounts (Facebook etc.) by U3V UHK students



The presented findings are supported by the results of a survey by the Czech Statistical Office (2023), which recorded a dynamic shift in the last five years from button mobile phones to smartphones in the 65-74 age group from 21 % and 56 %, and also the share of internet users in the Czech Republic increased from 13 % in 2010 to 52 % in 2023 for people over 65 years of age. However, we must not forget the smaller group that does not work with digital technologies, does not have an internet connection, or does not use email to communicate.

Promoting lifelong learning should contribute to the sustainability of digital literacy and to increasing the benefits of the adoption of digital technologies in individuals' lives (MPSV, 2015). Digital literacy has the potential to support active aging and independent living for older people who are part of the digital age. It is changing the paradigm of the “older person at risk”.

#### 4. DISCUSSION AND CONCLUSION

Digital literacy in a multidisciplinary concept becomes a complex set of competencies that individuals use in different areas and at different age levels. AI literacy is defined as a new kind of skills that enable people to use modern technologies effectively and ethically in everyday life.

Seniors often lack technical skills and may have limited access to modern technologies. For this reason, they are one of the most vulnerable groups in the population. The presented sub-research findings point to the U3V UHK audience's self-confidence in the use of digital technologies, which refutes the prejudices of ageism. Older people are a heterogeneous group with different specific needs and learning experiences, which is reflected in the research study presented. It should be emphasized that the advent of digital technologies has caught different generation and population years at different life stages in relation to their educational or work activities. Bridging the digital divide within this age group requires an understanding of the factors that play a role in older people's use of technology, as well as the provision of digital literacy training programmes. Universities of the Third Age have an important role to play in this respect, as they promote the concept of lifelong learning.

It is important to note that the participants in this study are a sample of a specific educational institution, which limits the generalizability of the results to other groups of this age group from different digital literacy settings. We cannot consider seniors as digital immigrants in the sense of negative stereotypes towards these people. On the contrary, it is necessary to create conditions for digital inclusion. A

thorough understanding of digital literacy issues can contribute to the implementation of policies that address the digital divide, which is reflected in various aspects of life, such as health, employment education, and also in turbulent times such as the COVID-19 pandemic.

### Sources

1. American Library Association, Digital Literacy, Libraries, and Public Policy. (2013) Report of the Office for Information technology Policy's Digital Literacy Task Force. <https://alair.ala.org/items/9131ea5e-bf78-4021-a513-e0d120507c64>
2. Aydin, M., 2021. Does the digital divide matter? Factors and conditions that promote ICT literacy. *Telematics Inform.* 58, 101536 <https://doi.org/10.1016/j.tele.2020.101536>.
3. Bawden, D. (2008). Origins and concepts of digital literacy. In: C. Lankshear and M. Knobel (eds.), *Digital literacy: Concepts, policies and Practices*. New York: Peter Lang.
4. ČSÚ. (2023). Využívání informačních a komunikačních technologií v domácnostech a mezi osobami – 2023. <https://www.czso.cz/csu/czso/3-pouzivani-mobilniho-telefonu-a-internetu-na-mobilnim-telefonu-kyi27xljd6>
5. Gilster, P. (1997). *Digital literacy*. Wiley Computer Pub. <https://dl.acm.org/doi/fullHtml/10.1145/3313831.3376727>.
6. Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations. April. In *Proceedings of the 2020 CHI conference on human factors in computing systems* (pp. 1–16). Honolulu, USA.
7. MPSV. (2015). *Strategie digitální gramotnosti ČR na období 2015 až 2020*. <https://www.mpsv.cz/strategie-digitalni-gramotnosti-cr-na-obdobi-2015-2020>
8. OECD. (2030). *Future of Education and Skills 2030*. <https://www.oecd.org/education/2030-project/>
9. Picatoste, J., Pérez-Ortiz, L., & Ruesga-Benito, S. M. (2018). A new educational pattern in response to new technologies and sustainable development. Enlightening ICT skills for youth employability in the European Union. *Telematics and Informatics*, 35(4), (p.1031–1038). <https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.09.014>
10. Průcha, J., Janík, T., & Rabušicová, M. (2009). *Pedagogická encyklopedie*. Portál.
11. Špaténková, N. & Smékalová, L. (2015). *Edukace seniorů: geragogika a gerontodidaktika*. Grada Publishing.
12. van Dijk, J., 2020. *The digital divide*. John Wiley & Sons.
13. van Dijk, J.A.G.M., 2005. *The deepening divide: Inequality in the information society*. Sage Publications, Thousand Oaks.
14. Zákon č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (2024). <https://www.e-sbirka.cz/sb/1998/111?zalozka=text>
15. Zounek, J., Juhaňák, L., Staudková, H., & Poláček, J. (2021). *E-learning: učení (se) s digitálními technologiemi*. Wolters Kluwer.

# Etnografické skupiny minulosti - handelci

Pavol Krajčovič<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra historických vied a stredo európskych štúdií. Filozofická fakulta, Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave; Námestie Jozefa Herdu 2, 917 01 Trnava; pavol.krajcovic@ucm.sk

Grant: VEGA 1/0280/23

Název grantu: Finálna fáza etnojazykovej asimilácie. Na príklade nemeckého etnika v obci Krahule a na okolí.

Oborové zamčrení: AB - Dejiny

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

**Abstrakt** Prezentovaný príspevok sa zaoberá tematikou dnes už takmer zabudnutej skupiny obyvateľstva nazývanej handelci. Táto osobitná etnografická skupina, ktorá v minulosti patrila k nemecky hovoriacej menšine, prišla na územie súčasného stredného Slovenska v období 16. storočia. V národopisných prácach je najčastejšie akcentovaný alpský pôvod handelcov, ktorí boli profesijne zameraní na prácu v lesnom hospodárstve. Cieľom štúdie je podať stručný opis dejinného vývoja skúmaného obyvateľstva prostredníctvom analýzy dostupných písomných materiálov.

**Kľúčová slova** handelci, lesné hospodárstvo, nemecká menšina, etnografická skupina, stredné Slovensko

## 1. ÚVOD

Problematika nemecky hovoriacej populácie, profesijne zameranej na prácu v lesnom hospodárstve je považovaná za dejinné špecifikum viacerých montánných oblastí Slovenska. Za zmienku stoja najmä tieto tri etnografické skupiny: huncokári, šajtári a handelci. Príchod prvej zmienenej skupiny obyvateľstva spadá do obdobia 18. storočia. Oblasťami ich pôvodu boli menovite horské oblasti súčasného Rakúska a Nemecka (Bavorsko, Tirolsko, Štajersko, Horné a Dolné Rakúsko) a v neposlednom rade českých krajín (Čechy, Morava, Sliezske) (Beranek, 1941; Grothe, 1943; Krajčovič, 2021). Majoritná populácia malokarpatských podhorských obcí ich nazývala huncokármi. Toto exoetnonymické pomenovanie, ktoré sa používa aj v terajšej historickej a etnologickej spisbe, vzniklo z nemeckého názvu ich najčastejšej profesie – holzhacker a holzfäller. Samotní členovia huncokárskej komunity považovali toto označenie za hanlivé. Sami seba nazývali predovšetkým horskými (Gebirgeleute) či lesnými ľuďmi (Waldleute) (Botík, 2007; Habáňová, 1991; Slobodová Nováková, 2014). Ich históriu výrazne poznačili udalosti, ktoré nastali po konci druhej svetovej vojny. Značná časť huncokárov musela vzhľadom na svoju nemeckú národnosť, nedobrovoľne opustiť svoje domovy a usadiť sa v Rakúsku či Nemecku. Tí, ktorí ostali aj naďalej žiť na Slovensku boli nútení prispôbiť sa novým celospoločenským podmienkam. Od druhej polovice 40. rokov 20. storočia tak došlo k rapidnému zániku väčšiny horských usadlostí (Krajčovič, 2021; Petránský, 2019).

S huncokármi do istej miery súvisela tiež genéza šajtárskej populácie. Historické okolnosti príchodu nemecky hovoriaceho obyvateľstva na teritórium Považského Inovca, venujúceho sa

lesným prácam spadajú do prelomu prvej a druhej polovice 19. storočia. Ich prítomnosť na území považskoinoveckého horstva mala súvis so spriemyslením tamojšej oblasti. Menovite dochádzalo k vzniku sklených hút, na ktorých chod boli okrem iného potrební aj drevorubači (Gratz, 1917; Krajčovič, 2024; Lendl, 1943). Pri samotnej výrobe skla sa totiž spotrebovalo množstvo palivového dreva (Kavuljak, 1942). Rovnako tak v uvedenom časovom horizonte nastalo vo východnej, resp. severovýchodnej časti považskoinoveckého pohoria zintenzívnenie ťažby dreva v priľahlých lesoch (Krajčovič, 2024; Lemeš, 2006). Šajtársku populáciu tvorili okrem prisťahovalcov z malokarpatských huncokarských rodín tiež osoby pôvodom z českých krajín a tuzemské obyvateľstvo (Krajčovič, 2024). Samotné pomenovanie šajtár vychádza zo súdobého označenia pre metrové drevo, siahovice – šajty, ktoré títo lesní robotníci pripravovali na ďalšie použitie (Marek, 2009). V nemeckom jazyku slovo das Scheit označuje poleno (Mrva, 1996).

Vo svojom príspevku sa zameriavam na tematiku nemecky hovoriacich handelcov. Počiatky osídlenia uvedenej skupiny obyvateľstva spadajú do obdobia raného novoveku, kedy jej príslušníci prichádzali na teritórium konkrétnych horských oblastí stredného Slovenska zo svojej alpskej domoviny (Botík, 2007; Krajčovič, 2023). Cieľom štúdie je koreláciou vybraných písomných materiálov plasticky opísať historickú genézu mnou skúmanej populácie a zaradiť ju do dejinného kontextu osídľovania Slovenska.

## 2. HISTÓRIA HANDELCOV

V období 16. storočia bolo nemecky hovoriacimi skupinami lesných robotníkov pochádzajúcich z alpských oblastí Salzburska a Štajerska osídľované údolie Čierneho a Bieleho Hrona. Ústredným motívom ich pozývania bola náprava neutešených pomerov tamojšieho lesného hospodárstva, ktorú spôsobilo kolonizovanie montánných oblastí, ako aj intenzívnejšia exploatácia drevnej hmoty pri rozvoji baníckeho a hutníckeho odvetvia (Botík, 2007). Jedna z povestí informuje o tom, že prvým osadníkom v tamojšej oblasti bol drevorubač menom Schwandtner, otec početného potomstva, ktorý si svoje obydlie založil na mieste, kde bystrina pretekajúca Veľkou dolinou ústila do Čierneho Hrona. Keďže tam postupne vzniklo skladisko drevnej hmoty, pomenovali ho Krám. V nemčine toto slovo (Krám, Kram) označuje obchod, skladové miesto (Stránsky, 1969).

Pre nemecké osídlenie v danej oblasti je dôležitý rok 1607. Dňa 11. júna toho roku vydal cisár Rudolf II. Habsburský, služobné pokyny pre vznik úradu lesného šafára so sídlom v Brezne. Nositeľ tejto funkcie bol nadriadený všetkým komorským lesníkom a poverený dozorom nad komorskými lesmi. Jeho povinnosťou bolo kontrolovať hospodárenie štyroch drevorubačských majstrov breznianskej oblasti, a to v Beňuši (Benusch), Čiernom Hrone (Schwartz Ronitz), Kamenistej (Steinwasser) a Osrblí (Zernpach), aby sa tak urobil koniec klamstvám a sporom pri vyplácaní miezd a naturálnych pôžitkov, čo znechucovalo najmä nemeckých lesných robotníkov (deutsche khnecht und guete arbeiter) (Stockmann, 2016; Tagányi, 1896).

Stály lesný robotník mal nárok na pastvu určitého počtu dobytky. Záviselo to od jeho pracovného zaradenia. Už v prvej polovici 17. storočia sa však jednotlivé horské osady rozrástli do takej miery, že osadníci svojou pastvou domácich zvierat spôsobovali pomerne veľké škody na lesnom poraste. Keďže hospodárenie v lesoch nebolo vždy ideálne, na elimináciu nedostatkov v rámci vyúčtovania drevárskych majstrov vysielala banská komora opakovane komisie (v 1635, 1638, 1653), ktoré podávali hlásenia a návrhy (Faško, 2020). Avšak za daného stavu fungovania a počtu lesného personálu mali iba zanedbateľný úspech. V tejto situácii (zlý stav lesov v stredoslovenskej banskej oblasti) vydal Ferdinand III. Habsburský, dňa 10. septembra 1653 šesťbodové nariadenie na záchranu kráľovských lesov (Stockmann, 2016; Tagányi, 1896).

Okolité tuzemská populácia týchto lesných pracovníkov nazývala termínom handecí (hangyelec). Na základe toho, v ktorej oblasti Hrona (Čierny či Biely) títo prisťahovalci žili, sa rozlišovali na čiernohandecov a bielo-handecov. Samotné pomenovanie handec má pôvod v nemeckých názvoch výrobného lesného systému (Holzhandlung, Ortshandlung). Okrem toho mohlo vychádzať z teritoriálneho označenia Handle, ktoré súviselo so správnu organizáciou oblasti, ktorá sa členila na drevárske obvody (Holz-Handlungen). Sporadicky sa pre handecov používalo tiež pomenovanie dingovníci, ktoré je odvodené z označenia profesionálnych skupín drevorubačov (ein wirkliche Geding Holzarbeiter, Gedingsarbeiter, Vorgedinger, Ding) (Botík, 2007). Medzi typické rodové mená lesných robotníkov žijúcich v okolí Čierneho Hrona patrili: Auxt, Dekret, Friedrich, Gürtl, Pepich, Schön, Stulreiter, Taxner (Dachsner) či Thurn. V oblasti Bieleho Hrona to boli: Czitrberg, Graus, Gruber, Laubert, Laurintz, Libitz, Nickel, Schawold, Schwandtner, Zibrin a iné (Stránsky, 1969).

Popri prisťahovalcoch z nemecky hovoriacich krajín boli v oblasti Hrona ako drevorubači zamestnávaní tiež Slováci z okolitých obcí. Za zmienku stojí konštatovanie, že podľa priezvisk drevorubačských majstrov, ktoré je možné identifikovať v písomnostiach zo 16. storočia, tak vedúcimi jednotlivých pracovných skupín (dingov) boli Nemci. Pri nich sa slovenskí robotníci následne zapracovávali do systému lesných prác (Stránsky, 1969). V neskoršom období mnohé nemecké rodiny Handle opustili v dôsledku protihabsburských povstaní v priebehu 17. storočia. Noví nemeckí kolonisti, ktorí by zaplnili miesto po odídenoch neprihádzali a postupne začalo dochádzať k asimilácii zvyšku nemeckej populácie (Stránsky, 1969; Ťažký, 1980).

### 3. HANDELCEI V DIELE BOŽENY NĚMCOVEJ

Plastický obraz o živote handecov ponúka dielo českej spisovateľky Boženy Němcovej z roku 1863 s názvom Slovenské pohádky: Z Uher. Zpomínky z cesty po Uhřích. Kraje a lesy ve Zvolensku (Němcová, 1863). Autorka územie súčasného Slovenska navštívila celkovo štyri razy v rokoch 1851 – 1855. Historicky je zdokumentované, že začiatkom septembra 1855 sa liečila na Sliači.

Svoju liečebnú kúru však obmedzila na minimum a väčšinu času venovala etnografickému výskumu. V druhej polovici septembra sa v sprievode slovenského spisovateľa Gustáva Kazimíra Zechentera Laskomerského presunula do Pohronia (Štěpánová, 2012). Počas tejto cesty navštívila ľud zvláštneho rázu, drevorubačov – handecov v okolí Čierneho Balogu (Němcová, 1863). Drevorubačské osídlenie rozdelila na dve skupiny: čiernohronské a beňušské. Čiernohronské územie ležalo okrem obce Sihla, oproti juhu, od východu na západ a zaberalo vyše 40 tisíc jutár lesa. Toho času tu malo žiť 1500 drevorubačov mužského pohlavia. Beňušské osídlenie, ktoré je de facto synonymom bielo-handelského teritória sa rozprestieralo nad pravým brehom Hrona, nad Breznom. Na juhu susedilo s Polhorským revírom. Východným smerom pri obci Bacúch hraničilo s Gemerom a tiež s coburgovskými lesmi. Končilo sa na severných kopcoch hôl, kde už začínalo Liptovské panstvo. Na západnej strane beňušské osídlenie hraničilo z časti s mestom Brezno, z časti so Štiavnickým revírom (Jarabá). Beňušskí drevorubači navyše obhospodarovali takmer o polovicu menej lesnej plochy než čiernohronci. Ich doliny však boli kratšie než tie na Čiernom Hrone a z tohto dôvodu sa u nich drevo ľahšie splavovalo (Němcová, 1863).

Němcová si rovnako tak všimla, že títo drevorubači, ktorí kolonizovali vyššie zalesnené polohy boli pôvodne Nemcami. V priebehu storočí a historického vývoja však došlo k ich postupnej asimilácii (Štěpánová, 2012). V jazyku drevorubačov – handecov, žijúcich pozdĺž Hrona severovýchodne od Brezna, ostali jednak relikty v podobe poslovenčeného názvoslovie viažuceho sa k ich profesii (hámrik, klufta, ding, šichta, šlog, zinkholz, griecpal), ako aj niektoré rodové mená. Z Němcovej textu vyplýva, že najdlhšie sa nemecké rodiny udržali na teritóriu Čiernych Handlov. Menovite spomenula týchto 10 priezvisk: Auxt, Dekret, Gürtl, Kliment, Schön, Schwandtner, Taxner, Schwarzbacher, Stuhlreiter a Thurn. Zároveň však priznala, že nositelia daných priezvisk, boli už v dobe písania jej práce (druhá polovica 19. storočia) slovakizovaní (Němcová, 1863).

Ďalej Němcová konštatovala, že drevorubači nepodliehali vrchnosti, ale priamo banskej komore a banskému-lesníckemu úradu. Nemohli sa venovať remeslám a hospodáriť na erárnej pôde (Němcová, 1863). Autorka mala vďaka informáciám z Balogskej kroniky, znalosti o právnych predpisoch, ktoré regulovali ich život v minulosti (Štěpánová, 2012). Polia obhospodarovali iba do nízkej miery a nekvalitne, pretože ich hlavnou obživou a pracovnou náplňou boli práce spojené s exploatáciou drevnej hmoty. Pestovali najmä ovos (aj na chlieb), zemiaky, kapustu a strukoviny. Ich jedálničiek bol jednoduchý. Uprednostňovala sa kvantita nad kvalitou (Němcová, 1863).

Architektúra drevorubačov bola jednoduchá, drevená. Nábytok a náradie muži vyrábali podomácky. Ostatné potreby sa kupovali od podomových obchodníkov (Němcová, 1863). Autorka taktiež nevynechala popis krojov pre obe pohlavia na rôzne príležitosti. Zaujal ju predovšetkým tvar ženského čepca, ktorý pripomínal Máriu Stuartku a doplnok mužského odevu, viacúčelové cedilo (cidilo = vlnená kapsa), ktoré slúžilo ako vak, vankúš, pokrývka či nosítka (Němcová, 1863; Štěpánová, 2012). Mužov Němcová vo všeobecnosti opísala ako silných, pekných, zdravých a dožívajúcich sa vysokého veku (Němcová, 1863). Ženy nepovažovala za príliš atraktívne a dokonca ani čistotné. Ospravedlnila to ich príliš tvrdou prácou, ktorú museli vykonávať. Často sa stávalo, že dlhú dobu ostávali bez hospodára (muža) a museli si tak osamotené poradiť v najrôznejších situáciách (Němcová, 1863; Štěpánová, 2012).

Cyklus lesných prác Němcová označila za vysoko sofistikovaný. Lesní robotníci boli rozdelení do osemčlenných skupín a každý z členov mal presne vymedzené kompetencie podľa veku, fyzickej



spôsobilosti a skúsenosti (Němcová, 1863; Štěpánová, 2012). Jarná časť prác začínala v máji. Muži vtedy odchádzali na rúbaniská, predom určené štíavnickým banským-lesným úradom. Oblasť bola vymedzená zásekmi na hraničných stromoch. Následne si drevorubači založili ohniská (tzv. večný oheň), vybudovali budy na nocľah a začali rúbať stromy. Tento cyklus prác trval od začiatku mája do konca júla (Od Jakuba do Jakuba) (Němcová, 1863). Pracovný deň sa riadil podľa slnka či jednotlivých fáz mesiaca. V spojení s prírodou dokázali handelci podľa autorky dokonca predpovedať počasie podľa najrôznejších úkazov. Neskôr v auguste a septembri sa muži doma venovali poľným prácam a rôznym opravám v rámci hospodárstva. Koncom septembra prebiehala sezóna lovu na medveďa, čo predstavovalo najobľúbenejšiu zábavu, ku ktorej sa viazalo viacero folklórnych podaní (Němcová, 1863; Štěpánová, 2012).

Začiatkom októbra sa handelci opäť sťahovali do lesov. Ich úlohou vtedy bola oprava žľabov na približovanie dreva a príprava klád určených k transportu. To trvalo do obdobia prvého snehu a potom nasledovala najťažšia časť, spúšťanie kmeňov stromov do doliny (Němcová, 1863; Štěpánová, 2012). Práce neraz prebiehali v noci, za mesačného svitu, v mrazoch, aj napriek hroziacim úrazom. Približované drevo sa v doline narovnávalo a nastávalo kálanie, štiepanie kmeňov. Tento proces trval približne do konca marca. Potom sa dostavil úradník, ktorý takto spracovanú drevnú hmotu premeral, vyhodnotil a následne zaň zaplatil. Keď sa oteplilo a stúpila hladina Hrona, bolo ešte potrebné dokončiť prácu. Handelci drevo zvalili do rieky, aby sa splavilo do nížiny k ďalšiemu spracovaniu. Časť dreva určeného pre stavebné účely sa upravila do plti, na ktorých bolo možné prepravovať ďalšie suroviny. Táto tzv. plávačka (v originálnom texte plavačka) trvala do konca apríla a v máji začínal hore ďalší pracovný cyklus. Týmto spôsobom strávili lesní pracovníci tri štvrtiny svojho života v lese, uzatvorila Němcová svoj text (Němcová, 1863; Štěpánová, 2012).

#### 4. ZÁVER

Teritórium súčasného Slovenska bolo od dávnych čias miestom stretu viacerých kultúr a etník, čo sa výraznou mierou odrazilo v jeho multietnickom charaktere. K nim patrila aj nemecky hovoriaca populácia. Jej členovia v priebehu jednotlivých dekád a storočí vytvorili niekoľko osobitných diaspór, ktoré sa od seba navzájom odlišovali z profesijného, konfesijného i nárečového aspektu. Súčasťou nemecky hovoriaceho obyvateľstva boli tiež členovia etnografickej skupiny, úzko zameranej na prácu v lesnom hospodárstve – handelci, obývajúci svojho času montánne oblasti Čierneho a Bieleho Hrona. Svoju etnickú a kultúrnu osobitosť si dokázali udržať približne jedno storočie, keďže postupne došlo k ich splynutiu s miestnou, prevažne slovenskou populáciou. Zaujímavý opis každodenného života (práca, zvyky, kultúra) už asimilovaných handelcov sa nachádza v dobovej publikácii českej autorky Boženy Němcovej.

#### Zdroje

- BERANEK, F. J. *Die deutsche Besiedlung des Pressburger Grossgaus*. München: Verlag Max Schick, 1941. 91 s.
- BOTÍK, J. *Etnická história Slovenska. K problematike etnicity, etnickej identity, multietnického Slovenska a zahraničných Slovákov*. Bratislava: Lúč, 2007. 231 s. ISBN 978-80-7114-650-6.
- FAŠKO, B. Z histórie Beňuša 6. Handle v 17. storočí. In: *Beňušan*, 2020, roč. 5, č. 1, s. 8. ISSN 2453-8604.
- GRATZ, G. *Industrie und Handel*. In: BERZEVICZY, A. (ed.). *Ungarn: Land und Volk, Geschichte, Staatsrecht, Verwaltung und Rechtspflege, Landwirtschaft, Industrie und Handel, Schulwesen, Wissenschaftliches Leben, Literatur, Bildende Künste*. Budapest: Verlag des Franklin Verein, 1917. 471 s.
- GROTHER, H. *Das Deutsche Volkstum der Slowakei in Vergangenheit und Gegenwart. Eine volks-, siedlungs-, und kulturkundliche Skizze*. München - Starnberg: Verlag Dr. Hugo Grothe, 1943. 127 s.
- HABÁŇOVÁ, G. K niektorým problémom hodnotových orientácií skupiny horských drevorubačov „Huncokárov“ v Malých Karpatoch. In: RATICA, D. (ed.). *Kontinuita a konflikt hodnôt každodennej kultúry*. Bratislava: Národopisný ústav SAV, 1991. 145 s.
- KAVULJAK, A. *Dejiny lesníctva a drevárstva na Slovensku*. Bratislava: Lesnícka a drevárska ústredňa, 1942. 244 s.
- KRAJČOVIČ, P. *História nemeckého obyvateľstva na Slovensku: Vysokoškolský učebný text*. Trnava: Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave, 2023. 162 s. ISBN 978-80-572-0393-3.
- KRAJČOVIČ, P. *Huncokári – každodenný život zaniknutej minority*. Bratislava: Slovenské národné múzeum – Múzeum kultúry karpatských Nemcov, 2021. 184 s. ISBN 978-80-8060-517-9.
- KRAJČOVIČ, P. *Holzackerland. Slovenské pohoria ako životný priestor nemecky hovoriacich drevorubačov – huncokárov*. Trnava: Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave, 2024. 379 s. ISBN 978-80-572-0433-6.
- LEMEŠ, V. Osada a polesie Kulháň. In: GREŽDOVÁ, H. (ed.). *Zlatníky: prírodopis, história, súčasnosť*. Zlatníky: Obecny úrad Zlatníky, 2006. 176 s. ISBN 80-969497-8-0.
- LENDL, E. Die neuzeitlichen deutschen Siedlungsbewegungen in den Westkarpatenländern. In: BERANEK, F. J. (ed.). *Deutschtumsfragen im Nordkarpatenraum*. Kásmark: Roland-Verlag, 1943. 190 s.
- MAREK, M. *Moravany nad Váhom. Od najstarších čias po dnešok*. Moravany nad Váhom: Obecny úrad Moravany nad Váhom, 2009. 349 s. ISBN 978-80-89172-12-2.
- MRVA, I. *Hrádok nad Váhom*. Bratislava: Alfa-press, 1996. 145 s. ISBN 80-88811-48-1.
- NĚMCOVÁ, B. *Slovenské pohádky: Z Uher. Zpomínky z cesty po Uhrích. Kraje a lesy ve Zvolensku*. Litomyšl – Praha: Antonín Augusta, 1863. 252 s.
- PETRANSKÝ, I. A. Perzekúcie nemeckých drevorubačov v Modre v rokoch 1945 – 1950. In: *Studia Historica Nitriensia*, 2019, roč. 23, č. 2, s. 488-507. ISSN 1338-7219.
- SLOBODOVÁ NOVÁKOVÁ, K. Study Possibilities of Present-Day Ethnic Revitalization of German Woodsmen in the Little Carpathians. In: *Ethnologia Actualis*, 2014, roč. 14, č. 2, s. 97-108. ISSN 1339-7877.
- STOCKMANN, V. *Dejiny lesníctva na Slovensku. Chronológia dejinných udalostí v oblasti ochrany lesa, vývoja štátnej správy lesného hospodárstva a vývoja štátnych organizácií lesného hospodárstva*. Bratislava – Banská Bystrica: Lesy Slovenskej republiky, 2016. 1022 s. ISBN 978-80-972204-2-6.
- STRÁNSKY, A. *Drevorubači na Čiernom Hrone na rozhraní XVIII. a XIX. storočia*. Banská Bystrica: Stredoslovenské vydavateľstvo, 1969. 305 s.
- ŠTĚPÁNOVÁ, I. Slovenské obrazy Boženy Němcové. In: *Český lid*, 2012, roč. 99, č. 3, s. 281-298. ISSN 2570-9216.
- TAGÁNYI, K. *Magyar erdészeti oklevéltár. Magyarország ezredéves fennállásának emlékére. Kiadja az Országos Erdészeti Egyesület I. Kötet 1015 – 1742*. Budapest: Pátria, 1896. 735 s.
- ŤAŽKÝ, L. Uhliari a drevorubači na Čiernom Balogu. In: *Slovenský národopis*, 1980, roč. 28, č. 2, s. 293-307. ISSN 1339-9357.

# Habáni optikou Malokarpatských pamiatok

Pavol Krajčovič<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra historických vied a stredo európskych štúdií. Filozofická fakulta, Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave; Námestie Jozefa Herdu 2, 917 01 Trnava; pavol.krajcovic@ucm.sk

Grant: VEGA 1/0231/23

Název grantu: Priestorové diferenciácie prirodzeného pohybu obyvateľstva na Slovensku od konca 19. storočia do konca 20. rokov 20. storočia.

Oborové zamčrení: AB - Džiny

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

**Abstrakt** Predkladaná štúdia sa zaoberá vybranými národopisnými poznatkami o komunite nemecky hovoriacich anabaptistov - habánov z obdobia 19. storočia. Práve v tejto časovej perióde vzniklo v rámci uhorského národopisu niekoľko publikácií, ktoré sa do značnej miery zaoberali národnosťou a etnickou štruktúrou obyvateľstva Uhorska. Cieľom môjho príspevku je menovite analýza práce Pála Jedlicsku (1844 – 1917). V jeho dvojvázkovom diele Malokarpatské pamiatky (Kiskárpáti emlékek) sa totiž popri inom nachádzajú aj zaujímavé poznatky o skúmanej habánskej populácii.

**Kľúčová slova** história, habáni, anabaptizmus, Malokarpatské pamiatky, Pál Jedlicska

## 1. ÚVOD

Za súčasť nemecky hovoriacej populácie, ktorá v minulosti žila na slovenskom území sú považovaní aj habáni. Je to etnonymické pomenovanie pre jednu z anabaptistických (novokrstenských) skupín, ktorej príslušníci vo všeobecnosti pochádzali z územia terajšieho Švajčiarska či Tirolska (Horváthová, 2002; Pöss, 2002). V priebehu 16. storočia sa začali usádzať na južnej Morave a neskôr aj na západnom Slovensku. Ich najznámejšie usadlosti sa nachádzali predovšetkým na Záhorí (Sobotište, Veľké Leváre, Moravský Svätý Ján). Osídlili však aj oblasť východnej strany malokarpatského pohoria (Častá, Horné Orešany, Košolná, Chtelnica) a prenikli dokonca aj na územie v údolí rieky Váh (Dubnica, Soblahov, Trenčianska Teplá). Na základe ich zmyslu pre združovanie sa, ktorý vychádzal z ich viery, vytvárali spoločné sídla tzv. dvory (Horváthová, 2002; Rainer, 1985).

Popri mnohých remeslách boli habáni známi najmä výrobou kvalitnej keramiky, kovových predmetov, spracovávaním kože a súkna. Vzhľadom na vysokú kvalitatívnu a technologickú kvalitu svojich remeselných výrobkov sa stali významným zdrojom príjmov pre feudálne panstvá, na ktorých mali povolené sídliť. Vrchnosť im povolila zriadiť si vlastnú náboženskú, obecnú a školskú samosprávu (Đurkovská, 2007). Z dôvodu mnohých vojenských konfliktov, počas ktorých boli habánske sídla niekoľkokrát vyrabované a taktiež náboženských perzekúcií (protireformácia), začali postupne jednotlivé habánske usadlosti zanikať. Značná časť členov habánskej komunity sa rozhodla v 18. storočí opustiť územie

západného Slovenska a presúvala sa do Sedmohradska, južného Ruska, Kanady či Spojených štátov amerických. Na prelome 19. a 20. storočia už boli habáni, ktorí ostali aj naďalej žiť na Slovensku, takmer úplne asimilovaní so slovenským obyvateľstvom (Rainer, 1985). Napriek tomu však ešte v prvej polovici 20. storočia existovali explicitne na troch lokalitách v rámci Záhoria (Veľké Leváre, Sobotište, Moravský Svätý Ján) habánske dvory. Žili tu potomkovia habánskeho obyvateľstva s istou formou vlastnej samosprávy (Beblavý, 1934; Beranek, 1941).

V rámci môjho príspevku sa zameriavam na analýzu a interpretáciu poznatkov, ktoré pochádzajú z diela Pála Jedlicsku. V jeho dvojvázkovom diele Malokarpatské pamiatky (Kiskárpáti emlékek) sa totiž okrem iných údajov etnografického charakteru, nachádzajú aj dôležité poznatky o usadlostiach, spôsobe každodenného života a histórii habánskeho obyvateľstva. Metodický postup mojej práce pozostáva predovšetkým zo získavania a triedenia historických prameňov a informácií (heuristika), ich následnej kritickej analýzy a interpretácie. Z hľadiska môjho výskumu je kritická analýza dôležitým prvkom pri skúmaní objektívnej historickej reality, keďže skúmané dielo mohlo byť ovplyvnené vtedajšími dobovými reáliami (napríklad stereotypy etnického a náboženského charakteru).

## 2. MALOKARPATSKÉ PAMIATKY

Nepochybne dôležitou osobnosťou uhorskej odbornej spisby 19. storočia bol regionálny historik, zberateľ, pamiatkar, archeológ či dokonca neskorší pápežský prelát Pál Jedlicska (Pavol Jedlička). Počas svojho kňazského pôsobenia v Častej sa začal intenzívne zaujímať o regionálne dejiny. Odrazom toho je jeho štúdia z roku 1868 o častianskych pamätihodnostiach, ktorú vydal v maďarsky písanom periodiku Uhorský Sion (Magyar Sion) (Jedlicska, 1868). Pomerne prehliadaným faktom však je, že Jedlicska vydal aj dva hodnotné registáre. V prvom z roku 1897, ktorý nesie názov Rábsky hrdina Mikuláš Pálfi a jeho doba 1552 – 1600 (Adatok erdődi báró Pálffy Miklós a győri hősnek életrajza és korához 1552 – 1600) uviedol stručné obsahy celkovo 1160 listín. Pochádzali prevažne z archívu červenokamenskej línie Pálfičov (Jedlicska, 1897). V roku 1910 vydal v Budapešti registár s názvom Originálne úryvky z listinnej zbierky Pálfičov 1401 – 1653 a ich životopisy (Eredeti részletek gróf Pálffy-család okmánytárához 1401 – 1653 s gróf Pálffyak életrajzi vázlatái). Táto práca obsahuje 1109 stručných

obsahov listín, ktoré väčšinou pochádzali z rodového archívu Pálfiovcov (Jedlicska, 1910).

V slovenskom prostredí je najznámejším dielom Pála Jedlicsku dvojzväzková historická publikácia Malokarpatské pamiatky (Kiskárpáti emlékek). Prvý zväzok vyšiel v roku 1882 a nesie podtitul *Od Červeného Kameňa po Smolenice (Vöröskötöl-Szomolányig)* (Jedlicska, 1882). Druhá časť z roku 1891 má podtitul *Od Ostrého Kameňa po Nové Mesto nad Váhom (Éleskötöl-Vágújhelyig)* (Jedlicska, 1891). V oboch zväzkoch Malokarpatských pamiatok sú zachytené dejiny hradných panstiev, ich majiteľov, poddanských obcí a mestečiek. Pri písaní práce Jedlicska využil rôznorodé písomné pramene pochádzajúce z viacerých archívov. Mnohé poznatky však získal aj prostredníctvom terénneho pozorovania.

Dielo Malokarpatské pamiatky je prínosné aj z etnografického hľadiska. V časti z roku 1882 sa nachádza opis dvoch, v tom čase už neexistujúcich habánskych usadlostí nachádzajúcich sa v Košolnej a Vlčkovciach. Poznatky o nich získal Jedlicska z nemecky písanej kroniky, ktorej autorom bol Ján Čederla a bola majetkom dechtického notára (Jedlicska, 1882). Na základe informácií z tejto kroniky zo 17. storočia Jedlicska konštatoval, že prvé správy o habánoch v Košolnej sú z roku 1626. Mal tu byť zapísaný aj údaj o tom, že v októbri toho roku (1626) museli tam žijúci anabaptisti spolu so svojimi súvercami z Vlčkoviec opustiť na tri mesiace svoje obydlia z dôvodu rabujúcej cisárskej jazdy. Vojaci, ktorí prenikli do Košolnej dokonca habánom odcudzili osem kusov dobytku a dva kone. Okrem toho podpálili aj ich stodoly a príbytky. Tu sa však drancujúce vojsko nezastavilo. Vlčkovskí habáni zas zo strachu pred armádou, ktorá mierila smerom k Šintave, utiekli do Trnavy a na Červený Kameň (Jedlicska, 1882).

Jedlicska však konštatoval, že v tomto období (17. storočie) bola veľká časť vlčkovských habánov vyhubená Turkami. V Čederleho kronike boli zapísané rozsiahle informácie o turecko-tatárskom útoku, ktorý sa odohral 3. septembra 1663 medzi desiatou až jedenástou hodinou predpoludním. Anabaptisti boli prekvapení rýchlym útokom. Niektorí boli zabití a štyridsiatich troch vzali do otroctva. Preživší sa ukryli na poliach a pri jazere a neskôr našli útočisko na Červenom Kameni. Tu mali žiť vyše roka v značnej biede. Počas rabovania vlčkovského habánskeho dvora útočníci ukoristili osem koní, dvadsaťštyri kusov hovädzieho dobytku a štyristo päťdesiat oviec. Navyše 6. septembra tu vypukol požiar a dvor bol úplne zničený. V dobe písania práce (druhá polovica 19. storočia) sa už podľa Jedlicsku pamiatka na habánov z kolektívnej pamäte miestneho obyvateľstva Vlčkoviec postupne vytratila. Ostala len vedomosť o mieste, kde sa nachádzal ich dvor (Jedlicska, 1882).

Pri zisťovaní informácií o habánoch sa Jedlicska zamerával aj na výskum matrik. Podľa jeho tvrdenia bolo možné v matričných záznamoch obce Suchá nad Parnou z rokov 1637 – 1716, identifikovať niektoré mená rekatolizovaných anabaptistov z Košolnej. Ktoré osoby to boli však nevedel. Zaujímavá je aj zmienka o habánskom dvore v tejto obci (Košolná). Nachádzal sa v severnej časti dediny, vedľa mlyna. Ešte v 19. storočí vraj miestne obyvateľstvo túto lokalitu poznalo pod pomenovaním habánsky dvor. V istom období mala byť anabaptistom jeho správa odňatá a na ich miesto boli prizvaní migranti z Čiech, Moravy a Sliezska. Zaznamenal taktiež maďarské a slovenské pomenovanie pre dvory: anabaptista udvarnak, resp. habánsky dvór. Za najvýznamnejšie habánske usadlosti však Jedlicska považoval tie, ktoré boli v Sobotišti a Veľkých Levároch (Jedlicska, 1882).

Pri zmienke o náboženskom živote novokrstencov, Jedlicska uviedol stručný údaj týkajúci sa minulosti všetkých habánskych usadlostí. Najvýznamnejšími osobami na čele jednotlivých habánskych dvorov

boli duchovní vodcovia – kazatelia. Tieto osoby mali zároveň aj sudcovské právomoci a spravovali rozličné administratívne záležitosti. Habáni z Košolnej však podľa neho neboli početní a preto si nemohli dovoliť financovať vlastného duchovného predstaviteľa (Jedlicska, 1882).

Na inom mieste textu Jedlicska spomína aj jedno z typických habánskych remesiel – hrnčiarstvo. Podľa neho bolo pravdepodobné, že práve v Košolnej kedysi toto remeslo (hrnčiarstvo) mimoriadne prekvitalo. V súkromných zbierkach niektorých ľudí sa totiž zachovalo značné množstvo rozličnej habánskej keramiky, ktorá mala podľa ústnej tradície pochádzať z Košolnej. Dokonca sa medzi miestnym vidieckym obyvateľstvom udržalo povedomie o tom, že v Košolnej sa vyrábali tie najkrajšie hrnčiarске výrobky (Jedlicska, 1882).

Najväčší priestor venoval Jedlicska habánom v druhom zväzku Malokarpatských pamiatok. Na približne troch stranách sa venoval takmer výlučne anabaptistom žijúcim v Dehticiach. Domnieval sa, že počiatky habánskeho osídlenia v tejto obci možno siahali až do prvej polovice 16. storočia. Opieral sa o list grófa Tomáša Erdődyho, ktorý bol napísaný v Smoleniciach 23. mája 1606. Nachádzal sa v ňom údaj od dechtického farára Alberta Bohdanovského (Bogdanóczi), podľa ktorého dávnejšie v čase kacírskych farárov (régente az eretnek plébánosok) sediaci odcudzili obom dechtickým kostolom niekoľko pozemkov. Táto správa bola pre Jedlicsku dôkazom, že už začiatkom 16. storočia sa mali v Dehticiach nachádzať protestantskí duchovní. Nebol si však istý, či sa jednalo priamo o anabaptistov, alebo inú skupinu protestantov (Jedlicska, 1891).

O histórii dechtických habánov mal Jedlicska k dispozícii viacero údajov. Pevne sa tu usadili v roku 1626. Na základe informácií z erdődyovského archívu v Chtelnici im bol do užívania daný dom. Viazalo sa to však na rôzne protislužby. Pravdepodobne sa jednalo o časť zisku z ich remeselnej práce. V roku 1650 mali od grófký Alžbety Erdődyovej prenajatú časť kaštieľa v neďalekej Chtelnici. Zároveň boli v tom istom období v Dehticiach usadení v prenajatom dome od grófký Judity Amádeovej. Niektoré majetky mali aj v obciach Kátlovce, Horné Dubové, Kočín (dnes Kočín-Lančár) a Šterusy (Jedlicska, 1891).

Písomné správy z neskoršieho obdobia, ktoré Jedlicska zaznamenal, už svedčia o tom, že sa v Dehticiach v druhej polovici 17. storočia vytvorila kompaktná habánska komunita. K roku 1663 napríklad uviedol, že z tohto obdobia pochádza záznam o habánskom dvore. Správy o ňom pochádzajú aj z 18. storočia. Konkrétne zo závetu grófa a zároveň krajinského sudcu Juraja Erdődyho (Jedlicska, 1891). Jedlicska opísal aj lokalizáciu habánskeho dvora. Nachádzal sa na severovýchodnej strane obce. Jeho autonómne postavenie v rámci Dehtíc je evidentné podľa toho, že tento dvor bol od nehabánskej populácie oddelený tokom potoka Blava (Jedlicska, 1891). Domy, ktoré boli súčasťou dvora, boli podľa Jedlicsku ešte v blízkej minulosti v pôvodnom stave. Boli typické tým, že mali vybudované obývatel'né podkrovie. Na inom mieste textu Jedlicska vyzdvihol odolnosť habánskych stiech, ktoré boli vyrábané zo slamy a blata. Mali životnosť sto rokov a boli dokonca ohňovzdorné (Jedlicska, 1891).

Pri zmienke o remeslách, Jedlicska zaznamenal, že habáni z Dehtíc sa venovali predovšetkým hrnčiarstvu a do istej miery aj čižmárstvu (csizmadia). Zapísal však aj všeobecný údaj, vzťahujúci sa na všetky habány na Slovensku. Podľa neho sa medzi členmi tejto komunity našli všetky typy remeselníkov. Menovite to boli najmä krajčír, obuvníci, nožiari, súkenníci a hrnčiar. Znakom ich prísnej disciplíny bolo to, že počas výkonu takmer vôbec nerozprávali (Jedlicska, 1891).



Pomerne podrobne sa Jedlicska venoval aj habánskemu vierovyznaniu. Anabaptisti na základe jeho tvrdenia uznávali len krst, ktorý sa konal v dospelosti. Krsty novorodencov považovali za neplatné. Každá habánska usadlosť mala osobu, ktorá bola určená na šírenie Božieho slova. Tento náboženský predstaviteľ bol volený spomedzi tzv. starších bratov a mal na starosti náboženský život členov svojej komunity. Súčasťou toho bolo napríklad krštenie či vzdelávanie ostatných starších bratov v otázkach viery. Hlásal prijímanie pod obojakým spôsobom a ak bol náhodou vyučený v nejakom remesle, tak sa venoval aj tejto svetskej stránke každodenného života. Zároveň mali Anabaptisti žijúci v rámci jedného obvodu (viacero dvorov) aj hlavného duchovného, ktorému prislúchali aj najvyššie svetské právomoci. Podľa Jedlicsku bolo jeho postavenie možné prirovnať ku katolíckemu biskupovi (Jedlicska, 1891).

Počiatky formovania anabaptizmu bolo podľa Jedlicsku možné datovať do obdobia života niekoľkých významných teológov a zároveň reformátorov. Konkrétne sa jednalo o Tomáša Münzera, Martina Cellariusu a Mikuláša Storchu. Svoje učenie mali najprv hlásať v Sasku, konkrétne v meste Zwickau. Odtiaľ sa následne tieto reformné myšlienky rozšírili do Švajčiarska a južného Nemecka. Neskôr sa objavili aj v Čechách a na Morave. Hlavným pilierom anabaptizmu bola na základe Jedlicskovho tvrdenia, správa spoločného majetku. Práve kvôli rovnostárskemu spôsobu života boli anabaptisti častým objektom rôznych perzekúcií, keďže ním mali narušovať autoritu jednotlivých vrchností. Zároveň odmietali modlárstvo, čiže uctievanie rôznych sôch a obrazov (Jedlicska, 1891).

### 3. ZÁVER

Napriek tomu, že najrozsiahlejšie informácie o habánoch na Slovensku je možné nájsť predovšetkým v odbornej spisbe z 20. storočia, do istej miery sa im venovali aj autori píšuci v skorších obdobiach. V 18. a 19. storočí vzniklo celé množstvo obsahovo rozsiahlych národopisných prác. Tie sa z veľkej časti venovali popisu jednotlivých národností, etník a etnografických skupín, žijúcich na území vtedajšieho Uhorska. Neoddeliteľnou súčasťou vtedajšej uhorskej odbornej spisby bol aj Pál Jedlicska. V jeho dvojzväzkovej publikácii sú popri inom uvedené dôležité poznatky týkajúce sa habánskeho osídlenia na Slovensku.

V prvom zväzku z roku 1882 sa Jedlicska zamerával na osudy habánov z Košolnej a Vlčkoviec v 17. storočí. Zachytil konkrétne poznatky o tom, ako boli z dôvodu početných útokov rabujúcich armád (turecko-tatárske vojsko, cisárska jazda), ich dvory drancované. Vlčkovský dvor bol dokonca v roku 1663 úplne zničený. Zaujímavé je aj Jedlicskovo pojednanie o hrnčiarskosti. Ešte v druhej polovici 19. storočia sa v kolektívnej pamäti miestneho obyvateľstva zachovalo povedomie o tom, že hrnčiarske výrobky z Košolnej boli najkrajšie.

V druhom zväzku Malokarpatských pamiatok, kde sa objavujú takmer výlučne informácie o dechtických habánoch, je pomerne

detailne popísaný ich náboženský život. Zapísané poznatky sa však vzťahovali na všetkých anabaptistov. Počiatky formovania ich viery bolo možné podľa Jedlicsku lokalizovať do Saska. Každý habánsky dvor mal svojho vlastného duchovného predstaviteľa, ktorý mal na starosti náboženský život danej usadlosti. Krstil, vzdelával svojich súvercov v oblasti viery a prijímal pod obojakým spôsobom. Okrem toho boli habáni odporcami modlárstva.

### Zdroje

1. BEBLAVÝ, M. Sobotišťe. In: *Devín*, 1934, roč. 3, č. 4, s. 54-55.
2. BERANEK, F. J. *Die deutsche Besiedlung des Pressburger Grossgaus*. München: Verlag Max Schick, 1941. 91 s.
3. ĎURKOVSKÁ, M. História nemeckého osídlenia na území Slovenska do začiatku 19. storočia. In: *Človek a spoločnosť*, 2007, roč. 10, č. 2, s. 1-11. ISSN 1335-3608.
4. HORVÁTHOVÁ, M. *Nemci na Slovensku: etnokultúrne tradície z aspektu osídlenia, remesiel a odievania*. Komárno: Fórum inštitút pre výskum menšín, 2002. 123 s. ISBN 80-8062-152-7.
5. JEDLICKSKA, P. Vöröskő vára s történeti emlékei. In: *Magyar Sion*, 1868, roč. 6, č. 1, s. 194-202.
6. JEDLICKSKA, P. *Kiskárpáti emlékek. Vöröskőtől-Szomolányig: Hely és művelődéstörténeti tanulmány*. Budapest: Nyomatott a Hunyadi Mátyás Intézetben, 1882. 343 s.
7. JEDLICKSKA, P. *Kiskárpáti emlékek. Éleskötől-Vágujhelyig: Hely és művelődéstörténeti tanulmány*. Eger: Nyomatott az Érseki Lyceumi könyvnyomdában, 1891. 590 s.
8. JEDLICKSKA, P. *Adatok erdődi báró Pálffy Miklós a győri hősnek életrajza és korához 1552 – 1600*. Eger: Az Érseki Lyceum, 1897. 820 s.
9. JEDLICKSKA, P. *Eredeti részletek gróf Pálffy-család okmánytárához (1401 – 1653) s gróf Pálffyák életrajzi vázlatai*. Budapest: Stephaneum, 1910. 760 s.
10. PÖSS, O. Karpatskí Nemci. In: *História*, 2002, roč. 2, č. 6, s. 17-19. ISSN 1335-8316.
11. RAINER, R. *Pressburger Land und Leute. Die Deutsche Siedlungsgeschichte des Pressburgerlandes. Bilder von Alt-Pressburg. 2. vermehrte Auflage*. Wien: Verlag der Karpatendeutschen Landsmannschaft in Österreich, 1985. 109 s.



# Inkluzívna edukácia a profesijná reflexia učiteľa - spojitelné koncepty?

Michal Novocký<sup>1</sup>  
Renáta Orosová<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Katedra pedagogiky, Filozofická fakulta, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach; Moyzesova 9, 040 01 Košice; michal.novocky@upjs.sk

<sup>2</sup>Katedra pedagogiky, Filozofická fakulta, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach; Moyzesova 9, 040 01 Košice; renata.orosova@upjs.sk

Grant: VVGS-2022-2441, KEGA 013UPJŠ-4/2023

Názov grantu: Adaptácia škály The Teacher Efficacy for Inclusive Practices pre autodiagnostikovanie profesijnej zdatnosti realizovať inkluzívnu edukáciu; Implementácia simulačných stratégií rozvíjajúcich reflexívne kompetencie študentov učiteľstva do prezenčnej a dištančnej formy praktickej profesijnej prípravy.

Odborové zameranie: AM – Pedagogika a školstvo

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

**Abstrakt** Cieľom príspevku je poukázať na vzťah inkluzívnej edukácie a profesijnej reflexie, ktoré predstavujú rozhodujúce fundamenty pre vznik modernej školy prihliadajúcej na rozvoj žiaka a učiteľa. Ich východiskom je koncepcia humanisticky orientovanej edukácie, ktorá pertraktuje, že výchova a vzdelávanie, pokiaľ sa majú reálne podieľať na utváraní školy v zmysle učiaceho sa spoločenstva postaveného na diverzite edukačných potrieb každého aktéra vzdelávania, nesmú podľahnúť tlaku na hermetickú limitáciu cez normy posilňujúce unifikáciu pohľadu na najvhodnejší model edukácie. V záujme strániť sa edukačného formalizmu musí pedagogika hľadať spôsoby, aby sa sama pred sebou chránila, neupadnúc do aplikovania súboru pravidiel uberajúcich na jej skutočnej hodnote spočívajúcej v etickej rovine, kedy učiteľ a žiak zakaždým objavujú možnosti k naplneniu požiadaviek vo vzdelávacích zámeroch. Bavíme sa o pilieroch tvoriacich expanzívny model škôl (Topping & Maloney, 2005) vysporiadavajúcich sa s nárokmi verejnosti na akceptovanie rozdielov detí a mládeže. To dokáže naostatok pozmeniť práprava učiteľov dôvodiaci v prospech realizácie reflexívnej výučby.

**Kľúčové slová** inkluzívna edukácia, profesijná reflexia, učiteľ, žiak

## 1. ÚVOD

Hodnotiac najväčšie epochy v dejinách ľudstva, v každej z nich možno pozorovať úsilie o vymedzenie obrazu človeka v edukácii, kde sa poukazuje na jeho dôstojnosť a rozvíjanie tých atribútov, ktoré sú mu ako originálnej individualite vlastné. O období humanizmu a renesancie je známe, že sa vo výchove konečne začína objavovať dieťa nielen v pozícii mladého človeka, ale hlavne disponuje osobitým vnímaním sveta. Obdobie osvietenstva figuruje v historickom vedomí spoločnosti pod názvom storočie pedagogiky, kedy jeho poprední myslitelia (napr. Diderot, Lavoisier) písali o nevyhnutnosti povinnej školskej dochádzky a laicizácii poznatkov prezentovaných žiakom v školách (Srogoň et al., 1981). V 19. storočí pedagogika získala status vedy a na jeho konci pomaly vzniká reformné hnutie vyhranivšie sa voči herbartovskej pedagogike, brániac osobnosť dieťaťa pred manipuláciou, a v 20. storočí sa do popredia dostávajú aj alternatívne pedagogické koncepcie s rozpracovanými filozofiami výchovy, kde sa centrom, okolo ktorého sa hýbu edukačné ciele a prostriedky, stáva žiak s

jeho výchovnými a vzdelávacími potrebami (Kasper & Kasperová, 2008). Na uvedených východiskách stojí tiež koncepcia humanisticky orientovanej edukácie (jednou z jej podôb je apropro inkluzívna edukácia), ktorá zásadne reviduje pohľad na 4 hlavné dimenzie výučby a výchovno-vzdelávacej činnosti.

Prvou z nich je dimenzia vzťahová, ktorá hovorí o zmene roly tak na strane učiteľa, ako aj žiaka. Učiteľ už nie je ten, ktorý žiakovi sprostredkováva definitívne poznanie sveta, javov odohrávajúcich sa v prírode a spoločnosti, ale žiaka naopak prizýva k spolupráci a aktivite vo výučbe, poukazujúc na to, že skutočné učenie sa závisí od komunikácie preberaného učiva a spôsobov, akými obaja aktéri pristupujú ku konštruovaniu sveta a jeho významov. Kým učiteľ vystupuje v pozícii facilitátora, ktorý pre žiaka utvára učebné prostredie a podnecuje ho k činnostiam prostredníctvom vnútornej motivácie, žiak prechádza do pozície bádateľa, kedy sa rozhodujúcim stáva sebariadené vzdelávanie. Ide o to, aby sme od heteronómnej výchovy smerovali k výchove slobodnej a autentickej osobnosti žiaka (autonómnej výchove), ktorý si je vedomý svojich obmedzení a dokáže nájsť zdroje na ich prekonanie. Princíp výkonu a vecnosti má byť kompenzovaný princípom náklonnosti, avšak, a na to netreba zabúdať, nesmie ho úplne nahradiť. Utváranie skutočného partnerského vzťahu sa nezaobíde bez vyjadrovania rešpektu medzi učiteľom a žiakom, ktorý má autorita učiteľa a odkázanosť žiaka na jeho kvalifikovanosť a profesionalitu posilniť.

Druhou z nich je zase dimenzia cieľová, kde sa zdôrazňuje potreba určenia a vymedzenia takých zámerov výchovy, ktoré by zahŕňali požiadavky spoločnosti a zároveň by boli pre žiaka jedným z dôvodov (motívov) pre vzdelávanie a sebarozvoj. Ciele výchovy by sa mali utvárať tak, aby komplexne pokryli potenciál žiaka, ktorý smeruje k mnohostranne rozvinutej osobnosti uvedomujúcej si svoju slobodu a zodpovednosť pred svetom a ostatnými ľuďmi, podieľajúc sa na transfere poznatkov a hodnôt nasledujúcim generáciám (čo je v konečnom dôsledku aj jedna z funkcií výchovy). Od učiteľov, ako aj ostatných, ktorí sa vo väčšej miere venujú výchove a jej štruktúrovaniu, sa očakáva kritické zhodnotenie filozofii výchovy v zmysle korigovania obrazu človeka a nielen jeho prijímania tak, ako to požaduje štátne zriadenie či dominantná ideológia (prioritou je rozvíjanie reflexívnej kompetencie).

V poradí treťou je dimenzia obsahová, ktorej ťažisko je v regulovaní toho, čo si má žiak osvojiť a čo má, samozrejme, v dlhodobjšej

perspektíve kultivovať jeho ľudské kvality. Žiak by mal rozumieť tomu, prečo sa má naučiť daný súbor poznatkov a čo si pomocou nich dokáže rozvinúť (spolu s učiteľom vstupuje do diskusie o cieľoch a zmysle výchovy). Na druhej strane však podotýkame, že obsah výchovy sa nesmie redukovať len na učivo, nakoľko jeho súčasťou sú aj hodnoty či názory (resp. prostredníctvom učiva sa s nimi konfrontujeme a zvažujeme ich prínos pre jednotlivca i spoločnosť). Humanizácia výchovy a vzdelávania sa dá uskutočňovať aj cez vhodný edukačný obsah, a to nielen na predmetoch spadajúcich do vzdelávacej oblasti človek a hodnoty alebo človek a spoločnosť. Akýkoľvek vyučovací predmet, prírodovedný či humanitný, má dispozície na to, aby učiteľ poukázal žiakom napríklad aj na skúsenosti z vedy, kedy došlo k situácii, že civilizizačné výdobytky ( vynálezy, teórie) ohrozili život človeka a ten sa opätovne musel vrátiť k etike a definovaniu pretrvávajúcich ideálov.

Poslednou je dimenzia procesuálna, ktorá sa týka hlavne edukačných prostriedkov a ich efektívnej exploatácie za účelom dosahovania výchovných cieľov. Učiteľ, ktorý nie je výhradne transmisívne orientovaný, zaiste pripustí, že účinnosť výchovno-vzdelávacieho procesu stojí na vhodnom uplatňovaní výchovných princípov a didaktických zásad, používaní výchovných a didaktických metód, organizačných foriem a materiálno-technických nástrojov, ktoré, ak sú využívané dômyselne a nie pre samotnú funkcionalitu, vedú uľahčiť splnenie rôznych aktivít vo výučbe. Učiteľ si má klásť na zreteľ použitie spomínaných prostriedkov za účelom kreovania čo najväčšieho množstva edukačných situácií, aby poznával žiakov po každej stránke rozvoja osobnosti a stimuloval ich k interakcii medzi sebou navzájom, čím by podporil možnosti pre kooperatívne vyučovanie, ktoré predstavuje platformu pre prijímanie rozmanitostí ako súčasť suportívnej klímy edukačného prostredia (pre explicitne analyzovanú problematiku humanisticky orientovanej edukácie pozri Kosová, 1995; Kosová, 2013; Mihálik, 1996).

Vyššie popísané rozmery edukácie by mali byť predmetom reflexie nejednej kultúry školy predstavujúcej relatívne stabilný súbor predstáv a prístupov, ktoré sú v nej dlhodobo udržiavané aktérmi vzdelávania (jej početné ponímania prezentujú Šuťáková a Ferencová, 2019). Takáto škola má potom potenciál etablovať sa v sieti inkluzívnych výchovno-vzdelávacích zariadení. Podľa Zilchera a Svobodu (2019), mapujúcich chápania inklúzie od viacerých odborníkov, ide o školu predpokladajúcu zaradenie všetkých detí do hlavného prúdu výchovy a vzdelávania a bezpodmienečne akceptujúcu ich potreby.

## 2. INKLUZÍVNA ŠKOLA – KTORÁ TO JE?

Hoci sa to javí byť zrejme, koncept inkluzívnej školy sa zvykne v praxi zjednodušovať (definuje sa cez výpočet prvkov množiny, ale chýba jeho celostné uchopenie vyjadrením toho, čo je týmto elementom spoločné, alebo, ako sú navzájom prepojené s úmyslom postihnúť nosnej idey). Na základných a stredných školách, nevynímajúc vysoké školy pripravujúce budúcich učiteľov, sa stretávame s nasledujúcimi mýtmi (polopravdami):

1. inkluzívna škola je škola, v ktorej sú odborní zamestnanci – nepopierame, že bez nich nie je úplne uskutočniteľná diferenciácia vo výučbe, nakoľko orientačne stanovujú diagnózu detí s edukačnými špecifikami (v spolupráci so zamestnancami pôsobiacimi v centrách poradenstva a prevencie) a zavádzajú do výučby za pomoci triednych učiteľov a pedagogických asistentov intervenčné postupy pre ich systematickú a efektívnu integráciu, ale bez presvedčenia (pozitívnych postojov) pedagogických zamestnancov o význame inkluzívnej edukácie pre žiakov to nebude

mať dlhé trvanie a školský podporný tím sa stane skôr nástrojom na formálne uľahčovanie ich učebnej práce a vytváranie nálepkovania (labellingu), čo môže mimochodom viesť k upevňovaniu skrytej segregácie,

2. inkluzívna škola je škola, v ktorej sú pedagogickí asistenti – dnes, v porovnaní s minulosťou, majú učitelia tú devízu, že je v školách osoba, ktorá im, podľa Zákona č. 138/2019 o pedagogických zamestnancoch a odborných zamestnancoch, pomáha pri riešení „architektonických, informačných, jazykových, zdravotných, sociálnych a kultúrnych bariér žiakov“, a oni tak môžu venovať viac času príprave na vyučovanie a kritickému zhodnoteniu edukačných činností. Nezabúdajme však, že podstatná časť zodpovednosti za adekvátne priebehy edukácie je stále na pleciach učiteľa a asistent sa ocitá prevažne v pozícii pozorovateľa a poradcu (sice existujú výnimky, kedy obaja vyučujú v triede spolu vzhľadom k potrebám žiakov). Opätovne platí, ako sme uviedli vyššie, že táto kooperácia bude postrádať synergický efekt, pokiaľ sa učitelia nestanú nositeľmi inkluzívnych hodnôt (to by mal byť na druhej strane každý, kto vstupuje na pôdu takejto školy). Na tomto mieste sa rovnako žiada spomenúť, že nie každá škola má po stránke finančných zdrojov na to, aby u seba situovala školský podporný tím a väčší počet pedagogických asistentov, ktorí by v najlepšom prípade pôsobili temer v každej triede, kde sa nachádza žiak so špeciálnou výchovno-vzdelávacou potrebou,

3. inkluzívna škola je škola, v ktorej sú prevažne intaktní žiaci – je nesporné, že idey inkluzívnej edukácie by si mali získať stabilné miesto v štandardných školách, lebo práve ony sa musia vysporiadať s utváraním takejto výchovno-vzdelávacieho prostredia, ktoré prijíma netradičnosť a rozdielnosť ako incentívu k napredovaniu a identifikácii svojich možností pri realizácii princípov zachovávaní úcty k človeku s ohľadom na to, kde zlyháva a v akej oblasti podáva nadpriemerný výkon, avšak ani žiaci, ktorí sú v dôsledku ťažšie integrovateľného hendikepu umiestnení do špeciálnych škôl, nesmú ostávať pri názore, že sú vydeľovaní z hlavného prúdu vzdelávania a ich šance, aby sa do neho mohli postupom času dostať, sú minimálne. Niekedy sa zdá, že žiaci na týchto školách predstavujú homogénnu skupinu, ale aj medzi nimi sú deti, ktoré sa od seba jednak výkonovo odlišujú a jednak sú po viacerých stránkach, za zvoliť vhodných edukačných prostriedkov zo strany učiteľov, rozvíjateľné. Tak, ako sa od žiakov v tradičných školách očakáva, že voči svojim spolužiakom, ktorí majú stanovené špeciálne edukačné potreby, prejavia porozumenie, to isté sa požaduje od žiakov v špeciálnych školách a špeciálnych výchovných zariadeniach (nehovoriac o pedagogických a odborných zamestnancoch). Parker-Katz a Passi (2021) konštatujú, že oblasť špeciálneho vzdelávania bola z pomerne veľkej časti vychodivšia z gnozeológie zakotvenej v pozitívizme a medicínskom modeli, čo malo za následok vytvorenie množstva štruktúr, ktoré diktujú spôsoby praxe špeciálnych pedagógov. Objavuje sa implicitný názor, že osobu so zdravotným postihnutím treba zafixovať, no osvojením si humanistického prístupu by sa mohol vytvoriť nový kurikulárny príbeh, čím má odbor predpoklad priblížiť sa princípu pomoci všetkým žiakom so znevýhodnením tak, aby prosperovali. Cerić a Alić (2020) analyzujú paradox globálnej vzdelávacej politiky priemietajúci sa do reforiem vzdelávania mnohých krajín, keďže trvá na nekompromisnom zavádzaní inkluzívnej edukácie do škôl, ale navzdory tomu v nej prevládajú neoliberalne tendencie. Korporatívny model edukácie, založený na marketingovej orientácii a koroborácii požiadaviek na vyšší akademický štandard, je v kolízii s humanistickou a egalitárskou myšlienkou inklúzie vo vzdelávaní, v ktorom majú všetky deti, mladí a dospelí osobitý príspevek k zlepšeniu stavu v školách. V praxi sa spochybňuje koexistencia inkluzívnej edukácie a modelu bazírujúceho na výkone s akcentovaním výhod špeciálneho vzdelávania,

4. inkluzívna škola je škola, ktorá je alternatívna – je faktom, že v tomto druhu škôl sa v prvom rade prihliada na osobnostné (psychické) predpoklady žiakov a až následne sa im výučba prispôbuje (upravujú sa im podmienky, aby sami prejavovali iniciatívu sa vzdelávať a neprežívali pocit ohrozenia z tlaku na okamžitý výkon). U dieťaťa je pozorovaný a posudzovaný každý krok a osvojovanie si učiva má byť pre neho prostriedkom na aktivizáciu (uplatňuje vlastné tempo) s dôrazom na prácu v skupinách (ťažiskom je práca v heterogénnych zoskupeniach žiakov). No aj tieto školy musia dbať o to, aby sa okrem svojej filozofie výchovy pridržali rovnako kurikula a vzdelávacích štandardov, neponechávajúc kultiváciu osobnosti žiaka len na vlastnej prirodzenej aktivite, ktorá nepočíta s výraznejšími zásahmi učiteľa do vývinu jeho individuality (napr. nadania), aby náhodou nepôsobili proti nemu a nesmeroval tak k retardácii (spomaleniu). V počiatkoch ich vzniku sa dieťa (napr. v prípade Montessoriovej) mýtizovalo (Krankus, 2009). Čo sa týka Steinerovej pedagogiky, je zrejme, že sa v nej prioritizuje detský svet, ale na druhej strane je v prvých fázach výchovného pôsobenia rozhodujúca autorita učiteľa, ktorý má byť pre žiaka stálejšou oporou. Namiesto učenia sa, ako ho bežne poznáme zo škôl, v tomto období vývinu jedinca sa má dôraz klásať na estetiku (žiť v kráse), aby dochádzalo k harmonizácii horného (duchovne-duševného) a dolného (telesného) človeka (Steiner, 2003). Ideový základ týchto škôl tvorí antropozofia – spirituálny svetonázor (Petlák, 2016), ktorá je v pedagogike spochybňovaná. Slowík (2022), v zhode s odborníkmi v oblasti inklúzie, naznačuje, že utváranie inkluzívnych škôl je v zásade odvedaním na život v postmodernom svete, no doplníme, že humanisticky orientovaná a inkluzívna edukácia nesmú byť zbernou nádobou pre vedecky nepodložené inovácie, preto je nutné ich legislatívne a teoretické ukotvenie s cieľom rozvíjania kľúčových kompetencií žiakov.

### 3. CEZ REFLEXIU K INKLUZÍVNEJ EDUKÁCI

Kopčíková a Hnilicová (2022) podotýkajú, že inklúzia je do značnej miery filozofická záležitosť. Hovoríme o stave, keď sa človek so zdravotným postihnutím rodí do spoločnosti, ktorá akceptuje jeho odlišnosť. Tá má vytvárať opatrenia, ktoré mu v nej umožnia bežne fungovať a sú zároveň využiteľné pre všetkých jej členov. Ide o dlhodobý proces závisiaci od podpory štátu, vedomostí a postojov pedagógov a detí k spolužiakom so znevýhodnením. Tí sa pre nich stávajú normou, učiac sa, aké osobitosti majú, čo im pomáha a čo je pre nich obmedzujúce.

Existencia vzťahu medzi filozofiou a pedagogikou sa nedá poprieť (Danek, 2011; Sámelová, 2016; Rajský, 2021). Odvodzovanie výchovy od obrazu človeka vo filozofických smeroch (svetonázoroch) nám ale zamedzuje nazeráť na úplné vymedzenie edukácie, pretože pôsobí ako perspektíva, cez ktorú interpretujeme výchovné dianie. Inkluzívna edukácia je naďalej aktuálnou filozofiou výchovy kreujúcou modernú školu, no samotné školy by k tomuto presadzovanému etalónu (napr. ministerstvom školstva) mali pristupovať rámcovo cez základné usmernenia a návrhy. Škola (vedenie, zamestnanci, žiaci, rodičia) musí, pri koncipovaní sa ako inkluzívnej, vychádzať z výziev, ktoré sú v nej dlhodobo prítomné (máme školy, v ktorých sú prevažne žiaci so špecifickými poruchami učenia; školy, ktoré navštevujú žiaci s fyzickým hendikepom; školy, kde sú žiaci z minorít; školy, do ktorých chodia len žiaci intaktní). Uvedené kvituje myšlienka Ainscowa et al. (2006), kedy rozvoj dokonalého inkluzívneho prostredia podľa jedného človeka (jednej skupiny) môže byť nepredstaviteľný pre ostatných ľudí. „Zdravý rozum nech nás chráni pred vierou, že ľudstvo niekedy nájde definitívny ideálny poriadok, a že potom šťastie bude naveky žiariť rovnakými lúčmi, ako slnko žiari v tropických krajinách na tých, ktorí by si to takto usporiadali

(Nietzsche, 2018, s. 113). Ukazuje sa, že primus zohráva reflexia osobnosti žiaka a jeho potrieb (ako aj ostatného kolektívu školy a sukcesívneho rozvoja). Podľa Finka (Pelcová In Kosová, 2015), ak nedokážeme dať vyčerpávajúcu odpoveď na to, čo je človek (človek s rozmanitými potrebami), potom je naopak žiaduce, aby sme odvodili jeho esenciu z výchovy, v ktorej je neustále situovaný, či už ako homo educans, alebo homo educandus. Každému (aj študentovi učiteľstva ešte nevstupivšiemu do školskej triedy) je jasné, že edukačná realita je často protirečivá a napätie medzi subjektívnymi a objektívnymi požiadavkami nemôže odhaliť empirický výskum, ale iba filozofická reflexia edukácie. Fink sa zmieňuje o týchto antinómiách (Pelcová In Kosová, 2015):

- výchova ako pomoc a výchova ako manipulácia – môžeme sa spytovať sami seba, či má učiteľ právo vnútiť svoje chápanie života a hodnôt druhému, či dokáže, akokoľvek s najlepšími úmyslami, vzhľadom k obmedzeniam doby, predurčovať budúcnosť sveta a dieťaťa. Reflektujúci učiteľ s vedomím si tejto rozpornosti opatrne pristupuje k výchove, vie o nedokonalosti svojej výchovnej koncepcie, vie, že takmer vždy volí medzi alternatívami, ktorých dosah na výchovu môže byť nakoniec minimálny. S tým si je vedomý aj skutočnosti, že aproximovať k autentickite žiaka sa dá predovšetkým tak, že sa informácia stane jeho osobnou skúsenosťou, z čoho vyplýva, že ani na úplnú manipuláciu si nemožno robiť nárok (jej hranicu je tiež ťažko určiť),

- moc vychovávateľa a jeho bezmocnosť – je nespochybniteľné, že edukačné pôsobenie formuje predstavy ľudí o svete, avšak reflektujúci učiteľ si uvedomuje, že životné skúsenosti sú bez totožného zážitku neprenosné (učiteľ ponímal a poníma svet cez svoj obzor, a procesy odohrávajúce sa v škole sa vždy oneskorujú za životom). Ak má reálny záujem na tom, aby pripravil žiaka na budúcnosť, má sa usilovať pomôcť mu odkrývať celkový význam vecí tvoriacich jadro pre ich porozumenie,

- výchova bez konca a výchova ukončená – vychovávaní (vzdelávaní) sme permanentne, pričom k zmene dochádza u ktoréhokoľvek účastníka edukácie. Učiteľ inštruujúci a poučujúci druhého s morálnym pátosom sa vystavuje riziku, že sa môže stať smutným príkladom rozporu reality s ideálom, ak sa preukáže, že vlastnosťami, ktoré od žiakov vyžaduje, sám nedisponuje. Reflektujúci učiteľ sa má vyhnúť tomu, aby pri svojej nehotovosti neupadol do rutiny (lepším učiteľom bude najmä vtedy, ak sa sám vzdeláva a pracuje na svojom profesijnom rozvoji). Učiniť tak môže za pomoci kritickej sebareflexie,

- požiadavky kultúry (spoločnosti) a individualita vychovávaného – človek sa potrebuje socializovať a mnohvrstvnosť sociálnej reality je nepredstaviteľná bez pravidiel, ktoré regulujú správanie a konanie jedinca a súčasne ho i chránia. Lenže je známe, že každý človek je takisto zložito jedinečný, a preto neexistuje na každého žiaka vhodná edukačná stratégia či metodika (schéma výchovy pre všetkých žiakov). Reflektujúci učiteľ uznáva, že nemôže vždy najlepšie vedieť, aké sú skutočné potreby dieťaťa (len modifikovaním postupov ich vie odhaľovať, čím mu umožní vyjadriť a rozvinúť jeho individualitu),

- výchova k povolaniu a výchova k ľudskosti – v zásade tu ide o odveký historický spor, k čomu má smerovať skutočné vzdelanie (vrátane vysokoškolského). Trvalou dilemou ostáva, či to má byť úzko orientovaná príprava na praktický život, alebo všeobecná vzdelanosť zabezpečujúca, aby si ľudia spolu (bez ohľadu na rozdiely) rozumeli a aby sa orientovali na osvojovanie si humánnych hodnôt. Reflektujúci učiteľ je presvedčený o tom, že každý čin človeka je motivovaný hodnotovým vedomím, preto konanie či nekonanie z jeho strany závisí od toho, čo uprednostňuje, čo má pre



neho samotného väčší zmysel, no ani v dobe technokratického zamerania na prax nesmie rezignovať na ľudskosť,

• možnosti a medze výchovy – fundamentálnou otázkou je v tomto prípade to, čo sa dá na človeku formovať zvonku a čo patrí k nedotknuteľnej sfére jeho osobnej slobody. U každého človeka je časť prirodzenosti, kde sa edukátori nedostanú. Učiteľ, ktorý je reflexívne orientovaný, vie, že žiadny vytýčený cieľ výchovy je vo svojej plnosti skoro nerealizovateľný, lebo voči nemu stojí plnohodnotná osobnosť žiaka, ktorá sa chce i sama utvárať bez odkázanosti na neho, a že naozaj získať si ju pre činnosť a aktivitu si vyžaduje oprieť sa o jej prostotu (o to, kým je, na čo má).

Humanisticky orientovaná edukácia nám pripomína, aby sme v spoločnosti nezabúdali na žiadneho človeka (bez ohľadu na obmedzenia, ktoré má). Jej dominantnou úlohou je, aby mu priznala existenciálny rozmer a umožnila vstúpiť do vzťahov s druhými ľuďmi a cez ne sa utvárať. Nejde tu o nový objav, ale prinavrátenie sa v 21. storočí k vnímaniu diverzity ako súčasťou spoločnosti ľudí (humanisticky smerovaná pedagogika má naturel aplikovanej etiky). Vychádzajúc z Titzla (2000), v staroveku a stredoveku sa nežiadalo zmieňovať o inkluzívnej edukácii, pretože jedinci s postihnutím a jedinci intaktní vstupovali do interakcií bežne (hľadali si k sebe cestu a učili sa spolunažívať, hoci to záviselo od daného kultúrno-spoločenského kontextu a komunity), ale je možné, že k rozdeleniu ich sveta na dve časti napomohol čiastočne i novovek (napr. zriaďovaním špeciálnych ústavov). V každom prípade platí, že spoločnosť v jednotlivých historických epochách sa so zdravotne znevýhodnenými vysporadúvali osve.

Križo (2020, podrobnejšie pozri 2021), inšpirujúci sa poprednými predstaviteľmi humanistickej psychológie 20. storočia, tvrdí, že inkluzívna výchova a vzdelávanie sa realizuje pomocou cyklického naplňovania potrieb jedinca a participuje na raste jeho osobnosti. Najlepšie to azda demonštruje pyramída inkluzívnej edukácie, ktorá, analogicky k Maslowovej pyramíde potrieb, vypovedá o tom, že tieto požiadavky a naliehavosti zo strany žiakov sú komplementárne, ale v zásade nemusia byť vždy na seba naviazané spôsobom, že bez naplnenia jednej sa nemožno dostať k druhej potrebe. Pre inkluzívne vzdelávanie z toho plynie, že na dosahovanie sebaaktualizácie nie je nevyhnutné eliminovať všetky bariéry a zabezpečiť najvyššiu úroveň materiálnych podmienok v školách. Komponenty na nižšej úrovni pyramídy slúžia najmä na redukovanie napätia, ktoré sa obyčajne opakuje, pretože prichádzaniu nových limitov vo vývine človeka a jeho interakcii s prostredím sa nedá úplne zabrániť. Postupne, ako začne prežívať bezpečie a stabilitu (podpornú klímu), vstupuje do hlbších vzťahov s druhými ľuďmi v škole. Žiaci a učitelia sa učia reflektovať svoj rast a poskytovať si konštruktívnu spätnú väzbu, ktorá je základom pre vzájomné učenie sa v spoločnosti (komunita). Maslow bol presvedčený o tom, že poslanie človeka nespočíva len v neurotickom saturovaní nižších potrieb, ale v prograse nášho bytia. Z toho sa dá vyvodiť, že ak je škola obyčajne miestom opakovaného reprodukovania informácií, pravidiel a hodnotenia, asi bude málo prispievať k metarozvoju človeka (je v nej nedostatok kreativity a komplexného učenia).

V nadväznosti na to pripomíname Franklovu koncepciu motivácie výskumne potvrdenú Tauschom (In Lukasová, 2013), ktorý prišiel k záveru, že vedomie nenaplnenia vôle k zmyslu sa spája s odmietaním seba, nespokojnosťou alebo neurózou, kým vyšší pocit zmyslu života koreluje s emocionálnou stabilitou. To je vlastne tiež argument k podpore inkluzívnej edukácie prispievajúcej k nachádzaniu zmyslu u všetkých aktérov vzdelávania identifikovaním zákonitostí, ktoré držia svet pokope v jeho podstate (Lukasová je za to, že v jeho najhlbšom vnútri).

Škola sa najčastejšie poníma ako výchovno-vzdelávacia inštitúcia, no to je v dnešnej dobe už nepostačujúce, keďže narastá tenzia jej reformovania na didaktickú reflexívnu komunitu, v ktorej, vďaka z Brestovského (2019), dochádza k posunu od individuálneho k spoločnému učeniu sa pedagógov, čo vplýva na ich kontinuálne vzdelávanie, lebo predmetom kolaboratívnej profesijnej reflexie sú konkrétne edukačné problémy a analýza vzniknutých riešení.

Berúc do úvahy vyššie uvedené skutočnosti, poňatie inkluzívnej školy z fenomenologického (induktívneho) aspektu vystihuje popis Vančíkovej et al. (2021a, 2021b), kde sa jedná o školu:

- v ktorej je inklúzia utváraná zdola – pracujú v nej skúsení, motivovaní a kvalifikovaní pedagogickí a odborní zamestnanci, ktorí vďaka účinnej spolupráci zvládajú každému dieťaťu poskytnúť dostačujúcu podporu pre jeho rozvoj (nehľadiac na to, či ide o žiaka so špeciálnou výchovno-vzdelávacou potrebou, alebo žiaka intaktného),
- v ktorej má každé dieťa hodnotu – žiak v nej komunikuje svoje psychické a edukačné potreby, objavuje svoje schopnosti a usiluje sa prebrať zodpovednosť za svoje učenie. To sa však nezaobíde bez diagnostiky edukačných okolností a možností personálu školy,
- ktorá podporuje integráciu detí – začlenenie žiakov s osobnosťou, prípadne sociálnou rozmanitosťou poníma ako spoločenskú povinnosť a hľadá prostriedky na zlepšenie ich podmienok z priestorového, technického i odborného aspektu,
- ktorá je senzitívna k výzvam moderného sveta – žiakov a pedagógov učí tolerancii, akceptácii, ale rovnako kritickému mysleniu. Súhlasí s ideami multikultúrnej výchovy a predostiera žiakom skutočný obraz života spoločnosti a demokratických hodnôt,
- ktorá flexibilne reaguje na aktuálny trend – do popredia vystupuje požiadavka naplňovať zámery sociálnej inklúzie (resp. integrácie), zvyšovania individualizácie vo výučbe a otvárania sa inováciám (aj pomocou zapájania sa do grantových výziev, dopytovo-orientovaných projektov),
- ktorá má proinkluzívne mysliaceho lídra – má ísť o riadiaceho zamestnanca schopného iniciovať profesijné rozvíjanie svojich kolegov a dialóg o vízii školy. Vie ostatných nadchnúť pre inkluzívny model práce so žiakmi,
- ktorá má zdravý pohľad na integráciu – pripúšťa, že nedokáže vždy začleniť každého žiaka do hlavného prúdu vzdelávania, no je to pre ňu výzva pre skvalitnenie edukácie,
- ktorá prijme každé dieťa z lokality – v žiadnom prípade nepochybuje o práve detí na vzdelávanie a nevyberá si ich podľa nastavených kritérií (rodič je tu partnerom).

Konklúziou výskumu Kafia et al. (2023) je, že inkluzívna edukácia nemá predstavovať núdzovú adaptívnu pedagogiku, ale sa má koncipovať ako medicínska psychopedagogika, ktorá sa snaží ponúknuť každému príležitosti pre osobné napredovanie. Inkluzívne vzdelávanie v sebe nesie vždy riziko vylúčenia, čomu treba aktívne predchádzať, a potvrdzuje dôležitosť zapojenia sa všetkých aktérov vzdelávania do utvárania komunity, ktorá sa má stať senzibilnou na celú škálu rozdielov prítomných v živote detí. „Človek dnešného sveta sa neustále zháňa za výnimočnosťou. Ba dokonca sme dospeli do takého štádia, keď pozastavenie sa uprostred tohto zhonu prispieva k pravdivému uvedomeniu si, že pohľad na všednosť je v skutočnosti často pohľadom na pravú výnimočnosť“ (Bako, 2014, s. 9).

Reflexívni učitelia sú teda rozhodujúcim činiteľom pri realizácii inkluzívnej edukácie, lebo, ako to ukazujú aj výsledky výskumu Korthagena a Wubbelsa (2011), majú lepšie vzťahy so žiakmi, dopracúvajú sa k vyššej spokojnosti v zamestnaní, považujú za relevantné, aby sa žiaci v ich triedach učili samostatne (využívajú



svoje schopnosti), majú silný pocit osobného bezpečia a sebaúčinosti, pričom nemajú problém hovoriť alebo písať o svojich skúsenostiach z vyučovania (sú otvorenejší používaniu rôznych diagnostických a autodiagnostických metód a techník). Prieskum vedeckej literatúry robenej Minottom (2019) poukázal na súvislosť medzi reflexívnym a inkluzívnym vyučovaním. Ved' predsa medzi úlohy učiteľov v inkluzívnej triede patrí starostlivé zvažovanie, čo a ako sa má vyučovať, zohľadnenie edukačných potrieb všetkých žiakov, spochybňovanie stálych presvedčení, hľadanie a skúšanie nových vecí na podporu učebných procesov žiakov, diskutovanie s kolegami za účelom získať spätnú väzbu a prevzatie zodpovednosti za profesijný rast. Faerm a Quinn (2023) akcentujú, že v dôsledku zapojenia sa do reflexívnej praxe sme spôsobilejší komunikovať a poskytovať prepracovanejšie učebné osnovy pre žiakov a podporovať pevnejšie a dôveryhodnejšie vzťahy medzi nimi a učiteľmi, čo sú určujúce zložky pre rozvíjanie inkluzívneho vzdelávacieho prostredia. Podľa štúdie Hinchcliffe (2022) pravidelná príležitosť pre učiteľov reflektovať svoju prax je nápomocná pre pochopenie toho, čo sa v triede odohráva, a presnejšie videnie vzťahu medzi ich osobnými teóriami, hodnotami, presvedčeniami na jednej strane a medzi ich myslením, vedomosťami a konaním na strane druhej. Reflexívna prax môže mať dokonca pozitívny vplyv na well-being učiteľov. To sa týka aj tých, ktorí pracujú v školách pre deti s ťažkými poruchami učenia a hlbokými a viacnásobnými poruchami učenia. Preto by prax ich odborného rozvoja nemala ignorovať profesionálne umenie (učenie sa skúsenosťou) na úkor technicko-racionálnych aspektov vo vyučovaní.

Učiteľa považujeme za reflexívneho praktika vtedy, ak sa, podľa Korthagena a Wubbelsa (2011), vyznačuje nasledujúcimi charakteristikami:

- schopnosťou vedome štruktúrovať edukačné situácie a edukačné problémy, považujúc túto činnosť za dôležitú súčasť svojej práce,
- kladením štandardných otázok po výučbe,
- zvládnutím pomerne ľahko odpovedať na otázku, čo sa potrebuje naučiť,
- adekvátnym popisom a analýzou fungovania v interpersonálnych vzťahoch s druhými (nielen so žiakmi).

Učiteľ je postavený pred jeho najprvoradejšiu úlohu, ktorou je optimalizácia edukačného procesu, čím máme na mysli taký výber edukačných prostriedkov (opatrení), ktoré mu umožnia v konkrétnych podmienkach triedy dosahovať čo najlepšie výsledky s minimálnou spotrebou času a minimálne vynaloženým úsilím jeho a žiakov (Petlák, 2017). Má odhaľovať relácie medzi základnými (žiak, cieľ, obsah) a dynamizujúcimi elementmi (podmienky, zásady, metódy, manažérske/technické prostriedky, organizačné formy) edukácie (László & Osvaldová, 2014).

#### 4. INKLUZÍVNA EDUKÁCIA A ŠTUDENT UČITEĽSTVA

Stratégia inkluzívneho prístupu vo výchove a vzdelávaní na roky 2021 – 2030 bola vytvorená v záujme dosahovania primeraného stavu implementácie idey inklúzie v školskom systéme Slovenskej republiky. Aby sa tak udialo v čo najkratšom čase, je nevyhnutné naplniť ciele zhrnuté v 6 oblastiach. V inkluzívnom vzdelávaní a podporných opatreniach ide o to, aby sa vytvorilo integrované inkluzívne kurikulum, systém podporných opatrení, inovoval sa obsah, ba aj spôsob hodnotenia a klasifikácia žiakov, rozšírili sa personálne kapacity (pedagogickí, odborní a riadiaci zamestnanci) na zavedenie inkluzívneho vzdelávania, čo má viesť k tvorbe a etablovaní inkluzívnej kultúry školy. Poradenský systém s

presahom do škôl sa dotýka najmä posilnenia inkluzívnej edukácie rešpektovaním ľudských práv, vytvárania centier poradenstva a prevencie (špecializovaných pracovísk pre konzultovanie potrieb žiakov) a v neposlednom rade využívania komplexnej rehabilitácie (i v školách). Destigmatizácia, ako aj debarierizácia a desegregácia majú za účel vytvoriť vzdelávacie prostredie v školách, ktoré bude eliminovať a odbúravať potláčanie rôznorodosti a heterogenosti, čo by, v súlade so Všeobecným komentárom č. 4 (2016) o práve na inkluzívne vzdelávanie (Výbor OSN pre práva osôb so zdravotným postihnutím) spomenutým v tejto stratégii, malo mať za podporu východiskové princípy inklúzie, medzi ktoré radíme dostupnosť, prístupnosť, prijateľnosť a prispôsobivosť. Úspešnosť krokov smerujúcich k vyššie zmieňovanému je podmienená aj prípravou pedagogických a odborných zamestnancov už počas ich pregraduálneho vzdelávania (aby boli motivovaní k celoživotnému profesijnému formovaniu sa).

Príprava budúcich učiteľov (študentov učiteľstva) v oblasti inkluzívnej edukácie má byť postavená nielen na navýšení počtu študijných predmetov vyčerpávajúcich uvedenú problematiku, ale je taktiež dôležité, aby sa konfrontovali s realizáciou profesijnej reflexie a nadväzovali v praxi na jej výstupy. To je hlavná funkcia katedrových didaktikov, ako aj cvičných učiteľov zastávajúcich rolu mentorov. Korthagen (2011) afirmuje, že na odstránenie priepasti medzi teóriou a praxou u učiteľov (rovnako študentov učiteľstva) je žiaduce siahať po dôkladnom rozbere ich uvažovania a prežívania počas výučby či problémových situácií v nej vzniknutých. Od vzdelávateľov učiteľov sa požaduje nasledovné:

- musia byť schopní vytvárať (aranžovať) vhodné vzdelávacie skúsenosti pre študentov učiteľstva, prostredníctvom ktorých si dokážu rozvinúť zmysluplné gestalty (bázu pre ostatné postupy vo výučbe). Gestaltom rozumieme dynamickú a neustále sa meniacu entitu zahŕňajúcu celé učiteľovo aktuálne vnímanie situácie (obrazy, myšlienky, pocity, potreby, hodnoty i tendencie),
- musia byť schopní asistovať študentom učiteľstva pri analýze ich gestaltov (mentorovať ich). Ako užitočné sa ukazuje vziať si za predmet reflexie konkrétnu, relatívne krátku situáciu vo výučbe, ktorá u nich zanechala určité obavy a otázky,
- musia byť schopní ponúknuť študentom učiteľstva pojmy vychádzajúce z empirického výskumu tak, aby zodpovedali ich úvahám o gestaltoch, čo smeruje k tvorbe osobných praktických teórií, ktoré zase treba vystaviť stretu s formálnymi teóriami. To je vlastne cesta k integrácii teórie a praxe (realistickému prístupu vo vzdelávaní učiteľov).

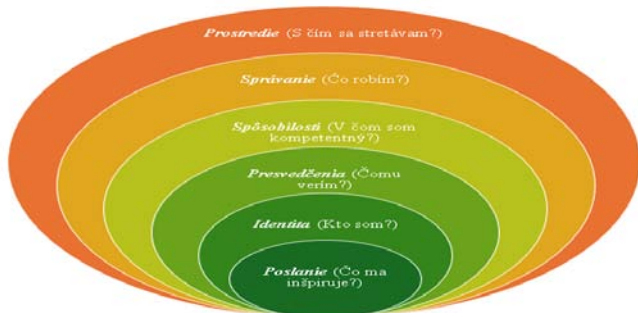
Proste vyjadrené, učiteľ, ktorý si vytvára určité schémy reakcií na správanie sa žiakov vo výchovno-vzdelávacom procese na základe skúseností (rýchleho zväzenia okolností, použitého postupu – pokus a omyl), má byť zvlášť opatrný pri prenose týchto vzorcov na ďalšie podobné situácie v danej triede a v iných, kde vykonáva edukačnú činnosť. V prvom rade má pochopiť, že danú situáciu vo výučbe (ako ju popíše a analyzuje pomocou vlastného jazyka) tvoria prvky nachádzajúce sa v určitých vzťahoch, ktoré sa pri zmene podmienok modifikujú, a on musí vedieť argumentovať, čo za tým stojí (napr. zloženie triedy, kognitívna a afektívna úroveň žiakov). Až potom sa bude môcť na celok skúsenosti pozeráť ako na osobnú praktickú teóriu, ktorú súčasne konfrontuje s formálnou, vedecky fundovanou, teóriou (skúma ich dopad na žiakov) (bližšie pozri Novocký et al., 2021). Podobne má postupovať pri realizácii konkrétnej idey inklúzie v škole (reflektovať ju cez prizmu materiálnych, organizačných, personálnych a ostatných podmienok).

Precíznejšie to vyjadruje sentencia Descartesa (1970, s. 65), ktorý píše: „No oveľa lepšie je nikdy nemyslieť na hľadanie pravdy a nejakej veci než robiť to bez metódy, lebo je celkom isté, že sa

takými neusporiadanými štúdiami a nejasnými úvahami prirodzené svetlo kalí a rozum zaslepuje. Všetci tí, ktorí si takto zvykli chodiť v tme, natoľko zoslabujú ostrosť zraku, že neskoršie nemôžu ani znieť plné svetlo. Toto potvrdzuje aj skúsenosť, veď veľmi často vidíme, že takí ľudia, ktorí sa nikdy nevenovali štúdiu vied, oveľa lepšie a jasnejšie usudzujú o veciach, ktoré sa im naskytli, ako tí, ktorí stále chodili do školy.“

V štúdiu Forlin a Chambers (2011) sa preukázalo, že rozširovanie vedomostí študentov učiteľstva o legislatíve a politike súvisiacich s inklúziou a zlepšovanie ich dôvery v to, aby sa stali inkluzívnymi učiteľmi, nenapomohli v riešení obáv a vnímania stresu z prítomnosti žiaka so zdravotným postihnutím v triede, kdežto výsledky výskumu Hassanein et al. (2021) zase deklarujú, že kombinácia inštruktážnej výučby (založenej na sprostredkovaní poznatkov) so štruktúrovanými skúsenosťami z terénnej práce (ladenými reflexívne) má predpoklad zmeniť postoje študentov učiteľstva k inkluzívnemu vzdelávaniu. O konštitutívnom prínose profesijnej reflexie v príprave študentov učiteľstva svedčia štúdie Slade et al. (2019) či Pow a Lai (2021) (zhodnotenie vyučovacích činností a práca s feedbackom sú nástrojom ich zdokonaľovania).

Suphasri a Chinokul (2021) v článku, ktorý sa zaoberá reflexívnou praxou vo vzdelávaní učiteľov, predstavujú cibulový model Korthagena a Vasalosa reprezentujúci reflexiu študentov učiteľstva na rozličných úrovniach (prebiehajúcu zvonka dovnútra) (Obrázok 1). Prvá vrstva umožňuje začínajúcim učiteľom preskúmať výzvy, ktorým čelia, na čo nadväzuje vrstva týkajúca sa toho, ako sa s nimi vyrovnávajú. V tretej vrstve zvažujú, čo dokážu urobiť, aby prekonalí úskalia s tým spojené. Vo štvrtéj vrstve sa orientujú na skúmanie toho, aké sú ich predpoklady a presvedčenia, ktoré z toho vzišli. Napokon sa zameriavajú na to, čo ich inšpiruje a dáva zmysel ich profesii.



Obrázok 1: Cibulový model reflexie

To by súhlasilo s uvažovaním Šveca (2007), podľa ktorého sa človek vzťahuje ku skutočnosti prostredníctvom 4 základných spôsobov (epistemológia, axiológia, praxeológia a semiológia), od ktorých je možné odvodiť všeobecné činnostné ciele edukácie (Švec In Kosová, 2015), a teda:

1. naučiť sa poznávať – osvojovať si a využívať poznatky rôzneho charakteru a rôznymi spôsobmi, rozvíjať poznávanie procesy (od konvergencie smerovať k divergencii), ako aj poznávanie seba samého a vlastných stratégií poznávania,
2. naučiť sa hodnotiť – odhaľovať rozpory (posudzovať efektívnosť vecí a štruktúr), zodpovedne selektovať a spolu s tým prioritizovať potreby a ciele (hierarchizovať ich),
3. naučiť sa konať – zdokonaľovať veci vďaka seba i seba samého, projektovať činnosti, riešiť problémy a učiť sa spolupracovať,
4. naučiť sa dorozumieť a porozumieť si – deliť sa o skúsenosti, vedieť sa vyjadrovať viacerými jazykmi (používať systémy), ba dokonca chápať druhého (empatia).

Takto poňatá reflexia je pravdepodobne platformou pre hľadanie riešení aj pri práci so žiakmi s rozmanitými potrebami, pretože, vychodiac z Farrella (2015), učiteľ je stimulovaný zvažovať, aká je jeho filozofia výučby, z ktorej vyvstáva jeho prístup k žiakom, podrobujúc sociálne a morálne problémy, ovplyvňujúce jeho činnosti v praxi, kritickému zhodnoteniu.

## 5. ZÁVER

Profesionalizácia učiteľskej profesie priniesla so sebou tvorbu profesijných štandardov (legislatívnych normatívo) popisujúcich, aké vedomosti a spôsobilosti by mal pedagogický (aj odborný) zamestnanec preukazovať smerom k žiakom, edukačnému procesu a profesijnému rozvoju. V zmysle toho sa dá postupovať aj pri určení kompetencií inkluzívnych edukátorov, no v nadväznosti na to, čo sme poznamenali pri antinómiách výchovy, zamedzovali by sme podpore utvárania sa reflexívnych učiteľov (štandardizácia nesmie byť realizovaná na úkor autonómnosti rozvoja profesie, keď už, kompetenčné rámce majú svojou skladbou zodpovedať reflexívnym taxonómiam). Trefne sa k tejto veci vyjadrujú Porubský et al. (2014, s. 44), tvrdiac, že „kritiku upozorňujúcu na riziká implementácie profesijných štandardov je potrebné analyzovať a postupovať tak, aby štandardizácia nevyvolala ďalšiu deprofesionalizáciu učiteľstva.“

Namiesto určenia nevyhnutných kompetencií pre úspešný výkon edukačnej činnosti by sa učitelia mali včiasšie oboznámiť s typmi profesijnej reflexie (Tabuľka 1) rozpracovanými Akbarim et al. (2010).

Tabuľka 1: Kategorizácia profesijnej reflexie

Typ (komponent) reflexie	Definícia	Obsah
Praktická reflexia	reflektovanie diania vo výučbe pomocou rôznych nástrojov – pedagogický denník, rozhovor s kolegom a i.	rozprávanie a písanie o úspechoch a neúspechoch vo výchovno-vzdelávacom procese
Kognitívna reflexia	reflektovanie profesijného rozvoja (konferencie, workshopy, samoštúdiá)	čítanie a analýza poznatkov o vývoji v pedagogických vedách (učiteľskej profesii)
Učebná reflexia	reflektovanie úrovni poznávania a prežívania žiakov (učiacich sa)	diskutovanie so žiakmi o učebných preferenciách, náročnosti učiva
Metakognitívna reflexia	reflektovanie vyučovania, pohľadu na učiteľskú profesiu	rozbor devíz a limitov učiteľa
Kritická reflexia	reflektovanie spoločensko-politického rozmeru výučby	uvažovanie o sociálnom statuse žiakov a ich znevýhodnení (ako im pomôcť zlepšiť život v spoločnosti)
Morálna reflexia	reflektovanie otázok spravodlivosti a hodnôt	komunikovanie so žiakmi o morálnych normách

Inkluzívna edukácia a reflexívna výučba (ako pedagogické koncepty) sú si veľmi blízke. Na jednej strane inkluzívna škola, ako ju interpretujú Ainscow et al. (2006), je školou v pohybe (školou zmeny), ktorá ešte nedosiahla stav excelentnosti a sama si je vedomá skutočnosti, že jeho dosiahnutím by smerovala k stagnácii (umŕtvneniu). Na druhej strane v takejto škole budú vedieť pôsobiť iba tí učitelia, ktorí, ak majú záujem byť jej pevnou súčasťou, nesmú podľahnúť predstave o finalizácii rozvoja ich profesijných kompetencií (termín rozvoj by pre tento prípad bolo snád vhodnejšie nahradiť termínom permanentnej adaptácie). „Zlepšenie vynájde iba ten, kto dokáže cítiť, že – toto nie je dobré“ (Nietzsche, 2018, s. 25).

## Zdroje

1. Ainscow, M., Booth, T., Dyson, A., Farrell, P., Frankham, J., Gallannaugh, F., Howes, A., & Smith, R. (2006). *Improving Schools, Developing Inclusion*. London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203967157>
2. Akbari, R., Behzadpoor, F., & Dadvand, B. (2010). Development of English language teaching reflection inventory. *System*, 38(2), 211–227. <https://doi.org/10.1016/j.system.2010.03.003>
3. Bako, P. J. P. (2014). *Svätá Gemma Galgani. Dynamika blčiaceho srdca*. Nitra: Kňazský seminár sv. Gorazda v Nitre.
4. Brestovanský, M. (2019). Didaktické reflektívne komunity: paradigma vzájomnej pomoci vs. paradigma posudzujúceho hodnotenia v rozvoji kvality vzdelávania. *Pedagogika.sk*, 10(1), 27–46. Dostupné na <https://www.casopispedagogika.sk/studie/brestovansky-martin-didakticke-reflektivne-komunity-paradigma-vzajomnej-pomoci-vs-paradigma-posudzujuceho-hodnotenia-v-rozvoji-kvality-vzdelavania.html>
5. Cerić, H. & Alić, A. (2020). Inclusive Education Between Humanistic Idea and Corporative Model of Education: Are the Special Schools Better? *European Journal of Multidisciplinary Studies*, 5(2), 38–44. <https://doi.org/10.26417/717ath95a>
6. Danek, J. (2011). *Úvod do filozofie výchovy*. Praha: Univerzita J. A. Komenského.
7. Descartes, R. (1970). Pravidlá na vedenie rozumu. In E. Városová (Ed.), *Antológia z diel filozofov: Novoveká racionalistická filozofia* (s. 59–76). Bratislava: Nakladateľstvo Epoque.
8. Faerm, S. & Quinn, K. (2023). Reflective Teaching Practices and Inclusive Learning Environments. In D. Jones, N. Borekci, V. Clemente, J. Corazzo, N. Lotz, L. M. Nielsen, & L-A. Noel (Eds.), *The 7th International Conference for Design Education Researchers* (s. 1–8). London: Design Research Society. <https://doi.org/10.21606/drslxd.2024.012>
9. Farrell, T. S. C. (2015). *Promoting Teacher Reflection in Second Language Education: A Framework for TESOL Professionals*. New York, NY: Routledge.
10. Forlin, C. & Chambers, D. (2011). Teacher preparation for inclusive education: increasing knowledge but raising concerns. *Asia-Pacific Journal of Teacher Education*, 39(1), 17–32. <https://doi.org/10.1080/1359866X.2010.540850>
11. Hassanein, E. E. A., Alshaboul, Y. M., & Ibrahim, S. (2021). The impact of teacher preparation on preservice teachers' attitudes toward inclusive education in Qatar. *Heliyon*, 7(9), e07925. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07925>
12. Hinchcliffe, V. (2022). Developing thinking teachers: reflective practice in schools for children with severe learning disabilities and profound and multiple learning disabilities. *Support for Learning*, 37(4), 502–519. <https://doi.org/10.1111/1467-9604.12424>
13. Kafia, E., Ibrahimi, S., & Ibrahimi, E. (2023). Inclusive Education and its Fundamental Characteristics: A Reflection on the Evidence-Based Approach. *Journal of Pharmacy And Bioallied Sciences*, 15(1), 9–14. [https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs\\_82\\_23](https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_82_23)
14. Kasper, T. & Kasperová, D. (2008). *Dějiny pedagogiky*. Praha: Grada.
15. Kopčíková, M. & Hnilicová, S. (2022). Cesta k samostatnosti detí s poruchami autistického spektra – životná perspektíva dospelých ľudí s autizmom. In Ostatníková, D. et al., *Autizmus od A po S* (s. 370–401). Bratislava: IKAR.
16. Korthagen F. (2011). Making teacher education relevant for practice: The pedagogy of realistic teacher education. *Orbis Scholae*, 5(2), 31–50. <https://doi.org/10.14712/23363177.2018.99>
17. Korthagen, F. & Wubbels, T. (2011). Charakteristiky reflektívnych učiteľů. In F. Korthagen et al., *Jak spojit praxi s teorií: Didaktika realistického vzdelávání učitelů* (s. 137–150). Brno: Paido.
18. Kosová, B. (1995). *Humanizačné premeny výchovy a vzdelávania alebo ako ďalej na 1. stupni základnej školy*. Banská Bystrica: PF UMB.
19. Kosová, B. (2013). Humanistická škola alebo Prečo skutočná humanistická škola nemôže byť individualistická. In Porubský et al., *Premeny spoločnosti a perspektívy školy* (s. 22–48). Banská Bystrica: Belianum.
20. Kosová, B. (2015). *Filozofické a globálne súvislosti edukácie*. Banská Bystrica: Belianum.
21. Krankus, M. (2009). Kríza modernity a „objavenie dieťaťa“ v reformnej pedagogike. In B. Timková (Ed.), *Paedagogica 21. Zborník Filozofickej fakulty Univerzity Komenského* (s. 47–58). Bratislava: Univerzita Komenského. Dostupné na <https://fphil.uniba.sk/katedry-a-odborne-pracoviska/kped/veda-a-vyskum/paedagogica/paedagogica-roc-21-2009/>
22. Križo, V. (2020). *Inkluzívne vzdelávanie a jeho rozmanité chápanie (3)*. Dostupné na <https://inkluzivne-vzdelavanie-a-jeho-rozmanite-chapanie-3-cast/>
23. Križo, V. (2021). Humanistické aspekty inkluzívneho vzdelávania. *Psychológia a patopsychológia dieťaťa*, 55(1), 56–70. [https://doi.org/10.4149/ppd\\_202104](https://doi.org/10.4149/ppd_202104)
24. László, K. & Osvaldová, Z. (2014). *Didaktika*. Banská Bystrica: Belianum.
25. Lukasová, E. (2013). *Kľúč k zmysluplnému životu*. Bratislava: Lúč.
26. Mihálik, L. (1996). *Humanistická orientácia základnej školy*. Bratislava: Štátny pedagogický ústav.
27. Ministerstvo školstva, vedy, výskumu a športu SR. (2021). *Stratégia inkluzívneho prístupu vo výchove a vzdelávaní*. Dostupné na <https://www.minedu.sk/30864-sk/strategia-inkluzivneho-pristupu-vo-vychove-a-vzdelavani/>
28. Minott, M. (2019). Reflective teaching, inclusive teaching and the teacher's tasks in the inclusive classroom: a literary investigation. *British Journal of Special Education*, 46(2), 226–238. <https://doi.org/10.1111/1467-8578.12260>
29. Nietzsche, F. (2018). Filozofia, poznanie, myslenie. In M. Krankus (Ed.), *Myšlienky* (s. 19–41). Bratislava: Vydavateľstvo Európa.
30. Nietzsche, F. (2018). Kritika doby. In M. Krankus (Ed.), *Myšlienky* (s. 106–116). Bratislava: Vydavateľstvo Európa.
31. Novocký, M., Orosová, R., & Petříková, K. (2021). *Cvičný učiteľ ako diagnostik a reflexívny praktik*. Košice: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika.
32. Parker-Katz, M. & Passi, J. (2021). Bringing a Humanistic Approach to Special Education Curriculum. *Oxford Research Encyclopedia of Education*. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190264093.013.1580>
33. Petlák, E. (2016). *Všeobecná didaktika*. Bratislava: IRIS.
34. Petlák, E. (2017). Optimalizácia vo vzdelávaní. In M. PISOŇOVÁ (Ed.), *Školský manažment: terminologický a výkladový slovník* (s. 89–90). Bratislava: Wolters Kluwer.
35. Porubský, Š., Kosová, B., & Pavlov, I. (2014). Problém štandardizácie učiteľskej profesie v kontexte profesijného rozvoja učiteľov na Slovensku. *Orbis Scholae*, 8(3), 23–46. <https://doi.org/10.14712/23363177.2015.56>
36. Pow, W. & Lai, K. (2021). Enhancing the quality of student teachers' reflective teaching practice through building a virtual learning community. *Journal of Global Education and Research*, 5(1), 54–71. <https://www.doi.org/10.5038/2577-509X.5.1.1088>
37. Rajský, A. (2021). *Filozofia výchovy. Vybrané state*. Trnava: Trnavská univerzita v Trnave, Pedagogická fakulta.
38. Sámelová, S. (2016). Filozofické východiská edukácie. In D. Kováčiková & S. Sámelová (Eds.), *Filozofické, sociálne a*

- pedagogické základy edukácie: vysokoškolské učebné texty* (s. 7–29). Banská Bystrica: Belianum.
39. Slade, M. L., Burnham, T. J., Catalana, S. M., & Waters, T. (2019). The Impact of Reflective Practice on Teacher Candidates' Learning. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 13(2), 15. <https://doi.org/10.20429/ijsofl.2019.130215>
40. Slowik, J. (2022). *Inkluzivní speciální pedagogika*. Praha: Grada.
41. Srogoň, T., Cach, J., Mátej, J., & Schubert, J. (1981). *Dejiny školstva a pedagogiky*. Bratislava: SPN.
42. Steiner, R. (2003). *Waldorfská pedagogika – metodika a didaktika*. Semily: Opherus.
43. Suphasri, P. & Chinokul, S. (2021). Reflective Practice in Teacher Education: Issues, Challenges, and Considerations. *PASAA: A Journal of Language Teaching and Learning*, 62, 236–264. Dostupné na <https://www.culi.chula.ac.th/en/pasaa/view/4>
44. Šuťáková, V. & Ferencová, J. (2019). Kultúra školy podporujúca inovatívne prístupy k edukačnému procesu. *Edukácia*, 3(2), 187–201. Dostupné na [https://www.upjs.sk/public/media/21787/Sutakova\\_Ferencova.pdf](https://www.upjs.sk/public/media/21787/Sutakova_Ferencova.pdf)
45. Švec, Š. (2007). Potenciál edukologického poznania k znalostnej spoločnosti. In Z. Baďuriková & B. Timková (Eds.), *Výzvy znalostnej a učiacej sa society pre edukologickú koncepciu a implementáciu inovačných zmien v slovenskom školstve. Zborník príspevkov z prvého roku riešenia výskumného projektu VEGA 1/3645/06* (s. 5–52). Bratislava: Univerzita Komenského.
46. Titzl, B. (2000). *Postižený člověk ve společnosti*. Praha: Karlova univerzita.
47. Topping, K. & Maloney, S. (2005). Introduction. In K. Topping & S. Maloney (Eds.), *The RoutledgeFalmer Reader in Inclusive Education* (s. 1–14). New York, NY: Routledge.
48. Vančíková, K., Basarabová, B., Sabo, R., & Šukolová, D. (2021b). Various Perceptions of Inclusive School: Q Methodological Study. *Journal of Educational and Social Research*, 11(5), 1–10. <https://doi.org/10.36941/jesr-2021-0100>
49. Vančíková, K., Trnka, M., Basarabová, B., & Sabo, R. (2021a). Podoby inkluzívnej školy očami aktérov vzdelávania. *Pedagogické rozhľady: odborný-metodický časopis*, 30(8), 10–12. Dostupné na <https://archiv.mpc-edu.sk/sites/default/files/rozhlady-casopis/pr-8-2021.pdf>
50. *Zákon č. 138/2019 Z. z. o pedagogických zamestnancoch a odborných zamestnancoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov*. Dostupné na <https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/2019/138/>
51. Žilcher, L. & Svoboda, Z. (2019). *Inkluzivní vzdělávání: Efektivní vzdělávání všech žáků*. Grada: Praha.



# Remote Work Phenomenon and the Job Performance of Knowledge Workers

Lucie Ottová<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Palacký University Olomouc, Faculty of Arts; Křížkovského 10, 779 00 Olomouc; lucie.ottova01@upol.cz

Grant: IGA\_FF\_2024\_001

Name of the Grant: Organisational factors and HRM practises and their impact on intergenerational learning, job satisfaction and knowledge sharing in work teams (LEarnToknOw).

Subject: AN - Psychology

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

**Abstract** Changing work environments and the transformation of traditional working models into flexible ones have led to the rise of hybrid approaches combining remote and on-site working. This evolution, accelerated by technological advances and the COVID-19 pandemic, has redefined the way employees perform their tasks and how this affects their job performance. This study presents the results of empirical research on the impact of this transition on the job performance of knowledge workers. The study compares on-site and remote environments to determine how different work arrangements affect the job performance of men and women. The results of the study provide valuable insights for organizations seeking to optimize job performance in the context of an ever-changing work environment.

**Keywords:** job performance, remote work, knowledge workers

## 1. INTRODUCTION

The COVID-19 pandemic triggered a fundamental shift in the way we work, leading to the rapid adoption of flexible work arrangements. Remote work became the predominant model, particularly for knowledge workers whose roles are not tied to physical office presence. This transition, initially a response to public health requirements, has evolved into a permanent change in the work paradigm. The hybrid work model, which combines remote work with traditional office settings, has now become common practice.

This article presents the findings of a research project focused on analyzing job performance in the context of remote work for men and women. The study was conducted among knowledge workers at an international manufacturing company based in the Czech Republic and addressed current issues in the work environment, specifically the performance of knowledge workers operating both on-site and remotely.

The research included a representative sample of 400 knowledge workers, with 262 providing valid responses, forming a robust basis for analysis. Methodologically, the study was based on a quantitative survey, enabling systematic data collection from a large number of respondents and subsequent analysis using statistical methods. This approach was chosen to gain an objective insight into the differences in job performance between the two environments

and to identify key factors influencing the performance of knowledge workers.

## 2. TERMINOLOGY AND THEORETICAL BACKGROUND OF THE RESEARCH

Job performance represents a long-standing area of research in work psychology, focusing on understanding the factors influencing efficiency, productivity, and employee satisfaction in various work contexts. This chapter aims to clarify the fundamental terminology associated with the concept of job performance and studies examining job performance in relation to remote work.

### 2.1 Terminology

The scientific exploration of knowledge workers' performance required the establishment of a scientifically recognized categorization of job performance. In this context, significant scientific studies on job performance categorization and research supporting its importance in investigation are introduced below.

Research on job performance began in the early 20th century and extended to the mid-1980s. In 1976, Hackman and Oldham introduced a model designed to define the conditions that foster employees' intrinsic motivation to complete tasks. During this period, scientific studies focused on the relationships between personality traits and job performance.

In the mid-1980s, a major shift occurred in the research approach to this field. Barrick et al. (2001) summarized findings from 15 meta-analyses that examined the relationship between personality characteristics defined by the Five-Factor Model (FFM) and job performance.

Motowidlo and Kell (2013) proposed a scientifically recognized categorization of job performance that distinguishes between task performance and contextual performance. This distinction is crucial for capturing all significant aspects affecting overall organizational efficiency in performance evaluations. According to Motowidlo and Van Scotter (1994), task performance includes activities directly associated with the transformation of raw materials into products and the distribution of necessary materials, while contextual performance focuses on behaviors that enhance organizational

effectiveness by influencing the psychological, social, and organizational environment.

Further exploring job performance, Motowidlo and Kell (2013) noted that contextual performance is closely linked to organizational citizenship behavior (OCB), which refers to actions that benefit the organization. OCB involves voluntary activities that are not directly tied to rewards. In contrast, counterproductive work behavior (CWB) decreases organizational value.

## 2.2 Theoretical aspects of examining job performance and remote working among knowledge workers

The initial attempts to study flexible work arrangements date back to the 1980s. A study by Pierce and Newstrom (1983) sought to empirically examine the relationship between various attitudinal variables and employee behaviors with elements of flexible work schedules. The study confirmed a positive correlation between schedule flexibility and performance and found a connection to reduced employee absenteeism. In the 1990s, Kogi (1991) explored flexible work schedules, highlighting new models such as compressed workweeks that extend working hours beyond standard days with flexibility for workers. However, he acknowledged potential safety and health risks, including fatigue, disrupted sleep, impaired social life, and health issues from excessive or irregular schedules.

A study by Masuda et al. (2012) investigated flexible work arrangements and performance through managers' evaluations of their employees across Anglo-American, Latin American, and Asian regions. It revealed that cultural context plays a critical role in utilizing flexible work forms. Maintaining contact between workers also influences performance in remote work settings. Coenen and Kok (2014) examined the impact of remote work and flexible schedules on team performance in new product development projects. Their research indicated that while remote work generally enhances performance, some level of direct interaction is necessary to mitigate potential downsides and maintain quality knowledge exchange. They emphasized the importance of providing adequate support resources and sustaining personal contact within flexible work arrangements.

The negative impact of remote work on social interaction was highlighted by Orhan et al. (2016), who studied remote work dynamics. While they found correlations between remote work and employee performance, they also noted reduced turnover tendencies within organizations.

In the post-pandemic era, several studies have explored job performance under remote work conditions. Toscano and Zappalà (2021) investigated the relationship between job performance, remote work, and personality traits, emphasizing the variability of outcomes based on individual circumstances. Key findings showed that remote job performance is influenced by personality traits, living conditions, and engagement levels, particularly communication with management. Their research underlined the complexity of remote work's impact, with individual circumstances significantly affecting effectiveness and satisfaction.

Rebolledo et al. (2021) found that remote work boosts performance and productivity by allowing employees to manage their time more effectively and reducing commuting-related stress. This aligns with other studies across different sectors, such as a 2023 article by Mazur and Chukhraye titled "The Impact of Remote Work on Employee Productivity in the Modern World." They recognized both benefits and challenges of remote work. Benefits include

enhanced performance due to fewer distractions, elimination of commuting fatigue, and better work-life balance. They also discussed the transition to a flexible and technologically advanced work style, noting that flexible schedules and improved work-life balance enhance productivity. However, they highlighted challenges such as isolation and unsuitable work environments that can negatively affect performance.

Similarly, Abdulrahim and Yousif (2023) studied remote work's impact on performance in Saudi Arabia's financial sector, finding positive effects through increased job satisfaction and better work-life balance. Despite challenges like physical isolation and reduced direct colleague interaction, the study suggested that remote work fosters accountability, self-regulation, and overall employee well-being.

Research on remote work and its impact on performance demonstrates its potential to significantly improve efficiency for employees and organizations. Zackery et al. (2022) called for revisiting existing business practices, such as managerial support, inclusive culture building, and informal flexibility integration. Overall, studies suggest that with proper setup and attention to individual needs, remote work can greatly enhance productivity, employee satisfaction, and work-life balance.

The findings from existing research were used to formulate the research question and hypotheses.

## 3. RESEARCH QUESTION AND HYPOTHESES

In relation to the purpose of the research, the research question is as follows: Is there a difference in the job performance of men and women when working on-site versus remotely?

Given the nature of the data, which involves comparing two sets of values obtained from the same subjects under different conditions, a paired t-test was selected for evaluation. To use the paired t-test, it is necessary to establish the null hypothesis  $H_0$  and the alternative  $H_1$ .  
 $H_0$ : There is no difference in the job performance of men and women in on-site and remote work.

$H_1$ : There is a difference in the job performance of men and women in on-site and remote work.

### 3.1 Methods

Job performance was examined using the Individual Work Performance Questionnaire (IWPQ) in a version translated into Czech by Horčíčková (2019). This method includes three main dimensions:

- Task Performance – this dimension focuses on the efficiency and quality of performance in performing the tasks that are part of the job role.
- Contextual Performance – includes behaviours that support the organisational environment, such as teamwork, willingness to help colleagues and contributing to the organisational climate.
- Counterproductive Work Behavior CWB – Evaluates negative behaviors that interfere with the work environment or organizational goals, such as avoidance of duties, conflicts with colleagues, or rule breaking.

The questionnaire contains 18 items, which are divided into the three subscales mentioned above.

Picture 1: Items IWPQ

Task performance	
In the past 3 months...	
TP1...	I was able to plan my work so that I finished it on time
TP2...	I kept in mind the work result I needed to achieve.
TP3...	I was able to set priorities.
TP4...	I was able to carry out my work efficiently.
TP5...	I managed my time well.
Contextual performance	
In the past 3 months...	
CP6...	On my own initiative, I started new tasks when my old tasks were completed
CP7...	I took on challenging tasks when they were available.
CP8...	I worked on keeping my job-related knowledge up-to-date.
CP9...	I worked on keeping my work skills up-to-date.
CP10...	I came up with creative solutions for new problems
CP11...	I took on extra responsibilities
CP12...	I continually sought new challenges in my work.
CP13...	I actively participated in meetings and/or consultations.
Counterproductive work behaviour	
In the past 3 months...	
CWB14...	I complained about minor work-related issues at work.
CWB15...	I made problems at work bigger than they were.
CWB16...	I focused on the negative aspects of a situation at work instead of the positive aspects.
CWB17...	I talked to colleagues about the negative aspects of my work.
CWB18...	I talked to people outside of the organization about the negative aspects of my work.

Source: own based on questionnaire IWPQ, Horčíčková (2019)

To minimize the risk of response bias when repeatedly completing the IWPQ questionnaire, which uses a Likert scale, data were collected in two phases. The first phase involved evaluating job performance in the context of on-site work, while the second phase focused on remote work, with a one-day interval between the two phases.

Data collection took place in May 2024 within a corporate manufacturing company based in the Czech Republic. The research sample consisted of 400 employees invited to participate through an online questionnaire, with a response rate of 262 (65.5%). Only respondents with at least six months of remote work experience were included in the research. The questionnaire included items addressing basic demographic and professional information about the respondents, as well as questions assessing their experiences with both on-site and remote work arrangements.

Out of the 262 respondents, 165 were men, 94 were women, and 3 identified as another gender. Since respondents identifying as a non-binary gender constituted less than 1% of the total sample, they were not included in the analysis comparing the job performance of men and women for methodological reasons. This decision was made to ensure adequate group sizes and the statistical significance of results.

As part of the data collection on the job performance of knowledge workers, respondents were also required to provide information about their gender. This information was included in the analysis to account for potential differences in how men and women organize their work and family responsibilities. Previous research suggests that women often bear a greater burden of family and childcare responsibilities. As noted in the study by Mussida and Patimo (2020), this could influence their job performance in a remote work setting. It is hypothesized that the ability to flexibly combine work and family activities could contribute to more effective use of working time.

Table 1: distribution of respondents by gender

Gender	Percentage
Men	63%
Women	36%
Other	<1%

Source: own processing

#### 4. DATA ANALYSIS AND RESULTS

The research question and hypotheses are answered using paired t-test.

A paired t-test was used to evaluate the data, as it consisted of two sets of measurements conducted on the same subjects under two different conditions: on-site work and remote work.

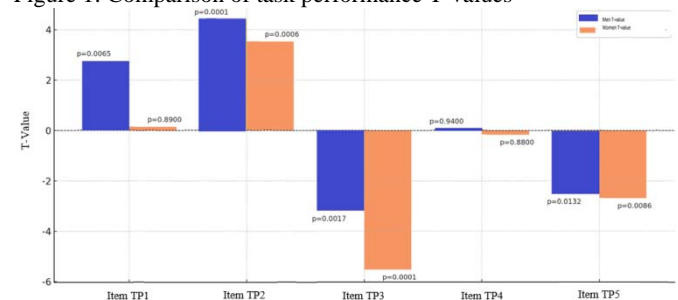
Key terms for the paired t-test include the null hypothesis ( $H_0$ ), alternative hypothesis ( $H_1$ ), T-statistic (or T-value), and P-value. The null hypothesis ( $H_0$ ) assumes that there is no difference between the two groups, while the alternative hypothesis ( $H_1$ ) suggests the opposite. The T-statistic is calculated as the ratio of the mean differences between pairs to the standard error of the differences, providing a measure of deviation from the expected null difference. The P-value represents the probability that the observed difference occurred by chance if the null hypothesis is true. This value serves as the criterion for deciding whether to reject the null hypothesis.

##### Task Performance

The results of the analysis indicate significant differences in performance between on-site and remote work, depending on the nature of the Task Performance (TP) items and gender. Among men, statistically significant differences were found for TP1, TP2, TP3, and TP5, while TP4 showed no significant difference. For women, significant differences were observed in TP2, TP3, and TP5, while no significant differences were found for TP1 and TP4.

Positive T-values for certain items suggest better performance during on-site work, whereas negative T-values indicate higher performance during remote work. These findings confirm that differences in performance are influenced not only by the work environment but also by the specific requirements of individual tasks.

Figure 1: Comparison of task performance T-values



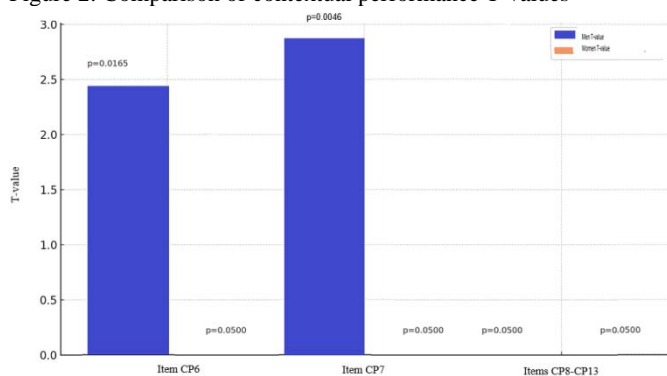
Source: own processing

##### Contextual performance

The analysis of contextual performance revealed significant differences between on-site and remote work modes for men, while no statistically significant differences were found for women. Among men, significant differences were particularly observed in items CP6 and CP7, whereas items CP8 through CP13 showed no significant differences. For women, none of the items from CP6 to CP13 were associated with significant differences.

These findings suggest potential gender differences in how the work environment affects contextual performance, with men exhibiting greater sensitivity to changes in the work environment for certain items.

Figure 2: Comparison of contextual performance T-values



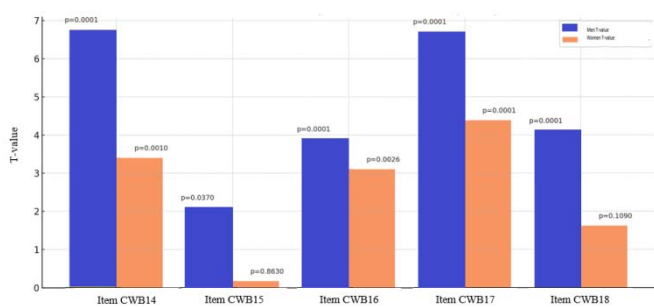
Source: own processing

### Counterproductive behavior

The analysis of counterproductive behavior between on-site work and remote work revealed that all significant differences were associated with higher levels of counterproductive behavior during on-site work. Among men, statistically significant differences were identified in all five evaluated areas of counterproductive behavior, with the highest T-values observed for items CWB14 and CWB17. For women, significant differences were found in three items: CWB14, CWB16, and CWB17, while no statistically significant differences were observed for items CWB15 and CWB18.

The absence of negative T-values indicates that counterproductive behavior was more frequent in all cases during on-site work than remote work. These findings suggest that working on-site at the employer's premises may pose a higher risk of counterproductive behavior, likely due to factors such as direct social interaction, workplace pressure, or supervision, which are less prevalent in remote work settings.

Figure 3: Comparison of T-values of counterproductive work behaviour



Source: own processing

The result of the data analysis using the paired t-test is as follows:

- The null hypothesis ( $H_0$ ) was rejected.
- The alternative hypothesis ( $H_1$ ) was supported.

The research findings demonstrated that the work mode, whether on-site at the employer's premises or remote work, affects various dimensions of job performance, including task performance, contextual performance, and counterproductive behavior. While task performance exhibited variable differences between genders, with a greater impact of work mode on specific tasks, contextual performance was influenced primarily among men, though to a limited extent. In contrast, women showed no statistically significant differences in this area.

The most pronounced results were observed in counterproductive behavior, which was consistently higher during on-site work compared to remote work, especially among men, who displayed significant differences across all evaluated categories.

## 5. CONCLUSION

The aim of this article was to present the subject and findings of a research project focused on work performance under on-site and remote work conditions, addressing the research question of whether there is a difference in work performance with respect to gender and providing evidence to support the hypothesis. The research identified a difference in work performance between on-site and remote work, supported by a paired t-test, which showed that the work performance of men and women differs in both work environments.

The answer to the research question is as follows: There is a difference in the job performance of men and women when working on-site versus remotely. The alternative hypothesis ( $H_1$ ) was supported, indicating that gender differences exist in work performance across these work settings.

These findings highlight the importance of tailoring work conditions and environments to individual and team needs. Remote work may offer certain advantages, such as reducing counterproductive behavior and increasing efficiency for specific tasks, while on-site work may be more suitable for fostering social interactions and meeting some contextual requirements. Gender differences in responses to work environments suggest the need for a gender-sensitive approach when designing work strategies.

Overall, the research underscores the need for further exploration of how work environments impact various aspects of performance to optimize work processes and enhance employee satisfaction and productivity.

## Sources

1. ABDULRAHIM, Hiyam and YOUSIF, Ghadda, 2023. Remote Work Implications on Productivity of Workers in the Saudi Financial Sector. Online. International Journal of Professional Business Review. 8(4). E-ISSN 2525-3654. Available at: <https://doi.org/10.26668/businessreview/2023.v8i4.1064>. [cit. 2024-07.27].
2. BARRICK, R. Murray; MOUNT, K. Michael and JUDGE, T. A. Timothy, 2008. Personality and performance at the beginning of the new millennium: What do we know and where do we go next? Online. International Journal of Selection and Assessment. 9-30. Available at: <https://doi.org/10.1111/1468-2389.00160>. [cit. 2024-07.27].
3. COENEN, Marja and KOK, A. Robert, 2014. Workplace flexibility and new product development performance: The role of telework and flexible work schedules. Online. European Management Journal, 32(4), 564-576. ISSN 0263-2373. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.emj.2013.12.003>. [cit. 2024-07.27].
4. HACKMAN, J. Richard and OLDFHAM, R. Greg, 1976. Motivation through the design of work: Test of a theory. Online. Organizational Behavior and Human Performance. 16(2), 250-279. Available at: [https://doi.org/10.1016/0030-5073\(76\)90016-7](https://doi.org/10.1016/0030-5073(76)90016-7). [cit. 2024-07.27].
5. HORČIČKOVÁ, Vendula, 2019. Překlad a adaptace dotazníku na posouzení vlastního pracovního výkonu (IWPQ). Online, diplomová práce, vedoucí Jakub Procházka. Masarykova univerzita. Available at: [https://is.muni.cz/th/yy7us/Horcickova\\_FINAL.pdf](https://is.muni.cz/th/yy7us/Horcickova_FINAL.pdf). [cit. 2024-07.27].



6. KOGI, Kazutaka, 1991. Job content and working time: The scope for joint change. Online: *Ergonomics*. 1991, 34(6), 757-773. Available at: <https://doi.org/10.1080/00140139108967349>. [cit. 2024-07.27].
7. MASUDA, D. Aline et al. 2012. Flexible Work Arrangements Availability and their Relationship with Work-to-Family Conflict, Job Satisfaction, and Turnover Intentions: A Comparison of Three Country Clusters. Online. *Applied Psychology*. 61. 1-29. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1464-0597.2011.00453.x>. [cit. 2024-07.27].
8. MAZUR, Nazarii and CHUKHRAI, Nataliya. The impact of remote working on employee productivity in the modern world. Online. In: Boston, USA, 2023, s. 41-45. Available at: <https://doi.org/10.36074/logos-26.05.2023.010>. [cit. 2024-08-08].
9. MOTOWIDLO, J. Stephan and VAN SCOTTER, R. James, 1994. Evidence that task performance should be distinguished from contextual performance. Online. *Journal of Applied Psychology*. 79(4), 475 – 480. Available at: doi: 10.1037/0021-9010.79.4.475. [cit. 2024-08-08].
10. MOTOWIDLO, J. Stephan and KELL, J. Harrison. Job Performance. In: *Handbook of Psychology: Industrial and Organizational Psychology*, Vol. 12(2). 2013. S. 82-103.
11. MUSSIDA, Chiara and PATIMO, Raffaella, 2021. Women's Family Care Responsibilities, Employment and Health: A Tale of Two Countries. Online. *Journal of Family and Economic Issues*. 12.2020. 42, 489–507. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10834-020-09742-4>. [cit. 2024-08-08].
12. ORHAN, A. Mehmet; RIJSMAN, B. John and VAN DIJK, M. Gerda, 2016. Invisible, therefore isolated: Comparative effects of
13. PIERCE, L. Jon and NEWSTROM, W. John, 1983. The design of flexible work schedules and employee responses: Relationships and process. Online. *Journal of Occupational Behavior*. 10. 4(4), 247–262. Available at: <https://www.jstor.org/stable/3000314>. [cit. 2024-08-08].
14. REBOLLEDO, A. Oscar; VEGA, C. Daniel and BELMAR, S. Ronaldo, 2021. Learning to Work While Homebound–The Effects of Remote Work on Job Performance during the Covid-19 Pandemic. Online. *JeFMS*. 4.6. 772-793. Available at: <https://ijefm.co.in/v4i6/Doc/13.pdf>. [cit. 2024-08-08].
15. TOSCANO, Ferdinand and ZAPALÁ, Salvatore, 2021. Overall job performance, remote work engagement, living with children, and remote work productivity during the COVID-19 pandemic. Online. *European Journal of Psychology Open*. Available at: <https://doi.org/10.1024/2673-8627/a000015>. [cit. 2024-08-08].
16. ZACKERY, Ali et al. 2022. COVID-19 Research in Business and Management: A Review and Future Research Agenda. Online. *Sustainability*, 14(16), 9820. Available at: <https://doi.org/10.3390/su14169820>. [cit. 2024-08-08].

# Comparing binomial proportions in clinical trials: exact confidence intervals for small sample sizes

Ivana Pobočiková<sup>1</sup>  
Daniela Sršňiková<sup>2</sup>  
Mária Michalková<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Applied Mathematics, Faculty of Mechanical Engineering, University of Žilina, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovakia; ivana.pobocikova@fstroj.uniza.sk

<sup>2</sup> Department of Applied Mathematics, Faculty of Mechanical Engineering, University of Žilina, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovakia; daniela.srsnikova@fstroj.uniza.sk

<sup>3</sup> Department of Applied Mathematics, Faculty of Mechanical Engineering, University of Žilina, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovakia; maria.michalkova@fstroj.uniza.sk

Grant: KEGA projects No. 029ŽU-4/2022 and No. 025ŽU-4/2024

Name of the Grant: KEGA No. 029ŽU-4/2022 Implementation of the principles of blended learning into the teaching of the subject Numerical Methods and Statistics, KEGA No. 025ŽU-4/2024 Implementation of new didactic tools to increase the quality of mathematics teaching in the engineering degree at technical universities

Subject: AM – Pedagogy and education

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

**Abstract** The confidence intervals for the difference of two independent binomial proportions are often used in clinical trials to compare a new treatment with a standard treatment. A traditional approach based on standard normal approximation does not work well for a small sample size. This article describes the exact Chang-Zhang and Agresti-Min confidence intervals, which are better alternatives for small sample sizes. Both methods are strictly conservative, ensuring that the minimum coverage probability is always met. We illustrate the use of these intervals with a real example from clinical studies.

**Keywords** binomial distribution, difference of two proportions, confidence interval, Chan-Zhang interval, Agresti-Min interval, Wald interval, clinical trial

## 1. INTRODUCTION

In medical studies, assessing the difference between two independent binomial proportions from a comparative study or experiment is often a key research focus. Confidence intervals are an effective way to evaluate this difference. In clinical trials, confidence intervals for the difference of two independent binomial proportions are often used to compare a new treatment with a standard treatment or a placebo or to compare the effects of two drugs. This situation can be illustrated with a 2x2 contingency table.

Table 1. Comparison of New Treatment vs. Standard Treatment

	New treatment	Standard treatment
Number of successes	$X$	$Y$
Number of failures	$n_1 - X$	$n_2 - Y$
Total	$n_1$	$n_2$

Let  $X \sim Bi(n_1, \pi_1)$  and  $Y \sim Bi(n_2, \pi_2)$  be two independent binomial random variables. Random variable  $X$  is the number of successes in the group with a new treatment,  $\pi_1$  denotes the probability of success, and  $n_1$  is the sample size. Let random variable  $Y$  be

the number of successes in the group with the standard treatment,  $\pi_2$  denoting the probability of success, and  $n_2$  is the sample size. The difference between proportions, or the success probabilities, serves as an important effect measure when comparing new and standard treatments. This difference between binomial proportions is denoted as  $\delta = \pi_1 - \pi_2$ . Apparently  $-1 < \delta < 1$ . Let  $\pi = \pi_1$  and substitute  $\pi_2 = \delta - \pi_1$ . Then the joint probability mass function can be expressed as

$$P(X = x, Y = y) = \binom{n_1}{x} \binom{n_2}{y} \pi^x (1 - \pi)^{n_1 - x} (\pi - \delta)^y (1 - \pi + \delta)^{n_2 - y}$$

for  $x = 0, 1, \dots, n_1$ ,  $y = 0, 1, \dots, n_2$ ;  $n_1, n_2 \in \mathcal{N}$  and  $\pi_1, \pi_2 \in (0, 1)$ .

For any given  $\delta$  the domain of  $\pi$  is

$$D(\delta) = \{\pi: \max\{0, \delta\} \leq \pi \leq \min\{1, 1 + \delta\}\}.$$

To evaluate the treatment difference, we aim to find the  $100 \times (1 - \alpha)\%$  two-sided confidence interval for the difference of two independent binomial proportions. This interval is denoted as  $(\delta_L, \delta_U)$ . The maximum likelihood estimators (MLEs) for the parameters  $\pi_1$  and  $\pi_2$  from samples are given by

$$p_1 = \frac{X}{n_1} \text{ and } p_2 = \frac{Y}{n_2},$$

respectively, where  $X$  is the number of successes in a random sample of size  $n_1$  and  $Y$  is the number of successes in the random sample of size  $n_2$ .

The literature offers several methods for constructing confidence intervals for the difference of two independent binomial proportions. This topic has garnered significant attention due to its numerous practical applications. One traditional approach relies on the standard normal approximation. Among these methods, the asymptotic Wald interval is widely employed, and it is defined as

$$\delta_L = (p_1 - p_2) - k_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{p_1(1-p_1)}{n_1} + \frac{p_2(1-p_2)}{n_2}},$$

$$\delta_U = (p_1 - p_2) + k_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{p_1(1-p_1)}{n_1} + \frac{p_2(1-p_2)}{n_2}},$$

where  $k_\alpha$  is the  $\alpha$ -quantile of standard normal distribution.

In contrast, the exact confidence intervals are derived from exact binomial distribution. These intervals are constructed by reversing a hypothesis test under an appropriate alternative hypothesis. Two commonly used methods are the Chan-Zhang interval (Chan and Zhang, 1999) and the Agresti-Min interval (Agresti and Min, 2001), both will be detailed in the following section.

It is challenging to definitively recommend one method as superior. A critical aspect in evaluating the performance of a confidence interval lies in considering the coverage probability, conservatism, and interval length. These criteria are discussed in greater depth, for instance, in Newcombe (1998).

The coverage probability of the confidence interval  $\langle \delta_L, \delta_U \rangle$  is for fixed  $n_1, n_2 \in \mathcal{N}$  and  $\pi_1, \pi_2 \in (0, 1)$  defined by

$$C_{n_1, n_2}(\pi_1, \pi_2) = \sum_{x=0}^{n_1} \sum_{y=0}^{n_2} \binom{n_1}{x} \binom{n_2}{y} \pi_1^x (1-\pi_1)^{n_1-x} \pi_2^y (1-\pi_2)^{n_2-y} I(x, y, \pi_1, \pi_2),$$

where indicator function  $I(x, y, \pi_1, \pi_2) = 1$  if  $\delta \in \langle \delta_L, \delta_U \rangle$  and  $I(x, y, \pi_1, \pi_2) = 0$  otherwise.

The confidence interval is strictly conservative, if for all  $n_1, n_2 \in \mathcal{N}$  and  $\pi_1, \pi_2 \in (0, 1)$

$$C_{n_1, n_2}(\pi_1, \pi_2) \geq 1 - \alpha.$$

The expected length of the confidence interval is defined by

$$EL_{n_1, n_2}(\pi_1, \pi_2) = \sum_{x=0}^{n_1} \sum_{y=0}^{n_2} [\delta_U(x, y) - \delta_L(x, y)] \binom{n_1}{x} \binom{n_2}{y} \pi_1^x (1-\pi_1)^{n_1-x} \pi_2^y (1-\pi_2)^{n_2-y} I(x, y, \pi_1, \pi_2),$$

where  $\delta_L(x, y), \delta_U(x, y)$  are bounds of a particular confidence interval.

In other words, the coverage probability is the probability that the confidence interval contains the true value. The better confidence interval is such an interval, in which coverage probability is close to the nominal level  $(1 - \alpha)$ . Additionally, shorter intervals are generally preferred because they provide more precise estimates.

In the early phases of clinical trials, the sample sizes are usually small or moderate and strict conservatism is required, so confidence intervals based on large sample approximations do not achieve the nominal level and may not be reliable. While the Wald interval is straightforward to compute, it is widely recognized to perform inadequately for small sample sizes and when the proportions  $\pi_1$  or  $\pi_2$  near to boundaries 0 or 1. Various comparisons in the

literature, including studies by Newcombe (1998), Agresti and Caffo (2000), and Brown and Li (2005), consistently report poor performance of the Wald interval in terms of coverage probability. Superior alternatives to the asymptotic Wald interval, noted for their improved performance and simplicity of calculation, have been proposed by researchers such as Newcombe (1998), Agresti and Caffo (2000), and Miettinen and Nurminen (1985).

It is known that the exact intervals are strictly conservative, they guarantee the coverage probability above or equal to the nominal level  $(1 - \alpha)$  and are more reliable when the sample sizes are small or when the proportions  $\pi_1$  or  $\pi_2$  are near to the boundaries 0 or 1.

In this paper, we illustrate the application of the confidence intervals for the difference of two independent binomial proportions in clinical trials. We use the real data from the clinical trials. We consider exact Chan-Zhang and the Agresti-Min intervals. Both intervals are strictly conservative and are recommended to be used in clinical trials when strict conservatism is required due to safety and efficacy. The Agresti-Min interval has a coverage probability closer to the nominal level and is less conservative compared to the Chan-Zhang interval. In general, the Agresti-Min interval is shorter than the Chan-Zhang interval (Pobočíková, 2011).

## 2. EXACT CONFIDENCE INTERVALS

### 2.1 Chan-Zhang interval

Chan and Zhang (1999) proposed the exact confidence interval by inverting two one-sided score tests

$$H_0: \delta = \delta_0 \text{ versus } H_0: \delta < \delta_0 \text{ and } H_0: \delta = \delta_0 \text{ versus } H_0: \delta > \delta_0.$$

and used for testing the score test statistic

$$Z(X, Y, \delta_0) = \frac{p_1 - p_2 - \delta_0}{\sqrt{\frac{\hat{p}_1(1-\hat{p}_1)}{n_1} + \frac{\hat{p}_2(1-\hat{p}_2)}{n_2}}}$$

where  $p_1, p_2$  are maximum likelihood estimators of  $\pi_1, \pi_2$  and  $\hat{p}_1, \hat{p}_2$  are maximum likelihood estimators of  $\pi_1, \pi_2$  under the restriction that  $\hat{p}_1 - \hat{p}_2 = \delta_0$ . Miettinen and Nurminen (1985) showed that  $\hat{p}_1, \hat{p}_2$  can be obtained uniquely by closed form.

For given  $X = x, Y = y$  are the exact one-sided p-values for  $\delta_0$  defined by

$$\beta_{CZL}(x, y|Z, \delta_0) = \max_{\pi \in D(\delta_0)} \left\{ \sum_{i=0}^{n_1} \sum_{j=0}^{n_2} P(X = i, Y = j | \delta_0, \pi) I_1(Z(i, j, \delta_0) \geq Z(x, y, \delta_0)) \right\},$$

$$\beta_{CZU}(x, y|Z, \delta_0) = \max_{\pi \in D(\delta_0)} \left\{ \sum_{i=0}^{n_1} \sum_{j=0}^{n_2} P(X = i, Y = j | \delta_0, \pi) I_2(Z(i, j, \delta_0) \leq Z(x, y, \delta_0)) \right\},$$

where

$$I_1(A \geq B) = \begin{cases} 1 & \text{if } A \geq B \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}, \quad I_2(A \leq B) = \begin{cases} 1 & \text{if } A \leq B \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

are indicator functions.

The  $100 \times (1 - \alpha)\%$  Chan-Zhang interval is defined by

$$\delta_L = \inf_{\delta} \left\{ \delta; \beta_{CZL}(x, y|Z, \delta_0) > \frac{\alpha}{2} \right\},$$

$$\delta_U = \sup_{\delta} \left\{ \delta; \beta_{CZU}(x, y|Z, \delta_0) > \frac{\alpha}{2} \right\}.$$

### 2.2 Agresti-Min interval

Agresti and Min (2001) proposed the exact confidence interval by inverting one two-sided score test

$$H_0: \delta = \delta_0 \text{ versus } H_0: \delta \neq \delta_0.$$

For given  $X = x, Y = y$  is the exact two-sided p-value for  $\delta_0$  defined by

$$\beta_{AM}(x, y|Z, \delta_0) = \max_{\pi \in D(\delta_0)} \left\{ \sum_{i=0}^{n_1} \sum_{j=0}^{n_2} P(X = i, Y = j | \delta_0, \pi) I(|Z(i, j, \delta_0)| \geq |Z(x, y, \delta_0)|) \right\},$$

where

$$I(|A| \geq |B|) = \begin{cases} 1 & \text{if } |A| \geq |B| \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

is an indicator function.

The  $100 \times (1 - \alpha)\%$  Agresti-Min interval is defined by

$$\delta_L = \inf_{\delta} \{ \delta; \beta_{AM}(x, y|Z, \delta_0) > \alpha \},$$

$$\delta_U = \sup_{\delta} \{ \delta; \beta_{AM}(x, y|Z, \delta_0) > \alpha \}.$$

## 3. EXAMPLES

In this section, we illustrate the confidence intervals discussed using real clinical study data reported by Gomez-Vasquez et al. (2007) and Mo and Qiu (2017).

### 3.1 Example 1

Gomez-Vasquez et al. (2007) investigated the efficacy of dexmedetomidine in pain relief after knee arthroscopic surgery.

Dexmedetomidine, an  $\alpha_2$  agonist, is a sedative known for its analgesic properties. Its efficacy and side effects were examined in the immediate postoperative period following knee arthroscopic surgery, a procedure often associated with significant postoperative pain necessitating analgesic intervention. A double-blind, double-placebo-controlled clinical trial was conducted involving 30 patients diagnosed with chronic degenerative knee arthritis or anterior cruciate ligament injury, randomly assigned to receive either intravenous dexmedetomidine or intravenous propacetamol. Pain scores, supplemental analgesic requirements, and side effects were closely monitored. The study aimed to evaluate both substances' efficacy in pain management following knee arthroscopy and their respective side effect profiles. Data regarding the number of patients requiring additional analgesics for pain relief can be visualized using a  $2 \times 2$  contingency table.

Table 2. Requests for additional analgesics

Request	Dexmedetomidine group	Propacetamol group
Yes	7	4
No	8	11
Sum	15	15

Let  $\pi_1$  represent the probability of requests for additional analgesics in the dexmedetomidine group, and  $\pi_2$  denote the corresponding probability in the propacetamol group.

In our study, we have  $x = 7, n_1 = 15, y = 4$  a  $n_2 = 15$ . The maximum likelihood estimators for parameters  $\pi_1$  and  $\pi_2$  from the samples are

$$p_1 = \frac{7}{15} = 0.4667 \text{ and } p_2 = \frac{4}{15} = 0.2667.$$

The observed difference is  $\delta = p_1 - p_2 = 0.2$ . We calculate the 95% confidence intervals for the difference  $\delta = \pi_1 - \pi_2$  (difference dexmedetomidine - propacetamol). The results are provided in Table 3.

Due to the limited sample sizes, exact confidence intervals are employed to improve reliability and reduce coverage uncertainties. In clinical trials, ensuring patient safety is of paramount importance, requiring rigorous measures to minimize potential risks.

Table 3. 95% confidence intervals for the difference  $\delta = \pi_1 - \pi_2$

Method	$\langle \delta_L, \delta_U \rangle$
Chan-Zhang interval	$\langle -0.1598; 0.5262 \rangle$
Agresti-Min interval	$\langle -0.1506; 0.5181 \rangle$

The methods employed yield consistent sets of confidence intervals, indicating no statistically significant difference between the parameters  $\pi_1$  and  $\pi_2$  (intervals include 0). This suggests that there is no significant difference in the analgesic efficacy between the two substances. The intervals show similar widths, with the Chan-Zhang interval being wider than the Agresti-Min interval (Fig. 1).

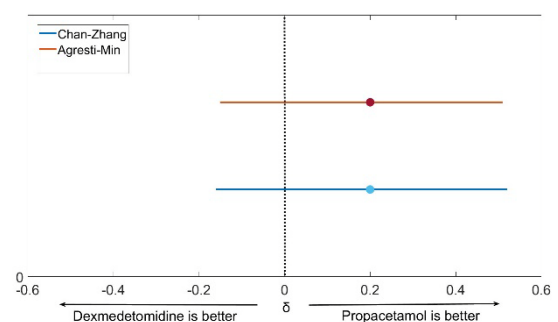


Figure 1. 95% confidence intervals for difference  $\delta = \pi_1 - \pi_2$

Throughout the study, adverse effects associated with both substances were carefully monitored in both groups of patients. We will show the interpretation of confidence intervals on selected adverse events. The frequency of specific adverse events is detailed in Table 4, alongside their corresponding 95% two-sided confidence intervals provided in Table 5. Statistical significance is indicated by the symbol \*.



Table 4. Adverse effects, number of cases

Adverse event	Dexmedetomidine group	Propacetamol group	Observed difference $p_1 - p_2$
Bradycardia	6	1	0.3333
Hypotension	1	2	-0.0667
Hypertension	5	0	0.3333
Local pain	0	11	-0.7333
Shivering	0	4	-0.2667
Nausea	0	2	-0.1333
Vomiting	0	1	-0.0667
Headache	1	0	0.0667

Table 5. 95% confidence intervals for the difference  $\delta = \pi_1 - \pi_2$

Adverse event	Chan-Zhang	Agresti-Min
Bradycardia *	(0.0117; 0.6197)	(0.0234; 0.6015)
Hypotension	(-0.3439; 0.2031)	(-0.3354; 0.2034)
Hypertension *	(0.0784; 0.6162)	(0.0874; 0.5939)
Local pain *	(-0.9221; -0.4395)	(-0.9033; -0.4500)
Shivering *	(-0.5510; -0.0093)	(-0.5290; -0.0235)
Nausea	(-0.4046; 0.1014)	(-0.3923; 0.0996)
Vomiting	(-0.3195; 0.1599)	(-0.3190; 0.1513)
Headache	(-0.1599; 0.3195)	(-0.1513; 0.3190)

The methods consistently produce comparable sets of confidence intervals and agree on their findings regarding adverse effects. In the dexmedetomidine group, notable adverse effects identified were decreased heart rate and high blood pressure. These confidence intervals are statistically significant, as they do not include 0 and have positive endpoints, implying a greater incidence of decreased heart rate or high blood pressure among patients receiving dexmedetomidine (Fig. 2 and Fig. 3).

Conversely, significant adverse effects observed in the propacetamol group included local pain and shivering. The confidence intervals for these effects are also statistically significant, with endpoints that do not include 0 and are negative. This indicates a higher proportion of patients experiencing local pain or shivering with propacetamol (Fig. 2 and Fig. 3).

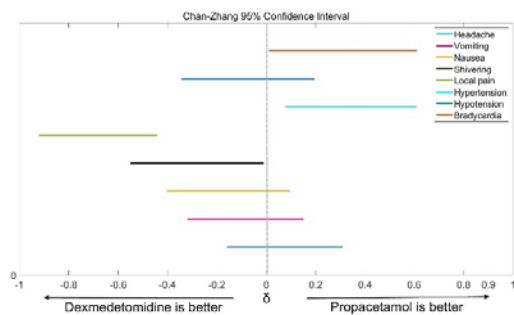


Figure 2. Chan-Zhang 95% confidence intervals for adverse events

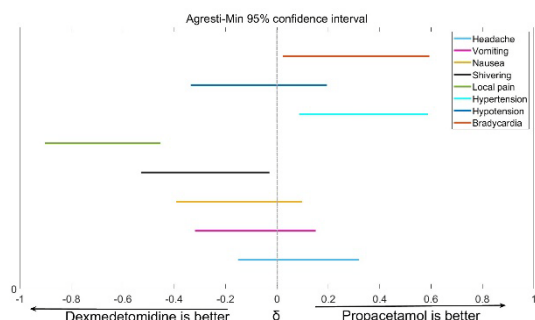


Figure 3. Agresti-Min 95% confidence intervals for adverse events

### 3.2 Example 2

In the following example, we will show that the Wald interval is not suitable for use when the proportions  $\pi_1$  or  $\pi_2$  are near the boundary of 0.

Mo and Qiu (2017) studied the analgesic effect and the impact on adverse reactions of using dexmedetomidine after caesarean section.

Eighty women who underwent caesarean section with combined spinal and epidural anaesthesia were selected for the study. The patients were randomly divided into experimental and control groups, with each group consisting of 40 patients. The patients in the experimental group received ropivacaine hydrochloride and dexmedetomidine, while those in the control group received ropivacaine hydrochloride and morphine. The study focused on the effects of dexmedetomidine in reducing adverse reactions after caesarean section.

Table 6 shows selected adverse events from the study and corresponding 95 % two-sided confidence intervals are listed in Table 7. Statistical significance is indicated by the symbol \*.

Table 6. Adverse reactions, number of cases

Adverse reaction	Dexmedetomidine group	Control group	Observed difference $p_1 - p_2$
Nausea	3	15	-0.3
Vomiting	0	6	-0.15
Shakes	2	6	-0.025
Pruritus	2	11	-0.225
Hypotension	0	0	0

Table 7. 95% confidence intervals for the difference  $\delta = \pi_1 - \pi_2$

Adverse reaction	Chan-Zhang	Agresti-Min
Nausea *	(-0.4778; -0.1037)	(-0.4749; -0.1144)
Vomiting *	(-0.2994; -0.0441)	(-0.3000; -0.0484)
Shakes	(-0.1585; 0.1060)	(-0.1594; 0.1047)
Pruritus *	(-0.3929; -0.0632)	(-0.3932; -0.0667)
Hypotension	(-0.0902; 0.0902)	(-0.0955; 0.0955)

Adverse reaction	Wald
Nausea *	(-0.4708 ; -0.1292 )
Vomiting *	(-0.2607 ; -0.0393 )
Shakes	(-0.1309 ; 0.0809 )
Pruritus *	(-0.3790 ; -0.0710 )
Hypotension	0

The methods provide different sets of confidence intervals. In the case of hypotension, the Wald interval degenerated to a single point 0, leading to the misleading conclusion that if no events occur in the trials, they never can (Fig. 6). The Wald interval does not provide sensible answers and is unsuitable for use with proportions close to 0. The other two confidence intervals conclude that the difference between the two proportions is not statistically significant (the confidence intervals contain 0). This indicates that both the groups are comparable (Fig. 4 and Fig. 5).

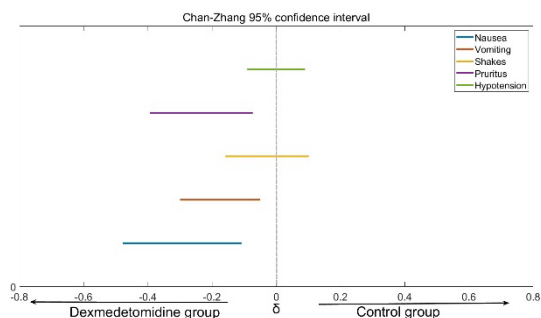


Figure 4. Chan-Zhang 95% confidence intervals for adverse reactions

For the remaining adverse reactions, Chan-Zhang, Agresti-Min and Wald intervals indicate that the incidence of nausea, vomiting and pruritus in the dexmedetomidine group was significantly lower than in the control group. The confidence intervals for these adverse reactions have negative endpoints and do not include 0. This indicates a higher proportion of patients with nausea, vomiting and pruritus in the control group (Fig. 4, Fig. 5 and Fig. 6).

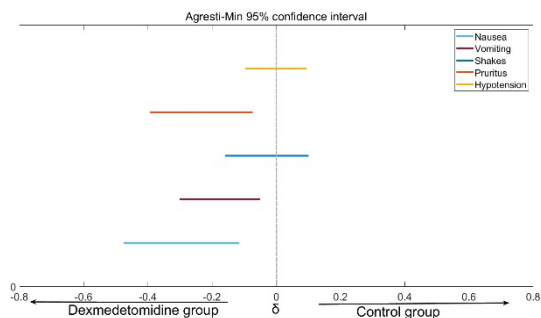


Figure 5. Agresti-Min 95% confidence intervals for adverse reactions

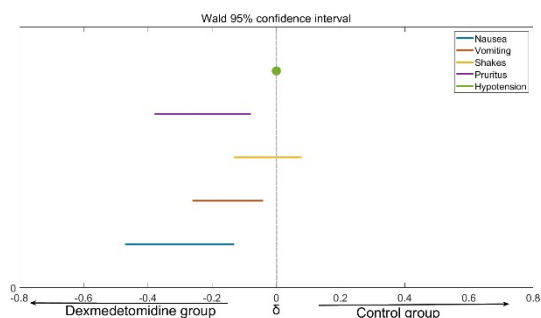


Figure 6. Wald 95% confidence intervals for adverse reactions

#### 4. CONCLUSION

Confidence intervals are crucial in clinical trials, particularly for evaluating the efficacy and safety of new treatments against standards or placebos. The study by Mo and Qiu (2017) exemplifies the importance of this statistical tool, particularly when assessing adverse reactions to treatments. In their research, the exact Chan-Zhang and Agresti-Min intervals were used, both known for their strict conservatism and are particularly favoured in scenarios where conservatism is paramount.

However, the study also highlights the critical need for selecting appropriate interval calculation methods. The Wald interval, for example, was shown to be unsuitable near boundary values, such as a proportion close to 0, where it degenerated to a single point. This limitation can lead to misleading conclusions, especially in conditions with extremely low observed proportions.

Therefore, this study underscores the necessity of using more reliable methods like the Chan-Zhang and Agresti-Min intervals when dealing with proportions near boundaries. Such methods ensure accurate and meaningful statistical interpretations, enhancing the rigor and reliability of comparative medical research studies. The systematic use of well-chosen confidence intervals is essential for robust analysis outcomes and for avoiding potential pitfalls in medical research.

#### Sources

1. AGRESTI, A., CAFFO, B. *Simple and effective confidence intervals for proportions and differences of proportions result from adding two successes and two failures.* 2000. American Statistician, Vol. 54, p. 280-288. ISSN 0003-1305.
2. AGRESTI, A., MIN, Y. *On small sample confidence intervals for parameters in discrete distributions.* 2001. Biometrics 57, p. 963-971. ISSN 0006-341X.
3. BROWN, D.L., LI, X. *Confidence intervals for two sample binomial distributions.* 2005. Journal of Statistical Planning and Inference 130, p. 359-375. ISSN 0378-3758.
4. CHAN, I.S.F., ZHANG, Z. *Test-based exact confidence intervals for the difference of two binomial proportions.* 1999. Biometrics 55, p. 1202-1209. ISSN 0006-341X.
5. GOMEZ-VAZQUEZ, M.E. et al. *Clinical analgesic efficacy and side effects of dexmedetomidine in the early postoperative period after arthroscopic knee surgery.* 2007. Journal of Clinical Anesthesia 19, p. 579-582. ISSN 0952-8180.
6. MIETTINEN, O. S., NURMINEN, M. *Comparative analysis of two rates.* 1985. Statistics in Medicine 4, p. 213-226. ISSN:0277-6715.
7. MO, Y., QIU, S. *Effects of dexmedetomidine in reducing post-caesarean adverse reactions.* 2017. Experimental and Therapeutic Medicine, Vol. 14, p. 2036-2039. ISSN:1792-0981.
8. NEWCOMBE, R.G. *Interval estimate for the difference between independent proportions: comparison of eleven methods.* 1998. Statistics in Medicine, Vol. 17, p. 873-890. ISSN:0277-6715.
9. POBOČIKOVÁ, I. *Exact and quasi-exact confidence intervals for the difference of two binomial proportions.* 2011. 10<sup>th</sup> International Conference Aplimat, Bratislava 2011, p. 1609-1617. ISBN 978-80-89313-51-8.

# Analýza a komparace didaktické vybavenosti vybraných učebnic (škol) hry na sopránovou zobcovou flétnu

Katrin Sáčková<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra hudby, Pedagogická fakulta, Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre; Dražovská 4, 949 01 Nitra; katrin.sackova@ukf.sk

Grant: VI/2/2024

Název grantu: Návrh metodológie pre výskum učebnic hry na dychové drevené nástroje

Oborové zaměření: AM – Pedagogika a školství

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

**Abstrakt** Studie se zaměřuje na hodnocení didaktické vybavenosti tří učebnic (škol) hry na sopránovou zobcovou flétnu. Analýza byla provedena na základě metodologie vycházející z měření koeficientů didaktické vybavenosti, jež zahrnují aparát prezentace učiva, řízení jeho osvojení a orientační aparát. Výsledky ukazují, že Flautoškola 1 (Jan a Eva Kvapilovi) dosahuje nejvyšší úrovně didaktické vybavenosti (80 %), zatímco ostatní učebnice (školy) hry – Škola hry 1 (Ladislav Daniel) a BlockflötenBox 1 (Daniel and Jeannette Hellbach) – vykazují shodnou nižší úroveň (49 %). Studie odhaluje rozdíly v přítomnosti jednotlivých komponentů, což má vliv na komplexnost a efektivnost učebnic (škol) hry. Závěry poskytují podklad pro zlepšení didaktického zpracování učebnic (škol) hry na hudební nástroje.

**Klíčová slova** Didaktická vybavenost, škola hry, učebnice hry, zobcová flétna, ZUS

## 1. UČEBNICE (ŠKOLA) HRY

Učebnice lze definovat jako didaktický text, jehož primárním cílem je zprostředkovat učivo a podpořit jeho osvojování žáky. Učebnice představuje klíčový nástroj výuky, kde je učivo nejdetailněji a nejkonkrétněji zpracováno. Její obsah vychází z učebních osnov, které specifikuje a přetváří do konkrétních výukových materiálů (Turek, 2010). Sadker a Sadker zdůrazňují, že učebnice hraje zásadní roli v pedagogickém procesu, neboť je nejen nejdůležitější pomůckou pro žáky, ale také oporou pro učitele. Na základě řady výzkumů lze navíc konstatovat, že kvalitu výukového procesu určuje spíše samotná učebnice než učební osnovy (Sadker a Sadker, 1991).

Ve specifickém kontextu instrumentální výuky se používají učebnice zaměřené na hru na nástroj, často označované jako školy hry. Tyto publikace se od klasických učebnic odlišují svou strukturou a obsahem, který je přizpůsoben potřebám výuky hudebního nástroje. Učebnice (škola) hry na hudební nástroj je definována jako: „učebnice hry na hudební nástroj v tištěné podobě obsahující praktickou a teoretickou látku, kterou její autoři považují za důležitou ve vyučování hry na hudební nástroj.“ (Kručayová, 2011)

Učebnice (škola) hry je útvar složený ze strukturálních komponentů různé povahy. Ty jsou nositeli částkových funkcí, které společně tvoří hlavní funkce učebnice – být edukačním prostředkem

(Pilingová, 2011). V učebnici (školy) hry rozlišujeme 35 komponentů (14 verbálních, 13 notových a 8 obrazových), které členíme do troch základných skupin: prezentace učiva, aparát řídicí osvojení si učiva a orientační aparát ve formě:

- z aparátu prezentace učiva: 6 verbálních + 6 notových + 4 obrazové = 16 komponentů;
- z aparátu řídicího osvojení si učiva: 5 verbálních + 7 notových + 4 obrazové = 16 komponentů;
- z aparátu orientačního: 3 verbální komponenty.<sup>1</sup>

## 2. HODNOCENÍ DIDAKTICKÉ VYBAVENOSTI UČEBNIC (ŠKOL) HRY

Hodnocení didaktické vybavenosti učebnic (škol) hry se zaměřuje na analýzu přítomnosti a způsobu začlenění jednotlivých didaktických prvků do jejich obsahu. Proces hodnocení zahrnuje systematický sběr dat pomocí předem připravené tabulky, v níž jsou zaznamenávány údaje o výskytu specifických prvků. Posuzuje se pouze přítomnost daného prvku, nikoliv četnost jeho použití. Na základě získaných údajů se vypočítávají koeficienty didaktické vybavenosti, které umožňují kvantitativní zhodnocení úrovně didaktického zpracování učebnice. Tyto koeficienty zahrnují následující dílčí ukazatele:

- koeficient využití aparátu prezentace učiva (E I);
- koeficient využití aparátu řídicího osvojování učiva (E II);
- koeficient využití orientačního aparátu (E III);
- koeficient využití verbálních komponentů (E v);
- koeficient využití notových komponentů (E n);
- koeficient využití obrazových komponentů (E o).

Souhrn těchto dílčích ukazatelů umožňuje výpočet celkového koeficientu didaktické vybavenosti (E), jež kvantifikuje celkovou úroveň didaktického zpracování učebnice (Průcha, 1998).

### 2.1 Metodologie výzkumu

Hlavním výzkumným problémem v rámci vědecké studie je: „Jaká koncepce učebnicového zpracování vybraného učiva hry na sopránovou zobcovou flétnu by byla didakticky efektivní?“

<sup>1</sup> Jedná se o modifikovanou metodu měření didaktické vybavenosti podle Jana Průchy, která respektuje specifika učebnice (školy) hry na hudební nástroj.

Na základě hlavního výzkumného problému byl koncipovaný hlavní a dílčí cíl vědecké studie, z nichž vyplývají následující tři výzkumné problémy, na které se vážou výzkumné hypotézy:

- hlavním cílem je identifikovat úroveň didaktické vybavenosti a efektivnosti učebnic (školy) hry na sopránovou zobcovou flétnu,
- dílčím cílem je obsahová analýza učebnic (školy) hry na sopránovou zobcovou flétnu.

**Výzkumný problém 1:** Jaká je využitelnost jednotlivých strukturálních komponentů podílejících se na didaktické vybavenosti námi analyzovaných učebnic (školy) hry na sopránovou zobcovou flétnu?

**H1:** Předpokládáme nízkou využitelnost jednotlivých strukturálních komponentů podílejících se na didaktické vybavenosti námi analyzovaných učebnic (školy) hry na sopránovou zobcovou flétnu.

**Výzkumný problém 2:** Jakou didaktickou vybaveností disponují aktuálně využívané učebnice (školy) hry na sopránovou zobcovou flétnu na základních uměleckých školách?

**H2:** Předpokládáme nízkou didaktickou vybaveností aktuálně využívaných učebnic (školy) hry na sopránovou zobcovou flétnu na základních uměleckých školách.

**Výzkumný problém 3:** Existuje rozdílnost úrovně celkové didaktické vybavenosti mezi námi analyzovanými učebnicemi (školami) hry na sopránovou zobcovou flétnu?

**H3:** Předpokládáme existenci rozdílnosti úrovně celkové didaktické vybavenosti mezi námi analyzovanými učebnicemi (školami) hry na sopránovou zobcovou flétnu.

V námi provedeném výzkumu byly proměnným přiřazovány konkrétní číselné hodnoty (viz zjištěné hodnoty příslušných koeficientů), které byly vypočteny podle instrukcí k metodě měření didaktické vybavenosti učebnice (školy) hry. Lze tedy konstatovat, že se jedná o měřitelné proměnné:

- celková didaktická vybavenost (*E*);
- aparát prezentace učiva (*E I*);
- aparát řízení učiva (*E II*);
- orientační aparát (*E III*);
- verbální komponenty (*E v*);
- notové komponenty (*E n*);
- obrazové komponenty (*E o*).

Výzkumným souborem pro hodnocení didaktické vybavenosti jsou tři učebnice (školy) hry na sopránovou zobcovou flétnu. První z nich nacházíme v aktuálních učebních osnovách hry na zobcovou flétnu pro 2. půlrok přípravného studia, 1. ročník 1. stupně a 2. ročník 1. stupně základního uměleckého školství; druhá a třetí učebnice (škola) hry není předepsaná v těchto učebních osnovách, byly však vybrány na základě jejich oblíbenosti mezi pedagogy, kteří ji hojně využívají.

**UČEBNICE A:** Ladislav Daniel. *Škola hry na sopránovou zobcovou flétnu, první díl.* (přepřacované vydání) Schott Music Panton, 1991.

**UČEBNICE B:** Jan a Eva Kvapilovi. *Flautoškola 1. Učebnice hry na sopránovou zobcovou flétnu.* Praha: WinGra s.r.o., 2003.

**UČEBNICE C:** Daniel and Jeannette Hellbach. *BlockflötenBox 1, Band I.* Brooklyn: Acanthus, 2011.

### 3. OBSAHOVÁ ANALÝZA DIDAKTICKÉ VYBAVENOSTI VYBRANÝCH UČEBNIC (ŠKOL) HRY

Obsahová analýza didaktické vybavenosti učebnic je založena na dichotomii – přítomnosti či nepřítomnosti vybraného indikátoru a jeho kategorizaci.

Aparát prezentace učiva			
Verbální komponenty	Učebnice A	Učebnice B	Učebnice C
Výkladový text – jednoduchý	ANO	ANO	ANO
Výkladový text s přehledem	ANO	ANO	ANO
Vysvětlivky	ANO	ANO	NE
Shrnutí učiva z předcházejícího ročníku	NE	NE	NE
Shrnutí učiva při ukončení témat (kapitol, lekcí)	NE	NE	NE
Shrnutí učiva z celého ročníku	NE	NE	NE
Notové komponenty	Učebnice A	Učebnice B	Učebnice C
Základní notové příklady	ANO	ANO	ANO
Rozšiřující notové příklady	NE	ANO	NE
Vizuální značení a poznámky v notovém zápisu	ANO	ANO	ANO
Analýza notových příkladů	ANO	ANO	ANO
Přednesové skladby s doprovodem (klavír, audio nahrávka apod.)	NE	ANO	ANO
Komorní skladby	ANO	ANO	ANO
Obrazové komponenty	Učebnice A	Učebnice B	Učebnice A
Umělecké ilustrace, fotografie	ANO	ANO	ANO
Naučné ilustrace	ANO	ANO	ANO
Hmatové tabulky, tabulatury, prstoklady, schémata, funkční tabulky apod.	ANO	ANO	NE
Barevná obrazová prezentace učiva	NE	ANO	ANO

Tabulka 1: Hodnocení aparátu prezentace učiva

Výpočet koeficientu aparátu prezentace učiva *E I*:

$$A: E I - 10 / 16 = 0,63 \times 100 = 63\%$$

$$B: E I - 13 / 16 = 0,81 \times 100 = 81\%$$

$$C: E I - 10 / 16 = 0,63 \times 100 = 63\%$$

Aparát řídicí osvojení učiva			
Verbální komponenty	Učebnice A	Učebnice B	Učebnice C
Předřlov	ANO	ANO	NE
Návod k práci s učebnicí	NE	NE	NE
Otázky a úlohy k tématům (kapitolám, lekcím)	NE	ANO	ANO
Otázky a úlohy k celému ročníku	NE	ANO	NE
Otázky a úlohy k předešlému ročníku	NE	NE	NE



Notové komponenty	Učebnice A	Učebnice B	Učebnice C
Celková a detailní stimulace žáků	ANO	ANO	ANO
Odlíšení úrovně učiva v notových příkladech	ANO	ANO	ANO
Přednesové skladby s doprovodem (klavír, audio nahrávka apod.)	NE	ANO	ANO
Cvičení a přednesové skladby pro komorní hru	ANO	ANO	ANO
Tvořivost – kreativní úlohy pro rozvoj kompoziční techniky	NE	ANO	NE
Improvizace – zadání (melodické, rytmické apod.)	NE	NE	NE
Praktické úlohy z hudební teorie	NE	ANO	NE
Obrazové komponenty	Učebnice A	Učebnice B	Učebnice C
Grafické symboly vyznačující určité části textu	NE	ANO	NE
Využití odlišné barvy pro určité části verbálního textu	NE	ANO	ANO
Využití odlišného písma (kurzíva, tučné písmo a jiné) pro určité oblasti verbálního textu	ANO	ANO	ANO
Využití přední nebo zadní strany obálky na hmatové tabulky, tabulatury, prstoklady, schémata, funkční tabulky apod.	NE	ANO	NE

Tabulka 2: Hodnocení aparátu řídicího osvojení učiva

Výpočet koeficientu aparátu řídicího osvojení učiva *E II*:

A:  $E II - 5 / 16 = 0,31 \times 100 = 31\%$

B:  $E II - 13 / 16 = 0,81 \times 100 = 81\%$

C:  $E II - 7 / 16 = 0,44 \times 100 = 44\%$

Aparát orientační			
Verbální komponenty	Učebnice A	Učebnice B	Učebnice C
Obsah učebnice (školy) hry	NE	ANO	NE
Členění učebnice (školy) hry	ANO	ANO	NE
Marginálie, záhlaví aj., Registr (věcný, jmenný, smíšený)	ANO	ANO	NE

Tabulka 3: Hodnocení aparátu orientačního

Výpočet koeficientu aparátu orientačního *E III*:

A:  $E III - 2 / 3 = 0,66 \times 100 = 66\%$

B:  $E III - 3 / 3 = 1 \times 100 = 100\%$

C:  $E III - 0 / 3 = 0 \times 100 = 0\%$

Výpočet koeficientu využití verbálních (*E v*), notových (*E n*) a obrazových komponentů (*E o*):

Učebnice A:

$E v - 6 / 14 = 0,43 \times 100 = 43\%$

$E n - 7 / 13 = 0,54 \times 100 = 54\%$

$E o - 4 / 8 = 0,5 \times 100 = 50\%$

Učebnice B:

$E v - 9 / 14 = 0,64 \times 100 = 64\%$

$E n - 12 / 13 = 0,92 \times 100 = 92\%$

$E o - 7 / 8 = 0,88 \times 100 = 88\%$

Učebnice C:

$E v - 3 / 14 = 0,21 \times 100 = 21\%$

$E n - 9 / 13 = 0,69 \times 100 = 69\%$

$E o - 5 / 8 = 0,63 \times 100 = 63\%$

Celkový koeficient didaktické vybavenosti učebnic (školy) hry *E*:

Učebnice A:  $E - 17 / 35 = 0,49 \times 100 = 49\%$

Učebnice B:  $E - 28 / 35 = 0,8 \times 100 = 80\%$

Učebnice C:  $E - 17 / 35 = 0,49 \times 100 = 49\%$

Celkový přehled výpočtů jednotlivých koeficientů	Učebnice A	Učebnice B	Učebnice C
Koeficient využití aparátu prezentace učiva ( <i>E I</i> )	63%	81%	63%
Koeficient využití aparátu řídicího osvojení si učiva ( <i>E II</i> )	31%	81%	44%
Koeficient využití aparátu orientačního ( <i>E III</i> )	66%	100%	0%
Koeficient využití verbálních komponentů ( <i>E v</i> )	43%	64%	21%
Koeficient využití notových komponentů ( <i>E n</i> )	54%	92%	69%
Koeficient využití obrazových komponentů ( <i>E o</i> )	50%	88%	63%
<b>Celkový koeficient didaktické vybavenosti učebnice (<i>E</i>)</b>	<b>49%</b>	<b>80%</b>	<b>49%</b>

Tabulka 4: Celkový přehled výpočtů jednotlivých koeficientů

### 3.1 Závěry z obsahové analýzy didaktické vybavenosti učebnic hry na sopránovou zobcovou flétnu

Celková didaktická vybavenost (*E*):

- Učebnice B (J. a E. Kvapilovi – *Flautoškola I*) dosahuje nejvyšší celkové vybavenosti s 80 %, což naznačuje její komplexní přístup ke vzdělávání zahrnující prezentaci učiva, jeho osvojení i orientaci.
- Učebnice A (L. Daniel – *Škola hry na sopránovou zobcovou flétnu*) a učebnice C (D. a J. Hellbach – *BlockflötenBox I*) jsou na stejné úrovni s 49 %, což ukazuje na určité nedostatky ve srovnání s učebnicí B.

Prezentace učiva (*E I*):

- Nejvyšší hodnoty dosahuje učebnice B s 81 %, jelikož obsahuje rozšiřující notové příklady, přednesové skladby s doprovodem a barevné vizuální prvky.
- Učebnice A a C dosahují shodně 63 % – jejich obsahová struktura je méně rozmanitá, především chybí rozšiřující příklady a přednesové skladby s doprovodem.

Řízení osvojení učiva (*E II*):

- Nejlépe vybavenou učebnicí je B s 81 %, díky čemuž poskytuje větší podporu v oblasti úloh, praktických cvičení a tvořivých aktivit.
- Učebnice A má nejnižší skóre (31 %). Důvodem jsou chybějící nástroje pro aktivní zapojení žáků, například otázky nebo tvořivé úlohy.

- Učebnice C (44 %) nabízí některé tvořivé komponenty, ale stále zaostává za učebnicí B.

Orientační aparát (*E III*):

- Nejlépe strukturovaná je učebnice B (100 %).
- Učebnice A (66 %) zahrnuje základní členění, ale chybí obsah.
- Učebnice C (0 %) nenabízí žádné prvky, které by usnadnily orientaci.

Využití jednotlivých komponentů:

- Verbální komponenty (*E v*): Nejvyšší využití má učebnice B (64 %), což je dáno rozsáhlejšími textovými materiály. Učebnice A (43%) a zejména C (21 %) zde významně zaostávají.
- Notové komponenty (*E n*): Učebnice B vyniká (92 %) díky rozšířeným notovým příkladům a přednesovým skladbám s doprovodem. Učebnice A (54%) a C (69%) obsahují základní notové prvky, ale méně rozšiřujících možností.
- Obrazové komponenty (*E o*): Nejlépe hodnocena je opět učebnice B (88 %), a to díky barevným ilustracím a různorodým obrazovým prvkům. Učebnice C (63 %) obsahuje vizuální komponenty, ale omezeně v rozsahu, zatímco učebnice A (50 %) postrádá barevnost.

Doporučení:

- Učebnice B je nejvhodnější volbou pro výuku díky své komplexnosti, zaměření na tvořivé aktivity a jasné strukturu. Je vhodná jak pro začátečníky, tak i pro ty, kteří chtějí rozvíjet kreativní schopnosti.
- Učebnice A a C mohou být užitečné, pokud jsou kombinovány s dalšími materiály. Učebnice A by mohla být užitečná pro tradiční a základní přístup, zatímco učebnice C je vhodná spíše jako doplněk zaměřený na modernější didaktické metody.

**Hypotéza H1** o nízké využitelnosti jednotlivých strukturálních komponentů se potvrzuje pro učebnice A a C, které ve většině koeficientů dosahují nízkých nebo středních hodnot. Učebnice B je však výjimkou, protože ve všech sledovaných oblastech vykazuje vysokou využitelnost. Celkově tedy analýza podporuje tvrzení, že většina učebnic má rezervy ve vybavenosti, především v oblasti řízení osvojení učiva a verbálních komponentů.

**Hypotéza H2** se potvrzuje pro většinu analyzovaných učebnic. Učebnice A a C mají nízkou celkovou didaktickou vybavenost, což dokládají jak celkové koeficienty, tak jednotlivé dílčí analýzy. Pouze učebnice B dosahuje vysoké úrovně vybavenosti, ale z hlediska praxe základních uměleckých škol jde spíše o výjimku než o pravidlo.

**Hypotéza H3** se potvrzuje. Existují významné rozdíly v úrovni celkové didaktické vybavenosti analyzovaných učebnic. Učebnice B jednoznačně vyniká díky komplexnímu přístupu, zatímco učebnice A a C vykazují nedostatky, zejména v oblasti řízení osvojení učiva a verbálních komponentů. Tyto rozdíly ukazují na variabilitu kvality a použitelnosti dostupných materiálů pro výuku hry na sopránovou zobcovou flétnu.

#### 4. ZÁVĚR

Analýza tří vybraných učebnic (škol) hry na sopránovou zobcovou flétnu ukázala rozdílnou úroveň jejich didaktické vybavenosti, přičemž pouze jedna z nich (učebnice B) dosahuje vysoké komplexnosti a podpory pedagogického procesu. Učebnice A a C vykazují omezenou úroveň didaktické vybavenosti, zejména v oblastech řízení osvojení učiva, tvořivých aktivit a orientačního aparátu. Tyto nedostatky mohou omezit efektivitu jejich využití při výuce, zejména na základních uměleckých školách.

Z hlediska celkové didaktické vybavenosti dominuje učebnice B s 80 %, zatímco učebnice A a C zůstávají na podprůměrných 49 %. Výsledky ukazují, že kvalita učebnic pro hru na sopránovou zobcovou flétnu není homogenní, což může mít negativní dopad na kvalitu výuky, zvláště pokud není zajištěna dostatečná metodická podpora pro pedagogy.

Zjištění naznačují potřebu vypracování nových učebních materiálů, které by lépe refletovaly současné didaktické požadavky. Tyto materiály by měly zahrnovat nejen rozšiřující a praktické úkoly, ale také tvořivé aktivity a improvizaci, jež jsou klíčové pro komplexní rozvoj hudebních dovedností žáků. Rovněž by měly být více zaměřeny na podporu orientace v učebnicích a systematické řízení procesu osvojení učiva.

Závěrem lze říci, že rozdílná úroveň analyzovaných učebnic (škol) hry zdůrazňuje potřebu zlepšení jejich obsahové i metodické kvality, aby lépe odpovídaly současným potřebám žáků a pedagogů ve výuce hry na zobcovou flétnu.

#### Zdroje

1. DANIEL, L., (1991). *Škola hry na sopránovou zobcovou flétnu, první díl* (přepřacované vydání). Praha: Schott Music Panton.
2. HELLBACH, D. a HELLBACH J., (2011). *BlockflötenBox 1, Band 1*. Brooklyn: Acanthus.
3. KRUČAYOVÁ, A., (2001). Vývoj slovenskej klavírnej školy v prvej polovici 20. storočia. *Slovenská hudba*, roč. 27, č. 2-3, s. 309-377. ISSN 1335-2458.
4. KVAPIL, J. a KVAPILOVÁ, E., (2003). *Flautoškola 1. Učebnice hry na sopránovou zobcovou flétnu*. Praha: WinGra s.r.o., 2003. ISMN: M-706526-02-7.
5. PILINGOVÁ, M., (2011). Didaktická vybavenosť aktuálnych učebnic dejepisu pre stredné odborné školy na Slovensku, v ČR a v Maďarsku. *MVEK, Prešov*, s. 574-583. ISBN 978-80-555-0482-7.
6. PRŮCHA, J., (1998). *Učebnice: teorie a analýzy edukačního média*. Brno: Paido, 148 s. ISBN 80-85931-49-4.
7. SADKER, M. P. a SADKER, D. M., 1991. *Teachers, School and Society*. NewYork: McGraw-Hill, 480 s. ISBN 978-0077287535.
8. TUREK, I., (2010). *Didaktika*. Bratislava: Iura Edition, 600 s. ISBN 978-80-8078-322-8.

# Modelling the wind speed - a comparison between 2- and 3-parameter probability distributions

Mária Michalková<sup>1</sup>  
Ivana Pobočíková<sup>2</sup>  
Zuzana Sedliáčková<sup>3</sup>  
Daniela Jurášová<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Applied Mathematics, Faculty of Mechanical Engineering, University of Žilina, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovakia; maria.michalkova@fstroj.uniza.sk

<sup>2</sup>Department of Applied Mathematics, Faculty of Mechanical Engineering, University of Žilina, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovakia; ivana.pobocikova@fstroj.uniza.sk

<sup>3</sup>Department of Applied Mathematics, Faculty of Mechanical Engineering, University of Žilina, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovakia; zuzana.sedliackova@fstroj.uniza.sk

<sup>4</sup> Department of Building Engineering and Urban Planning, Faculty of Civil Engineering, University of Žilina, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovakia; daniela.jurasova@uniza.sk

Grant: KEGA projects No. 029ŽU-4/2022 and No. 025ŽU-4/2024

Name of the Grant: KEGA No. 029ŽU-4/2022 Implementation of the principles of blended learning into the teaching of the subject Numerical Methods and Statistics, KEGA No. 025ŽU-4/2024 Implementation of new didactic tools to increase the quality of mathematics teaching in the engineering degree at technical universities

Subject: AM – Pedagogy and education

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

**Abstract** The random character of wind deserves a statistical approach to properly describe this meteorological phenomenon. This paper focuses on finding the most suitable probability distribution to characterize the wind regime in the city Nitra while considering the wind speed data covering the 2021 year. Two commonly used distributions – Weibull and gamma - in their 2- and 3- parameter forms are compared via the Kolmogorov-Smirnov test and the Anderson-Darling test, and via the criteria - Akaike's and Bayesian information criterion, respectively, coefficient of determination and the root mean square error. According to criteria's results, the 3-parameter Weibull distribution performs as the best in majority of the months throughout the year.

**Keywords** Distribution fitting, parameter estimation, goodness-of-fit test

This paper focuses on modelling wind speed in Nitra, Slovakia, a significant administrative, industrial, and cultural center. With a small airport and wind park nearby, understanding wind conditions in Nitra is important. We compare four probability distributions: 2- and 3-parameter Weibull and gamma distributions. Our goal is to compare the fit of 2-parameter versus 3-parameter distributions as well as to identify the best overall fit. To assess the fit, we use two goodness-of-fit tests: Kolmogorov-Smirnov and Anderson-Darling. Additionally, we employ information criteria (Akaike's and Bayesian), the coefficient of determination, and the root mean square error.

The paper is organized as follows: Section 2 describes the analyzed data. Section 3 defines the probability distributions, parameter estimation method, and performance criteria. Section 4 presents the results, which are summarized in Section 5.

## 1. INTRODUCTION

Modelling wind speed is crucial in various applications. In civil engineering, it's used to estimate wind loads for building design and construction. In air transport, it's considered to enhance flight safety. In renewable energy, it's used to assess wind potential at a location. As a random variable significantly influenced by time, space, local climate, and terrain [1], wind speed requires statistical methods to describe its variation.

Several probability distributions can be used to model wind speed in different areas. The 2-parameter Weibull distribution is the most common [2, 3, 4, 5]. However, it may not be suitable for all wind regimes. The 3-parameter Weibull distribution is often used, especially when there's a higher frequency of lower wind speeds, as it offers more flexibility and a better fit [6]. Beyond Weibull distributions, other options include the gamma distribution [7], lognormal distribution, Nakagami distribution [9], extreme value distribution [10], Lindley distribution [11], and more.

## 2. DATA DESCRIPTION

The wind speed data, analysed in the paper, were recorded at the meteorological station Nitra - Veľké Janíkovce (indicator 11968), GPS latitude 48 16" 50' [48.28056], GPS longitude 18° 08" 08' [18.13556], the height of 132 meters above sea level. The station is located on the outskirts of the city Nitra, within the ground of a small airport. It is surrounded by the fields; the general face of the surroundings is partially sheltered. The mast for wind measurement is within the measuring plot; it is located on the roof of the building. The standard height for measuring wind direction and speed at monitoring stations is 10 m above the ground. Vaisala automatic instruments and GILL ultrasonic instruments were used to measure wind characteristics. The data were collected from the meteorological reports within the time frame January 2021 to December 2021, included. The data were recorded at hourly intervals and split into groups referring to months.

According to descriptive statistics summarised in tab. 1 and 2, during the studied period the lowest monthly mean wind speed was observed in September with value of 3.05 m/s, while in April there was the highest mean wind speed with value of 4.93 m/s. The standard deviation varies from 2.10 m/s in September to 2.96 m/s in April. The coefficient of variation (CV) is useful for identifying months with higher variability of wind speed. According to [11], the value of  $CV > 40\%$  is classified as a very high variability and  $CV > 70\%$  indicates the extremely high variability of wind speed. The coefficient of variation ranged from 50.98% in May to 69.01% in March. Based on this, the results imply that the wind speed in all months can be classified as having a very high variability. Skewness and kurtosis measure the asymmetry and the peakness of the wind speed distribution, respectively. The coefficients of skewness ranged from 0.38 in April to 1.40 in September, indicating that all distributions are right skewed. Further, the wind speed data can be regarded as moderately to highly right skewed. The coefficient of kurtosis ranged from 1.99 in October to 5.28 in September. That indicates a highly leptokurtic distribution when compared to the normal distribution.

Tab. 1. Descriptive statistics of the dataset. Part 1.

	Mean	Standard deviation	Coefficient of variation	Skewness	Kurtosis
Jan.	3.988	2.490	62.455	0.618	2.4363
Feb.	4.500	2.792	62.041	0.616	2.8067
Mar.	4.047	2.793	69.008	0.619	2.2934
Apr.	4.932	2.957	59.941	0.381	2.2088
May	4.877	2.486	50.981	0.411	2.6949
June	3.204	2.117	66.084	1.098	3.7488
July	3.616	2.152	59.501	0.590	2.4271
Aug.	3.177	2.177	68.526	0.920	3.1533
Sept.	3.052	2.104	68.942	1.403	5.2820
Oct.	4.053	2.567	63.341	0.462	1.9998
Nov.	4.038	2.570	63.642	0.581	2.3892
Dec.	4.059	2.739	67.483	0.623	2.4226

Tab. 2. Descriptive statistics of the dataset. Part 2.

	Min	Max	Lower quartile	Median	Upper quartile
Jan.	0.400	11.600	1.900	3.500	5.700
Feb.	0.500	14.700	1.900	4.100	6.500
Mar.	0.300	12.300	1.550	3.350	6.200
Apr.	0.500	13.100	2.250	4.700	7.100
May	0.700	13.300	2.900	4.800	6.500
June	0.300	11.500	1.600	2.500	4.500
July	0.500	10.100	1.750	3.200	5.100
Aug.	0.400	11.900	1.400	2.500	4.700
Sept.	0.500	13.200	1.400	2.500	4.200
Oct.	0.500	10.300	1.700	3.600	6.250
Nov.	0.500	11.900	1.800	3.500	6.100
Dec.	0.400	12.700	1.600	3.400	6.300

### 3. METHODOLOGY

In this section, the probability distributions employed to fit the wind data are briefly characterized. Further, we provide the parameter estimates realized by the maximum likelihood method as one of the most used estimation methods. To assess the performance of each probability distribution, we apply two goodness-of-fit tests and four model selection criteria that are defined by the end of the section.

#### 3.1 Probability distributions

The probability density function  $f(x)$  of the 2-parameter Weibull distribution is given as

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta^\alpha} x^{\alpha-1} \exp\left(-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha\right).$$

The cumulative distribution function is defined as

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha\right),$$

for  $x > 0, \alpha > 0, \beta > 0$ . Parameter  $\alpha$  is the dimensionless shape parameter and  $\beta$  is the scale parameter in units of the wind speed.

The probability density function  $f(x)$  and the cumulative distribution function  $F(x)$  of the 3-parameter Weibull distribution are given by

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta^\alpha} (x - \theta)^{\alpha-1} \exp\left(-\left(\frac{x - \theta}{\beta}\right)^\alpha\right),$$

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x - \theta}{\beta}\right)^\alpha\right),$$

for  $x \geq \theta, \alpha > 0, \beta > 0$ . Same as for the 2-parameter Weibull, parameter  $\alpha$  is the dimensionless shape parameter,  $\beta$  is the scale parameter in units of the wind speed. Additional parameter  $\theta$  is the location parameter.

The probability density function  $f(x)$  and the cumulative distribution function  $F(x)$  of the 3-parameter Gamma distribution are given by

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha) \beta^\alpha} (x - \theta)^{\alpha-1} \exp\left(-\frac{x - \theta}{\beta}\right),$$

$$F(x) = \frac{\gamma\left(\alpha, \frac{x - \theta}{\beta}\right)}{\Gamma(\alpha)},$$

for  $x \geq \theta, \alpha > 0, \beta > 0$ . Here  $\gamma(p, x) = \int_0^x e^{-t} t^{p-1} dt, p > 0$ , is the lower incomplete Gamma function. Again,  $\alpha$  is the shape parameter,  $\beta$  is the scale parameter and  $\theta$  is the location parameter. Setting  $\theta = 0$ , we obtain the 2-parameter Gamma distribution.

#### 3.2 Maximum likelihood method

This method is based on the maximization of the likelihood function  $L(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta)$  or its logarithm  $\ln L(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta)$  where  $\theta \in \Theta$  is the unknown parameter (in general, it is a vector parameter) and  $x_1, x_2, \dots, x_n$  is a realization of the random sample  $X_1, X_2, \dots, X_n$  of size  $n$  from the distribution with the probability density function  $f(x, \theta)$ . Setting the derivative of the likelihood function or the loglikelihood function with respect to the unknown parameters equal to zero, the equations for the estimates of the parameters are found. The maximum likelihood estimates of the 2-parameter Weibull are of the form

$$\frac{1}{\alpha} - \frac{\sum_{i=1}^n x_i^\alpha \ln x_i}{\sum_{i=1}^n x_i^\alpha} + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i = 0,$$

$$\beta = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^\alpha\right)^{1/\alpha}.$$

For the 3-parameter Weibull probability distribution, the parameter estimates are found as solutions of the equations

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \theta)^\alpha \ln(x_i - \theta)}{\sum_{i=1}^n (x_i - \theta)^\alpha} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln(x_i - \theta),$$

$$\beta = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \theta)^\alpha\right)^{1/\alpha},$$

$$\frac{\alpha}{1 - \alpha} = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \theta)^\alpha}{\sum_{i=1}^n (x_i - \theta)^{\alpha-1}} \sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i - \theta}$$



The estimates for the 2-parameter gamma distribution are given by the equations

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha}$$

$$\psi(\alpha) = \ln \alpha - \ln \bar{x} + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i,$$

where  $\psi(p) = \frac{\partial \ln \Gamma(p)}{\partial p}$ ,  $p > 0$ , is the digamma function. Here

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i.$$

The estimates for the 3-parameter gamma distribution are given by the equations [12]

$$-\frac{1}{\sigma} \sum_{i=1}^n \frac{\lambda + z_i}{1 + \lambda z_i} = 0,$$

$$n \left( \frac{2}{\lambda^3} \psi \left( \frac{1}{\lambda^2} \right) + 2 \ln \lambda \right) + \sum_{i=1}^n \left( -\frac{2}{\lambda^3} \ln(1 + \lambda z_i) + \frac{\lambda(1 + z_i^2) + 2z_i}{\lambda^2(1 + \lambda z_i)} \right) = 0,$$

$$\mu = \bar{x},$$

where the following reparameterization is used

$$\alpha = \frac{1}{\lambda^2}, \quad \beta = \sigma |\lambda|, \quad \theta = \mu - \frac{\sigma}{\lambda}, \quad z_i = \frac{x_i - \mu}{\sigma},$$

$\lambda > 0$ ,  $\bar{x}$  and  $\psi(p)$  are defined above.

It is obvious that the parameter estimates of all distributions can be found only numerically by solving the equations in an iterative way.

### 3.3 Model selection criteria and goodness-of-fit tests

When the estimates of the parameters are found, one can assess the goodness-of-fit (GOF) of the model. The GOF criteria show how well the selected model fits the wind speed data. Assessing the performance of different probability distribution models is necessary to provide more accurate information about their performance and to compare these models among themselves. Here, the commonly used GOF tests - the Kolmogorov-Smirnov (*KS*) test and the Anderson-Darling (*AD*) test are employed. The GOF tests are used to decide whether the data follow the specified theoretical distribution. The *KS* test statistic represents the largest vertical difference between the theoretical and the empirical cumulative distribution function

$$D = \max_{1 \leq i \leq n} \left[ \left| \hat{F}(x_{(i)}) - \frac{i-1}{n} \right|, \left| \frac{i}{n} - \hat{F}(x_{(i)}) \right| \right]$$

where  $\hat{F}(x)$  is the estimated cumulative distribution function,  $x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(n)}$  are observations in ascending order, i.e.,  $x_{(1)} \leq x_{(2)} \leq \dots \leq x_{(n)}$ . Function  $F_n(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I(x_{(i)} \leq x)$  is the empirical distribution function, where  $I(x_{(i)} \leq x)$  is an indicator function assuming the value 1 if  $x_{(i)} \leq x$  and 0 otherwise. The null hypothesis that the data follow the distribution under test, is rejected at the chosen significance level  $\alpha$  if the test statistic  $D > D(\alpha)$ , where  $D(\alpha)$  is a critical value of the *KS* test. The smaller the value of the test statistic  $D$ , the better the fit.

The Anderson-Darling (*AD*) test is a modification of the *KS* test. This test is considered to be a better GOF test because it gives more weight to the tails of the distribution than does the *KS* test. The *AD* test statistic is defined as follows

$$A^2 = -n - \sum_{i=1}^n \frac{2i-1}{n} \left[ \ln(\hat{F}(x_{(i)})) + \ln(1 - \hat{F}(x_{(n+1-i)})) \right].$$

The null hypothesis that data follow the specified distribution, is rejected at the significance level  $\alpha$  if the test statistic  $A^2$  is greater than the critical value of the *AD* test. Again, the smaller value of the test statistic  $A^2$  indicates a better fit.

The application of the maximum likelihood method (MLM) for parameter estimation allows us to use the information criteria - Akaike's information criterion (*AIC*) and Bayesian information criterion (*BIC*) - to decide the GOF for the distributions. The *AIC* and the *BIC* are defined as follows [13, 14]

$$AIC = -2 \ln L + 2k,$$

$$BIC = -2 \ln L + k \ln n$$

where  $\ln L$  is the maximum value of log-likelihood function for estimated model,  $k$  is number of estimated parameters and  $n$  is the sample size.

Further, the coefficient of determination ( $R^2$ ) and the root mean square error (*RMSE*) are considered to decide on the best fitting model. The *RMSE* determines the accuracy of model by calculating average of the square difference between the observed and the predicted probabilities of the theoretical distribution. The  $R^2$  is used to measure the linear relationship between the observed and the predicted probabilities of the theoretical distribution. The *RMSE* and  $R^2$  are calculated by

$$RMSE = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [F_n(x_i) - \hat{F}(x_i)]^2 \right)^{\frac{1}{2}},$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n [\hat{F}(x_i) - \bar{F}]^2}{\sum_{i=1}^n [\hat{F}(x_i) - \bar{F}]^2 + \sum_{i=1}^n [F_n(x_i) - \hat{F}(x_i)]^2}$$

where  $\bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{F}(x_i)$ .

Generally, lower values of *KS*, *AD*, *AIC*, *BIC*, *RMSE* and higher value of  $R^2$  indicate better fit of the theoretical distribution to the wind speed data as compared to the others.

## 4. RESULTS

The parameter estimates for all four considered probability distributions are presented in tab. 3.

Tab. 3. The parameter estimates of the applied distributions.

Month	Probability distribution	Parameter estimates	
January	2-parameter Weibull	$\hat{\alpha} = 1.658$	
		$\hat{\beta} = 4.473$	
	3-parameter Weibull	$\hat{\alpha} = 1.429$	$\hat{\theta} = 0.362$
		$\hat{\beta} = 3.982$	
	2-parameter Gamma	$\hat{\alpha} = 2.306$	
		$\hat{\beta} = 1.729$	
3-parameter Gamma	$\hat{\alpha} = 1.773$	$\hat{\theta} = 0.319$	
February	2-parameter Weibull	$\hat{\alpha} = 1.665$	
		$\hat{\beta} = 5.047$	
	3-parameter Weibull	$\hat{\alpha} = 1.390$	$\hat{\theta} = 0.490$
		$\hat{\beta} = 4.383$	
	2-parameter Gamma	$\hat{\alpha} = 2.299$	
$\hat{\beta} = 1.957$			
3-parameter Gamma	$\hat{\alpha} = 1.611$	$\hat{\theta} = 0.481$	
March	2-parameter Weibull	$\hat{\alpha} = 1.476$	
		$\hat{\beta} = 2.495$	

	Weibull	$\hat{\beta} = 4.487$	
	3-parameter Weibull	$\hat{\alpha} = 1.304$	$\hat{\theta} = 0.296$
	Weibull	$\hat{\beta} = 4.062$	
	2-parameter Gamma	$\hat{\alpha} = 1.896$	
	3-parameter Gamma	$\hat{\beta} = 2.135$	
April	3-parameter Weibull	$\hat{\alpha} = 1.494$	$\hat{\theta} = 0.292$
	Gamma	$\hat{\beta} = 2.514$	
	2-parameter Weibull	$\hat{\alpha} = 1.701$	
	Weibull	$\hat{\beta} = 5.529$	
	3-parameter Weibull	$\hat{\alpha} = 1.460$	$\hat{\theta} = 0.422$
May	Weibull	$\hat{\beta} = 4.955$	
	2-parameter Gamma	$\hat{\alpha} = 2.264$	
	Gamma	$\hat{\beta} = 2.179$	
	3-parameter Gamma	$\hat{\alpha} = 1.741$	$\hat{\theta} = 0.373$
	Gamma	$\hat{\beta} = 2.619$	
June	2-parameter Weibull	$\hat{\alpha} = 2.070$	
	Weibull	$\hat{\beta} = 5.511$	
	3-parameter Weibull	$\hat{\alpha} = 1.820$	$\hat{\theta} = 0.443$
	Weibull	$\hat{\beta} = 4.978$	
	2-parameter Gamma	$\hat{\alpha} = 3.263$	
July	Gamma	$\hat{\beta} = 1.495$	
	3-parameter Gamma	$\hat{\alpha} = 3.263$	$\hat{\theta} = 0$
	Gamma	$\hat{\beta} = 1.495$	
	2-parameter Weibull	$\hat{\alpha} = 1.619$	
	Weibull	$\hat{\beta} = 3.602$	
August	3-parameter Weibull	$\hat{\alpha} = 1.436$	$\hat{\theta} = 0.291$
	Weibull	$\hat{\beta} = 3.221$	
	2-parameter Gamma	$\hat{\alpha} = 2.473$	
	Gamma	$\hat{\beta} = 1.296$	
	3-parameter Gamma	$\hat{\alpha} = 1.948$	$\hat{\theta} = 0.270$
September	Gamma	$\hat{\beta} = 1.506$	
	2-parameter Weibull	$\hat{\alpha} = 1.762$	
	Weibull	$\hat{\beta} = 4.077$	
	3-parameter Weibull	$\hat{\alpha} = 1.431$	$\hat{\theta} = 0.476$
	Weibull	$\hat{\beta} = 3.450$	
October	2-parameter Gamma	$\hat{\alpha} = 2.604$	
	Gamma	$\hat{\beta} = 1.389$	
	3-parameter Gamma	$\hat{\alpha} = 1.760$	$\hat{\theta} = 0.446$
	Gamma	$\hat{\beta} = 1.801$	
	2-parameter Weibull	$\hat{\alpha} = 1.536$	
November	Weibull	$\hat{\beta} = 3.548$	
	3-parameter Weibull	$\hat{\alpha} = 1.260$	$\hat{\theta} = 0.391$
	Weibull	$\hat{\beta} = 2.996$	
	2-parameter Gamma	$\hat{\alpha} = 2.156$	
	Gamma	$\hat{\beta} = 1.473$	
December	3-parameter Gamma	$\hat{\alpha} = 1.456$	$\hat{\theta} = 0.382$
	Gamma	$\hat{\beta} = 1.920$	
	2-parameter Weibull	$\hat{\alpha} = 1.568$	
	Weibull	$\hat{\beta} = 3.423$	
	3-parameter Weibull	$\hat{\alpha} = 1.241$	$\hat{\theta} = 0.493$
January	Weibull	$\hat{\beta} = 2.747$	
	2-parameter Gamma	$\hat{\alpha} = 2.404$	
	Gamma	$\hat{\beta} = 1.270$	
	3-parameter Gamma	$\hat{\alpha} = 1.475$	$\hat{\theta} = 0.483$
	Gamma	$\hat{\beta} = 1.742$	
February	2-parameter Weibull	$\hat{\alpha} = 1.622$	
	Weibull	$\hat{\beta} = 4.537$	
	3-parameter Weibull	$\hat{\alpha} = 1.308$	$\hat{\theta} = 0.484$
	Weibull	$\hat{\beta} = 3.855$	
	2-parameter Gamma	$\hat{\alpha} = 2.186$	
March	Gamma	$\hat{\beta} = 1.854$	
	3-parameter Gamma	$\hat{\alpha} = 1.447$	$\hat{\theta} = 0.477$
	Gamma	$\hat{\beta} = 2.471$	
	2-parameter Weibull	$\hat{\alpha} = 1.621$	
	Weibull	$\hat{\beta} = 5.511$	

	Weibull	$\hat{\beta} = 4.521$	
	3-parameter Weibull	$\hat{\alpha} = 1.322$	$\hat{\theta} = 0.463$
	Weibull	$\hat{\beta} = 3.870$	
	2-parameter Gamma	$\hat{\alpha} = 2.211$	
	Gamma	$\hat{\beta} = 1.826$	
December	3-parameter Gamma	$\hat{\alpha} = 1.505$	$\hat{\theta} = 0.444$
	Gamma	$\hat{\beta} = 2.389$	
	2-parameter Weibull	$\hat{\alpha} = 1.515$	
	Weibull	$\hat{\beta} = 4.514$	
	3-parameter Weibull	$\hat{\alpha} = 1.278$	$\hat{\theta} = 0.393$
January	Weibull	$\hat{\beta} = 3.948$	
	2-parameter Gamma	$\hat{\alpha} = 1.979$	
	Gamma	$\hat{\beta} = 2.051$	
	3-parameter Gamma	$\hat{\alpha} = 1.424$	$\hat{\theta} = 0.388$
	Gamma	$\hat{\beta} = 2.579$	

Tab. 4 summarises the values of the goodness-of-fit criteria that allow us to choose the most accurate probability distribution among the applied ones.

Tab. 4. The GOF and the model selection criteria for the applied probability distributions.

	AIC	BIC	R <sup>2</sup>	RMSE	KS test	AD test
January						
W2	3308.340	3317.564	0.994	0.023	0.050	3.150
W3	<b>3286.152</b>	<b>3299.988</b>	<b>0.995</b>	<b>0.021</b>	<b>0.043</b>	<b>2.524</b>
Gam2	3312.681	3321.905	0.994	0.024	0.047	3.313
Gam3	3304.409	3318.245	0.993	0.025	0.048	3.247
February						
W2	3149.170	3158.190	<b>0.989</b>	<b>0.033</b>	0.079	<b>4.895</b>
W3	<b>3121.195</b>	<b>3134.726</b>	0.985	0.037	<b>0.071</b>	5.542
Gam2	3156.192	3165.212	0.984	0.039	0.076	6.340
Gam3	3139.340	3152.871	0.981	0.043	0.085	6.769
March						
W2	3422.236	3431.461	0.980	0.044	0.092	8.824
W3	<b>3389.323</b>	<b>3403.159</b>	<b>0.983</b>	<b>0.041</b>	0.077	7.477
Gam2	3422.337	3431.561	0.980	0.044	0.082	8.915
Gam3	3397.810	3411.647	<b>0.983</b>	<b>0.041</b>	<b>0.075</b>	<b>7.416</b>
April						
W2	3495.607	3504.765	<b>0.987</b>	<b>0.035</b>	<b>0.069</b>	<b>5.694</b>
W3	<b>3486.118</b>	<b>3499.856</b>	0.984	0.040	0.083	6.979
Gam2	3520.699	3529.857	0.981	0.042	0.088	7.588
Gam3	3517.992	3531.729	0.977	0.046	0.095	8.637
May						
W2	3399.878	<b>3409.102</b>	<b>0.996</b>	<b>0.019</b>	<b>0.042</b>	<b>1.860</b>
W3	<b>3396.047</b>	3409.883	0.993	0.025	0.052	3.128
Gam2	3429.212	3438.436	0.986	0.035	0.071	5.341
Gam3	3431.212	3445.048	0.986	0.035	0.071	5.341
June						
W2	2891.865	2901.024	0.977	0.045	0.099	8.454
W3	2852.689	2866.427	0.984	0.037	0.085	5.559
Gam2	2857.850	2867.008	0.982	0.041	0.093	6.659
Gam3	<b>2839.810</b>	<b>2853.548</b>	<b>0.987</b>	<b>0.034</b>	<b>0.078</b>	<b>4.555</b>
July						
W2	3107.345	3116.569	0.990	0.030	0.063	4.603
W3	<b>3071.579</b>	<b>3085.415</b>	<b>0.992</b>	<b>0.028</b>	<b>0.053</b>	<b>3.552</b>
Gam2	3106.697	3115.921	0.990	0.031	0.058	4.815
Gam3	3090.157	3103.993	0.990	0.030	0.060	4.285
August						
W2	3025.086	3034.311	0.982	0.041	0.093	7.335
W3	<b>2961.509</b>	<b>2975.345</b>	0.991	0.028	0.064	3.599
Gam2	3005.979	3015.204	0.985	0.038	0.083	6.470
Gam3	2965.695	2979.531	<b>0.992</b>	<b>0.027</b>	<b>0.056</b>	<b>3.386</b>
September						
W2	2843.958	2853.117	0.983	0.038	0.079	7.142
W3	2748.740	2762.478	0.995	0.021	0.054	1.995
Gam2	2801.463	2810.622	0.986	0.035	0.083	5.374
Gam3	<b>2745.727</b>	<b>2759.465</b>	<b>0.995</b>	<b>0.020</b>	<b>0.051</b>	<b>1.728</b>

October						
<b>W2</b>	3354.628	3363.852	0.982	0.042	0.085	8.813
<b>W3</b>	3315.600	3329.436	0.984	0.040	0.077	7.629
<b>Gam2</b>	3361.959	3371.183	0.982	0.043	0.079	8.921
<b>Gam3</b>	3334.001	3347.837	0.983	0.040	0.077	7.753
November						
<b>W2</b>	3239.357	3248.515	0.986	0.037	0.076	5.884
<b>W3</b>	3205.517	3219.254	0.988	0.034	0.074	5.019
<b>Gam2</b>	3243.262	3252.421	0.985	0.038	0.076	6.214
<b>Gam3</b>	3223.374	3237.112	0.986	0.036	0.077	5.500
December						
<b>W2</b>	3407.498	3416.722	0.980	0.044	0.091	8.546
<b>W3</b>	3365.978	3379.814	0.983	0.040	0.083	7.074
<b>Gam2</b>	3408.548	3417.772	0.980	0.044	0.085	8.729
<b>Gam3</b>	3377.748	3391.584	0.983	0.040	0.088	7.090

Comparing the performance of all probability distributions, the 3-parameter Weibull distribution generally provided the best fit for most months. In February, the 3-parameter Weibull obtained the best results in terms of information criteria and the  $KS$  test, whereas the 2-parameter Weibull achieved the best values of the  $R^2$ ,  $RMSE$  and the  $AD$  test. In April, the 3-parameter Weibull obtained the best results in terms of information criteria; however, according to the goodness-of-fit tests, the  $R^2$  and  $RMSE$ , the 2-parameter Weibull provided the best fit. In May, the best fit is obtained by the 2-parameter Weibull. The 3-parameter gamma distribution performed as the best one in June and September (according to all criteria). In August, 3-parameter gamma distribution achieved the best results according to the goodness-of-fit tests, the  $R^2$  and  $RMSE$ . According to the information criteria, the best fit is obtained by the 3-parameter Weibull.

When we compare the performance of the 2- and 3- parameter Weibull distribution, we can see that the 3- parameter distribution provided more accurate approximation than the 2-parameter distribution in majority of months. Similarly, the 3- parameter gamma distribution fitted the data better in comparison to the 2-parameter gamma distribution.

## 5. CONCLUSION

In the paper, we fitted the wind speed in the city Nitra by four probability distributions (2-parameter and 3-parameter Weibull, 2-parameter and 3-parameter gamma) to identify the probability distribution most suitable for modelling. All of them provided accurate enough fit; however, the Weibull probability distribution outperformed the gamma distribution in most months. The 3-parameter Weibull distribution obtained the best results in October to December, in January and in July. The 2-parameter Weibull distribution beat the rest of the distributions in April and May. The 3- parameter gamma distribution excelled in June and September.

From the comparison between the performances of the 2- and 3-parameter probability distributions, we can conclude that the 3-

parameter distributions obtained better results than the 2- parameter ones. This indicates that the presence of the location parameter improves the results significantly.

## Sources

- AKPINAR, E.K., AKPINAR, S. Determination of the Wind Energy Potential for Maden. *Energy Conversion and Management*, 45, 2004. pp. 2901-2914.
- CELIK, J.N. A Statistical Analysis of Wind Power Density based on the Weibull and Rayleigh Models at the Southern Region of Turkey. *Renewable Energy*, 29, 2003. pp. 593-604.
- LUN, I.Y.F, LAM, J.C. A Study of Weibull Parameters using Long-term Wind Observations. *Renewable Energy*, 20, 2000. pp. 145-153.
- SEGURO, J.W., LAMBERT, T.W. Modern Estimation of the Parameters of the Weibull Speed Distribution for Wind Energy Analysis. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 85, 2000. pp. 75-84.
- STEVENS, J.M., SMULDERS, P.T. The Estimation of the Parameters of the Weibull Wind Speed Distribution for Wind Energy Utilization Purposes. *Wind Engineering*, 3(2), 1979. pp. 132-145.
- POBOČÍKOVÁ, I., SEDLIAČKOVÁ, Z., MICHALKOVÁ, M. Application of Four Probability Distributions for Wind Speed Modeling. *Procedia Engineering*, 192, 2017. pp. 713-718.
- MORGAN, E.C., LACKNER, M., VOGEL, R.M., BAISE, L.G. Probability Distributions for Offshore Wind Speeds. *Energy Conversion and Management*, 52(1), 2011. pp. 15-26
- ALAVI, O., MOHAMMADI, K., MOSTAFAEIPOUR, A. Evaluating the Suitability of Wind Speed Probability Distribution Models: A Case Study of East and Southeast Parts of Iran. *Energy Conversion and Management*, 119, 2016. pp. 101-108.
- SARKAR, A., SINGH, S., MITRA, D. Wind Climate Modeling using Weibull and Extreme Value Distribution. *International Journal of Engineering, Science and Technology*, 3(5), 2011. pp. 100-106.
- KANTAR, Y.M., USTA, I., ARIK, I., YENILMEZ, I. Wind Speed Analysis using the Extended Generalized Lindley Distribution. *Renewable Energy*, 118, 2018. pp. 1024-1030.
- HARE, W. *Assessment of Knowledge on Impacts of Climate Change - Contribution to the Specification of Art. 2 of the UNFCCC: Impacts on Ecosystems, Food Production, Water and Socio-economic Systems*. External expertise report for German Advisory Council on Global Change. Berlin, 2003 104 p.
- HIROSE, H. Maximum Likelihood Parameter Estimation in the Three-Parameter Gamma Distribution. *Computational Statistics & Data Analysis*, 20, 1995. Pp. 343-354
- AKAIKE, H. A New Look at the Statistical Model Identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19(6), 1974. pp. 716-723.
- SCHWARZ, G. Estimating the Dimensions of a Model. *The Annals of Statistics*, 6(2), 1978. pp. 461-464.

# The impact of physical disability and illness on social relationships and emotion coping

Eva Vancu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra psychológie a patopsychológie, Šoltéssová, 4 811 08 Bratislava; vancu@fedu.uniba.sk

Grant: 1/0955/17 - VEGA

Name of the Grant: Multimodalita vývinu emocionálnej regulácie u dospievajúcich s typickým a atypickým vývinom.

Subject: AN - Psychology

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

**Abstract** The present paper presents the results of the investigation of the level of preferred coping strategies and emotion management and the analysis of social relationships in adolescents with physical disabilities and chronic diseases. The research consists of a quantitative study conducted on a sample of high school students. The quality of social relationships, coping strategies and different emotion regulation strategies were analysed. The CERQ questionnaire was used to measure cognitive-emotional regulation strategies. The CCSC scale was used to measure coping strategies, the ERQ scale was used to measure emotion regulation, and the quality of relationships was measured by the IPPA-R questionnaire. Statistically significant differences in the use of expressive suppression were found between boys and girls. Statistical analysis of the empirical data also revealed a negative correlation between catastrophizing and relationship quality with mother and father. A negative correlation between expressive suppression and the quality of peer relationships was also confirmed. The results showed significant differences in the group of adolescents with disabilities in terms of distraction and avoidance coping strategies for emotions. Based on the results, it is recommended to focus on non-constructive coping and support resources for coping with stress as predictors of active coping and emotion management specifically in adolescents with physical disabilities and chronic illness.

**Keywords** Relationships, emotion coping, physical disability, chronic illness, adolescence

## 1. THE IMPACT OF PHYSICAL DISABILITY AND CHRONIC ILLNESS ON ADOLESCENT PERSONALITY

According to the biopsychosocial model, adolescence is a developmental period between childhood and adulthood that is characterised by biological, psychological, and social role changes compared with other developmental periods except early childhood (Steinberg, Morris, 2000). The National Centre for Health Statistics defines a chronic condition as an illness or disease that has been present for more than three months (MedicineNet, 2006). This definition is supplemented by the Chronic Illness Alliance (2006), which defines chronic illness as a condition that persists over a long period of time, worsens over time, and affects the quality of life of the individual. Generally, physical (somatic) disability refers to disability that manifests in temporary or permanent problems with a person's mobility (Martz, Livneh, 2007). M. Rutter (1980 according to Williams, Holmbeck, & Greenley, 2002) refers to health problems and mental disorders that occur during adolescence

because of the many changes that characterise this period. In addition to these normative changes and developmental tasks, the developmental processes of medically impaired and physically disabled young people are influenced by the presence of medical limitations. Health impairment and physical disability have an impact on somatic and psychological development, social adjustment and quality of life (Vancu, 2024). On the one hand, physical disability as a chronic disease limits the adolescent's life possibilities; on the other hand, it has a significant impact on his/her individual self-reflection and self-understanding. For young people, physical disability is a major source of unwanted burden and stress, contributing to overall psychological and social vulnerability (Raina, 2005). Physically disabled adolescents are more critical and self-critical, focusing much more on the disability and its social significance. In a normative crisis of individuality and separation, they find themselves alone in this conflict and, in the case of young people in residential care, objectively isolated (Shields et al., 2006). The consequences of reduced mobility and often the presence of certain psychological changes (weakened regulatory capacity of the nervous system) affect the individual's ability to adapt and cope, and problems arise in the personal and social spheres (Pipeková, 2006). Personality variables as significant moderators of coping allow experiencing psychological well-being despite adverse life conditions and health impairment (Koubeková, 2004). A person is in search of an acceptable role, reflects on his or her possibilities and social value. If he or she fails, at least partially, to develop a satisfying self-image, he or she reacts with various defence mechanisms that affect personality development and relationships with people (Paxton et al., 2006).

## 2. EMOTION COPING AND DISABILITY

In Weisz's model, coping efforts are focused on maintaining, extending, and taking alternative control over the environment and the self. Primary control is defined as coping aimed at influencing an objective event or condition. The goal of secondary control is coping that is related to coping that is aimed at maximising one's options with respect to current conditions (Weisz, 1994). Based on previous research in the area of adjustment in children and adolescents with disabilities, an integrative model, the "Disability-Stress-Coping Model", has been proposed (LaGreca, 1992). In people with disabilities, reduced resilience to stress is caused by a chronic accumulation of stressful situations that disrupt the integrity of the personality, the balance of psychological processes and the conscious rational regulation of actions (Matějček, 2001). Currently, there is a lack of an adequate theory of stress management that takes into account the specifics of childhood and adolescence and is based



on theories related to adults (Alvord, Grados, 2005; Brotman et al., 2003; Greenberg et al., 2001).

Issues arising from theoretical concepts in developmental psychology in the area of coping in children and adolescents are discussed (Compas et al., 2001; McCubbin et al., 2001). The interrelationships between coping and development suggest the process nature of coping. The coping process is made up of multiple interactions, revealing the influence of individual relationships, peer relationships, but also school relationships. Coping can be seen as an adaptive process that takes place in interactions with peers, which are like a test or a challenge for an individual response that leads to socialisation processes. J. Bowlby, M. D. Ainsworth (1989 according to Hoskovcova, 2006) and others suggest that the "internal model of functioning", i.e. a set of cognitive representations of interpersonal relationships formed on the basis of the experience of the relationship with the parent, caregiver, functions as a pattern that redefines the form of close relationships that a person enters in the course of his/her life (continuity model). People who lack corrective experience from certain relationships carry their anxiety into later developmental periods; long-term correction is needed to change the mental representation of the figure (Macek, Lacinová, 2006). Research on adolescents' coping with everyday problems in relation to self-esteem suggests that when everyday problems are more frequent, adolescents tend to prefer avoidant coping strategies and emotion-focused coping (Ficková, 2000).

### 3. RELATIONSHIPS AND EMOTIONS

Relational attachment and emotional regulation are closely related. Brumariu (2015, p. 31) states that "securely attached children internalize effective emotion regulation strategies within the relational bond and are able to successfully use adaptive emotion regulation strategies outside of the relational bond when the relational bond person is not present..." "Experience fewer internalizing and externalizing problems, are more socially competent, and have higher quality friendships" (2015, p. 32). Ambivalently attached children are more likely to show negative emotions in an attempt to get the person's attention for relations. Avoidantly attached children, on the other hand, in turn minimized negative emotions during interaction with the relational attachment figure - in this way; they secured a relationship with a parent who could not tolerate attachment behaviors (Brumariu, 2015). Spangler and Zimmerman (2014) reported in their research that securely attached children tend to use social emotion regulation strategies. Based on research with young adults, John and Gross (2004) concluded that cognitive reappraisal is a healthy adaptive strategy and expressive suppression is a prerequisite to poorer mental health. Contreras and Kerns (2000) report that parental approachability and responsiveness in moments of child distress are related to the development of the child's ability to adaptively regulate emotions. Securely attached children are able to accept parental help in regulating both their positive and negative emotions. As a result, the child is reassured that sharing and expressing both positive and negative emotions is acceptable and applies this assumption to future relationships. If caregiving is irregular, it is likely that the child will not learn to regulate negative emotions and will develop a strategy of increasing emotion in order to maintain the parent's attention.

Research (Bowlby, 2012) clearly concludes that securely attached children internalize effective emotion regulation strategies within the relational bond and are able to use them outside of the relational bond when the person for relations is not present. Effectiveness of emotion regulation not only influences the experience of regulation

itself but is also a prerequisite for academic success, quality social relationships, coping with stressful situations, and reduces the predisposition for the development of many anxiety disorders.

#### 3.1 Attachment and emotion regulation in adolescents with chronic illness and disability

Relationships and attachment in childhood have a profound impact on life, relationships and development in adulthood. Attachment deficits in childhood and adolescence emerge in adulthood in the form of emotions such as anxiety, fear and inferiority. Adults attempt to compensate for these childhood and adolescent deficits through behaviours that may be considered unusual (Peters, 1999).

As the developmental period of adolescence begins, individuals tend to become more detached from their parents, become more independent, and experience major changes in their emotional, cognitive and behavioural systems (Allen, 2008). Many adolescent boys and girls strive to change their appearance to show signs of adulthood. In this way, adolescents seek to be treated as equals in order to feel accepted by adults. At the same time, these adolescents often experience self-doubt due to their lack of life experience and realise that they are not adults (Wiedemann et al., 1988). "They observe each other, compare their appearance with that of adults and do not want to fall behind them" (Wiedemann et al., 1988, p. 18). Those who are not physically average are more likely to be aware of these deficiencies. In childhood, a person learns how to regulate his or her emotions properly. Parents or close relatives are the main supporters of a child's emotional development. When parents respond effectively and sensitively to a child's emotional expressions, the stage is set for better management of one's own emotions and, in perspective, the individual gains the ability to regulate emotions (Gross, Thompson, 2007, p. 12). Working with and educating people with disabilities in schools is a very specific process. The specificity may be the aim, the tasks, the content or the process of education itself. Differences are also related to the different degrees of disability, as different methods and educational procedures are used for mild disabilities, others for moderate disabilities and others for severe disabilities and chronic illnesses (Mikolkova, 2007).

Generally accepted norms naturally influence the attitudes of the child's closest caregivers and thus initially affect the child indirectly and vicariously, i.e. through parents and other adults. Later, when the child enters childhood society, he or she experiences the impact of these general norms directly through contact with peers who look or behave according to the norms.

When an individual adapts to the norms that prevail in a particular school, we can say that he or she has adapted and integrated. Those who are integrated should be prepared to perform as well as is required of other pupils. A pupil or an individual who has mastered the issue of integration is expected to adopt the norms of behaviour in the school and to follow the set curriculum and programme with the help of the teacher (Mikolkova, 2007).

During the developmental period of adolescence, individuals experience hormonal changes that affect emotional experience. Emotional expressions often appear exaggerated, volatile and short-lived (Vágnerová, 2012). Hormonal changes affect an individual's emotional and affective experience, which also affects interpersonal relationships. An interesting feature of adolescence highlighted by Allen and Miga (2010) is the individual's relentless pursuit of autonomy in everyday, but often stressful, situations. Relationships with peers can be considered as a source of emotional stress in adolescence, in which individuals experience different challenges and disappointments that are different compared to previously

experienced emotional situations with, for example, parents (Vancu, 2019). As we mentioned earlier, the importance of both parental upbringing and parental personality greatly influences the development of an individual's emotion regulation. In integrated primary school classrooms, chronically ill and disabled children do not tend to be rejected by their classmates (Kundrátová, Špotáková, 2004). Public behaviour towards such children and adolescents is reflected in their psyche, attitude, performance of certain activities and self-acceptance (Vágnerová, 2012). Eisenberg and colleagues (1997) demonstrated that individuals with low emotional regulation and high emotional intensity are prone to aggression and show signs of antisocial behaviour (Eisenberg et al., 1997).

Communication between parents and adolescents is one of the most important interventions in an individual's development, and it is considered desirable for parents to communicate adequately with their children and give them space to express their own emotions. Emotional experiences are stored in implicit memory, which is unconscious (Plháková, Reiterová, 2010). Expressive repression can lead to a negative self-image and feelings of alienation from others and is a negative indicator of mental health (John, Gross, 2004).

#### 4. RESEARCH DESIGN

Partial results were presented at the Quære 2024 conference (Vancu, 2024). In this paper, we report on the extended results of the ongoing research.

The purpose of this study was to analyse the quality of coping, relational attachment and emotion regulation in adolescents. One of the research objectives was to explore coping preferences in a group of physically disabled and chronically ill adolescents and to identify gender differences in coping strategies. We started from the concept of relational attachment in relation to the specificities of adolescence and relied on the concept of emotion regulation. Exploring relational attachment with emotion regulation is important because it influences students' learning and flourishing in the school environment. Emotion regulation influences behaviour in the school environment, contributes to the formation of quality social relationships with peers and educators, and influences attitudes towards learning.

##### 4.1 Methods and sample

We used a battery of questionnaires composed of several research methods:

- a) The revised questionnaire - Inventory of Parent and Peer Attachment - IPPA-R. The authors are G. Armsden and M. T. Greenberg (1987). The questionnaire also contains three subscales that assess: a) the level of mutual trust, b) the quality of communication and c) the alienation dimension. It is a self-report questionnaire in the form of a five-point Likert scale and the options are never or almost never (1), rarely (2), sometimes (3), often (4), always or almost always (5).
- b) Cognitive-Emotional Regulation Questionnaire (CERQ) It was developed in 1999 by Nadia Garnefski and Vivian Kraaij and Philip Spinhoven on the basis of theoretical and empirical findings (Garnefski, Kraaij, 2006). The CERQ consists of 36 items measuring 9 conceptually distinct subscales: Self-blame, blaming others, rumination, catastrophizing, putting into perspective (reducing the importance of the situation), positive redirection of attention (focusing on the positive experience), positive reappraisal, acceptance and planning.

- c) Emotion Regulation Questionnaire - ERQ. The ERQ was developed by J.J. Gross and O.P. John in 2003 to measure individual differences in the use of two emotion regulation strategies (John, Gross, 2004): (1) cognitive reappraisal and (2) expressive suppression. The questions are formulated in such a way that the respondent evaluates his/her emotional experience of the situation and his/her emotional expression. The questionnaire contains 10 items, 6 items on Cognitive Reappraisal and 4 items on Expressive Suppression. Respondents use a 7-point Likert scale to answer the questions, where 1 is strongly disagree, 4 is neutral and 7 is strongly agree.
- d) The Children's Coping Strategies Checklist (CCSC - Ayers et al., 1996) was used to assess coping strategies. It identifies active coping strategies (cognitive decision-making, direct problem solving, seeking understanding, and positive reappraisal), support-seeking strategies (problem-focused support seeking and emotional support seeking), distraction strategies (physical release of feelings and distracting activities), and avoidance strategies (escape activities and cognitive avoidance). The scale has 42 items and the respondent rates his or her coping behaviour on a 4-point Likert scale ranging from 'never' to 'always'.

For the purposes of our research, we approached 12 high schools in the country. Requests for permission to conduct the research were sent directly to the principals, who gave written consent for the research to be conducted in their schools. The total number of the research sample was 164 respondents with chronic diseases (asthma, diabetes, obesity, heart failure, high blood pressure ...), 89 girls and 75 boys, aged 16-18 years.

##### 4.2 Research results

The empirical data were processed into a frequency table in Microsoft Excel, and the processed data were then analysed using IBM SPSS Statistics software.

The ERQ questionnaire was used to examine the use of two emotion regulation strategies: cognitive reappraisal and expressive suppression.

Six items from the questionnaire measured cognitive reappraisal and four items measured expressive suppression. We hypothesised that there would be intersex differences in the use of cognitive reappraisal. Student's t-tests were used to examine differences in the use of cognitive reappraisal and expressive suppression strategies between girls and boys.

Based on the results of the Student's t-test for two independent samples, we can conclude that the rate of use of cognitive reappraisal in boys (AM = 3.43, SD = 0.87) is not statistically significantly different from the rate of use of cognitive reappraisal in girls (AM = 3.21, SD = 0.22);  $t = 1.03$ ,  $p = 0.32$ . We measured statistical significance using a t-test to detect differences in the use of expressive suppression between girls and boys.

Based on the results of the Student's t-test for two independent samples, we can conclude that the rate of use of expressive suppression among boys (AM = 4.28, SD = 0.16) is statistically significantly different from the rate of use of expressive suppression among girls (AM = 3.65, SD = 0.12);  $t = 3.21$ ,  $p = 0.002$ .

We used the CERQ questionnaire to measure ruminative use. Two items from the questionnaire tested this emotion regulation strategy. We hypothesised that there would be intersex differences in rates of

ruminative use. We used Student's t-test to analyse differences between boys and girls in the use of rumination. From the results we can conclude that the rate of use of rumination as an emotion regulation strategy in girls ( $AM = 4.18$ ,  $SD = 0.12$ ) is statistically significantly different from the rate of use of rumination in boys ( $AM = 2.72$ ,  $SD = 0.13$ );  $t = -5.49$ ,  $p = 0.000$ .

The IPPA-R questionnaire was used to assess the quality of relationships with mother, father and peers. Bonding with mother, father and peers was measured separately with 25 items for each category.

The CERQ was used to measure the use of each emotion regulation strategy. The results of Pearson's correlation coefficient show us that the relationship between the degree of quality of relations and the degree of use of self-blame is not statistically significant, but the degree of quality of relations is negatively correlated with the use of catastrophizing.

From the results we can conclude that the degree of quality of the relationship with the mother is negatively related to the degree of use of catastrophizing ( $r = -0.22$ ,  $p = 0.00$ ). In the case of the relationship between the measure of the quality of the relational bond with the father and the measure of the use of catastrophizing ( $r = -0.12$ ,  $p = 0.04$ ), the correlation is weak.

The correlation between the measure of the quality of the relationship with peers ( $r = -0.02$ ,  $p = 0.64$ ) and the use of catastrophizing was not found to be statistically significant. Statistical significance of the measured relationship was only confirmed for peer relations ( $r = -0.16$ ,  $p = 0.00$ ). Based on the above results, we can conclude that the degree of quality of peer relationships is negatively related to the degree of use of expressive suppression.

In the adolescent comparison groups, a higher prevalence of active coping strategies was found in physically disabled and chronically ill adolescents.

There was a statistically significant difference (at the 0.05 level) in active coping strategies in cognitive decision making ( $t = -2.63$ ;  $p = 0.01$ ), seeking understanding ( $t = -3.62$ ;  $p = 0.00$ ), seeking support in problem solving ( $Z = -7.12$ ;  $p = 0.00$ ), seeking emotional support ( $Z = -6.91$ ;  $p = 0.00$ ), and positive reappraisal ( $t = -7.83$ ;  $p = 0.00$ ), which were more frequently chosen by adolescents with physical disabilities.

Among the passive coping strategies, there was a difference in the greater use of passive coping strategies in the group of young people with physical disabilities, which was statistically significant in the dimensions: physical release of feelings ( $Z = -2.65$ ;  $p = 0.02$ ), distracting activities ( $t = -4.45$ ;  $p = 0.00$ ) and cognitive avoidance ( $Z = -4.72$ ;  $p = 0.00$ ). After analysis, the t-test confirmed more frequent use of support-seeking strategies ( $t = -8.84$ ;  $p = 0.00$ ) among active coping strategies for the physically disabled group.

Adolescents are also more likely to choose passive coping strategies. A statistically significant difference between the groups was found in the use of avoidance ( $t = -5.46$ ;  $p = 0.00$ ) and distraction ( $t = -4.24$ ;  $p = 0.00$ ) coping strategies for the group of adolescents with disabilities and chronic illness.

### 4.3 Discussion

Examining the impact of physical disability on the quality of coping in adolescents, the results suggest that cognitive decision making,

positive reappraisal, seeking understanding, problem solving and seeking emotional support are coping strategies used by the physically disabled. The group of adolescents with disabilities are more likely to use active coping strategies, especially the strategies of turning to other people when having a problem and seeking support in the environment. The use of social resources is socially influenced in the sense that potentially members of some disadvantaged groups (chronic illness, physical disability) are more vulnerable to the negative physical or psychological effects of stress (Thoits, 1995).

On the other hand, the support received from others and the wider society can influence the way a group of disabled people cope with difficult situations (Schwarzer, Leppin, 1991). Differences in passive strategies were found in our sample, which indicated that the group of adolescents with disabilities frequently used passive coping strategies, both distraction strategies (physical release of feelings, distracting activities) and avoidance strategies (cognitive avoidance). In the group of young people with disabilities, the results show the risk of avoiding a realistic and rational reappraisal of the situation.

In adolescence, emancipation and rebellion against authority are developmentally important; the adolescent needs to demonstrate competence in confronting the pressures of authority. Emancipation in adolescence is important, but only meaningful if authority is also emotionally significant (Seifert, Hoffnung, 1991).

Emotional detachment from the family is complicated by the fact that disabled and chronically ill children are not accepted as equals by their peers, most often occupy an overlooked position in the group, and identification with the group is often idealized (Štech et al., 1997).

In the research conducted on a sample of high school students and in analysing the data, we also focused on the quality of relationships, emotion regulation through cognitive reappraisal and expressive suppression, and strategies for regulating negative emotions. We focused on gender differences and the extent to which cognitive reappraisal and expressive repression were used.

Much research has focused on examining cognitive reappraisal and expressive suppression in males and females in a variety of contexts (McRae et al., 2008; Middendorp et al., 2005; Hoeksema, Aldao, 2011). In our research, we did not find statistically significant differences in the rates of cognitive reappraisal use between boys and girls with chronic illness.

Another emotion regulation process is expressive suppression. It is characterised as a maladaptive emotion regulation strategy because it does not regulate the experience of the emotion itself, but only suppresses its external, behavioural manifestations (Gross, 2003). Richards and Gross (2000) found that suppression leads to impaired memory for social information provided during emotion regulation. The results of our research showed us that boys used expressive suppression to a greater extent than girls. This finding is consistent with other research (Gross, 2003, Matsumoto et al., 2016, Flynn et al., 2010).

We also hypothesised that there would be differences in the use of rumination between boys and girls. Rumination is a maladaptive emotion regulation strategy that involves passively and repetitively focusing attention on the manifestations of a negative situation and on the possible causes and consequences of these manifestations (Nolen-Hoeksema et al., 2008), while at the same time distracting attention from possible solutions to the situation. We found that girls used rumination more than boys. In their research, Nolen-Hoeksema

and Jackson (2001) found that respondents who felt less in control of the situation or found negative emotions more difficult to manage used rumination more.

In the second half of our research, we focused on analysing the quality of relational attachment in relation to the cognitive emotion regulation strategies of self-blame and catastrophizing. We hypothesised a negative relationship between the rate of self-blame use and measures of relationship quality. We built on the premise that securely attached adolescents more readily acquire adaptive emotion regulation strategies (Brumariu, 2015) and are able to use them in social relationships.

However, we did not find a statistically significant relationship in our results. Consequently, we hypothesised that the use of catastrophizing and relational attachment quality would be negatively related. We drew on research by Laura Brumaria (2012), who examined mother-child relational attachment, emotion regulation, and manifestations of distress in 10-12 year old children. She found that more securely attached children tended to use catastrophizing to a lesser extent. The results of our research confirmed a negative relationship between measures of relational attachment quality and the use of catastrophizing. This was confirmed for relational attachment to mother and father, but not to peers. Expressive suppression can have a negative impact on self-perception and alienation from others (John, Gross, 2004). Gresham and Gullone (2012). We have also examined the relationship between measures of relationship quality and the use of expressive suppression. We have shown and confirmed that high quality peer relationships provide adolescents with security and they freely express their emotions in the presence of their peers. In the case of relational bond quality with mother and father, we did not confirm the relationship. This finding suggests to us that levels of expressive suppression in adolescents are not directly related to relational bond quality. We see potential in future research to analyse the quality of relations and coping - the subscales of trust, communication and alienation. We also believe that age comparisons of the use of emotion regulation strategies would be beneficial.

## 5. CONCLUSIONS

The results highlight the need for training to develop the use of active coping and emotion regulation strategies and the need to promote a broader repertoire of active coping strategies (especially direct problem solving) in young people with disabilities and chronic illness. Overall, to reduce the frequent use of distraction and avoidance strategies in the adolescent group. The role of the educator in the school environment is not only to impart knowledge to the students but also to take an interest in their emotional development. As a preventive measure, school management and teachers should include regular discussions and activities on emotions, their experience and the development of effective emotion regulation strategies in the educational programme. Despite these realities, the whole period of adolescence should be seen as an extraordinarily sensitive one in which the adolescent person with a disability is particularly vulnerable. Studying the links between development and coping, emotions and social relationships contributes to understanding youth behaviour. By identifying which personal resources contribute most to effective coping and constructive emotion regulation, it will be possible to focus on developing appropriate coping strategies and resources, especially during the critical period of adolescence.

## Sources

1. AEMSDEN, G. C., GREENBERG, M. T. The Inventory of Parent and Peer Attachment: Individual Differences and Their Relationship to Psychological Well-Being in Adolescence. In *Journal of Youth and Adolescence*, vol. 16, no. 5, 1987. p. 427 – 454.
2. ALLEN, J. P. The Attachment System in Adolescence. In CASSIDY, J., SHAVER, P. (Eds.). *Handbook of Attachment*. 2. vydanie. New York: Guilford Press. 2008. 1020 s. ISBN 978-1-59385-874-2.
3. ALLEN, J. P., MIGA, E. M. Attachment in Adolescence: A Move to the Level of Emotion Regulation. *Journal of Social and Personal Relationships*, vol. 27, no. 2, 2010. p. 181-190.
4. ALVORD, M. K., GRADOS, J. J. Enhancing Resilience in Children: A Proactive Approach. *Professional Psychology: Research and Practice*, 2005, 36, 3, 238-245.
5. AYERS, T. S., SANDLER, I. N. A Dispositional and Situational Assessment of Children's Coping: Testing Alternative Models of Coping. *Journal of Personality*, 1996, 64, 4, 923-958.
6. BOWLBY, J. *Odloučení*. Praha: Portál, 2012. 400 s. ISBN 978-80-262-0076-5.
7. BROTMAN, L. M. et al. Children, Stress, and Context: Integrating Basic, Clinical, and Experimental Prevention Research. *Child Development*, 2003, 74, 4, 1053-1057.
8. BRUMARIU, L. E. Parent-Child Attachment and Emotion Regulation. In BOSMANS, G., KERNS, K. A. (Eds.). *Attachment in Middle Childhood: Theoretical Advances and New Directions in an Emerging Field*. New Directions for Childhood and Adolescent Development, 2015. vol. 148.
9. BRUMARIU, L. E., KERNS, K. A., SEIBERT, A. Mother-child attachment, emotion regulation, and anxiety symptoms in middle childhood. In *Journal of the International Association for Relationship Research*, vol. 19, no. 3, 2012. p. 569-585.
10. COMPAS, B. E. et al. Coping With Stress during Childhood and Adolescence Problems, Progress, and Potential in Theory and Research. *Psychological Bulletin*, 2001, 127, 1, 87-127.
11. CONTRERAS, J. M., KERNS, K. A. Emotion Regulation Processes: Explaining Links between Parent – Child Attachment and Peer Relationships. In KERNS, K. A., CONTRERAS, J. M., NEAL-BARNETT (Eds.). *Family and Peers: Linking Two Social Group*. London: Greenwood Publishing Group, Inc. 2000. p. 1-25. ISBN 0-275- 96506/6.
12. EISENBERG, N., FABES, R. A. (Eds.). *Emotion and its Regulation in Early Development: New Directions for Child Development*, no. 55: The Jossey-Bass Education Series, 1997. p. 7-23.
13. FICKOVÁ, E. Preference of coping strategies in relation to hassles. *Studia Psychologica*, 2000, 42, 3, 203-208.
14. FLYNN, J. J., HOLLENSTEIN, T., MACKEY, A. The effect of suppressing and not accepting emotions on depressive symptoms: Is suppression different for men and women? *Personality and Individual Differences*, vol. 49, no. 6, 2010. p. 582-586.
15. GARNEFSKI, N., KRAAIJ, V. Cognitive Emotion Regulation Questionnaire – Development of a Short 18-item version (CERQ-short). *Personality and Individual Differences*, vol. 41, no. 6, 2006. p. 1045-1053.
16. GREENBERG, M.T. et al. The Prevention of Mental Disorders in School-Aged Children: Current State of the Field. *Prevention & Treatment*, 2001, 4, 1.
17. GRESHAM, D., GULLONE, E. Emotion Regulation Strategy use in Children and Adolescents: The Explanatory Roles of Personality and Attachment. *Personality and Individual Differences*, vol. 52, no. 5, 2012. p. 616 – 621.
18. GROSS, J. J., JOHN, O. P. Individual Differences in Two Emotion Regulation Processes: Implication for Affect,



- Relationships, and Well-Being. *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 85, no. 2, 2003. p. 348 – 362.
19. GROSS, J. J., THOMPSON, R. A. Emotion Regulation: Conceptual Foundations. In GROSS J. J. (Ed.). *Handbook of Emotion Regulation*. New York: The Guilford Press, 2007. p. 3-24, ISBN 1-59385-148-0.
20. HOSKOVCOVÁ, S. *Psychická odolnosť predškolského dieťaťa*. 2006. Praha: Grada Publishing.
21. JOHN, O. P., GROSS, J. J. Healthy and Unhealthy Emotion Regulation: Personality Processes, Individual Differences, and Life Span Development. *Journal of Personality*, vol. 72, 2004. No. 6.
22. KOUBEKOVÁ, E. Duševné zdravie adolescentov s telesným hendikepom – osobnostné determinanty subjektívnej pohody. *Psychológia a patopsychológia dieťaťa*, 2004, 39, 2-3, 121-131.
23. KUNDRÁTOVÁ, B., ŠPOTÁKOVÁ, M. Meranie inteligencie u detí zo sociálne znevýhodneného prostredia. *Psychologické dny*, 2004.
24. LaGRECA, M. A., SIEGEL, L. J., WALLANDER, J. L., WALKER, C. E. *Stress and Coping in Child Health*. 1992, New York: The Guilford press.
25. MACEK, P., LACINOVÁ, L. *Vztahy v dospívání*. 2006, Brno: Barrister & Principal.
26. MATSUMOTO, K., TAISHI, N., SHIOZAKI, M. Age and Gender Differences in Relationships among Emotion Regulation, Mood, and Mental Health. *Gerontology and Geriatric Medicine*, 2006. vol. 2.
27. MATĚJČEK, Z. *Psychologie nemocných a zdravotne postihovaných dětí*. 2001. Jinočany: Nakladatelství H a H.
28. MARTZ, E., LIVNEH, H. Coping with Chronic Illness and Disability. Theoretical, Empirical, and Clinical Aspects. 2007, New York: Springer.
29. McCUBIN, H. I. et al. Fragebogen zur elterlichen Krankheitsbewältigung: Coping Health Inventory for Parents (CHIP) – Deutsche Version. *Kindheit und Entwicklung*, 2001, 10, 28-35.
30. McRAE, K., OCHSNER, K. N., MAUSS, I. B., GABRIELI, J. J. D., GROSS, J. J. Gender Differences in Emotion Regulation: An fMRI Study of Cognitive Reappraisal. *Group Processes & Intergroup Relations*, vol. 11, no. 2, 2008. p. 143-162.
31. MedicineNet (2006). *Definition of chronic illness*. [online]. [Cit. 2024-05-07]. Dostupné na: <http://www.medterms.com>.
32. MIDDENDORP, H. van, GEENEN, R., SORBI, M. J., HOX, J. J., VIDERHOETS, A. J., DOORNEN, van L. J., BIJLSMA, J. Gender differences in emotion regulation and relationships with perceived health in patients with rheumatoid arthritis. *Women Health*, vol. 42, no. 1, 2005. p. 75-97.
33. MIKOLKOVÁ, D. Integrácia zdravotne postihnutých žiakov. 2020. Pdf UK.
34. NOLEN-HOEKSEMA, S., JACKSON, B. Mediators of the gender difference in rumination. *Psychology of Women Quarterly*, vol. 25, 2001. p. 37-47. USA: American Psychological Association.
35. NOLEN-HOEKSEMA, S., WISCO, B. E., LYUBOMIRSKY, S. Rethinking Rumination. *Perspectives on Psychological Science*, vol. 3, no. 5, 2008. p. 400-425.
36. NOLEN-HOEKSEMA, S., ALDAO, A. Gender and age differences in emotion regulation strategies and their relationship to depressive symptoms. *Personality and Individual Differences*, vol. 51, no. 6, 2011. p. 704-708.
37. PAXTON, S. J., EISENBERG, M. E., SZTAINER, D. N. Prospective Predictors of Body Dissatisfaction in Adolescent Girls and Boys: A Five-Year Longitudinal Study. *Developmental Psychology*, 2006, 42, 5, 888-897.
38. PETERS, E. R., JOSEPH, S., GARETY, P. Measurement of delusional ideation in the normal population: introducing the PDI (Peters et al. Delusions Inventory). *Schizophrenia bulletin*, 1999. p. 553-576.
39. PIPEKOVÁ, J. *Kapitoly ze speciální pedagogiky*. 2006, Brno: Paido.
40. PLHAKOVÁ, A., REITEROVÁ, E. Rozdíly v pěti dimenzích osobnosti a sociální inteligenci mezi studenty exaktních a humanitních věd. *Československá psychologie*, 2010, 54.2: 147-159.
41. RAINA, P. The Health and Well-Being of Caregivers of Children with Cerebral Palsy. *Pediatrics*, 2005, 115, 6, 626-636.
42. RICHARDS, J. M., GROSS, J. J. Emotion Regulation and Memory: The Cognitive Costs of Keeping One's Cool. *Journal of Personality and Social Psychology* [online], vol. 79, no. 3, 2000. p. 410-424.
43. SEIFERT, K. L., HOFFNUNG, R. J. *Child and Adolescent Development*. 1991, Boston: Houghton Mifflin Company.
44. SHIELDS, N. et al. A systematic review of the self-concept of children with cerebral palsy compared with children without disability. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 2006, 48, 2, 151-158.
45. SCHWARZER, R., LEPPIN, A. Social support and health: A theoretical and empirical overview. *Journal Social Personal Relationship*, 1991, 8, 99-127.
46. SPANGLER, G., ZIMMERMANN, P. Emotional and Adrenocortical Regulation in Early Adolescence: Prediction by Attachment Security and Disorganization in Infancy. *International Journal of Behavioural Development*, vol. 38, no. 2, 2014. p. 142 – 154.
47. STEINBERG, L., MORRIS, A. S. Adolescent development. *Annual Review of Psychology*, 2000, 52, 83-110.
48. ŠTECH, S., VÁGNEROVÁ, M., HADJ-MOUSSOVÁ, Z. *Psychologie Handicapu*. 1997, Liberec.
49. THOITS, P. A. Stress, coping, and social supports processes: where are we? What next? *Journal Health Social Behavior*, Extra Issue, 1995, 53-79.
50. VÁGNEROVÁ, M. *Vývojová psychologie*. Praha: Univerzita Karlova v Praze. 2012. ISBN 978-80-246-2153-1.
51. VANCU, E. Vplyv kvality vzťahových väzieb na emočnú reguláciu u adolescentov. *GRANT journal: European Grant Projects, Results, Research & Development, Science: Peer-Reviewed Scientific Journal*. – Hradec Králové (Česko) : Magnanimitas akademické sdružení. – ISSN (online) 1805-0638. – ISSN (online) 1805-062X. – Roč. 8, č. 2, 2019. p. 82-85.
52. VANCU, E. Emočná regulácia a vzťahová väzba u adolescentov s chronickým ochorením. *Quaere 2024*, MAGNANIMITAS, Hradec Králové, 2024 ISBN 978-80-87952-40-5.
53. WEISZ, R. J., McCABE, A., DENNING, M. D. Primary and Secondary Control Among Children Undergoing medical Procedures: Adjustment as a Function of Coping Style. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 1994, 62, 2, 324-332.
54. WIEDEMANN, P. M. Psychological Research into Body Experience: Models and Methods. In: Brähler, E. (Eds) *Body Experience*. Springer, Berlin, Heidelberg. 1988. ISBN 978-3-642-73414-4.
55. WILLIAMS, P. C., HOLMBECK, G. N., GREENLEY, R. N. Adolescent health psychology. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 2002, 70, 3, 828-842.



GRANT journal

◇ Fyzika a matematika  
◇ Physics and mathematics

# Modeling in transport and distribution logistics

Zuzana Malacká<sup>1</sup>  
Peter Malacký<sup>2</sup>

<sup>1</sup> University of Žilina: ; Department of Applied Mathematics Faculty of Mechanical Engineering; Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina Slovakia; zuzana.malacka@fstroj.uniza.sk

<sup>2</sup> University of Žilina: ; Institute of Information and Communication Technologies; Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina Slovakia; peter.malacky@uniza.sk

Grant: 025ŽU-4/2024

Name of the Grant: KEGA 025ŽU-4/2024

Subject: BC - Theory and management systems

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

**Abstrakt** Logistics for distribution and transportation are essential to the effective flow of products and services globally. Modeling approaches in transportation and distribution logistics have become crucial tools for streamlining operations, cutting expenses, and guaranteeing on-time delivery as supply chains grow more intricate and worldwide. The theoretical underpinnings of transportation and distribution logistics modeling are examined in this article, along with real-world examples that demonstrate how to use it.

**Klíčová slova** distribution logistic, network, routing optimization

Transport and distribution logistics form the backbone of modern supply chains, ensuring goods are delivered to customers efficiently and cost-effectively. With increasing complexity in global trade, robust and accurate modeling techniques have become indispensable for optimizing these operations. Modeling serves as a strategic tool for decision-makers, enabling them to design, analyze, and improve logistics networks. This article explores the theoretical underpinnings of transport and distribution logistics modeling and examines its applications through real-world examples.

## 1. THEORETICAL FOUNDATIONS

Managing the movement of resources, information, and items from the point of origin to the site of consumption is the focus of transport and distribution logistics. The objective is to accomplish this as cheaply and quickly as possible while taking environmental sustainability into account.

### 1.1 Definitions and Key Concepts

Transport and distribution logistics involve the movement of goods, materials, or information from origin points to consumption points. Modeling serves as an abstraction of real-world logistics systems, allowing analysts to capture essential features and solve problems efficiently. These models are indispensable tools for:

- *Network design*: Determining optimal locations for warehouses and distribution centers.
- *Fleet management*: Allocating vehicles and routes to meet demand with minimal costs. [7], [9]

- *Last-mile delivery optimization*: Addressing challenges in urban logistics to minimize delays and improve customer satisfaction.

A robust logistics model incorporates three primary dimensions:

- *Spatial*: The geographical layout, including transportation networks, facilities, and customers.
- *Temporal*: The timing of activities, including production, storage, and delivery.
- *Functional*: The interdependence between logistics functions, such as procurement, inventory, and distribution.

### 1.2 Types of Models

Logistics models [7] can be classified based on their mathematical structure, problem domain, and the type of solution sought.

#### I. Mathematical Models

Mathematical models represent logistics systems using equations or inequalities. Examples include:

- *Linear Programming (LP)*: Solves optimization problems with linear relationships, e.g., minimizing costs while meeting customer demand.
- *Integer Programming (IP)*: Extends LP by incorporating decision variables that must take integer values, such as the number of vehicles.
- *Dynamic Programming (DP)*: Solves problems that evolve over time, such as inventory replenishment schedules.

#### II. Simulation Models

Simulation models use computational tools to mimic real-world processes. They are particularly useful for capturing system dynamics and uncertainty, such as traffic congestion or demand variability. Common methods include:

- *Discrete-Event Simulation (DES)*: Models the operation of logistics systems as a sequence of events, such as arrivals and departures at a warehouse.
- *Agent-Based Simulation (ABS)*: Represents individual agents (e.g., drivers, customers) to study interactions and emergent behaviors.

### III. Optimization Models

Optimization models are designed to find the best possible solution to a logistics problem while satisfying constraints. These models often employ:

- *Exact Algorithms*: Provide guaranteed optimal solutions but may be computationally expensive (e.g., branch-and-bound, simplex method).
- *Heuristic Algorithms*: Generate good solutions quickly but without a guarantee of optimality (e.g., nearest neighbor, Clarke-Wright savings). [2], [16]
- *Metaheuristic Algorithms*: Advanced heuristics for solving large, complex problems, including genetic algorithms and simulated annealing.

### IV. Hybrid Models

Hybrid models combine multiple modeling approaches to address complex systems. For example, a hybrid model may use simulation to estimate demand variability and optimization to design a robust delivery network.

## 1.3 Key Objectives of Modeling

The goals of modeling in transport and distribution logistics depend on the problem domain. Key objectives include:

#### I. Cost Minimization

Models aim to reduce operational costs by optimizing transportation [17], storage, and inventory expenses. For instance:

- *Transportation Costs*: Optimizing delivery routes and selecting cost-effective transportation modes. [4], [5]
- *Inventory Costs*: Balancing holding costs against ordering costs through inventory-transportation models.

#### II. Service Level Optimization

High service levels are crucial for customer satisfaction. Models help ensure:

- *On-Time Delivery*: Minimizing delays by accounting for uncertainties like traffic or weather.
- *Product Availability*: Ensuring sufficient stock levels through coordinated inventory and distribution strategies.

#### III. Environmental Impact Reduction

Green logistics [8] models incorporate environmental factors, such as fuel efficiency and emissions. This involves:

- *Route Optimization*: Minimizing fuel consumption by choosing shorter or less congested routes.
- *Mode Selection*: Encouraging the use of sustainable modes like rail or electric vehicles.

#### IV. Risk Mitigation and Resilience

Advanced models address uncertainties and disruptions, such as demand surges or supply chain disruptions, by incorporating scenario planning and sensitivity analysis. [6]

## 1.4 Underlying Techniques

Several mathematical and computational techniques underpin these models:

- *Graph Theory*: Represents transportation networks [18] as graphs with nodes (e.g., locations) and edges (e.g., routes). Common in shortest-path algorithms.
- *Stochastic Programming*: Deals with uncertainty by incorporating probabilistic data, such as demand forecasts or fuel prices.
- *Multi-Objective Optimization*: Balances trade-offs between conflicting objectives, such as cost and service level, using Pareto efficiency.

## 2. APPLICATIONS AND EXAMPLES

### 2.1 Transport task

Formulation of a classic transport task

We have  $p$  suppliers  $D_1, D_2, \dots, D_p$ , with capacities  $a_1, a_2, \dots, a_p$ , and  $q$  of customers  $O_1, O_2, \dots, O_q$ , with requirements  $b_1, b_2, \dots, b_q$ . The cost of transporting a unit of goods from the supplier  $D_i$  to the customer  $O_j$  is  $d_{ij}$ . Our task is to determine how many goods to bring from which supplier to which customer in such a way that we deliver as many goods as possible so that neither the capacities of suppliers nor the requirements of customers are exceeded and so that the total price for transporting all goods is as low as possible

**Definition:** The task of linear programming is to find such real numbers  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , for which  $f(x)$  is minimal, while

$$f(x) = \mathbf{c}^T \cdot \mathbf{x} = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n,$$

where

$$\mathbf{c}^T = c_1, c_2, \dots, c_n \text{ a } \mathbf{x} = x_1, x_2, \dots, x_n,$$

and we are looking the minimum value of  $f(x)$  under the assumptions:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m$$

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0.$$

Briefly, using matrix notation, the linear programming task can be formulated as: Minimize  $\mathbf{c}^T \cdot \mathbf{x}$  under the assumptions

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{x} = \mathbf{b}, \mathbf{x} \geq 0.$$

For solving the problem of linear programming, we have, for example, the famous simplex method, which (or its modifications) can be used with today's computing technology to handle even problems with thousands of variables.

Other practical requirements may require that the variables  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , represented the numbers of real objects. In this case, all variables must be  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , integers. A special case is the case when we require that all variables take only the values 0 or 1. There are several mathematical models for the transport task. The linear programming model is as follows. Let's first assume that the sum of the customers' demands is equal to the sum of the suppliers' capacities, i.e.

$$\sum_{i=1}^p a_i = \sum_{j=1}^q b_j.$$

Such a transport task is called *balanced*. Let  $X$  be a matrix of real numbers of the type  $p \times q$ , whose element  $x_{ij}$  means the amount of goods imported from the supplier  $D_i$  to the customer  $O_j$ . Then the total price for the transportation of all goods will be  $\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q d_{ij}x_{ij}$ . Solving the transportation task means determining the elements of the matrix  $X$  so that

$$\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q d_{ij}x_{ij} \tag{1}$$

was minimal under the assumptions



$$\sum_{j=1}^q x_{ij} = a_i, \quad \forall i = 1, 2, \dots, p \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^p x_{ij} = b_j, \quad \forall j = 1, 2, \dots, q \quad (3)$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad \forall i = 1, 2, \dots, p, \quad \forall j = 1, 2, \dots, q \quad (4)$$

The double sum in (1) means total transportation costs; condition (2) means that we will transport the entire offered quantity  $a_i$  from each supplier  $D_i$ ; and condition (3) means that we will deliver all the required quantity of goods  $b_j$  to each customer. Condition (4) says that negative quantities of goods cannot be transported. If the suppliers' offer was greater than the customers' requirements, i.e.

$$\sum_{i=1}^p a_i > \sum_{j=1}^q b_j,$$

the task model will be changed so that in conditions (2) instead of "=" the relation " $\leq$ ", i.e., we will export at most  $a_i$  units of goods from each supplier. Other constraints (3) and (4) remain unchanged. Likewise, if

$$\sum_{i=1}^p a_i < \sum_{j=1}^q b_j,$$

then in conditions (3) the "=" relation " $\leq$ " changes. Some methods of solving the traffic task assume its balanced shape. We will convert an unbalanced task into a balanced case so that the sum of the suppliers' capacities exceeds the sum of the customers' requirements, i.e. if

$$\sum_{i=1}^p a_i > \sum_{j=1}^q b_j,$$

then we supply the dummy customer  $O_{q+1}$  with the request

$$b_{q+1} = \sum_{i=1}^p a_i - \sum_{j=1}^q b_j$$

and all transport costs  $d_{i(q+1)}$  zero. Analogously in the case

$$\sum_{i=1}^p a_i < \sum_{j=1}^q b_j,$$

we supply a fictitious supplier.

## 2.2 Green logistic modelling

Green logistics modeling is a structured approach to optimize logistics activities (such as transportation, warehousing, and inventory management) with an explicit focus on minimizing environmental impact while maintaining economic and service-level efficiency.

The mathematical definition of green logistics modeling typically involves multi-objective optimization, where both cost and environmental impact are considered as competing objectives.

### General Mathematical Formulation

$$\min (f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x))$$

Where:

- $f_1(x)$ : Represents total economic cost (e.g., transportation cost, warehousing cost).
- $f_2(x)$ : Represents total environmental impact (e.g., carbon emissions, energy consumption).
- $x$ : Decision variables, including routing decisions, mode selection, shipment quantities, and warehouse operations.
- $k$ : Number of objectives (e.g., cost, emissions).

The solution satisfies:

- Constraints ( $g_i(x) \leq 0, \forall i$ ): Representing practical limits like vehicle capacities, time windows, and regulatory standards.
- Non-negativity constraints ( $x \geq 0$ ): Ensuring all variables are feasible in the physical system.

### Specific Components in Green Logistics Modeling

#### Objective Functions

- **Economic Cost** ( $f_1(x)$ ):

$$f_1(x) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M C_{ij} x_{ij}$$

where:

- $C_{ij}$ : Cost of transporting goods from location  $i$  to  $j$ .
- $x_{ij}$ : Quantity of goods transported between  $i$  and  $j$ .
- $N, M$ : Number of origin and destination nodes.

- **Environmental Impact** ( $f_2(x)$ ):

$$f_2(x) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M E_{ij} x_{ij}$$

where:

- $E_{ij}$ : Emissions or energy consumption per unit transported from  $i$  to  $j$ .
- $x_{ij}$ : Decision variables as defined above.

#### Constraints

- **Flow Balance**: Ensuring supply meets demand at all nodes:

$$\sum_{j=1}^M x_{ij} - \sum_{j=1}^M x_{ji} = S_i, \quad \forall i$$

where  $S_i$  is the net supply at node  $i$  (positive for supply, negative for demand).

- **Capacity Constraints**:

$$x_{ij} \leq U_{ij}, \quad \forall i, j$$

where  $U_{ij}$  is the capacity of the transport mode or warehouse.

- **Emission Regulations**:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M E_{ij} x_{ij} \leq E_{max}$$

where  $E_{max}$  is the allowable emissions threshold.

#### Multi-Objective Optimization

This involves solving trade-offs between cost and emissions, which can be achieved using methods such as:

- **Weighted Sum Method**:

$$\min \alpha \cdot f_1(x) + \beta \cdot f_2(x),$$

where  $\alpha, \beta$  are weights reflecting the relative importance of cost and environmental impact.

- **Pareto Optimization**: Identifying a set of solutions where no objective can be improved without worsening another.

## 2.3 The Vehicle Routing Problem

The Vehicle Routing Problem (VRP) is a combinatorial optimization problem that seeks to determine the optimal routes for a fleet of vehicles to deliver goods or services to a set of customers while satisfying certain constraints and minimizing associated costs. [1], [11], [13]

### Key Components

#### 1. Graph Representation:

- The problem is typically represented on a graph  $G=(V,E)$ 
  - $V=\{0,1,2,\dots,n\}$ : Set of vertices, where  $v_0$  represents the depot and  $v_1, v_2, \dots, v_n$  represent the customers.
  - $E$ : Set of edges connecting the vertices, representing possible routes.
- Each edge  $(i,j) \in E(i,j)$  has an associated cost  $c_{ij}$ , often representing distance or travel time.

#### 2. Demand:

- Each customer  $i$  has a demand  $d_i$  with  $d_i \geq 0$ . The depot has  $d_0 = 0$ .

#### 3. Vehicles:

- A fleet of  $K$  vehicles, each with a maximum capacity  $Q$ , starts and ends at the depot  $v_0$ .

#### 4. Routes:

- A route is a sequence of vertices  $R_k=\{v_0, v_{i_1}, v_{i_2}, \dots, v_{i_m}, v_0\}$  visited by vehicle  $k$ , where

$$\sum_{i \in R_k} d_i \leq Q.$$

### Objective Function

The objective of VRP is to minimize the total cost of the routes, typically defined as:

$$\text{Minimize } Z = \sum_{k=1}^K \sum_{(i,j) \in R_k} c_{ij} x_{ij}^k$$

where:

- $x_{ij}^k = 1$  if vehicle  $k$  travels directly from  $i$  to  $j$ , and 0 otherwise.
- $c_{ij}$ : Cost (distance or time) of traveling from  $i$  to  $j$ .

### Constraints

The VRP involves several constraints to ensure the feasibility of the solution:

#### 1. Each customer is visited exactly once:

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j \in V, j \neq i} x_{ij}^k = 1 \quad \forall i \in V, i \neq 0$$

#### 2. Flow conservation at each vertex:

For each customer  $i$ , the number of vehicles arriving must equal the number of vehicles leaving:  $\sum_{j \in V, j \neq i} x_{ij}^k = \sum_{j \in V, j \neq i} x_{ji}^k, \forall k, i \in V$

#### 3. Capacity constraint for each vehicle:

The total demand served by a vehicle cannot exceed its capacity  $Q$ :  $\sum_{i \in R_k} d_i \leq Q, \forall k$ .

#### 4. Depot visit constraint:

Each vehicle starts and ends its route at the depot:  $\sum_{j \in V, j \neq 0} x_{0j}^k = 1, \forall k$

$$\sum_{i \in V, i \neq 0} x_{i0}^k = 1, \forall k$$

#### 5. Subtour elimination constraint:

To prevent disconnected subroutes (subtours), additional constraints are required, such as the Miller-Tucker-Zemlin (MTZ) formulation:

$$u_i - u_j + Q \cdot x_{ij}^k \leq Q - d_j, \quad \forall i, j \in V, i \neq j, k$$

where  $u_i$  is the cumulative demand at node  $i$ .

### Sustainable Logistics Modeling

The need for environmentally sustainable logistics systems is a driving force behind many modeling innovations. Governments, businesses, and consumers are increasingly focused on reducing the environmental impact of transportation and distribution activities.

## 3. FUTURE TRENDS

The future of transport and distribution logistics modeling is shaped by rapid advancements in technology, increasing complexity in supply chains, and the growing need for sustainable practices. Here are the key areas driving innovation and development in the field:

### Integration of Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning

AI and machine learning (ML) technologies are revolutionizing logistics modeling by enabling systems to process and analyze vast amounts of data. These technologies offer predictive insights, real-time adaptability, and autonomous decision-making capabilities.

#### Case Study:

Amazon's AI-driven logistics network leverages predictive analytics to optimize delivery routes and manage warehouse operations. A study by [16] estimated that such AI-driven strategies reduced last-mile delivery costs by 10–15%.

### Real-Time Decision-Making with IoT

The Internet of Things (IoT) is another transformative trend in logistics modeling. IoT-enabled devices, such as GPS trackers, temperature sensors, and RFID tags, provide real-time visibility into supply chain operations. These devices generate continuous streams of data that can be integrated into predictive models to enhance decision-making.

#### Example:

A 2022 study by [10] demonstrated that IoT-based logistics networks achieved a 25% reduction in delivery delays by optimizing routes based on real-time data.

### Sustainable Logistics Modeling

The need for environmentally sustainable logistics systems is a driving force behind many modeling innovations. Governments, businesses, and consumers are increasingly focused on reducing the environmental impact of transportation and distribution activities.

#### Case Study:

A 2023 study by [12] focused on a retail chain's use of a multi-objective model to reduce greenhouse gas emissions. The model integrated renewable energy-powered warehouses and electric delivery vehicles, achieving a 20% reduction in emissions without compromising service quality.

### Advances in Computational Techniques

Modern computational techniques are enhancing the ability to solve complex logistics problems more efficiently.

#### Example:

A logistics firm utilized cloud-based computing to simulate a nationwide distribution network. According to [14], this approach cut computation time by 50%, allowing for more frequent model updates and real-time scenario testing.

#### 4. CONCLUSION

A key component of contemporary supply chain management is modeling in transportation and distribution logistics, which helps companies to reduce expenses, improve service quality, and solve environmental issues. Although theoretical models offer insightful information, their practical applications frequently encounter difficulties that call for creative solutions. Future advancements in AI, IoT, and sustainability-focused models have the potential to completely transform the discipline and present both researchers and practitioners with new opportunities.

#### Sources:

1. Bräysy, O., & Gendreau, M. (2005). *Vehicle routing problem with time windows, Part I: Route construction and local search algorithms*. *Transportation Science*, 39(1), 104–118.
2. Cordeau, J.-F., Gendreau, M., & Laporte, G. (1997). *A tabu search heuristic for periodic and multi-depot vehicle routing problems*. *Networks*, 30(2), 105–119.
3. Crainic, T. G., & Kim, K. H. (2007). *Intermodal transportation*. *Handbooks in Operations Research and Management Science*, 14, 467-537.
4. Dantzig, G. B., & Ramser, J. H. (1959). *The truck dispatching problem*. *Management Science*, 6(1), 80-91.
5. Fisher, M. L. (1997). *What is the right supply chain for your product*. *Harvard Business Review*, 75(2), 105-116.
6. Geunes, J., & Pardalos, P. M. (2003). *Supply Chain Optimization*. Springer.
7. Ghiani, G., Laporte, G., & Musmanno, R. (2013). *Introduction to Logistics Systems Management*. Wiley.
8. Goel, A., & Gruhn, V. (2008). *Green logistics: A review of initiatives and practices*. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1728–1741.
9. Gupta, S., & Maranas, C. D. (2003). *Managing demand uncertainty in supply chain planning*. *Computers & Chemical Engineering*, 27(8-9), 1219–1227.
10. Chen, Y., & Zhang, H. (2021). *Coordinating inventory and transportation in multi-echelon system*. *Operations Research Letters*, 49(2), 102-115.
11. Laporte, G., & Nobert, Y. (1987). *Exact algorithms for the vehicle routing problem*. *Annals of Discrete Mathematics*, 31, 147–184.
12. Lee, S., & Park, D. (2023). *Green logistics: A multi-objective optimization approach*. *Sustainable Supply Chains Journal*, 9(4), 45-67.
13. Nagurney, A. (2006). *Supply Chain Network Economics: Dynamics of Prices, Flows, and Profits*. Edward Elgar Publishing.
14. Patel, R., & Singh, M. (2023). *AI-driven optimization for resilient logistics systems*. *International Journal of Logistics Innovation*, 12(1), 89-104.
15. Savelsbergh, M. W. P., & Sol, M. (1998). *Drive and deliver: Managing transportation in supply chains*. *INFORMS Journal on Computing*, 10(1), 77-95.
16. Smith, J., & Wang, L. (2022). *A hybrid metaheuristic approach for the vehicle routing problem*. *Journal of Logistics Research*, 15(3), 231-245.
17. Štefunko, J., & Madleňák, R. (2015). *Allocation of postal network facilities, based on existing road infrastructure*. <https://doi.org/10.12955/cbup.v3.586>
18. Štefunko, J., & Madleňák, R. (2015). *The optimization approach of postal transportation network based on uncapacitated fixed charge location model in conditions of Slovak republic*. <https://doi.org/10.21307/tp-2015-046>
19. Toth, P., & Vigo, D. (2002). *The Vehicle Routing Problem*. Society for Industrial and Applied Mathematics.

GRANT journal

◆ Lékařské vědy  
◆ Medical sciences



# Analýza veľkosti dávky DAP (Doce Area Product) pri stomatologických pacientoch, ktorí podstupujú vyšetrenie CBCT a OPG prístrojom

Anita Zubáková<sup>1</sup>  
Martina Horváthová<sup>2</sup>  
Denisa Nikodemová<sup>3</sup>  
Ihor Gomola<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Slovenská zdravotnícka univerzita v Bratislave, Fakulta verejného zdravotníctva, Oddelenie radiačnej hygieny, Limbová 12, 833 03 Bratislava; anita.zubakova@gmail.com

<sup>2</sup> Fakulta zdravotníctva a sociálnej práce TU, Katedra laboratórnych vyšetровacích metód v zdravotníctve, Univerzitné námestie 1, 918 43, Trnava; martina.horvathova@truni.sk

<sup>3</sup> Komisia Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky pre zabezpečenie kvality v rádiodiagnostike, radiačnej onkológii a v nukleárnej medicíne, Limbová 2, 837 52 Bratislava 37; denisa.nikodemova@gmail.com

<sup>4</sup> Slovenská zdravotnícka univerzita v Bratislave, Fakulta verejného zdravotníctva, Oddelenie radiačnej hygieny, Limbová 12, 833 03 Bratislava; igor.gomola@szu.sk

Grant: 2024\_135

Název grantu: MMK2024

Oborové zamčrení: FQ - Veřejné zdravotnictví, sociální lékařství

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

**Abstrakt** Stomatologické vyšetrenia napriek pomerne nízkym dávkam žiarenia predstavujú určité zdravotné riziko pre pacienta. Výsledkom vývoja v poslednom období sú tzv. Cone-beam computed tomography (CBCT) zariadenia, ktorých hlavným princípom je vytvorenie 3D obrazu s využitím kužeľového zväzku žiarenia a ich veľkým prínosom je možnosť zvýšenia anatomickej presnosti polohy zobrazovanej lokality v tele pacienta. Cieľom predloženej štúdie bolo analyzovať údaje a najmä veľkosť dávky DAP pri pacientoch, ktorí podstupujú stomatologické vyšetrenie s využitím CBCT zariadenia. Porovnanie CBCT vyšetrení s doposiaľ prevládajúcimi panoramatickými stomatologickými vyšetreniami, poukázalo na zvýšené riziko ožiarenia pri CBCT. Preto je nevyhnutné dôsledne zvažovať indikácie CBCT vyšetrení, v súvislosti s ich narastajúcim počtom.

**Kľúčová slova** Lekárske ožiarenie, zubné lekárstvo, CBCT, OPG, DAP, pacient.

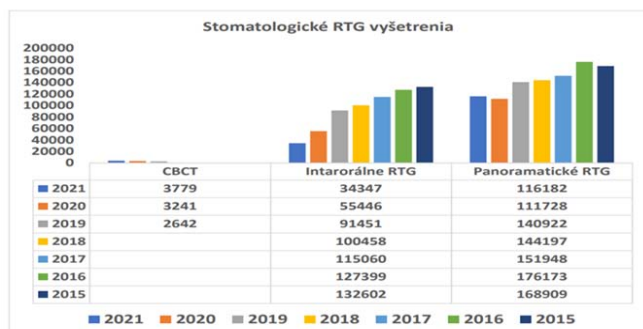
## 1. ÚVOD

Stomatologické vyšetrenia s využitím ionizujúceho žiarenia patria k najfrekvencovanejšiemu typom röntgenových vyšetrení, preto aj napriek pomerne nízkym dávkam žiarenia pre pacienta, predstavujú určité zdravotné riziko pre celú populáciu. Výsledkom vývoja v poslednom období sú tzv. zariadenia Cone-beam počítačová tomografia, ktorých hlavným princípom je vytvorenie 3D obrazu s využitím kužeľového zväzku žiarenia a ktorých veľkým prínosom je možnosť zvýšenia anatomickej presnosti polohy zobrazovanej lokality v tele pacienta. Cone-beam počítačová tomografia sa v dnešnej dobe využíva vo viacerých medicínskych oblastiach ako je rádioterapia, klasická a intervenčná rádiológia a stomatológia (4, 5).

Prvá Cone-beam počítačová tomografia bola inštalovaná na oddelení angiografie v Mayo Clinic v Rochestri, v štáte New York v

roku 1982. Hlavnou diskutovanou otázkou využívania Cone-beam počítačovej tomografie je korelácia medzi prínosom a potenciálnym rizikom pri každodennom používaní v oblasti stomatológie pre pacienta. Pre optimalizáciu podmienok zobrazovania je dôležité porozumieť vzťahu medzi diagnostickým výstupom röntgenového zobrazovacieho procesu a jeho fyzikálnymi a technickými charakteristikami.

V medicíne je aktuálnou požiadavkou získať vyhovujúcu diagnostickú informáciu s najmenšou možnou dávkou pre pacienta. Preto je potrebné prehĺbenie znalostí o veľkosti aplikovanej dávky žiarenia, ktorá neprekračuje predpísané diagnostické referenčné úrovne (3, 14). Na území Slovenskej republiky podľa dostupných údajov bolo v roku 2024 98 pracovísk, ktoré využívajú registrované Cone-beam stomatologické prístroje. Počet výkonov prostredníctvom Cone-beam počítačovej tomografie v poslednej dobe narastá, s čím úzko súvisí aj väčšia radiačná zaťaž pre pacienta (graf 1) (16). Diagnostické metódy v oblasti zubného lekárstva, ktoré využívajú nové technológie pomocou ionizujúceho žiarenia majú v poslednej dobe stúpajúcu tendenciu. Z tohto hľadiska je nevyhnutné venovať pozornosť radiačnej ochrane pacienta a najmä detskému pacientovi (7,11).

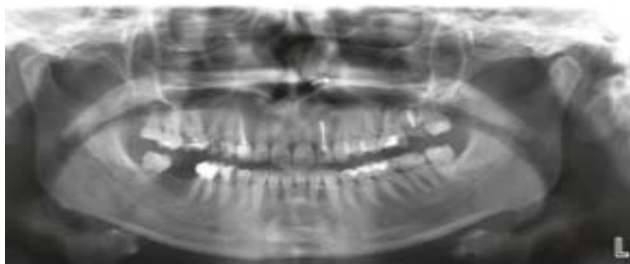


Graf 1 Počet stomatologických RTG vyšetrení za obdobie 2015 - 2021 v Slovenskej republike  
Zdroj: ÚVZ SR, 2022

### 1.1 Zobrazovacie techniky v zubnom lekárstve

#### Ortopantomogram (panoramatická snímka - OPG)

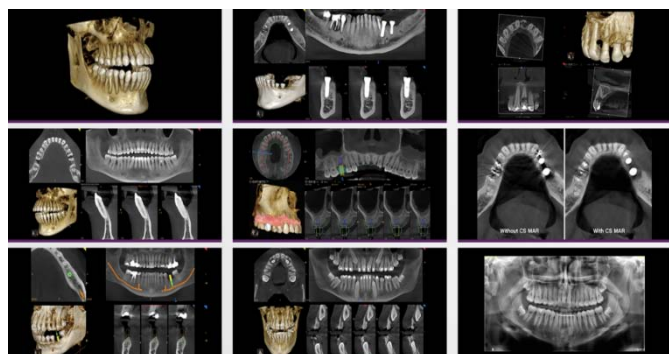
Zubné RTG vyšetrenie je možné deliť na extraorálne alebo intraorálne. Extraorálne snímky sú prevažne určené pre stomatochirurgiu. Extraorálne ortopantomografické snímky zobrazia pri jednom vyšetrení obe zuby, alveolárne výbežky čeľuste aj sánky, temporomandibulárne kĺby, nosovú dutinu a čeľustné dutiny (obrázok 1) (8, 10).



Obrázok 1 Ortopantomogram  
Zdroj: Kovaľská a kol., 2005

#### CBCT snímkovanie

Zobrazovanie pomocou CBCT sa pomerne často využíva v ortodontii. Najdôležitejšie získané informácie sú najmä pri údajoch o polohe zubov (Hartshorne 2014). Trojrozmerné zobrazenie zubov umožňuje pohľad na snímkovanú oblasť zo všetkých strán (obrázok 2). Pomocou 3D skenov ortodontisti zisťujú morfológiu, inklináciu, dystopiu, polohu koreňov, retinované alebo nadpočetné zuby a morfológiu ústnej dutiny (2, 7, 9).



Obrázok 2 Zobrazenie celého zubyria pomocou CBCT snímky  
Zdroj: John G. Plummer & Associates Dental Surgeons, 2024

Vo všeobecnosti platí, že čím menší je objem skenovania, tým vyššie je priestorové rozlíšenie obrazu a tým nižšia je potrebná dávka žiarenia a čas rekonštrukcie, preto sa na diagnostiku a liečbu

v endodoncii odporúčajú malé veľkosti poľa (FOV), ktoré znižujú dávku na objem tkaniva vystaveného žiareniu a tiež znižujú rozptyl RTG žiarenia, čo priaznivo ovplyvňuje kvalitu snímok (12, 13, 15).

## 2. MATERIÁL A METODIKA

Údaje boli získané od poskytovateľa zdravotnej starostlivosti cez informačný systém DICOM, ktorý sa používa na celom svete na ukladanie, výmenu a prenos lekárskeho snímok. Pre naplnenie cieľa bola náhodným výberom zvolená vzorka pacientov podstupujúcich CBCT vyšetrenie (n=104) a OPG vyšetrenie (n=104) za obdobie 2022 - 2023 na vybranom pracovisku zubnej ambulancie. Pracovisko disponuje CBCT prístrojom SIRONA (obrázok 3).

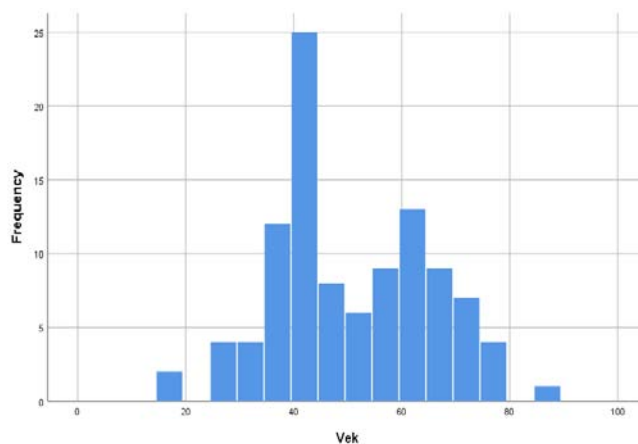


Obrázok 3 CBCT prístroj použitý počas štúdie  
Zdroj: primatemedical, 2024

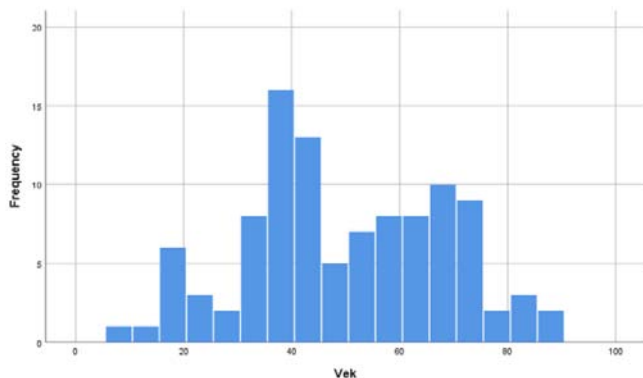
## 3. VÝSLEDKY

### Vekové rozdelenie pacientov vyšetrených CBCT – OPG prístrojom

Priemerný vek pacientov podstupujúcich CBCT vyšetrenie bol 45 rokov a pacientov podstupujúcich OPG vyšetrenie bol 40 rokov. Priemerný vek pacientov podstupujúcich OPG a CBCT vyšetrenie bol v rozpätí 35 - 45 rokov. (grafy 2 a 3).



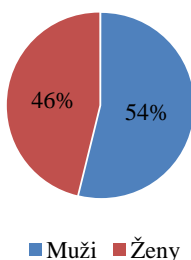
Graf 2 Vekové rozdelenie pacientov podstupujúcich CBCT vyšetrenie



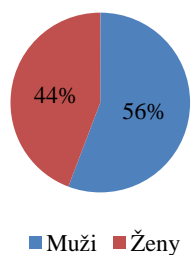
Graf 3 Vekové rozdelenie pacientov podstupujúcich OPG vyšetrenie

### Rozdelenie pacientov podstupujúcich CBCT - OPG vyšetrenie podľa pohlavia

Z našich výsledkov vyplýva, že diagnostické vyšetrenia v oblasti zubného lekárstva postupuje vo vyššej miere viac žien (55 %) ako mužov (45 %). CBCT vyšetrenie podstúpilo 46 % mužov oproti 54 % ženám. OPG vyšetrenie podstúpilo 44 % mužských a 56 % ženských pacientov (graf 4 a 5).



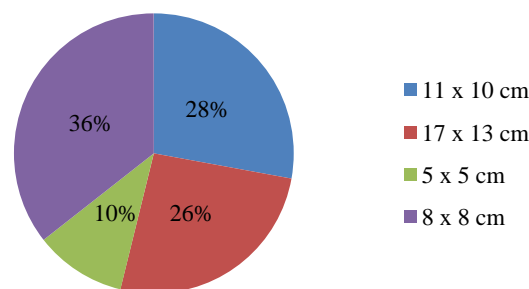
Graf 4 Rozdelenie pacientov podstupujúcich CBCT vyšetrenie podľa pohlavia



Graf 5 Rozdelenie pacientov podstupujúcich OPG vyšetrenie podľa pohlavia

### Veľkosť poľa (FOV) pri pacientoch podstupujúcich CBCT vyšetrenie

Z výsledkov vyplýva, že najčastejšie FOV používané pri CBCT bolo 8 x 8 cm, ktoré sa využíva v 35,58 %. Druhá najčastejšie využívaná veľkosť poľa bola 11 x 10 cm. FOV 5 x 5 cm, ktorá sa využíva pri exponovaní malého poľa - jeden zub, sa využívala iba v 10,5 %, čo napovedá, že vo väčšine prípadov sa v zubnom lekárstve využíva CBCT na zobrazenie väčšieho objemu (graf 6).

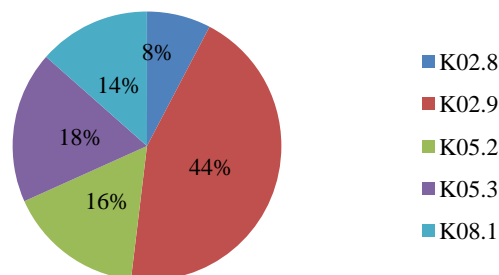


Graf 6 Percentuálne rozdelenie FOV v cm pri CBCT vyšetreniach

### Najčastejšie používané diagnózy pri pacientoch podstupujúcich CBCT vyšetrenie

Najčastejšie použité diagnózy (Dg.), ktoré boli zadané jednotlivými pracoviskami v DICOM pre indikáciu CBCT vyšetrenia boli:

- **K02.8** – Iný zubný kaz
- **K02.9** – Zubný kaz, bližšie neurčený
- **K05.2** – Akútna parodontitída
- **K05.3** – Chronická parodontitída
- **K08.1** – Strata zubov zapríčinená úrazom, extrakciou alebo lokálnou chorobou paradontu (MKCH-10; 2024).

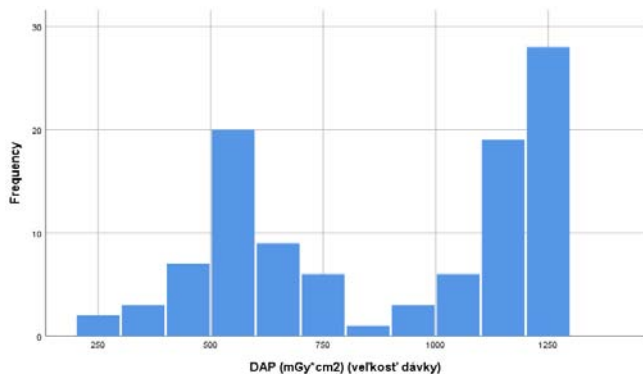


Graf 7 Porovnanie najčastejšie používaných diagnóz pri pacientoch podstupujúcich CBCT vyšetrenie

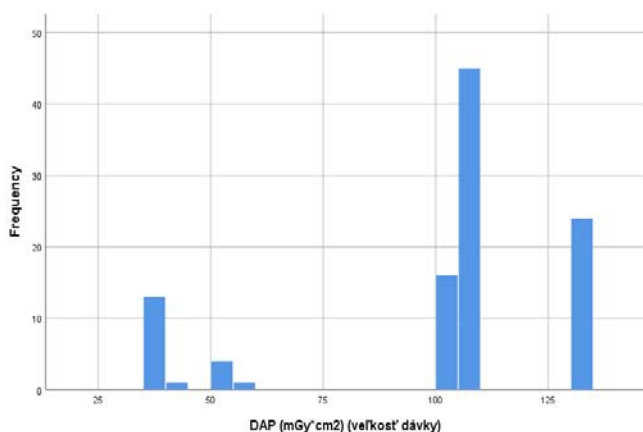
Najčastejšie sa na indikáciu vyšetrenia použila Dg. K02.9 - Zubný kaz, bližšie neurčený a to až v 44 %. Najmenej zadávaná diagnóza pri indikácií bola diagnóza K02.8 - Iný zubný kaz pri 8 % vyšetrení. Ostatné diagnózy K05.2, K05.3 a K08.1 sa používali na indikáciu vyšetrenia v rozpätí 14 - 18 % (graf 7).

### Dávka (Dose area product - DAP) aplikovaná pacientom pri vyšetreniach CBCT a OPG

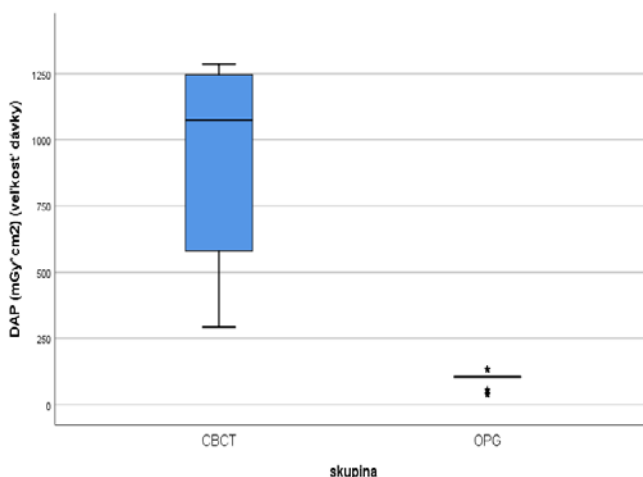
V ďalšej časti našej štúdie sme analyzovali veľkosť dávok (DAP) aplikovaných pri CBCT a OPG vyšetrení. Podľa zistených výsledkov sme dospeli k záveru, že pacienti, ktorí podstupujú vyšetrenie pomocou OPG majú podstatne nižšiu radiačnú záťaž ako pacienti podstupujúci vyšetrenie CBCT. DAP pri CBCT vyšetreniach sa pohybovala v rozpätí 150 - 1250 mGy.cm<sup>2</sup> a pri OPG vyšetreniach bola táto hodnota 30 - 135 mGy.cm<sup>2</sup>. Maximálna veľkosť DAP pri CBCT vyšetreniach bola 1250 mGy.cm<sup>2</sup> čo predstavuje nárast v dávke o cca 10 násobok oproti maximálnej dávke DAP pri OPG vyšetreniach 104 mGy.cm<sup>2</sup> (graf 8, 9, 10).



Graf 8 Veľkosť dávky - DAP pri CBCT vyšetreniach



Graf 9 Veľkosť dávky - DAP pri OPG vyšetreniach



Graf 10 Porovnanie veľkosti dávky - DAP pri CBCT a OPG vyšetreniach

Napriek tejto skutočnosti je nevyhnutné skonštatovať, že v prípade ak je CBCT opodstatnené a diagnostický prínos presahuje možné riziko vyššej dávky ionizujúceho žiarenia je dôležité, aby sa dané vyšetrenia indikovalo. Vyšetrenie prostredníctvom CBCT má vyššiu výpovednú hodnotu ako OPG hlavne v oblasti ortodontie a pri extrakcii zubov.

#### 4. DISKUSIA

Distefano a kol. (2023) v svojej publikácii uvádzajú, že počítačová tomografia s nízkymi dávkami a ultranízkymi dávkami kužeľového

lúča má niekoľko výhod v porovnaní s konvenčnými 3D rádiologickými metódami. Primárnou výhodou je nižšia radiačná expozícia pacienta, čo je obzvlášť dôležité pre mladších pacientov a tých, ktorí vyžadujú viacnásobné vyšetrenia.

Ďalšou výhodou nízkych dávok a ultranízkych dávok CBCT je, že poskytujú vysoko kvalitné a presné 3D obrazy ústnej a maxilofaciálnej oblasti. To je obzvlášť užitočné pre plánovanie ortodontickej a maxilofaciálnej chirurgie v parodontológii pre štúdium a plánovanie furkačných defektov, v klinickej a chirurgickej endodoncii, a pri hodnotení temporomandibulárneho kĺbu. Nízkodávkové a ultranízkodávkové CBCT skenery sú tiež rýchlejšie a efektívnejšie ako tradičné 3D rádiologické metódy, čím sa skrátuje čas potrebný na skenovanie a analýzu. Nedávne dôkazy ukazujú, že protokoly získavania nízkych a ultranízkych dávok sú porovnateľné v kvalite obrazu s tradičnými protokolmi CBCT. Pri riadení diagnostickej úlohy, so znížením dávky rovnajúcim sa päťnásobku a viac ako protokol CBCT, ktoré sú odporúčané výrobcami na rovnaké účely (1).

Štúdia realizovaná Moura a kol. (2023) v Belgicku v ktorej bolo celkovo analyzovaných 5 163 CBCT vyšetrení z roku 2023 s názvom Monitoring cone - beam CT radiation dose levels in a University Hospital zistila, že efektívne dávky sa pohybovali počas vyšetrenia od 35,1 do 300  $\mu$ Sv a 9,26 - 117  $\mu$ Sv pri použití prístrojov 3D Accuitomo 170 a Newtom VGI EVO, resp. vo všeobecnosti účinné dávky klesali so zvyšujúcim sa vekom a zmenšením veľkosti FOV. Efektívne úrovne dávok sa výrazne lišili v závislosti od použitého zdroja ionizujúceho žiarenia a parametrov ožiarovania. Štúdia poukázala na častejšie používanie stredných a veľkých FOV. Ako odôvodnenie sa v štúdiu uvádza, že asi 2 / 3 indikácií je orientovaná na operáciu a pri tom sa často vyžadujú anatomické referenčné údaje pre virtuálne predoperačné plánovanie pacienta. Je potrebné však poznamenať, že výskumnú vzorku tvorili aj pacienti z maxilofaciálnej chirurgie, ktorí podstupujú komplexné maxilofaciálne výkony súvisiace s onkológiou a vrodenými deformitami. Záverom je možné skonštatovať, že štúdia Moura a kol. poukázala na skutočnosť, že dávky žiarenia vykazovali klesajúci trend, ktorý súvisel s vekom pacienta a zníženou veľkosťou FOV (12).

V publikovanej štúdiu Kaaber a kol. (2024), sa uvádza, že protokoly nízkych dávok sú výsledkom zníženia expozičných parametrov kV, mA, rozlíšenia (prostredníctvom zvýšenej veľkosti voxelu), expozičného času a trajektórie skenovania. Použitie nízkej dávky CBCT v implantológii by sa malo považovať za záležitosť dodržiavania hlavnej zásady ALARA, keďže rovnováha dávky žiarenia a kvality diagnostického obrazu je dôležitá a prospešná tak pre pacientov, ako aj pre zubných odborníkov. Na základe výsledkov tohto systematického prehľadu by sa mala prediskutovať rovnováha dávky a kvality spolu s tým, čo skutočne predstavuje nízku dávku. Ide o veľmi dôležitú tému v dôsledku rôznych expozičných faktorov vybraných operátorom, ktoré zohrávajú veľkú úlohu pri určovaní dávky snímania a kvality obrazu a zároveň zachovávajú adekvátnu diagnostiku integrita (6).

#### 5. ZÁVER

Stomatologické diagnostické rádiologické postupy tvoria osobitnú špecifickú časť diagnostickej rádiológie. Pri používaní stomatologických diagnostických postupov dochádza len k minimálnej radiačnej záťaži pacienta, pričom tieto diagnostické metódy vo veľkej miere prispievajú k správnej diagnostike v oblasti zubného lekárstva. Štúdia bola zameraná na zhodnotenie súčasnej situácie v oblasti radiačnej záťaže pri výkone snímokovania počas



diagnostického procesu v stomatologických ambulanciách poskytovateľov zdravotnej starostlivosti.

Z dôvodu zvýšeného nárastu vyšetrení pomocou zubného CBCT prístroja v ambulanciách poskytovateľov zdravotnej starostlivosti je potrebné zvýšiť kontrolu nad vykonávaním daných výkonov a predchádzať neopodstatneným alebo duplikátnym výkonom. Hlavné pri vyšetreniach pediatrických pacientov, čo prispieje k znižovaniu radiačnej záťaž populácie.

Z výsledkov analýzy vyplýva, že maximálna veľkosť DAP pri CBCT vyšetreniach predstavuje nárast v dávke o približne desaťnásobok oproti maximálnej dávke DAP pri OPG vyšetreniach. Výsledky štúdie by mali prispieť k riešeniu problematiky v oblasti radiačnej ochrany na pracoviskách zubného lekárstva, ktoré používajú CBCT prístroje.

V budúcnosti je potrebné venovať osobitnú pozornosť najmä oblastiam lekárskeho ožiarenie v ktorých v Slovenskej republike neexistujú relevantné údaje pre spracovanie a publikovanie v národných a v zahraničných publikáciách. Jedná sa hlavne o oblasti počtu vyšetrení v jednotlivých vekových kategóriách v rádiológii, zistenie rozdielu vo veľkosti ožiarenia medzi detskou a dospelou populáciou, dôležitosť optimalizácie ionizujúceho žiarenia u detí, zameranie sa na dôležitosť opodstatnenia indikácie z pohľadu radiačnej ochrany, zistenie veľkosti jednotlivých dávok na kritické orgány v detskom organizme, možnosti zníženia dávok v jednotlivých kritických orgánoch a možnosti aplikovania a zavedenia zistených skutočností do praxe pre jednotlivé pracoviská, stanovenie diagnostických referenčných úrovní pre stomatologické CBCT prístroje.

## Zdroje

1. Distefano, S. et al. The “dedicated” CBCT in dentistry. Italy: Int. J. Environ. Res. Public Health. 2023. s. 1 - 11. <https://doi.org/10.3390/ijerph20115954>.
2. Farsi, R. et al. Dosimetry of critical organs in maxillofacial imaging with cone-beam computed tomography. Biomed Phys Eng. 2019. s. 51 - 60. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10407597/#REF13>.
3. Higgins, Edmund S. Fifty Years Ago the First CT Scan Let Doctors See Inside a Living Skull. 2021. s. 1 - 5. Dostupné na: [https://www.smithsonianmag.com/innovation/fifty-years-ago-](https://www.smithsonianmag.com/innovation/fifty-years-ago-the-first-ct-scan-let-doctors-see-inside-a-living-skull-180978792/)
4. Horner, K. et al. CBCT Special Issue: Review Article Guidelines for clinical use of CBCT: a review. UK. 2015. s. 1 - 10. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4277440/pdf/dmfr.20140225.pdf>.
5. International Commission on Radiological Protection. Radiation Protection in dental radiology. Issue N° 108. Vienna. 2022. s. 37 - 38.
6. Kaaber, L. et al. Low-dose CBCT protocols in implant dentistry: a systematic review. 2024. s. 1 - 13. <https://www.sciencedirect.com>.
7. Rozylo-Kalinowska, I. Imaging Techniques in Dental Radiology. 2020. s. 13 - 76 (eBook).
8. Kovaľová, Eva a kol. Dentálna rádiografia v praxi. Interpertácia snímok v kariológii, paradontológii, dentoalveolárnej chirurgii. Akcent print. 2005. s. 7 - 77.
9. Lin, E. Y. Použití technológie Cone Beam v ortodoncii. Online. 2019. s. 24 - 29. Použití technologie Cone Beam v ortodoncii - NewsDent.cz.
10. Lorenzoni, D. C. et al. Cone-Beam Computed Tomography and Radiographs in Dentistry: Aspects Related to Radiation Dose. International Journal of Dentistry. 2012. s. 1 - 10. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1155/2012/813768>.
11. Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu. Radiation doses in dental radiology. 2024. <https://www.iaea.org/resources/pop/healthprofessionals/dentistry/radiation-doses>.
12. Moura, D. et al. Monitoring cone-beam CT radiation dose levels in a University Hospital. UK: British Institute of Radiology. Dentomaxillofacial Radiology. 2023.
13. Ríos-Osorio, Néstor et al. Cone-beam computed tomography in endodontics: from the specific technical considerations of acquisition parameters and interpretation to advanced clinical applications. 2024. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10912545/#B22>. s. 1 - 11.
14. Súkupová, Lucia. Radiační ochrana při rentgenových výkonech – to nejdůležitější pro praxi. Praha. Grada Publishing. 2018. s. 23 - 219.
15. Thamman, S., et al. Radiation safety standards during 3D CBCT imaging: A review in dentistry. Journal of Dental Specialities. India. 2023. s. 8 - 11.
16. Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky. Výročná správa činnosti Úradu verejného zdravotníctva Slovenskej republiky za rok 2023. 2024. Bratislava.



GRANT journal

◇ Zemědělství  
◇ Agriculture



# Prítomnosť deoxynivalenolu v priemyselne vyrábaných krmivách pre psov

Michaela Harčárová<sup>1</sup>  
Andrej Marcin<sup>2</sup>  
Alena Hreško Šamudovská<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Katedra výživy a chovu zvierat, Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach; Komenského 73, 041 81 Košice, Slovenská republika; michaela.harcarova@uvlf.sk

<sup>2</sup> Katedra výživy a chovu zvierat, Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach; Komenského 73, 041 81 Košice, Slovenská republika; andrej.marcin@uvlf.sk

<sup>3</sup> Katedra výživy a chovu zvierat, Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach; Komenského 73, 041 81 Košice, Slovenská republika; alena.hreskosamudovska@uvlf.sk

Grant: VEGA č. 1/0698/24; KEGA č. 006UVLF-4/2022

Název grantu: VEGA č. 1/0698/24 Sledovanie účinku kŕmnych doplnkových látok prírodného pôvodu a alternatívnych kŕmnych komponentov na produkciu a zdravie monogastrických zvierat; KEGA č. 006UVLF-4/2022 Študijné texty a virtuálne laboratórium pre e-vzdelávanie v oblasti technológií a bezpečnostných systémov pri výrobe kŕmív

Oborové zamereň: GH - Výživa hospodárskych zvierat

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

**Abstrakt** V súčasnej dobe sa v chove spoločenských zvierat osvedčilo podávanie kompletných kŕmív. U psov sa často používajú suché kompletné kŕmivá, ktoré môžu okrem iných zložiek obsahovať obilniny. Obilniny predstavujú rizikový substrát v súvislosti s výskytom mykotoxínov. Táto práca bola zameraná na stanovenie koncentrácií deoxynivalenolu v 16 vzorkách suchých kŕmív pre dospelých psov získaných od rôznych predajcov. Prostredníctvom ELISA analýzy sme zistili, že deoxynivalenol sa vo vyšetrených kŕmivách nenachádzal v koncentráciách vyšších ako detekčný limit použitého kitu (<0,2 mg/kg; ppm).

**Kľúčová slova** Bezpečnosť kŕmív, mykotoxíny, pes

## 1. ÚVOD

Pes je už odjakživa považovaný za najlepšieho priateľa človeka. Každý zodpovedný majiteľ by mal okrem iných vecí myslieť na zabezpečenie kvalitnej výživy pre svojho štvornohého spoločníka. Pes patrí medzi monogastrické zvieratá a tak ako ostatné druhy zvierat potrebuje na zabezpečenie všetkých procesov prebiehajúcich v organizme živiny. Podľa fyziologického účinku môžeme živiny rozdeliť na stavebné (bielkoviny a niektoré minerálne látky), spotrebné (sacharidy a tuky) a náhradné (voda a minerálne látky).

Vplyvom ľudí a procesom udomácnovania sa psy stali všežravcami, napriek tomu zdieľajú niektoré podobné črty vo výžive s mačkami, ako napríklad chýbajúca slinná amyláza, krátky gastrointestinálny trakt a neschopnosť syntetizovať vitamín D (Di Cerbo a kol., 2017). Na rozdiel od mačiek existujú u psov 3 gény (AMY2B, MGAM a SGLT1) podieľajúce sa na trávení škrobu a absorpcii glukózy, ktoré sa u nich vyvinuli počas domestikácie (Axelsson a kol., 2013). Mačky tieto gény nemajú a vo všeobecnosti nie sú schopné efektívne stráviť škrob (Di Cerbo a kol., 2017). Ďalšou charakteristikou tráviaceho systému psov je, že dokážu syntetizovať niekoľko základných živín, ako je niacín, taurín a arginín (Bosch a

kol., 2015). Pokiaľ ide o mačky, tie dokážu katabolizovať a využiť ako zdroj energie aminokyseliny (Morris, 2002).

Vo výžive psov sa používajú kŕmne komponenty živočíšneho aj rastlinného pôvodu. Ako zdroj sacharidov sa v kŕmivách používajú predovšetkým obilniny ako kukurica, ryža, cirok, pšenica, ovos, jačmeň a iné. Rastlinné zložky v potrave, najmä spomínané obilniny, môžu predstavovať živnú pôdu pre rast a vývoj mikroskopických vláknitých húb a ich sekundárnych metabolitov, mykotoxínov. Medzi najčastejšie mykotoxíny, ktoré sa môžu vyskytovať v obilninách a iných kŕmivách patrí deoxynivalenol.

Deoxynivalenol, tiež známy ako vomitoxín, je trichotecén typu B a epoxy-seskviterpenoid produkovaný predovšetkým mikroskopickou hubou *Fusarium graminearum*. Prvýkrát bol izolovaný z kontaminovaných zŕn jačmeňa a chemicky popísaný v roku 1970 (Han a kol., 2020). Je rozpustný vo vode, etanole, acetonitrile a iných polárnych rozpúšťadlách, vykazuje stabilitu pri vysokých teplotách a nízkom pH (Li a kol., 2023). Deoxynivalenol je prírodná toxická látka, ktorá môže negatívne ovplyvniť zdravotný stav zvierat. Uvádza sa, že u psov dochádza pri otrave deoxynivalenolom k podobným klinickým príznakom ako u ošípaných (vomitus, odmietanie potravy a s tým súvisiaci úbytok na váhe) (Hughes a kol., 1999). Songsermsakul a kol. (2007) popisujú okrem negatívneho vplyvu deoxynivalenolu na gastrointestinálny trakt psov aj jeho imunosupresívne účinky. Konzumácia kŕmív kontaminovaných týmto trichotecénom, môže viesť u psov k narušeniu imunitnej odolnosti voči patogénom, ako aj k reaktivácii chronických infekcií (Oswald a kol., 2005).

Cieľom tejto práce bolo stanovenie deoxynivalenolu v 16 vzorkách suchého kŕmiva pre dospelé psy prostredníctvom imunoenzymatickej analýzy ELISA.

## 2. MATERIÁL A METODIKA

### 2.1 Vzorky

Celkovo bolo vyšetrených 16 vzoriek suchých krmív pre psov vo forme granúl. Vzorky boli získané od rôznych komerčných a špecializovaných predajcov a boli určené na kŕmenie dospelých psov. Vzorky boli rozdelené do troch kategórií na generické, populárne a prémiové. Do skupiny generických krmív boli zaradené vzorky krmív, ktoré niesli meno výrobcu a boli uvádzané do obehu lokálne alebo regionálne. Do druhej kategórie tzv. populárnych krmív boli zaradené vzorky krmív, ktoré sú predávané v sieťach obchodov s potravinami. Do tretej kategórie boli zaradené prémiové krmivá od špecializovaných predajcov.

### 2.2 Príprava vzoriek

Reprezentatívne vzorky (á 500 g) boli pred spracovaním uchovávané na chladnom, suchom a tmavom mieste. Spracovanie vzoriek prebiehalo nasledovným spôsobom, ku 5 g rozomletej a homogenizovanej vzorky bolo pridaných 100 ml destilovanej vody. Potom prebiehalo 3-minútové pretrepávanie a extrakcia. Vzorky boli prefiltrované cez filtračný papier Whatman č. 1 (Cytiva, Kent, UK). Takto pripravené vzorky boli použité na kvantitatívne stanovenie deoxynivalenolu podľa protokolu RIDASCREEN FAST DON, kvantitatívny test (R-Biopharm AG, Darmstadt, Germany).

### 2.3 ELISA analýza

Princípom ELISA testu je reakcia antigén-protilátka. Jamky v mikrotitračných prúžkoch sú potiahnuté záchytnými protilátkami namierenými proti anti-deoxynivalenolovým protilátkam. Do jamiek boli pridané štandardy (0 ppm; 0,222 ppm; 0,666 ppm, 2 ppm, 6 ppm), roztoky vzoriek, konjugát deoxynivalenol-enzým a protilátky proti deoxynivalenolu. Voľný a s enzýmom konjugovaný deoxynivalenol súťažia o väzbové miesta protilátok deoxynivalenolu (kompetitívny enzýmový imunotest). Súčasne sú protilátky proti deoxynivalenolu viazané imobilizovanými záchytnými protilátkami. Akýkoľvek nenaviazaný enzýmový konjugát bol potom odstránený v premývacom kroku. Do jamiek bol pridaný roztok substrát/chromogén a inkubácia trvala 5 minút na tmavom mieste. Naviazaný enzýmový konjugát premieňa chromogén na modrý produkt. Pridanie zastavovacieho roztoku vedie k zmene farby z modrej na žltú. Meranie sa uskutočnilo fotometricky pri 450 nm, pomocou ELISA readeru (Dy nex Technologies, Inc., Chantilly, USA) kde platí, že absorpcia je nepriamo úmerná koncentrácii deoxynivalenolu vo vzorke.

## 3. VÝSLEDKY

V tabuľke číslo 1 sú uvedené výsledky kvantitatívneho stanovenia deoxynivalenolu vo vzorkách suchých krmív pre dospelých psov. Z uvedených výsledkov vyplýva, že v nami vyšetrených vzorkách koncentrácie deoxynivalenolu neboli detekované, resp. nachádzali sa pod detekčným limitom použitého testu (<0,2 mg/kg; ppm).

**Tabuľka č. 1** Koncentrácie deoxynivalenolu (ppm; mg/kg) v suchých krmivách pre dospelé psy

Krmivo	Počet vzoriek (n=16)	Koncentrácia DON
generické	2	< 0,2 ppm
populárne	4	< 0,2 ppm
prémiové	10	< 0,2 ppm

## 4. DISKUSIA

Fenoménom dnešnej doby je zdravá a vyvážená strava s použitím kvalitných a bezpečných surovín, nielen vo výžive ľudí, ale aj zvierat. Pozornosť sa upriamuje aj na výživu spoločenských zvierat, z ktorých sa neraz stávajú členovia rodiny. Psy s nami prežívajú niekoľko rokov, preto je dôležité zaoberať sa otázkou zdravotnej bezpečnosti krmív, ktoré im ponúkame. Hoci psy nemajú žiadne špeciálne požiadavky na sacharidy, väčšina výrobcov krmiva využíva schopnosť psov stráviť obilniny a pridávajú do krmív rôzne druhy obilnín (kukurica, ryža, pšenica, jačmeň alebo cirok, ako aj vedľajšie produkty z obilnín) ako lacný zdroj energie. Podiel týchto obilnín v kŕmnej receptúre môže byť až 70 %, no zvyčajne sa pohybuje medzi 30 a 50 % (Kemp e kol., 2004). Práve prítomnosť obilnín so sebou prináša aj riziko výskytu rôznych mykotoxínov. Štúdie ukázali, že pšenica znehodnotená mykotoxínom deoxynivalenolom je toxická aj po 4 rokoch skladovania (Cao et al., 2013).

V nami vyšetrených vzorkách suchých krmív pre dospelé psy od rôznych komerčných a špecializovaných predajcov sme nezaznamenali prítomnosť deoxynivalenolu v koncentráciách vyšších ako detekčný limit použitého kitu (<0,2 mg/kg; ppm). Vo 76 vzorkách suchého krmiva pre psov, ktoré boli pomocou ELISA metódy vyšetrené v Rakúsku, bol zaznamenaný 97 % výskyt deoxynivalenolu (Böhm a kol., 2010). Sedemdesiatšesť vzoriek suchého krmiva pre psov od 27 výrobcov bolo podobne zakúpených v maloobchodných predajniach, supermarketoch a špecializovaných predajniach krmiva pre domáce zvieratá. Okrem deoxynivalenolu, Böhm a kol., (2010) vo vyššie spomínaných vzorkách zaznamenali aj prítomnosť ďalších mykotoxínov ako zearalenón, ochratoxín A a fumonizín. Podobnej štúdií sa venovali v roku 2020 v Španielsku, kde bolo vyšetrených 60 vzoriek suchých krmív pre psov (34 vzoriek populárnych krmív a 26 vzoriek prémiových krmív) a zaznamenali 100 % prítomnosť deoxynivalenolu v obidvoch skupinách krmív. Autori upozorňujú aj na skutočnosť, že okrem deoxynivalenolu sa vo vyšetrených vzorkách vyskytovali aj ostatné mykotoxíny ako alfatoxíny, T2-toxín, ochratoxín A, fumonizíny a zearalenón. Avšak v závere poukazujú na fakt, že vyšetrené krmivá, by nemali predstavovať pre psov riziko akútnych zdravotných komplikácií vo forme mykotoxikóz (Macías-Montes a kol., 2020).

V minulosti sa uskutočnili štúdie, ktoré potvrdili fakt, že až u psov kŕmených krmivom s obsahom deoxynivalenolu 4,5 mg/kg krmiva dochádza k odmietaniu krmiva v dôsledku podráždenia tráviaceho traktu mykotoxínom (Hughes a kol., 1999; Songsermsakul a kol., 2007). Avšak podľa Songsermsakul a kol., (2007) nie je spomínaná koncentrácia deoxynivalenolu dostatočne vysoká na vyvolanie vomitu.

## 5. ZÁVER

Deoxynivalenol môže byť zdrojom znehodnotenia v ktoromkoľvek kroku od výroby, spracovania, prepravy, skladovania a spotreby krmív. Keďže existuje pomerne málo informácií o toxikologických účinkoch mykotoxínov na psov, sú potrebné ďalšie štúdie na určenie zdrojov mykotoxínov, ktoré by mohli kontaminovať krmivo určené pre tento druh spoločenských zvierat. Široký priestor pre budúce výskumy predstavuje najmä otázka dlhodobého podávania krmiva s obsahom deoxynivalenolu v súvislosti s jeho imunopresívnymi účinkami na organizmus a chronickými ochoreniami. V závere je potrebné skonštatovať, že nami vyšetrené vzorky krmív pre psov nepredstavujú riziko vzniku akútnych toxikóz u psov a bolo by potrebné stanoviť koncentrácie ďalších mykotoxínov, ktoré môžu byť príčinou narušenia zdravotného stavu zvierat.



**Zdroje**

1. AXELSSON, E., RATNAKUMAR, A., ARENDT, M. L., MAQBOOL, K., WEBSTER, M. T., PERLOSKI, M., LIBERG, O., ARNEMO, J. M., HEDHAMMAR, A., LINDBLAD-TOH, K. The genomic signature of dog domestication reveals adaptation to a starch-rich diet. *Nature*, 2013, 495, 360-364.
2. BÖHM, J., KOINIG, L., RAZZAZI-FAZELI, E., BLAJET-KOSICKA, A., TWARUZEK, M., GRAJEWSKI, J., LANG, C. Survey and risk assessment of the mycotoxins deoxynivalenol, zearalenone, fumonisins, ochratoxin A, and aflatoxins in commercial dry dog food. *Mycotoxin Research*, 2010, 26, 147-153.
3. BOSCH, G., HAGEN-PLANTINGA, E. A., HENDRIKS, W. H. Dietary nutrient profiles of wild wolves: insights for optimal dog nutrition? *British Journal of Nutrition*, 2015, 113, S40-S54.
4. CAO, H., WU, S., SUN, C. Research advancement on biosynthesis and biodegradation of Deoxynivalenol (DON). *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2013, 28, 116-123.
5. DI CERBO, A., MORALES-MEDINA, J. C., PALMIERI, B., PEZZUTO, F., COCCO, R., FLORES, G., IANNITTI, T. Functional foods in pet nutrition: Focus on dogs and cats. *Research in Veterinary Science*, 2017, 112, 161-166.
6. HAN, X., CHEN, L., LI, W., ZHANG, L., DONG, H. J. F. G. Endocytic FgEde1 regulates virulence and autophagy in *Fusarium graminearum*. *Fungal Genetics and Biology*, 2020, 141, 103400.
7. HUGHES, D. M., GAHL, M. J., GRAHAM, C. H., GRIEB, S. L. Overt signs of toxicity to dogs and cats of dietary deoxynivalenol. *Journal of Animal Science*, 1999, 77, 693-700.
8. KEMPE, R., SAASTAMOINEN, M., HYYPPÄ, S. Composition, digestibility and nutritive value of cereals for dogs. *Agricultural and Food Science*, 2004, 13, 5-17.
9. LI, Y., GAO, H., WANG, R., XU, Q. Deoxynivalenol in food and feed: Recent advances in decontamination strategies. *Frontiers in Microbiology*, 2023, 14, 1141378.
10. MACÍAS-MONTES, A., RIAL-BERRIEL, C., ACOSTA-DACAL, A., HENRÍQUEZ-HERNÁNDEZ, L. A., ALMEIDA-GONZÁLEZ, M., RODRÍGUEZ-HERNÁNDEZ, Á., LUZARDO, O. P. Risk assessment of the exposure to mycotoxins in dogs and cats through the consumption of commercial dry food. *Science of The Total Environment*, 2020, 708, 134592.
11. MORRIS, J. G. Idiosyncratic nutrient requirements of cats appear to be diet-induced evolutionary adaptations. *Nutrition Research Reviews*, 2002, 15, 153-168.
12. OSWALD, I. P., MARIN, D. E., BOUHET, S., PINTON, P., TARANU, I., ACCENSI, F. Immunotoxicological risk of mycotoxins for domestic animals. *Food Additives & Contaminants*, 2005, 22, 4, 354-360.
13. SONGSERMSAKUL, P., RAZZAZI-FAZELI, E., BÖHM, J., ZENTEK, J. Occurrence of deoxynivalenol (DON) and ochratoxin A (OTA) in dog foods. *Mycotoxin Research*, 2007, 23, 65-67.

# Sledovanie účinku prídavku humínových látok do krmných zmesí na niektoré hematologické parametre u prasiatok

Stanislav Hreško<sup>1</sup>  
Alena Hreško Šamudovská<sup>2</sup>  
Tomáš Mihok<sup>3</sup>  
Lukáš Bujňák<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, Katedra výživy a chovu zvierat; Komenského 73, 041 81 Košice, Slovenská republika; stanislav.hresko@uvlf.sk

<sup>2</sup> Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, Katedra výživy a chovu zvierat; Komenského 73, 041 81 Košice, Slovenská republika; alena.hreskosamudovska@uvlf.sk

<sup>3</sup> Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, Katedra výživy a chovu zvierat; Komenského 73, 041 81 Košice, Slovenská republika; tomas.mihok@uvlf.sk

<sup>4</sup> Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, Katedra výživy a chovu zvierat; Komenského 73, 041 81 Košice, Slovenská republika; lukas.bujnak@uvlf.sk

Grant: VEGA č. 1/0698/24

Název grantu: Sledovanie účinku krmných doplnkových látok prírodného pôvodu a alternatívnych krmných komponentov na produkciu a zdravie monogastrických zvierat.

Oborové zamereň: GH - Výživa hospodárskych zvierat

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

**Abstrakt** Humínové látky sa používajú ako krmné aditíva prírodného pôvodu za účelom zlepšenia produkčných parametrov hospodárskych zvierat. Pre rozšírenie poznatkov o ich vplyve bolo predmetom tejto štúdie sledovanie niektorých hematologických ukazovateľov u prasiatok po kŕmení diétami s 0,6 %-ným prídavkom dvoch prípravkov humínových látok. V skupine s prídavkom prípravku HUMAC® Natur AFM boli zaznamenané významne vyššie hodnoty hemoglobínu oproti kontrole. U prasiatok s prídavkom HUMAC® Natur AFM MycotoxiSorb bola zistená významne nižšia stredná hmotnosť hemoglobínu v erytrocytoch. Ostatné sledované hematologické parametre neboli prídavkom humínových látok ovplyvnené.

**Kľúčová slova** krmné aditíva, humínové látky, hematológia, ošipané

## 1. ÚVOD

Na zvýšenie produkcie a udržanie zdravia sa vo výžive hospodárskych zvierat používajú rôzne krmné prísady. Za týmto účelom boli v minulosti často používané antibiotické stimulatory rastu, avšak ich používanie prispievalo k zvýšenej odolnosti patogénnych baktérií voči antibiotikám. Negatíva spojené s užívaním antibiotík viedli k postupnému zákazu ich používania na podporu rastu (v EÚ od roku 2006) (Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1831/2003). Tento zákaz viedol k potrebe hľadať rentabilné, bezpečné a udržateľné alternatívy, keďže od ukončenia používania antibiotických stimulatorov rastu sa zvýšil výskyt črevných problémov (ako napr. nekrotická enteritída), čím dochádzalo k negatívnemu ovplyvneniu úžitkovosti zvierat a ekonomiky chovu.

Spomedzi rôznych bioaktívnych látok, ktoré by pozitívne ovplyvnili zdravie zvierat a zlepšili produkčné ukazovatele, si svoju pozornosť

nepochybne zaslúžia aj humínové látky, o ktoré v posledných dvoch desaťročiach vzrástol značný záujem. Je to skupina prírodných organických zlúčenín, ktoré vznikajú v pôde degradáciou rastlinných a živočíšnych zvyškov. Pozostávajú najmä z frakcií humínových kyselín, fulvových kyselín a humínov; v menšej miere obsahujú ulmové kyseliny a stopové množstvá minerálov ako železo, mangán, meď a zinok (Stevenson 1994; Bezuglova a Klímenko, 2022). Svoje uplatnenie našli v poľnohospodárstve a priemysle, ale aj v oblasti ochrany životného prostredia. Pre svoje analgetické, antimikrobiálne a protizápalové účinky sa používajú v humánnej a veterinárnej medicíne a vo farmakológii (EMEA, 1999).

Experimentálne sa preukázalo, že pridávanie humínových látok do krmiva alebo vody pozitívne ovplyvňuje produkčné parametre ošipaných (Ji a kol., 2006; Agredo-Palechor a kol., 2023), hydiny (Ceylan a kol., 2003; Karaoglu a kol., 2004; Ur Rehman a kol., 2016), králikov (Abdl Razeq Mohmed Mohmed a kol., 2020; Lacková a kol., 2022), ale aj prežúvavcov (Degirmencioglu, 2014; Hassan a kol., 2020). U prasiatok boli po podávaní humínových látok v diétach zaznamenané vyššie prírastky a lepšia konverzia krmiva (Wang a kol. 2008), ale aj vyšší príjem krmiva (Kim a kol., 2019). Vplyv humínových látok sa prejavil aj zmenšením hrúbky chrbtovej vrstvy tuku (Wang a kol. 2008; Chang a kol., 2014). Okrem toho boli u zvierat zaznamenané aj zmeny v hematologických parametroch, ako zvýšený relatívny počet erytrocytov alebo lymfocytov (Wang a kol. 2008; Abdl Razeq Mohmed Mohmed a kol., 2020).

Cieľom tejto práce bolo sledovanie vplyvu dvoch rôznych prípravkov humínových látok do krmiva na niektoré hematologické parametre u prasiatok.

## 2. MATERIÁL A METODIKA

Pre účely tohto experimentu bolo použitých celkovo 18 kusov prasiatok krížencov Slovenskej bielej ošípanej x Landrace s priemernou hmotnosťou 11,89 kg/ks. Vek prasiatok v prvý deň pokusu bol 34 dní. Zvieratá boli umiestnené v priestoroch splňajúcich štandardné zootecnické požiadavky s priemernou teplotou  $20 \pm 1,5$  °C a relatívnou vlhkosťou  $68 \pm 4,5$  %. Počas celého pokusu boli prasatá kŕmené kompletnou kŕmnu zmesou na báze kukurice, pšenice, jačmeňa a sójového extrahovaného šrotu s nutričným zložením zodpovedajúcim normám pre príslušnú kategóriu zvierat. Za účelom experimentu boli zvieratá rozdelené do troch skupín: kontrolná skupina bez prídavku humínových látok (n=6), pokusná skupina „HN“ s prídavkom 0,6 % HUMAC® Natur AFM (Humac s.r.o., Košice, Slovakia) (n=6) a pokusná skupina „HM“ s prídavkom 0,6 % HUMAC® Natur AFM MycotoxiSorb (Humac s.r.o., Košice, Slovakia) (n=6). V Tabuľke č. 1 sú uvedené charakteristiky použitých prípravkov.

Tabuľka č.1 Charakteristika prípravkov s humínovými látkami

Parameter	HUMAC Natur AFM	HUMAC Natur AFM MycotoxiSorb
Veľkosť častíc	do 100 µm	do 200 µm
pH	5,8	5,8
Vlhkosť	max. 15 %	max. 21 %
Humínové kyseliny	min. 65 % v sušine	min. 65 % v sušine
Fulvové kyseliny	min. 5 % v sušine	min. 5 % v sušine
Hrubá vláknina	-	24,3 g/kg
Popol nerozpustný v HCl	-	3,69 %

Všetkým zvieratám bola na tretí, siedmy a dvadsiaty siedmy deň pokusu odobratá krv zo sinus opthalmicus. Zrazeniu krvi bolo vo všetkých vzorkách zabránené prídavkom antikoagulantu (heparín 10 – 20 IU.ml-1 v PBS, Zentiva, Česká republika). Analýza kompletného krvného obrazu bola vykonaná pomocou automatického hematologického analyzátoru (Scil Vet ABC™ hematologický analyzátor, Nemecko). Z vybraných parametrov boli hodnotené celkový počet erytrocytov (RBC), koncentrácia hemoglobínu (Hb), hodnota hematokritu (HCT), stredný objem erytrocytov (MCV), stredná hmotnosť hemoglobínu (MCH), stredná koncentrácia hemoglobínu (MCHC), celkový počet trombocytov, celkový počet bielych krviniek (WBC), celkový počet neutrofilov a celkový počet lymfocytov. Na štatistické vyhodnotenie výsledkov bola použitá jednosmerná ANOVA (Tukeyho viacnásobný porovnávací test). Výsledky sú vyjadrené ako priemer  $\pm$  štandardná chyba priemeru (SEM).

Realizácia výskumu bola schválená Etickou komisiou UVLF v Košiciach, č. povolenia EKVP/2023-01.

## 3. VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výsledky vyšetrení vybraných hematologických ukazovateľov sú zhrnuté v Tabuľke č. 2. Signifikantne vyššie hodnoty hemoglobínu oproti kontrole boli zaznamenané v pokusnej skupine HN, ktorá bola kŕmená kŕmnu zmesou s prídavkom 0,6 % HUMAC® Natur AFM. Hodnoty hemoglobínu v skupine HM boli porovnateľné s kontrolnou skupinou. Avšak v pokusnej skupine HM boli zaznamenané signifikantne nižšie hodnoty strednej hmotnosti hemoglobínu (MCH) oproti kontrole aj oproti skupine HN.

Vyššie hodnoty hemoglobínu boli zaznamenané aj u odstavčiat, ktorým boli do diéty pridávané zdroje humínových látok v množstve 20 g/kg počas 21 dní (Trckova a kol., 2018). U týchto prasiatok bol zaznamenaný aj signifikantne vyšší hematokrit. V niektorých

štúdiách, vykonaných na hydine, nebol pozorovaný vplyv humínových kyselín na množstvo hemoglobínu, ale ani na ďalšie sledované hematologické ukazovatele (Lala a kol., 2016; Omidiwura a kol., 2022).

Ostatné hodnotené parametre v rámci našej štúdie (celkový počet erytrocytov, trombocytov, leukocytov, percentuálne zastúpenie neutrofilov a lymfocytov, hodnoty hematokritu, stredného objemu erytrocytov a strednej koncentrácie hemoglobínu v erytrocytoch) neboli prídavkom humínových látok ovplyvnené. Podobne v našej predošlej štúdií vykonanej na prasiatkach, ktorým boli do kŕmnych zmesí pridávané humínové látky v množstve 5g/kg, neboli pozorované zmeny v sledovaných ukazovateľoch hematologického profilu (celkový počet erytrocytov, stredný objem erytrocytov, hematokrit, hemoglobín a celkový počet leukocytov) (Bujňák a kol, 2023).

Zmeny v počtoch krvných buniek pri suplementácii krmiva hospodárskych zvierat boli pozorované v rámci viacerých štúdií. Wang a kol. (2008) zaznamenali vyššie percentuálne zastúpenie lymfocytov v krvi prasiatok, ktorým boli do diéty pridávané humínové látky v množstve 10 g/kg. Signifikantne vyššie zastúpenie CD4+CD8- lymfocytov bolo pozorované v našej predošlej štúdií (Bujňák a kol, 2023). Prídavok humínových kyselín do diéty signifikantne zvýšil celkový počet erytrocytov a celkový počet leukocytov u králikov (Abdl Razek Mohmed Mohmed a kol., 2020).

Tabuľka č. 2 Prehľad hodnotených hematologických parametrov

Parameter	Kontrola	Skupina HN	Skupina HM
Erytrocyty ( $10^{12}/L$ )	6,77 $\pm$ 0,27	7,51 $\pm$ 0,09	7,51 $\pm$ 0,26
Hemoglobín (g/L)	116 $\pm$ 3,53 <sup>a</sup>	130 $\pm$ 0,34 <sup>b</sup>	122 $\pm$ 3,18
Hematokrit L/L	0,38 $\pm$ 0,01	0,43 $\pm$ 0,003	0,4 $\pm$ 0,02
MCV (fL)	55,9 $\pm$ 0,75	56,4 $\pm$ 0,25	53,27 $\pm$ 1,01
MCH (pg)	17,2 $\pm$ 0,23 <sup>a</sup>	17,37 $\pm$ 0,17 <sup>a</sup>	16,23 $\pm$ 0,22 <sup>b</sup>
MCHC (g/L)	308 $\pm$ 1,53	307,7 $\pm$ 1,67	308,7 $\pm$ 1,45
Trombocyty ( $10^9/L$ )	379,7 $\pm$ 68,68	451 $\pm$ 41,48	396 $\pm$ 45,92
Leukocyty ( $10^9/L$ )	18,57 $\pm$ 2,02	17,48 $\pm$ 1,08	19,26 $\pm$ 0,89
Neutrofilly (%)	31,33 $\pm$ 0,67	36,67 $\pm$ 2,4	33,33 $\pm$ 0,67
Lymfocyty (%)	68,67 $\pm$ 0,67	63,33 $\pm$ 2,4	66,67 $\pm$ 0,67

MCV - stredný objem erytrocytov; MCH - stredná hmotnosť hemoglobínu; MCHC - stredná koncentrácia hemoglobínu; štatisticky významný rozdiel (<sup>ab</sup>P < 0,05)

## 4. ZÁVER

Pridanie prípravku HUMAC® Natur AFM ako zdroja humínových látok zvýšilo množstvo hemoglobínu v krvi prasiatok. Naopak pri použití prípravku HUMAC® Natur AFM MycotoxiSorb došlo k zníženiu strednej hmotnosti hemoglobínu v erytrocytoch, čo však možno pripísať vyššiemu celkovému počtu červených krviniek v tejto experimentálnej skupine. Použitie humínových prípravkov nevedlo k pozitívnym, ale ani negatívnym zmenám v ostatných hematologických parametroch. Ich použitie za účelom zlepšenia produkčných parametrov hospodárskych zvierat nepredstavuje riziko narušenia fyziologických noriem krvných ukazovateľov.

## Zdroje

1. ABDL RAZEK MOHMED MOHMED, S., ELSEBAI, A., ELGHALID, O.A., ABD EL-HADY, A.M. Productive

- performance, lipid profile and caecum microbial counts of growing rabbits treated with humic acid. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2020, 104(5),1233-1241.
2. AGREDO-PALECHOR, J.A., GOMEZ-ROSALES, S., ANGELES, M.D.L., ALVARADO, M.A.P., LÓPEZ-HERNÁNDEZ, L.H., MARISCAL-LANDÍN, G., MENDOZA-ELVIRA, S.E. The addition of humic substances extracted from vermicompost enhances the growth performance and the antioxidant status of weaning pigs. *Veterinaria Mexico OA*, 2023, 10.
  3. BEZUGLOVA, O., KLIMENKO, A. Application of humic substances in agricultural industry. *Agronomy*, 2022, 12, 584.
  4. BUJŇÁK, L., HREŠKO ŠAMUDOVSKÁ, A., MUDROŇOVÁ, D., NAĎ, P., MARCINČÁK, S., MASKALOVÁ, I., HARČÁROVÁ, M., KARAFFOVÁ, V., BARTKOVSKÝ, M. The effect of dietary humic substances on cellular immunity and blood characteristics in piglets. *Agriculture*, 2023, 13, 3, 1-12.
  5. CEYLAN, N., CIFTCI, I., ILHAN, Z. The effects of some alternative feed additives for antibiotic growth promoters on the performance and gut microflora of broiler chicks. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 2003, 27, 727-733.
  6. DEGIRMENCIOGLU, T. Using humic acid in diets for dairy goats. *Animal Science Papers and Reports*, 2014, 32(1), 25-32.
  7. EMEA. Committee for veterinary medicinal products. Humic acids and their sodium salts. Available from [www.emea.eu.int/pdfs/vet/mrls/055499en.pdf](http://www.emea.eu.int/pdfs/vet/mrls/055499en.pdf) (Last modified April 21, 2008. Accessed February 1999).
  8. European Commission. 2003. Regulation (EC) No 1831/2003 of the European parliament and of the council of 22 September 2003 on additives for use in animal nutrition. *Official Journal of the European Union*, 268:29–43. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2003/1831/oj>
  9. HASSAN, A.A., SALEM, A.Z.M., ELGHANDOUR, M.M.Y., HAFSA, S.A., REDDY, P.R.K., ATIA, S.E.S., VIDU, L. Humic substances isolated from clay soil may improve the ruminal fermentation, milk yield, and fatty acid profile: A novel approach in dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 2020, 268, 114601.
  10. CHANG, Q., LU, Z., HE, M., GAO, R., BAI, H., SHI, B., SHAN, A. Effects of dietary supplementation of fulvic acid on lipid metabolism of finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 2014, 92(11), 4921-4926.
  11. JI, F., MCGLONE, J.J., KIM, S.W. Effects of dietary humic substances on pig growth performance, carcass characteristics, and ammonia emission. *Journal of Animal Science*, 2006, 84, 2482-2490.
  12. KARAOGLU, M., MACIT, M., ESENBUGA, N., DURDAG, H., TURGUT, L., BILGIN, O.C. Effect of supplemental humate at different levels on the growth performance, slaughter and carcass traits of broilers. *International Journal of Poultry Science*, 2004, 3, 406-410.
  13. KIM, K., CHO, J., CHOI, Y., HA, J., CHOI, J. Effects of humic acid and blueberry leaf powder supplementation in feeds on the productivity, blood and meat quality of finishing pigs. *Food Science of Animal Resources*, 2019, 39(2), 276.
  14. LACKOVÁ, Z., ZIGO, F., FARKAŠOVÁ, Z., ONDRAŠOVIČOVÁ, S. The effect of humic substances as an organic supplement on the fattening performance, quality of meat, and selected biochemical parameters of rabbits. *Life*, 2022, 12, 1016.
  15. LALA, A. O., OKWELUM, N., IREKHORE, O. T., OGUNLADE, B. A., ADIGUN, A. A., ELEGBEDE, L. A., OYEDEJI, M. M. Haematological and biochemical parameters of broiler chicken supplemented with humic acid in the drinking water. *Applied Tropical Agriculture*, 2016, 21(2), 74-78.
  16. OMIDIWURA, B.R.A., OLAJIDE, O.C., OLANYAN, O.S. Potentials of pepper elder (*Peperomia pellucida*) and humic acid as feed additives in noiler chicken production. *Nigerian journal of animal production*, 2022, 49, 2, 86–94.
  17. STEVENSON, F. J. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*; Wiley-Inter-Science: New York, NY, USA, 1994, p. 34-41.
  18. TRCKOVA, M., LORENCOVA, A., BABAK, V., NECA, J., CIGANEK, M. The effect of leonardite and lignite on the health of weaned piglets. *Research in Veterinary Science*. 2018, 119:134-142.
  19. UR REHMAN, Z., UL HAQ, A., AKRAM, N., ABD EL-HACK, M.E., SAEED, M., UR REHMAN, S., MENG, C., ALAGAWANY, M., SAYAB, M., DHAMA, K., DING, C. Growth performance, intestinal histomorphology, blood hematology and serum metabolites of broilers chickens fed diet supplemented with graded levels of acetic acid. *International Journal of Pharmacology*, 2016, 12, 874-883.
  20. WANG, Q., CHEN, Y. J., YOO, J. S., KIM, H. J., CHO, J. H., KIM, I. H. Effects of supplemental humic substances on growth performance, blood characteristics and meat quality in finishing pigs. *Livestock Science*, 2008, vol. 117, no. 2-3, p. 270–274.



# Sledovanie výšky klkov črevnej sliznice u brojlerových kurčiat po skrmovaní diét s prídavkom $\beta$ -glukánu a humínových látok

Alena Hreško Šamudovská<sup>1</sup>  
Stanislav Hreško<sup>2</sup>  
Andrej Marcin<sup>3</sup>  
Michaela Harčárová<sup>4</sup>  
Lukáš Bujňák<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, Katedra výživy a chovu zvierat; Komenského 73, 041 81 Košice, Slovenská republika; alena.hreskosamudovska@uvlf.sk

<sup>2</sup> Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, Katedra výživy a chovu zvierat; Komenského 73, 041 81 Košice, Slovenská republika; stanislav.hresko@uvlf.sk

<sup>3</sup> Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, Katedra výživy a chovu zvierat; Komenského 73, 041 81 Košice, Slovenská republika; andrej.marcin@uvlf.sk

<sup>4</sup> Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, Katedra výživy a chovu zvierat; Komenského 73, 041 81 Košice, Slovenská republika; michaela.harcarova@uvlf.sk

<sup>5</sup> Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, Katedra výživy a chovu zvierat; Komenského 73, 041 81 Košice, Slovenská republika; lukas.bujnak@uvlf.sk

Grant: VEGA č. 1/0698/24

Název grantu: Sledovanie účinku kŕmnych doplnkových látok prírodného pôvodu a alternatívnych kŕmnych komponentov na produkciu a zdravie monogastrických zvierat.

Oborové zamereň: GH - Výživa hospodárskych zvierat

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

**Abstrakt** Cieľom tejto štúdie bolo zhodnotenie vplyvu prídavku  $\beta$ -glukánu získaného z hľivy ustricovej a jeho kombinácie s humínovými látkami do kŕmnych zmesí na výšku klkov jednotlivých úsekov tenkého čreva u brojlerových kurčiat. Do pokusu bolo zaradených 150 jednodňových kurčiat (Ross 308), ktoré boli rozdelené do troch skupín: kontrola; skupina B (prídavok  $\beta$ -glukánu v množstve 0,02 a 0,04 g/kg krmiva); skupina BH (prídavok  $\beta$ -glukánu v rovnakom množstve a prídavok humínových látok v množstve 3 a 5 g/kg). V skupine B boli na 14. deň pokusu namerané signifikantne vyššie klky jejuna ( $P < 0,05$ ) a ilea ( $P < 0,05$ ) ako v kontrolnej a BH skupine. Na 35. deň pokusu neboli medzi skupinami zaznamenané štatisticky významné rozdiely vo výške klkov jednotlivých úsekov tenkého čreva, ale v skupine BH bola zistená tendencia zvýšenia klkov duodena v porovnaní so skupinou B ( $P = 0,093$ ).

**Kľúčová slova** prírodné kŕmne aditíva, hubový  $\beta$ -glukán, výška klkov, hydina

## 1. ÚVOD

Beta-glukány sú polysacharidy s dlhým reťazcom, ktorých jedinou stavebnou jednotkou je  $\beta$ -glukóza. Nachádzajú sa v bunkových stenách obilných zŕn (napr. *Avena sativa*, *Hordeum sp.*), kvasiniek (napr. *Saccharomyces cerevisiae*), húb (napr. *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes*, *Ganoderma lucidum*), rias (napr. *Laminaria sp.*) a niektorých baktérií (napr. *Alcaligenes faecalis*). V hubách sa nachádzajú vysoko vetvené  $\beta$ -glukány, ktorých hlavný reťazec je zložený z  $\beta$ -D-glukopyranózových jednotiek viazaných (1 $\rightarrow$ 3) glykozidovými väzbami, pozdĺž ktorých sa náhodne rozvetvujú

vedľajšie reťazce z  $\beta$ -D-glukopyranózových jednotiek napojených (1 $\rightarrow$ 6) väzbou (Chovancová a Šturdík 2005, Volman a kol. 2008, Fialová 2013). V rôznych štúdiách bolo zaznamenané, že môžu stimulovať imunitný systém (Sohn a kol. 2000, Lowry a kol. 2005, Chen a kol. 2008, Šamudovská a kol. 2012) a to prostredníctvom aktivácie imunitných buniek, ako sú neutrofilné granulocyty, monocyty, makrofágy a NK-bunky (Novák 2007). Okrem imunostimulačných vlastností môžu priaznivo ovplyvňovať aj produkčné ukazovatele hospodárskych zvierat (Rathgeber a kol. 2007, An a kol. 2008, Zhang a kol. 2008, Ding a kol. 2019).

V posledných rokoch sa vo výskume zvýšil záujem o humínové látky a ich možné využitie vo výžive zvierat. Humínové látky sú hlavnou zložkou pôdneho humusu. Vznikajú degradáciou rastlinných a živočíšnych zvyškov a v prevažnej miere pozostávajú z frakcií humínových kyselín, fulvových kyselín a humínov (Bezuglova a Klímenko 2022). Vo viacerých štúdiách, po ich aplikácii do krmiva alebo do vody, bol zaznamenaný pozitívny vplyv na rast zvierat, zlepšenie konverzie krmiva (Abdel-Mageed 2012, Taklimi a kol. 2012, Mirnawati a Marlida 2013, Arif a kol. 2016, El-Kelawy a kol. 2024), zvýšenie jatočnej výťažnosti (Abdel-Mageed 2012, Marcinčáková a kol. 2015) a zníženie mortality (Karaoglu a kol. 2004, Abdel-Mageed 2012).

Jednou z hypotéz je, že k zlepšeniu produkčných parametrov hospodárskych zvierat po podaní  $\beta$ -glukánu a humínových látok môže dochádzať v dôsledku zvýšenia využitia živín z krmiva prostredníctvom pozitívneho ovplyvnenia trávenia a absorpcie živín. Preto cieľom našej štúdie bolo sledovanie vplyvu prídavku  $\beta$ -glukánu získaného z hľivy ustricovej a jeho kombinácie s humínovými látkami do kŕmnych zmesí na morfológiu jednotlivých úsekov tenkého čreva u brojlerových kurčiat.

## 2. MATERIÁL A METODIKA

Na realizáciu pokusu bolo použitých 150 jednodňových nesexovaných kurčiat úžitkového hybridu Ross 308. Kurčatá po odvážení boli náhodne rozdelené do troch skupín po 50 kurčiat a umiestnené na hlbokú podstielku pri dodržaní štandardných podmienok prostredia. V priebehu pokusu boli kŕmené kompletnými kŕmnymi zmesami na báze kukurice, sójového extrahovaného šrotu a pšenice (štartérová 1. – 14. deň, rastová 15. – 35. deň). V oboch pokusných skupinách (skupina B, BH) bol k uvedeným kŕmny zmesiam pridaný purifikovaný ( $93 \pm 2 \%$ )  $\beta$ -1,3/1,6-D-glukán (94,3 % sušina, 1,6 % dusík, 1,77 % popol) získaný z hľivy ustricovej (*Pleurotus ostreatus*) v množstve 0,02 g/kg štartérovej kŕmnej zmesi a 0,04 g/kg rastovej kŕmnej zmesi. V druhej pokusnej skupine (skupina BH) boli okrem  $\beta$ -glukánu na úkor pšenice pridané humínové látky (Humac s.r.o., Košice, Slovakia; charakteristika: veľkosť častíc do 100  $\mu$ m, pH 5,8, vlhkosť max. 15 %, humínové kyseliny min. 65 % a fulvové kyseliny 5 % v sušine), a to v množstve 3 g/kg štartérovej kŕmnej zmesi a 5 g/kg rastovej kŕmnej zmesi. Použité kŕmne zmesi neobsahovali antibiotické stimulatory rastu a kokcidostatiká. Príjem krmiva a napájanie bolo zabezpečené ad libitum.

Na 14. a 35. deň pokusu bolo z každej skupiny náhodne vybraných 6 kurčiat, od ktorých boli po omrčeni, usmrtení a vypitvaní oddelené orgány tráviaceho traktu. Z každého úseku tenkého čreva (duodena, jejuna a ilea) boli odobraté segmenty dlhé 1 cm, ktoré boli fixované v 10 % neutrálnom roztoku formalínu, zaliate do parafínu a histologické rezy boli farbené hematoxyln-eozínom. Následne boli vzorky podrobené morfometrickej analýze. Fotografie histologických rezov boli získané prostredníctvom mikroskopu Nikon s kamerovým adaptérom (DS Camera Control Unit DS – U2) pri zväčšení 4x. Výška klkov bola meraná prostredníctvom programu NIS-Elements.

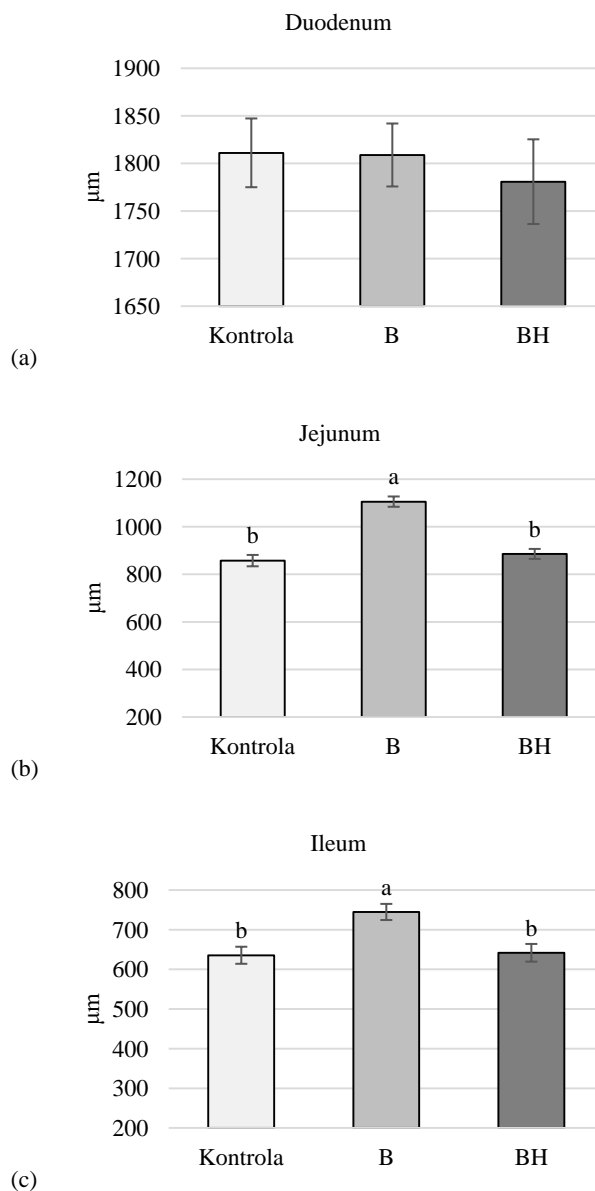
Získané výsledky boli zhodnotené štatisticky použitím jednocestnej ANOVY (Tukey's multiple comparison test). Rozdiely medzi skupinami v sledovaných parametroch sa považovali za štatisticky významné pri hodnotách  $P < 0,05$  a tendencia bola pozorovaná pri hodnotách v rozmedzí  $0,05 < P < 0,1$ . Vyjadrenie výsledkov: priemerná hodnota  $\pm$  SEM.

## 3. VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výška klkov jednotlivých úsekov tenkého čreva po 14 a 35 dňoch podávania  $\beta$ -glukánu a humínových látok je uvedená v Grafoch 1 a 2. Na 35. deň pokusu neboli medzi skupinami zaznamenané štatisticky významné rozdiely vo výške klkov jednotlivých úsekov tenkého čreva, ale na 14. deň pokusu boli v pokusnej skupine iba s prídavkom  $\beta$ -glukánu namerané štatisticky významne vyššie klky jejuna ( $P < 0,05$ ) a ilea ( $P < 0,05$ ) ako v kontrolnej skupine a v skupine, v ktorej bol  $\beta$ -glukán podávaný v kombinácii s humínovými látkami (Graf 1b, 1c). Výška klkov duodena nebola prídavkom sledovaných aditív do krmiva významne ovplyvnená (Graf 1a).

Podobné výsledky vplyvom podávania  $\beta$ -glukánu zaznamenali Ding a kol. (2019), ktorí okrem zvýšenia klkov v jejune a ileu, zaznamenali aj štatisticky významné zvýšenie klkov v duodene. Pozitívny vplyv  $\beta$ -glukánu na výšku klkov tenkého čreva vo svojej štúdiu spozorovali aj Kovitvadhí a kol. (2019) a Morales-López a kol. (2009). Vyššie klky sú spájané s dobrým črevným zdravím a vyššou absorpčnou schopnosťou (Giannenas a kol. 2014) z dôvodu zväčšenej absorpčnej plochy klkov. Zvýšenie výšky klkov indikuje aj zvýšenie sekrécie tráviacich enzýmov, čo vedie k zlepšeniu stráviteľnosti krmiva (Gao a kol. 2008).

Graf 1a-c. Výška klkov jednotlivých úsekov tenkého čreva na 14. deň pokusu

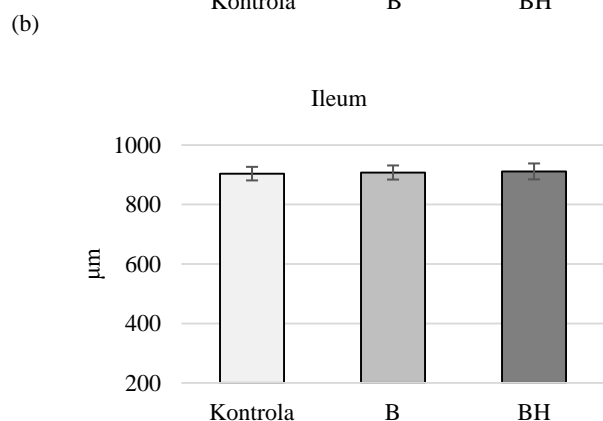
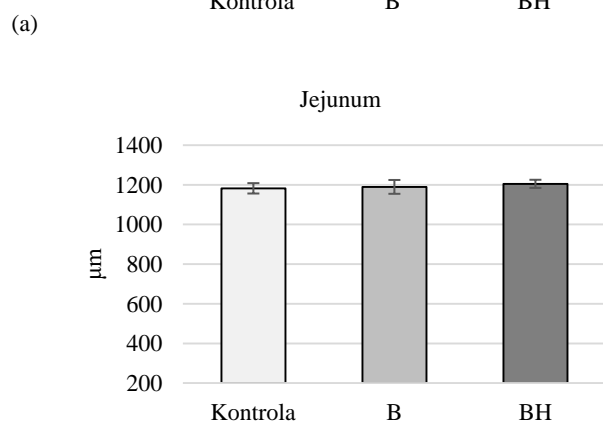
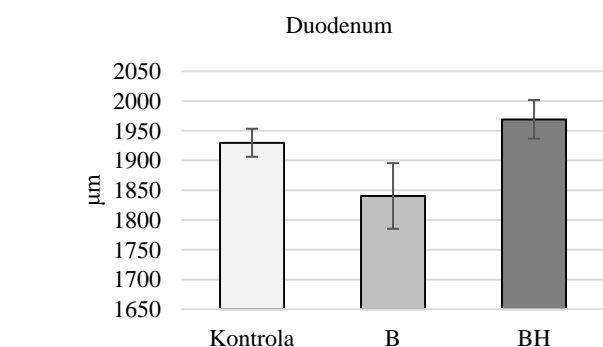


Kontrola – kontrolná skupina bez prídavku sledovaných aditív; B – pokusná skupina s prídavkom  $\beta$ -glukánu; BH – pokusná skupina s prídavkom  $\beta$ -glukánu a humínových látok; Rozdielne označenie stĺpcov malým písmenom abecedy vyjadruje štatisticky významný rozdiel medzi skupinami ( $P < 0,05$ ).

Významný vplyv humínových látok na morfológiu čreva zaznamenali Taklimi a kol. (2012), ktorí sledovali účinok humínových kyselín podávaných do krmiva brojlerových kurčiat v 0,1, 0,2 a 0,3 % koncentracii. Prídavok humínových kyselín štatisticky významne znížil hĺbku krýpt a zvýšil výšku klkov jejuna. Štatisticky významné zvýšenie klkov črevnej sliznice vplyvom podávania humínových látok do krmiva bolo zistené aj u japonských prepeličiek (Abdel-Mageed 2012) a králikov (Abd Razek Mohamed Mohamed a kol. 2020), ako aj u brojlerových kurčiat, ktorým boli humínové kyseliny podávané do pitnej vody (Lala a kol. 2017).

V našej štúdiu prídavok humínových látok do krmiva však nemal významný vplyv na výšku klkov črevnej sliznice, ale na 35. deň pokusu bola v pokusnej skupine s prídavkom humínových látok a  $\beta$ -glukánu zistená tendencia zvýšenia klkov duodena v porovnaní so skupinou iba s prídavkom  $\beta$ -glukánu ( $P = 0,093$ ) (Graf 2a).

Graf 2a-c. Výška klkov jednotlivých úsekov tenkého čreva na 35. deň pokusu



Kontrola – kontrolná skupina bez prídavku sledovaných aditív; B – pokusná skupina s prídavkom  $\beta$ -glukánu; BH – pokusná skupina s prídavkom  $\beta$ -glukánu a humínových látok.

#### 4. ZÁVER

Z výsledkov štúdie vyplýva, že podávanie  $\beta$ -glukánu získane z hľivy ustricovej do kŕmnych zmesí brojlerovým kurčatám môže viesť k významnému zvýšeniu klkov v jejunu a ileu. Synergické pôsobenie  $\beta$ -glukánu a humínových látok na morfológiu črevnej sliznice nebolo preukázané. No v skupine, v ktorej boli podávané humínové látky a  $\beta$ -glukán, bola na 35. deň pokusu zaznamenaná tendencia zvýšenia klkov duodena v porovnaní so skupinou iba s prídavkom  $\beta$ -glukánu.

#### Zdroje

1. ABDEL-MAGEED, M.A.A. Effect of dietary humic substances supplementation on performance and immunity of Japanese quail. *Egyptian Poultry Science Journal*, 2012, 32(3), 645-660.
2. ABDL RAZEK MOHMED MOHMED, S., ELSEBAI, A., ELGHALID, O.A., ABD-HEDY, A.M. Productive performance, lipid profile and caecum microbial counts of growing rabbits treated with humic acid. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2020, 104(5), 1233-1241.
3. AN, B.K., CHO, B.L., YOU, S.J., PAIK, H.D., CHANG, H.I., KIM, S.W., YUN, C.W., KANG, C.W. Growth performance and antibody response of broiler chicks fed yeast derived  $\beta$ -glucan and single-strain probiotics. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2008, 21(7), 1027-1032.
4. ARIF, M., REHMAN, A., SAEED, M., ABD EL-HACK, M.E., ARAIN, M.A., HASEEBARSHAD, M., ZAKRIA, H.M., ABBASI, I.H. Impacts of dietary humic acid supplementation on growth performance, some blood metabolites and carcass traits of broiler chicks. *Indian Journal of Animal Science*, 2016, 86(9), 1073-1078.
5. BEZUGLOVA, O., KLIMENKO, A. Application of humic substances in agricultural industry. *Agronomy*, 2022, 12(3), 584.
6. DING, B., ZHENG, J., WANG, X., ZHANG, L., SUN, D., XING, Q., PIRONE, A., FRONTE, B. Effects of dietary yeast beta-1, 3-1, 6-glucan on growth performance, intestinal morphology and chosen immunity parameters changes in Haidong chicks. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2019, 32(10), 1558-1564.
7. EL-KELAWY, M.I., ELNAGGAR, A.S., ABD EL-KHALEK, E. The influence of supplementing broiler chickens with humic acid or biochar as natural growth promoters on their productive performance, nutrient digestibility, and physiological performance. *Egyptian Poultry Science Journal*, 2024, 44(1), 123-142.
8. FIALOVÁ, S. Přírodní léčivá na podporu imunity. *Praktické Lékařství*, 2013, 3(1), 28-31.
9. GAO, J., ZHANG, H.J., YU, S.H., WU, S.G., YOON, I., QUIGLEY, J., GAO, Y.P., QI, G.H. Effects of yeast culture in broiler diets on performance and immunomodulatory functions. *Poultry Science*, 2008, 87(7), 1377-1384.
10. GIANNENAS, I.A., PAPANEPHYTOU, C.P., TSALIE, E., TRIANTAFILLOU, E., TONTIS, D., KONTOPIDIS, G.A. The effects of benzoic acid and essential oil compounds in combination with protease on the performance of chickens. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 2014, 23(1), 73-81.
11. CHEN, K.L., WENG, B.C., CHANG, M.T., LIAO, Y.H., CHEN, T.T., CHU, C. Direct enhancement of the phagocytic and bactericidal capability of abdominal macrophage of chicks by  $\beta$ -1,3-1,6-glucan. *Poultry Science*, 2008, 87(11), 2242-2249.
12. CHOVANCOVÁ, A., ŠTURDÍK, E. Vplyv beta-glukánov na imunitný systém človeka. *Nova Biotechnologica V-I*, 2005, 105-121.
13. KARAOGLU, M., MACIT, M., ESENBUGA, N., DURDAG, H., TURGUT, L., BILGIN, O.C. Effect of supplemental humate at different levels on the growth performance, slaughter and carcass traits of broilers. *International Journal of Poultry Science*, 2004, 3(6), 406-410.
14. KOVITVADHI, A., CHUNDANG, P., TIRAWATTANAWANICH, C., PRATHUMPAL, W., METHACANON, P., CHOKPIPATPOL, K. Effects of dietary supplementation with different levels and molecular weights of fungal  $\beta$ -glucan on performances, health and meat quality in broilers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2019, 32(10), 1548-1557.
15. LALA, A.O., OKWELUM, N., OSO, A.O., AJAO, A.O., ADEGBENJO, A.A. Response of broiler chickens to varying dosage of humic acid in drinking water. *Journal of Animal Production Research*, 2017, 29(1), 288-294.
16. LOWRY, V.K., FARNELL, M.B., FERRO, P.J., SWAGGERTY, C.L., BAHL, A., KOGUT, M.H. Purified  $\beta$ -glucan as an abiotic feed additive up-regulates the innate

- immune response in immature chickens against *Salmonella enterica* serovar Enteritidis. *International Journal of Food Microbiology*, 2005, 98(3), 309-318.
17. MARCINČÁKOVÁ, D., MAČANGA, J., NAGY, J., MARCINČÁK, S., POPELKA, P., VAŠKOVÁ, J., JAĎUTTOVÁ, I., MELLEN, M. Effect of supplementation of the diet with humic acids on growth performance and carcass yield of broilers. *Folia Veterinaria*, 2015, 59(3), 165-168.
  18. MIRNAWATI, Y.R., MARLIDA, Y. Effects of humic acid addition via drinking water on the performance of broilers fed diets containing fermented and non-fermented palm kernel cake. *Archiva Zootechnica*, 2013, 16(1), 41-53.
  19. MORALES-LÓPEZ, R., AUCLAIR, E., GARCIA, F., ESTEVE-GARCIA, E., BRUFAU, J. Use of yeast cell walls;  $\beta$ -1, 3/1, 6-glucans; and mannoproteins in broiler chicken diets. *Poultry Science*, 2009, 88(3), 601-607.
  20. NOVÁK, M.  $\beta$ -glukany, historie a současnost'. *Chemické Listy*, 2007, 101(11), 872-880.
  21. RATHGEBER, B., BUDGELL, K., MACISAAC, J., MIRZA, M. Yeast beta glucans and broiler chicken growth. *Atlantic Poultry Research Institute*, 2007, [cit. 2010. 30.05.]. Dostupné na internete: <http://www.thepoultrysite.com/articles/940/yeast-beta-glucans-and-broiler-chicken-growth>
  22. SOHN, K.S., KIM, M.K., KIM, J.D., HAN, I.K. The role of immunostimulants in monogastric animal and fish. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2000, 13(8), 1178-1187.
  23. ŠAMUDOVSÁ, A., SPIŠÁKOVÁ, V., DEMETEROVÁ, M., HREŠKO, S. The influence of fungal  $\beta$ -glucan on nonspecific immunity in broiler chicks. *Acta veterinaria*, 2012, 62(5-6), 511-519.
  24. TAKLIMI, S.M.S., GHAHRI, H., ISAKAN, M.A. Influence of different levels of humic acid and esterified glucomannan on growth performance and intestinal morphology of broiler chickens. *Agricultural Sciences*, 2012, 3(05), 663-668.
  25. VOLMAN, J.J., RAMAKERS, J.D., PLAT, J. Dietary modulation of immune function by  $\beta$ -glucans. *Physiology & Behavior*, 2008, 94(2), 276-284.
  26. ZHANG, B., GUO, Y., WANG, Z. The modulating effect of  $\beta$ -1,3/1,6-glucan supplementation in the diet on performance and immunological responses of broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2008, 21(2), 237-244.



# Vplyv suplementácie humínových látok v krmive králikov na kvalitu mäsa

Zuzana Lacková<sup>1</sup>  
František Zigo<sup>2</sup>  
Zuzana Farkašová<sup>3</sup>  
Andrej Récky<sup>4</sup>  
Jakub Ješík<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Katedra výživy a chovu zvierat, Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, Komenského 73, 041 81 Košice, zuzana.lackova@uvlf.sk

<sup>2</sup> Katedra výživy a chovu zvierat, Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, Komenského 73, 041 81 Košice, frantisek.zigo@uvlf.sk

<sup>3</sup> Katedra výživy a chovu zvierat, Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, Komenského 73, 041 81 Košice, zuzana.farkasova@uvlf.sk

<sup>4</sup> Katedra výživy a chovu zvierat, Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, Komenského 73, 041 81 Košice, andrej.recky@student.uvlf.sk

<sup>5</sup> Klinika prežívavcov, Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, Komenského 73, 041 81 Košice, jakub.jesik@student.uvlf.sk

Grant: KEGA č. 011UVLF-4/2024

Název grantu: Improving the quality of practical teaching with the support of animal breeding and higher education for students from the subject of animal husbandry.

Oborové zamčrenie: GH – Výživa hospodárskych zvierat

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

**Abstrakt** Cieľom štúdie bolo preskúmať účinok humínových látok (HS) suplementovaných v potrave králikov na základné zložky svaloviny a senzorké vlastnosti mäsa králikov. 24 králikov bolo rozdelených do troch skupín (n = 8/skupina). Prvá pokusná skupina mala krmivo doplnené o 0,5 % HS (HS0,5) a druhá bola obohatená o 1,0 % HS (HS1,0). Kontrolná skupina (C) bola krmená bazálnou stravou bez doplnkov. Pri 0,5% HS v krmive došlo k poklesu tuku a bielkovín v chrbtovom svalu, v stehennom svalu k nárastu bielkovín (P < 0,05) a poklesu tuku a sušiny. (P < 0,05). Pri 1% HS v krmive došlo k zvýšeniu tuku a zníženiu bielkovín (P < 0,05) v chrbtovom svalu, v stehennom svalu k zvýšeniu bielkovín (P < 0,05) a úbytku tuku (P < 0,05). Senzorické hodnotenie vzoriek mäsa zahŕňalo vzhľad, vôňu, konzistenciu, chuť a celkovú prijateľnosť, neboli ovplyvnené aplikáciou rôznych koncentrácií HS (0,5 a 1 %).

**Kľúčová slova** králik, humínové látky, jatočná výťažnosť, senzorké hodnotenie

## 1. ÚVOD

Narastajúca rezistencia voči antibiotikám z dôvodu použitia antimikrobiálnych aktivátorov ako krmných aditív vyvolalo viaceré legislatívne zmeny v Európe spojené s vyradením využívania antibiotických stimulátorov rastu a iných chemických prípravkov vo výžive hospodárskych zvierat (Ondruška a kol., 2012). Spočiatku sa humínové látky testovali najmä na hydine, kde ich použitie zaznamenalo celkom slušné výsledky. Viaceré štúdie hovoria o pozitívnom vplyve na rast, jatočné parametre, vyššej a kvalitnejšej znáške vajec, či pozitívnom vplyve na rozmnožovanie sliepok (Avci a kol., 2007; Ozturk a kol., 2012; Arafat a kol., 2015; Arpášová a kol., 2016). U cicavcov sa uskutočnilo relatívne málo štúdií s humínovými látkami. Známe sú testy na potkanoch, baranoch a ošípaných (Galip a kol., 2010; Vucskits a kol., 2010; Wang a kol., 2020). Tieto štúdie však boli zamerané skôr na zdravie zvierat, než na ekonomické záujmy a produkciu. Vďaka svojmu jedinečnému zloženiu a výborným vlastnostiam dokážu komplexne pôsobiť v

organizme zvierat, čím zvyšujú jeho obranyschopnosť voči chorobe a stimulujú vyššiu výkonnosť (Ondruška a kol., 2012; Jađuttová a kol. 2019).

## 2. MATERIÁL A METODIKA

### 2.1 Zvieratá v štúdiu

Do štúdie bolo zaradených 24 krížencov strieborného králika a činčily. Na začiatku štúdie boli zvieratá rozdelené do troch skupín (n= 8/skupina): C (kontrolná skupina, štandardné krmivo bez aditív), skupina H0,5 (pokusná skupina 1, štandardné krmivo + 0,5 % Humac Natur AFM), skupina H1,0 (pokusná skupina 2, štandardné krmivo + 1% Humac Natur AFM). Počas štúdie (63 dní) boli zvieratá krmené granulovanými zmesami *ad libitum* a mali voľný prístup k pitnej vode. Hmotnosť králikov bola stanovená vážením vo veku 113 dní. Králiky boli následne usmrtené po omrčení pružinovou jatočnou pištoľou (AGROFORTEL s.r.o., Praha, Česká republika) s následným prerezaním krčnej žily a vykrvácaním (Európska komisia, 2019).

### 2.2 Stanovenie zloženia svaloviny

Chemický rozbor základných zložiek svaloviny bol stanovovaný zo vzoriek chrbtovej a stehennej svaloviny. Vzorka svaloviny bola odobratá najneskôr do 1 hodiny po usmrtení, zabalená do fólie a skladovaná pri 4°C až do analýzy vzorky. Podiel jednotlivých chemických zložiek vo vzorkách boli stanovené pomocou TANGO FT-NIR spektrofotometra (Bruker, Germany) s rozlíšením 16 cm<sup>-1</sup>, časom merania 64 skenov a meranie jednej vzorky bolo výsledkom troch opakovaní.

### 2.3 Senzorická analýza vzoriek

Experimentálne vzorky svaloviny stehna králikov boli podrobené senzorickej analýze, ktorá bola vykonaná v špecializovanom senzorickej laboratóriu na Inštitúte vzdelávania veterinárnych lekárov v Košiciach zriadeného podľa všeobecného plánu na usporiadanie senzorickej pracovisk (ISO 8589, 2007). Senzorický panel bol zložený z 5 poučených hodnotiteľov vo veku od 28 do 60 rokov, ktorí mali dostatočné praktické skúsenosti s hodnotením mäsa. Pri zostavovaní protokolu pre posudzovanie experimentálnych vzoriek stehennej svaloviny králičieho mäsa sa postupovalo podľa autorov Lawless a Heymann (2010). Protokol pozostával z 9 bodovej hedonickej stupnice na hodnotenie farby, vône, šľavnosti, krehkosti a celkovej prijateľnosti predložných vzoriek nasledovne: 1 - veľmi zlý/á, 2 - zlý/á, 3 - menej chutný/á, 4 - neuspokojivý/á, 5 - priemerný/á, 6 - uspokojivý/á, 7 - chutný/á, 8 - dobrý/á, 9 - veľmi dobrý/á.

### 2.4 Štatistická analýza

Zistené hodnoty sme vyhodnotili jednofaktorovou analýzou rozptylu ANOVA s hladinou významnosti  $p < 0,05$ . Významnosť rozdielov bola potvrdená pomocou Tukeyho viacnásobného porovnávacieho testu. Výsledky v tabuľkách sú uvedené ako priemerné hodnoty ( $\bar{X}$ ) a štandardná odchýlka (SD).

### 3. VÝSLEDKY

Vplyv suplementácie HS u králikov na vybrané zložky vzoriek mäsa z karé a stehna je uvedený v tabuľke 1. Koncentrácia 0,5 % HS v krmive spôsobila pokles obsahu tuku ( $P < 0,05$ ) vo vzorkách chrbtového svalstva. Vyššie hodnoty tuku ( $P < 0,05$ ) a nižšie hodnoty bielkovín ( $P < 0,05$ ) vo vzorkách chrbtového svalstva boli pozorované v skupine s 1,0 % HS. V prípade vzoriek mäsa zo stehna sme v porovnaní s kontrolou v koncentracii 0,5 % HS zaznamenali nižší obsah tuku ( $P < 0,05$ ), obsah sušiny ( $P < 0,05$ ), vyšší obsah bielkovín ( $P < 0,05$ ). Pri koncentracii 1,0 % HS sme zaznamenali výrazný pokles tuku v porovnaní s kontrolnou skupinou ( $P < 0,05$ ) a naopak zvýšený obsah sušiny v porovnaní so skupinou s 0,5 % HS ( $P < 0,05$ ) a tiež v porovnaní s kontrolnou skupinou. Obsah proteínu bol vyšší v skupine s 1,0 % HS v porovnaní s kontrolnou skupinou ( $P < 0,05$ ), ale neboli zaznamenané žiadne rozdiely v porovnaní so skupinou s 0,5 % HS.

Tabuľka 1. Výsledky fyzikálno-chemickej analýzy vzoriek svaloviny z chrbta a stehna

Vzorka	Parametre	H 0.5		H 1.0		C	
		x	sd	x	sd	x	sd
Chrbtový sval	Tuk %	0.87	0.19	0.99 <sup>b</sup>	0.05	0.95 <sup>b</sup>	0.17
	Sušina %	2.11	0.22	2.11	0.07	2.15	0.04
	Bielkoviny %	24.46	0.29	24.26 <sup>a</sup>	0.14	25.18 <sup>b</sup>	0.22
Stehenný sval	Tuk %	2.07 <sup>a</sup>	0.2	1.71 <sup>a</sup>	0.14	3.33 <sup>b</sup>	0.21
	Sušina %	1.28 <sup>a</sup>	0.08	1.69 <sup>b</sup>	0.14	1.52 <sup>b</sup>	0.04
	Bielkoviny %	22.73 <sup>a</sup>	0.37	22.09 <sup>a</sup>	0.33	21.58 <sup>b</sup>	0.10

C kontrolná skupina, králiky kŕmené kompletnou kŕmnu zmesou, H0,5, pokusná skupina králikov s diétou obohatenou o 0,5% prídavkom HS, H1,0 experimentálna skupina králikov s diétou obohatenou o 1,0% prídavkom HS, <sup>ab</sup> Priemery v riadku s rôznym horným indexom sú štatisticky odlišné (Tukeyho,  $P < 0,05$ ).

Výsledky senzorickej hodnotenia sú uvedené v tabuľke 2. Celkové senzorickej hodnotenie vzoriek mäsa zo stehna zahŕňalo posúdenie vzhľadu, vône, konzistencie, chuti a celkovej prijateľnosti. Aplikáciou rôznych koncentrácií HS (0,5 a 1 %) tieto parametre neboli ovplyvnené.

Tabuľka 2. Výsledky senzorickej hodnotenia svaloviny stehna

Parametre	H 0.5		H 1.0		C	
	x	sd	x	sd	x	sd
Vzhľad	7.60	0.70	7.60	0.70	7.70	0.48
Vôňa	7.70	1.16	7.40	1.35	7.40	1.07
Konzistencia	7.10	1.10	7.10	0.88	7.30	1.42
Chuť	7.90	1.20	8.00	1.05	8.00	1.05
Celková prijateľnosť	7.80	1.03	7.80	0.79	7.90	0.99

C kontrolná skupina, králiky kŕmené kompletnou kŕmnu zmesou, H0,5, pokusná skupina králikov s diétou obohatenou o 0,5% prídavkom HS, H1,0 experimentálna skupina králikov s diétou obohatenou o 1,0% prídavkom HS, <sup>ab</sup> Priemery v riadku s rôznym horným indexom sú štatisticky odlišné (Tukeyho,  $P < 0,05$ ).

### 4. DISKUSIA

Po pridaní HS do krmiva dochádza k zníženiu obsahu tuku a zvýšeniu obsahu bielkovín v prsných svaloch (Semjon a kol., 2020; Hudák a kol., 2021). HS môže zvýšiť príjem dusíka, fosforu a iných živín kvôli ich chelatačným vlastnostiam (Trčková a kol. 2005). Prítomnosť niektorých biologicky aktívnych látok v HS môže spôsobiť redistribúciu bielkovín a lipidov, čo vedie k zlepšeniu jatočných vlastností (Wang a kol. 2008). Rôzne koncentrácie HS tiež ovplyvňujú obsah tuku a celkový obsah bielkovín odlišne. Prídanie HS v koncentracii 1,0 % do krmiva pre brojlerov viedlo k zníženiu celkového obsahu bielkovín vo vzorkách prsného mäsa, zatiaľ čo koncentrácie 0,5 a 1,5 % nemali významný vplyv na celkové proteíny prsnej svaloviny. Naopak, obsah tuku v prsnom svalu bol v experimentálnych skupinách mierne nižší ako v kontrolných skupinách (Ozturk a kol. 2012).

Pokiaľ ide o králičie mäso, vzhľad a štruktúra sú pre spotrebiteľov mimoriadne dôležité, preto je možné venovať pozornosť podmienkam skladovania, aby sa zachovala prijateľnosť. Analýza vykonaná skupinou vyškolených posudzovateľov je dobrým spôsobom, ako objektívne popísať a porovnať senzorickej vlastnosti potravinárskych produktov (Lawless a Heymann, 2010). Dalle Zotte (2002) uviedol, že králičie mäso je tradičným spotrebiteľom považované za mäso s pozitívnymi senzorickejmi vlastnosťami: je jemné, chudé a jemne ochutené. Gasperlin a kol. (2006) zistili, že genotyp nemá žiadny vplyv na hlavnú charakteristiku králičieho mäsa, ako je vôňa, farba, jemnosť, šľavnosť a pocit v ústach. Carrilho a kol. (2009) vo svojom výskume zistili, že pohlavie nemá žiadny vplyv na senzorickej vlastnosti králičieho mäsa. Arño a kol. (2007) vo svojom príspevku zistili, že pôvod línie má vplyv na niektoré zmyslové znaky určujúce jemnosť králičieho mäsa. Rastlinné extrakty (Mancini a kol., 2020) môžu byť účinné pri zachovaní fyzikálnych a zmyslových vlastností a mikrobiálnych stavov. HS dokáže pozitívne ovplyvniť senzorickej kvalitu mäsa. Semjon a kol. (2020) zaznamenali pozitívnu odozvu v senzorickej hodnotení mäsa z kuracích prs s ohľadom na vnímanie kvality mäsa vo vzťahu k pridávaniu HS do stravy. Najmä výrazné zlepšenie chuti mäsa bolo zaznamenané po kŕmení 1,0 % HS. Priaznivý účinok HS na senzorickej hodnotenie kuracích prs uvádza aj Akaichi a kol. (2022).

### 5. ZÁVER

Aplikácia HS v rôznych koncentraciách v krmive ovplyvnila ukazovatele kvality chrbtového a stehenného svalstva. 0,5% HS v krmive spôsobilo pokles obsahu tuku a bielkovín vo vzorkách chrbtovej svaloviny, naopak v stehennej svalovine sme zaznamenali zvýšenie obsahu bielkovín ( $p < 0,05$ ) a pokles tuku a obsah sušiny

( $p < 0,05$ ). 1% koncentrácia HS v krmive mala významný vplyv na zvýšenie obsahu tuku a pokles bielkovín ( $p < 0,05$ ) v chrbtovom svalu, v stehennom svalu sme zistili zvýšenie obsahu sušiny a bielkovín ( $p < 0,05$ ) a úbytok tuku ( $p < 0,05$ ). Suplementácia krmiva HS neovplyvnila senzorické vlastnosti svaloviny.

## Zdroje

- AKAICHI, A., JEBALI, A., BENLARBI, M., MAHJOUB, T., KABOUDI, K., CHAOUACHA-CHEKIR, R.B., HAOUAS, Z., BOUDHRIOUA N. Effects of humic acid and organic acids supplements on performance, meat quality, leukocyte count, and histopathological changes in spleen and liver of broiler chickens. *Research in Veterinary Science*. 2022, Volume 150, pp. 179–188.
- ARAFAT, R. Y., KHAN, S. H., ABBAS, G., IQBAL, J. Effect of dietary humic acid via drinking water on the performance and egg quality of commercial layers. *American Journal of Biology and Life Sciences*, 2015, Volume 3, Issues 2, pp. 26-30.
- ARIÑO, B., HERNÁNDEZ, P., PLA, M. et al. Comparison between rabbit lines for sensory meat quality. *Meat Science*. 2007, 75, 494–498.
- ARPÁŠOVÁ, H., KAČÁNIOVÁ, M., PISTOVÁ, V., GÁLIK, B., FIK, M., HLEBA, L. Effect of Probiotics and Humic Acid on Egg Production and Quality Parameters of Laying Hens Eggs. *Scientific Papers: Animal Science & Biotechnologies/Lucrari Stiintifice: Zootehnie si Biotehnologii*, 2016, 49, 2.
- AVCI, M., DENEK, N., KAPLAN, O. Effects of humic acid at different levels on growth performance, carcass yields and some biochemical parameters of quails. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 2007, 6, 1, 1-4.
- CARRILHO, M., CAMPO, M., OLLETA J, et al. Effect of diet, slaughter weight and sex on instrumental and sensory meat characteristics in rabbits. *Meat Science*, 2009, 82, 37–43.
- DALLE ZOTTE, A. Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livestock Production Science*, 2002, 75, 11–32.
- GALIP, N., POLAT, U., BIRICIK, H. Effects of supplemental humic acid on ruminal fermentation and blood variables in rams. *Italian Journal of Animal Science*, 2010, 9, 4,74.
- GASPERLIN, L., POLAK, T., RAJAR, A. et al. Effect of genotype, age at slaughter and sex on chemical composition and sensory profile of rabbit meat. *World Rabbit Science*, 2006, 14, 157–166.
- HUDÁK, M., SEMJON, B., MARCINČÁKOVÁ, D., BUJŇÁK, L., NAĎ, P., KORÉNEKOVÁ, B., NAGY, J., BARTKOVSKÝ, M., MARCINČÁK, S. Effect of Broilers Chicken Diet Supplementation with Natural and Acidified Humic Substances on Quality of Produced Breast Meat. *Animals*, 2021, 11, 1087.
- JAĎUTTOVÁ, I., MARCINČÁKOVÁ, D., BARTKOVSKÝ, M., SEMJON, B., HARČÁROVÁ, M., NAGYOVÁ, A., VÁCZI, P., MARCINČÁK, S. The effect of dietary humic substances on the fattening performance, carcass yield, blood biochemistry parameters and bone mineral profile of broiler chickens. *Acta veterinaria Brno*, 2019, 88, 3, 307-313.
- LAWLESS, H. T., HEYMANN, H. Sensory evaluation of food: Principles and practices. 2nd Ed. Springer Verlag: New York, 2010. 596.
- MANCINI, S., MATTIOLI, S., NUVOLONI, R., PEDONESE, F., DAL BOSCO, A., PACI, G. Effects of Garlic Powder and Salt on Meat Quality and Microbial Loads of Rabbit Burgers. *Foods* 2020, 9, 1022
- ONDRUŠKA, L., CHRÁSTINOVÁ, L., RAFAY, J., POSPÍŠILOVÁ, D., P ARKÁNY, V. Effect of humic substances and probiotics on growth performance and meat quality of rabbits. *Potravinárstvo*, 2012, 6, 2, 39-41.
- LAWLESS, H. T., HEYMANN, H. Sensory evaluation of food: Principles and practices. 2nd Ed. Springer Verlag: New York, 2010. 596.
- MANCINI, S., MATTIOLI, S., NUVOLONI, R., PEDONESE, F., DAL BOSCO, A., PACI, G. Effects of Garlic Powder and Salt on Meat Quality and Microbial Loads of Rabbit Burgers. *Foods* 2020, 9, 1022
- ONDRUŠKA, L., CHRÁSTINOVÁ, L., RAFAY, J., POSPÍŠILOVÁ, D., P ARKÁNY, V. Effect of humic substances and probiotics on growth performance and meat quality of rabbits. *Potravinárstvo*, 2012, 6, 2, 39-41.
- OZTURK, E., OCAK, N., TURAN, A., ERENER, G., ALTOP, A., CANKAYA, S. Performance, carcass, gastrointestinal tract and meat quality traits, and selected blood parameters of broilers fed diets supplemented with humic substances. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2012, vol. 92, no. 1, 59-65.
- SEMJON, B., MARCINČÁKOVÁ, D., KORÉNEKOVÁ, B., BARTKOVSKÝ, M., NAGY, J., TUREK, P., MARCINČÁK, S. Multiple factorial analysis of physicochemical and organoleptic properties of breast and thigh meat of broilers fed a diet supplemented with humic substances. *Poultry Science*, 2020, 99, 1750-1760.
- TRCKOVÁ, M., MATLOVÁ, L., HUDCOVÁ, H., FALDYNA, M., ZRALY, Z., DVORSKÁ, L., BERAN, V., PAVLIK, I. Peat as a feed supplement for animals: a literature review. *Veterinary medicine*. 2005; 50, 8, 361-377.
- VUCSKITS, A. V., HULLÁR, I., BERSÉNYI, A., ANDRÁSOF SZKY, E., KULCSÁR, M., SZABÓ, J. Effect of fulvic and humic acids on performance, immune response and thyroid function in rats. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2010, 94,6, 721-728.
- WANG, H., CHEN, Y.J., YOO, J.S., KIM, H.J., CHO, J.H., KIM, L.H. Effect of supplemental humic substances on growth performance, blood characteristics and meat quality of finishing pigs. *Livestock Science*. 2008, 117, 270–274.
- WANG, Q., YING, J., ZOU, P., ZHOU, Y., WANG, B., YU, D., ZHAN, X. Effects of dietary supplementation of humic acid sodium and zinc oxide on growth performance, immune status and antioxidant capacity of weaned piglets. *Animals*, 2020,10,11, 2104.



GRANT journal

◇ Průmysl  
◇ Industry



# MSC Adams based kinematic analysis of Klann's linkage mechanism

Leo Brada<sup>1</sup>  
Barbara Schürger<sup>2</sup>  
Peter Frankovský<sup>3</sup>  
Lubica Miková<sup>4</sup>  
Darina Hroncová<sup>5</sup>  
Erik Prada<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Department of Industrial Automation and Mechatronics, Faculty of Mechanical Engineering, Technical University of Košice (KPAaM SJF TU); Park Komenského 8, 042 00 Košice, Slovakia; leo.brada@tuke.sk

<sup>2</sup> email: barbara.bacova@tuke.sk

<sup>3</sup> email: peter.frankovsky@tuke.sk

<sup>4</sup> email: lubica.mikova@tuke.sk

<sup>5</sup> email: darina.hroncova@tuke.sk

<sup>6</sup> email: erik.prada@tuke.sk

Grant: VEGA 1/0152/24 and KEGA 008TUKE-4/2024

Name of the Grant: Development of non-destructive mechanics methodologies for the evaluation of mechanical properties of additively manufactured elements, and Implementation of machine learning methods in the teaching of industrial automation and robotics

Subject: JD - Use of computers, robotics and its application

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

**Abstract** The paper presents the kinematic analysis of Klann's linkage mechanism using MSC Adams simulation software. The paper states the use cases of the linkage and methods of analyzing its kinematic properties. The linkage creation process is presented along with adding the required constraints and joints. Simulations are focused on evaluating the behavior of the mechanism along with the trajectory, velocity, and acceleration of significant points. Significant points analyzed are the driving crank and the end of the link touching the ground. The results of the analysis are displayed graphically thus representing the mechanism motion.

**Keywords** simulation, mechanism, analysis, trajectory, angular rotation, angular velocity, angular acceleration

## 1. INTRODUCTION

Robot walking mechanisms, a fascinating blend of engineering and biology, have captivated researchers and enthusiasts alike. These mechanisms enable robots to traverse diverse terrains, from flat surfaces to rugged landscapes, mimicking the natural gait of animals. There are 5 methods of robotic movement widely utilized in the industry namely wheeled, tracked, bipedal, aerial, and crawling. Over the millennia animal locomotion adapted to all sorts of terrains and environments making it the most dynamic way of movement. Dynamic movement and adaptability are complicated to recreate using mechanical components. This interdisciplinary approach, drawn from fields like biology, mechanics, and control engineering, has led to the creation of innovative walking robots that push the boundaries of robotic capabilities. The major advantage of mimicking animal-like movement is its agility and adaptability to the terrain thus making it more versatile than wheeled or tracked vehicles. Stability and efficiency are the main problems and focus points when designing the animal-like movement system. Every

movement or motion mechanism consists of 2 components called links and joints. These components create linkage. Linkage can be described as a mechanical assembly of rigid bodies connected with joints that allow relative motion between the bodies. Relative motion can be either translational or rotational. When talking about the robotic arm motion system, the endpoint of the last link has an end effector connected to it. This end effector can be either a tool, such as a welder, or a gripper. Grippers can be created to mimic human hands utilizing linkage design. Robotic movements with linkage-based mechanisms can be created by creating rotational joints between the rigid bodies. The endpoint of a link touching the ground will create the desired motion. All movement linkages are different in the trajectory of the endpoint. Many mechanisms have been designed over the years such as the Jansen linkage, Ghassaei linkage, and many more. These mechanisms are best suited for simple yet energy-efficient walking mechanisms. The big advantage of linkages is the ease of control because they are controlled by a single actuator turning the "crank". The crank is the only link connected to the motor via a gear wheel to ensure the smooth circular motion of the mechanism. The linkage-based movement has only 1 degree of freedom (DOF) due to its use of only one actuator. On the other hand, the more complex mechanisms such as robotic arms have more DOF because of more complex control systems utilizing large numbers of actuators. In most cases, the actuators are electric, servo motors, and stepper motors to be precise. In the case of this paper, the mechanism that will be analyzed is the Klann walking mechanism also known as Klann linkage. This walking mechanism was designed by Joe Klann in 1994. Due to its design, its trajectory offers both the high step and long horizontal movement. The design can be further modified by adjusting the length of links. Sheba et al. proposed 5 different configurations that drastically change the gait of the linkage. Proposed configurations are for step climbing, to avoid jamming while walking, and for digitigrade, hammering, and digging motion. Horizontal and vertical movement is adjusted this way thus making the movement more

versatile. The Klann mechanism is best used as a movement mechanism for a robotic spider or crab movement and can be used for an amphibious robot movement too. Based on the curvature of the step Klann mechanism is best used for overcoming obstacles and for movement in gravel, sand, and soil ground [1-7, 11-12].

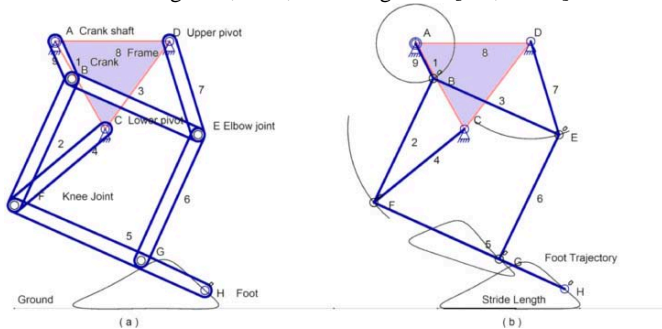


Fig. 1 Linkage-based mechanism for robotic movement [6]

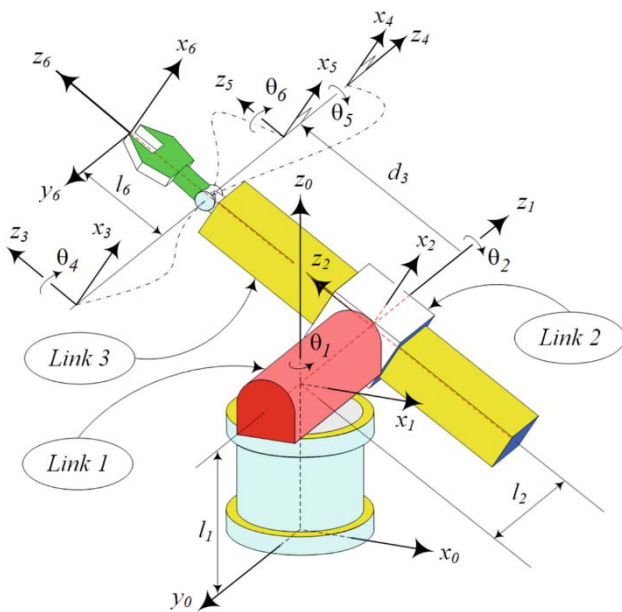


Fig. 2 Linkage-based mechanism of cylindrical manipulator [7]

## 2. KINEMATIC ANALYSIS METHODS

Two methods are used to solve kinematic analyses: kinematic vector analysis and computer-aided kinematic analysis. Kinematic vector analysis is a graphical method of calculating the motion parameters of every point of the mechanism. The mechanism is divided into smaller sub-mechanisms and calculated gradually. Based on the length of the crank the angular velocity of the endpoint of the crank is calculated. This velocity is used for further calculations of all points of the mechanism. It is important to remember that the points represent links, and some links do not move relative to each other because they have a fixed angle between them. More attention was given to graphical methods in the authors' previous work [8-9].

Nowadays computer simulations are most used in industry due to their robustness, ease of use, and many simulation options. Mechanisms are modeled and forces, constraints, and other functions are applied. There are 2 types of computer modeling: mathematical and multibody modeling. Mathematical modeling is a form of modeling the mechanism by defining the properties of elements with mathematical equations. Motion and kinematical dependencies are also derived from equations. This approach is very time-consuming and requires a complex understanding of the physics and mathematics behind the mechanism created. Because of

these reasons, mathematical modeling is most suited for solving simple models with low DOF. Software used for this type of simulation is Mathematica, Matlab, or Maple. Multibody modeling is much simpler because the mechanism is modeled by defining the geometry of bodies with various shapes. This kind of modeling is simple and intuitive. Joint connections and their movement are also determined by the functions applied to the joints. Forces are also applied to either the joints or the links themselves. Software suited for this method is Matlab, Simulink, and MSC Adams [8].

In this paper, the multibody analysis will be performed, and the motion parameters of significant points will be analyzed. The biggest advantage of computer-aided analysis is that users can efficiently create and modify the mechanism. Initial conditions, forces, constraints, and other functions can easily be added and modified for optimization purposes. Robust simulations and analysis are performed. The results of the analysis are in the form of graphs, tables, and motion trajectories. Based on these outputs the mechanism and parameters of the simulation can be modified for further testing. In this paper, the software MSC Adams was chosen as best for this analysis [9].

## 3. KLANN MECHANISM ANALYSIS

As previously mentioned, the dimensions of the linkage can be modified to better suit the specific application. For this case, the standard dimensions given by the author Joe Klann were used [10].

Link	Length [mm]	Joint	Angle [°]
1	110	$\alpha$	13
2	288	$\beta$	26
3	130	$\gamma$	45
4	182	$\delta$	170
5	265	$\epsilon$	160
6	222		
7	490		
1*	206.57		
2*	130		
3*	61.45		
4*	266.16		

Table 1. Dimensions of the Klann mechanism

The Klann mechanism was modeled using simple bodies called links with a fixed width and depth of 20 mm. The triangular body was created as the Plate. The plate was placed first and all the other links were added sequentially to ensure proper mechanism dimensions. After modeling the mechanism, the constraints were added namely revolute and fixed joints. Revolute joints were added between each link and fixed joints were added as shown in Fig. 3. Joint D was set as fixed between the triangular plate and the environment. The rotational joint motion was placed on joint A. Since joint A is a rotational joint between the triangular plate and link 1, point B of link 1 is free to move. Adding this motion made link 1 a crank which will move the entire mechanism.

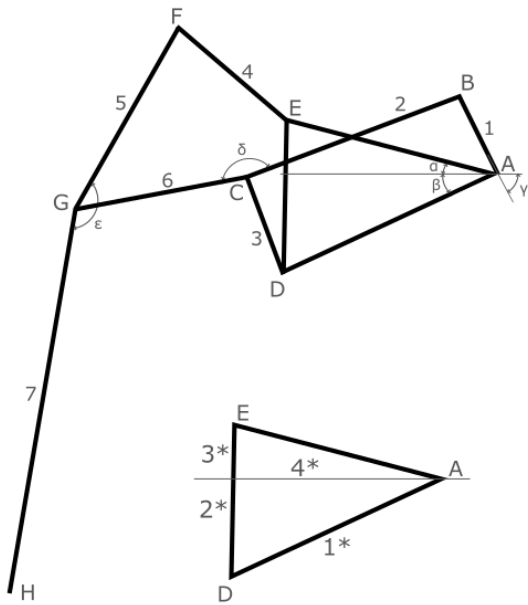


Fig. 3 Diagram of Klann mechanism

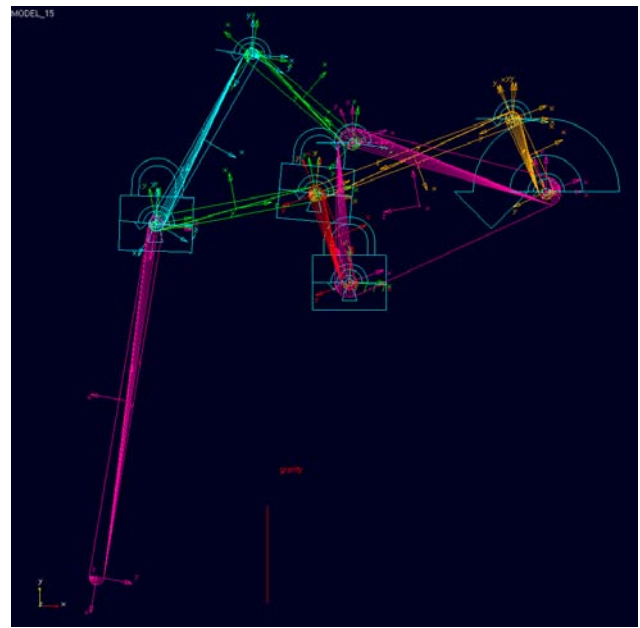


Fig. 5 Finalized Klann mechanism in MSC Adams

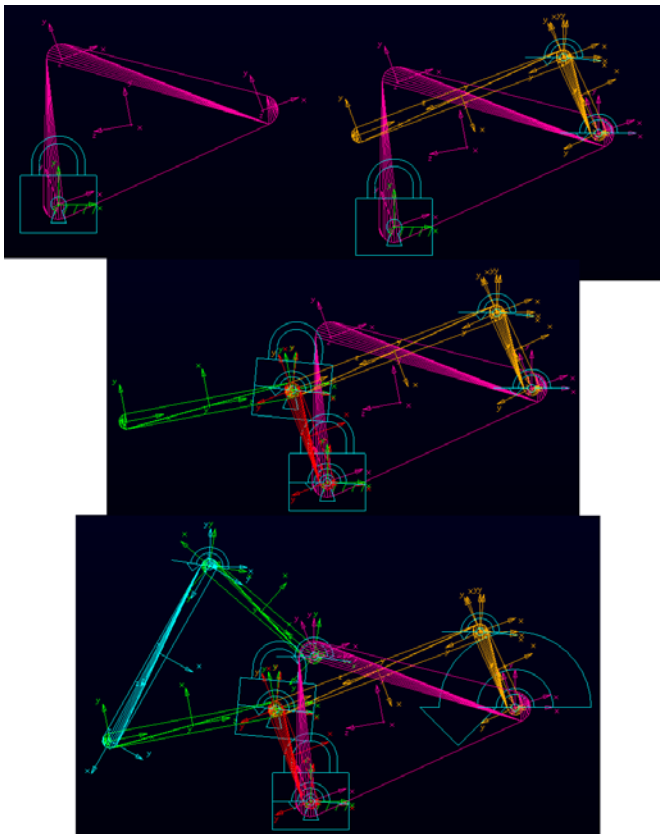


Fig. 4 Modeling of the Klann linkage

Using the Animation control module the motion trajectories of all significant points were drawn and subsequently, the trajectories of the centers of gravity of all links were drawn. The two most significant points to analyze and compare with each other are point B representing the crank and point H representing the foot of the mechanism. The Postprocessor module was used to generate graphs of the positions, angular velocity, and angular acceleration of the most significant points. Lastly, the position of end point H compared to the angle of the crank B was added to display the change of endpoint location in different angles of the crank.

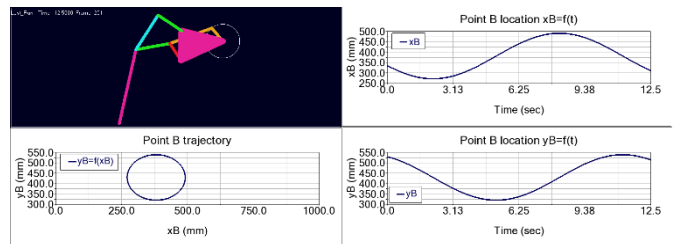


Fig. 6 Trajectory of point B at time t

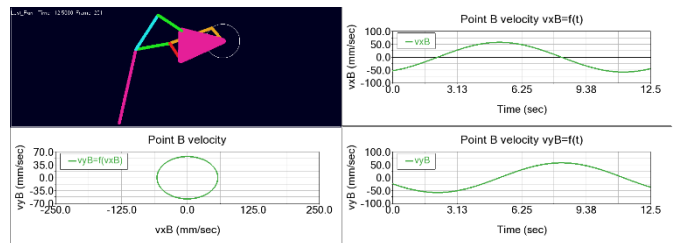


Fig. 7 Angular velocity of point B at time t

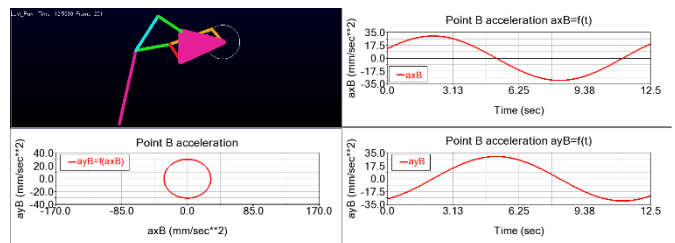


Fig. 8 Angular acceleration of point B at time t

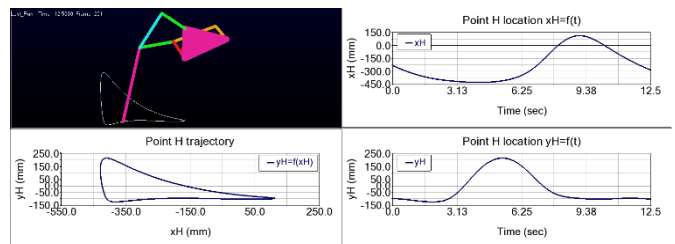


Fig. 9 Trajectory of point H at time t

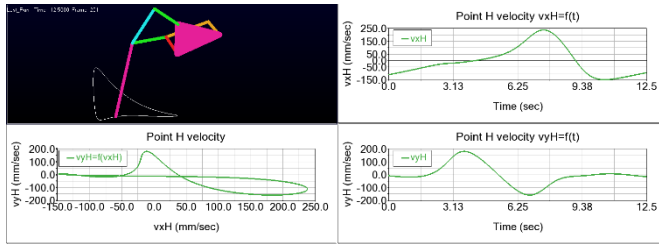


Fig. 10 Angular velocity of point H at time t

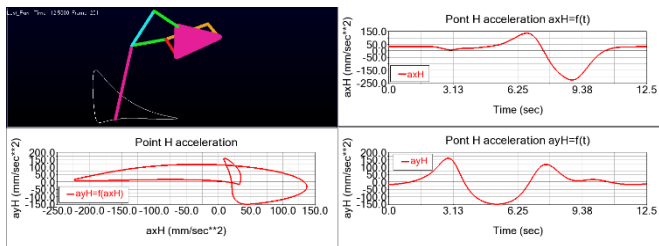


Fig. 11 Angular acceleration of point H at time t

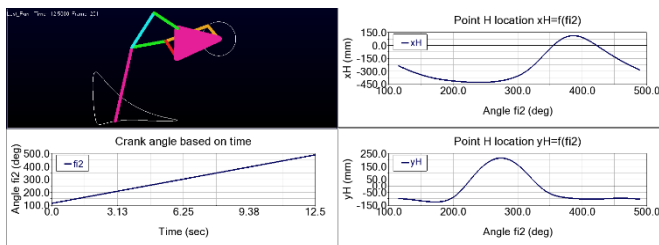


Fig. 12 Position of point H based on the angle of the crank

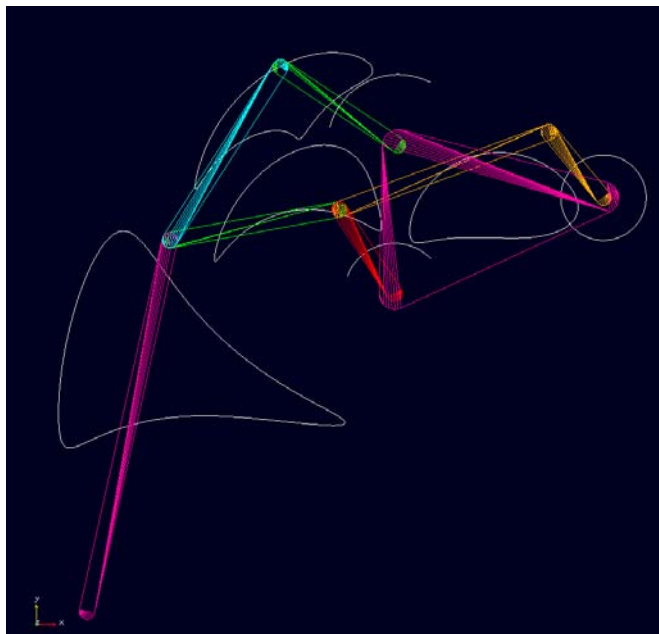


Fig. 13 Motion trajectory of significant points of Klann mechanism

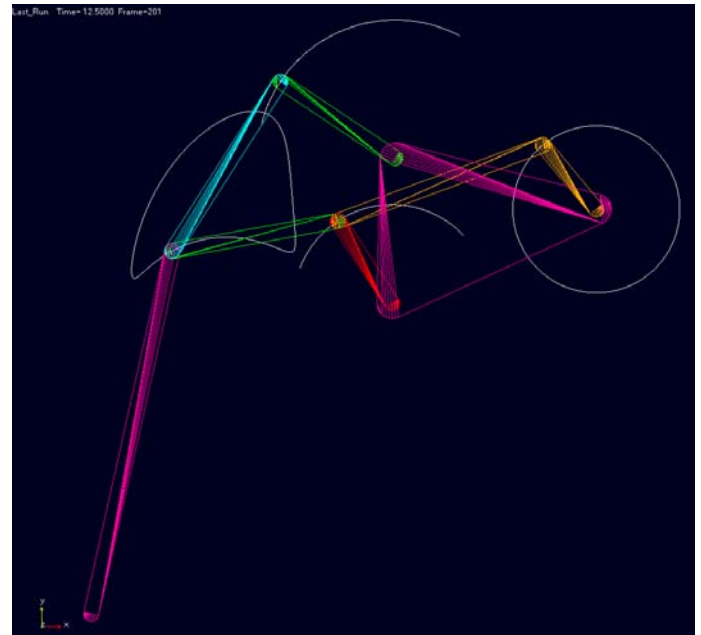


Fig. 14 Motion trajectory of centers of gravity of links of Klann mechanism

#### 4. CONCLUSION

Kinematic analysis is a powerful tool for evaluating robotic mechanisms. The Klann linkage mechanism was investigated, and its use as a spider movement was discussed. Modularity of the mechanism was also discussed. Computer-aided simulation software MSC Adams was utilized to perform the kinematic analysis of the linkage. The simulation generated graphs of position, angular velocity, and angular acceleration of significant points. Output graphs provide valuable insights into the mechanism's motion. Motion trajectories were also drawn displaying the movement of all significant points and centers of gravity of all links.

#### Sources

1. CRAIG, J.J. 2005. Introduction to robotics: mechanics and control. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.
2. SICILIANO, B., KHATIB, O. 2008. Handbook of Robotics. Heidelberg, Berlin Springer-Verlag.
3. Vanitha, U., et al. "Research Article Mechanical Spider Using Klann Mechanism." Sch. J. Eng. Tech. 3.9 (2015): 737-740.
4. Gutarra, A., Palomino, S., Alegria, E.J. (2021). Hexapod Walking Mechanism Based on the Klann Linkage for a 2DoF Amphibious Robot. In: Pucheta, M., Cardona, A., Preidikman, S., Hecker, R. (eds) Multibody Mechatronic Systems. MuSMe 2021. Mechanisms and Machine Science, vol 94. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-60372-4\\_34](https://doi.org/10.1007/978-3-030-60372-4_34)
5. Ruan, Q., Wu, J. & Yao, Ya. Design and Analysis of a Multi-Legged Robot with Pitch Adjustable Units. Chin. J. Mech. Eng. 34, 64 (2021). <https://doi.org/10.1186/s10033-021-00578-z>
6. Desai, Shivamanappa G., Anandkumar R. Annigeri, and A. TimmanaGouda. "Analysis of a new single degree-of-freedom eight link leg mechanism for walking machine." *Mechanism and machine theory* 140 (2019): 747-764.
7. Jazar, R.N. (2022). Introduction. In: Theory of Applied Robotics. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-93220-6\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-93220-6_1)
8. Brada, L., et al. "Movement analysis of Jansen's linkage-based utilizing the MSC Adams software" Grant Journal vol. 13, issue 01, ISSN 1805-062X, 1805-0638 (online)



9. Brada, L., et al. "Conducting an examination of the trajectory and workspace of the manipulator within the matlab environment." *Ad Alta: Journal of Interdisciplinary Research* 13.2 (2023).
10. Manikanta, Komma Siva, and Mr John Silvester Raju. "Klann Mechanism." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 981. No. 4. IOP Publishing, 2020.
11. Sheba, Jaichandar Kulandaidasan, et al. "Synthesizing reconfigurable foot traces using a Klann mechanism." *Robotica* 35.1 (2017): 189-205.
12. Kavlak, Koray, and Ibrahim Ali Kartal. "Kinematic analysis of mobile robot with Klann walking mechanism." *2021 3rd International Congress on human-computer interaction, optimization and robotic applications (HORA)*. IEEE, 2021.

# Singularities of a planar parallel 3-RTR mechanism – a screw theory approach

Mária Michalková<sup>1</sup>  
Branislav Ftorek<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Applied Mathematics, Faculty of Mechanical Engineering, University of Žilina, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovakia; maria.michalkova@fstroj.uniza.sk

<sup>2</sup> Department of Applied Mathematics, Faculty of Mechanical Engineering, University of Žilina, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovakia; branislav.ftorek@fstroj.uniza.sk

Grant: KEGA projects No. 029ŽU-4/2022 and No. 025ŽU-4/2024

Name of the Grant: KEGA No. 029ŽU-4/2022 Implementation of the principles of blended learning into the teaching of the subject Numerical Methods and Statistics, KEGA No. 025ŽU-4/2024 Implementation of new didactic tools to increase the quality of mathematics teaching in the engineering degree at technical universities

Subject: JD - Use of computers, robotics and its application

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

**Abstract** The aim of this paper is to summarise the mathematical basics of the Screw theory and its application in mechanics. The paper provides methodology for finding the input-output equation for velocities of the parallel mechanism, that allows to obtain the velocities of the effector and of the actuated kinematic couples. This algorithm is applied to a 3 degrees of freedom planar parallel 3-RTR mechanism where we determine the input-output equation for velocities and based on this we investigate the singularities of the moving platform.

**Keywords** Distribution fitting, parameter estimation, goodness-of-fit test

## 1. INTRODUCTION

Computational methods in robotics play a significant role, primarily due to the constantly increasing complexity of robotic devices, requirements for the accuracy and stability of motion control, prediction of properties even in the design phase. Such tasks cannot be performed without detailed knowledge of the kinematics and dynamics of robotic devices, whether with a serial or parallel kinematic structure. Several proven approaches are currently used for the kinematic and dynamic analysis of mechanisms, such as the formulation of motion equations and the description of the kinematic structure based on Denavit-Hartenberg notation, using Euler angles, etc. Many of these methods have a very good application in mechanisms with a serial kinematic structure. On the other hand, for mechanisms with a parallel or hybrid structure, we are not always able to arrive at a reliable solution with these conventional approaches.

One of the methods for solving the kinematics of mechanisms is Screw theory. This theory provides mathematical tools for solving many tasks - from investigating the mobility of mechanisms, solving the direct and inverse problem for velocities, detecting singular positions to considering redundant actuators. The singularities influence many performances, including the workspace, dexterity, stiffness and load capacity of parallel robots. At singular

configuration, the robot loses control over degrees of freedom. Either the robot gains one or more unexpected degrees of freedom what causes the degradation of natural stiffness and decrease of the load capacity in the direction of the additional degree of freedom, or the robot lies at a dead point where it is not able to be controlled. [1] In this paper, we focus on investigating the singularities of the planar parallel 3-RTR mechanism with asymmetrical position of the actuators in the limbs.

The organization of the paper is as follows: in section 2, the basics of the Screw theory are summarized. Section 3 presents the application of the theory to the mechanics. In section 4, we continue in the mechanical applications with differential kinematics of parallel mechanisms. Section 5 provides the velocity equation and the singularity analysis of the planar parallel 3-RTR mechanism.

## 2. MATHEMATICAL CONCEPT OF SCREW THEORY

In this section, we clarify the basic concepts of the Screw theory mathematical apparatus. We define the concept of a screw as a dual vector, its characteristics, as well as operations with screws.

### 2.1 Screw, line vector, couple

A screw  $\$$  is an ordered pair of vectors  $\mathbf{s}, \mathbf{s}^0 \in R^3$ , written in the form of a dual vector

$$\$ = (\mathbf{s}, \mathbf{s}^0).$$

Vector  $\mathbf{s}$  represents the direction of the screw axis. Screw pitch

$$h = \frac{\mathbf{s} \cdot \mathbf{s}^0}{\mathbf{s} \cdot \mathbf{s}}$$

is the numerical characteristic of the screw. Operation „ $\cdot$ “ represents the scalar product of vectors. In special case, when  $h = 0$ , such a screw is called a line vector or also Plücker coordinates of a line. The dual part  $\mathbf{s}^0$  represents the moment of the line to the origin of the coordinate system and is defined as the vector product of the

direction vector  $\mathbf{s}$  of the line and the position vector  $\mathbf{r}$  of any point on the line

$$\mathbf{s}^0 = \mathbf{r} \times \mathbf{s}.$$

The primary and dual parts of the line vector fulfil the orthogonality condition

$$\mathbf{s} \cdot \mathbf{s}^0 = 0.$$

If the pitch  $h = \infty$ , such a screw is called a couple, denoted as  $\$ = (\mathbf{0}, \mathbf{s})$ , under the condition  $\mathbf{s} \neq \mathbf{0}$ . [2] A couple is thus a screw with an infinite pitch, which axis has a given direction, but with an arbitrary location in space.

## 2.2 Operations with screws

On the set of screw one can define the following operations:

Let  $\$ = (\mathbf{s}, \mathbf{s}^0)$ ,  $\$_1 = (\mathbf{s}_1, \mathbf{s}_1^0)$ ,  $\$_2 = (\mathbf{s}_2, \mathbf{s}_2^0)$  be two arbitrary screw and let  $\lambda \in R$ . Then

The sum of screws [3]

$$\$_1 + \$_2 = (\mathbf{s}_1, \mathbf{s}_1^0) + (\mathbf{s}_2, \mathbf{s}_2^0) = (\mathbf{s}_1 + \mathbf{s}_2, \mathbf{s}_1^0 + \mathbf{s}_2^0)$$

The product of a screw and a scalar [3]

$$\lambda \$ = \lambda (\mathbf{s}, \mathbf{s}^0) = (\lambda \mathbf{s}, \lambda \mathbf{s}^0)$$

The results of both these operations are screws, too.

Alongside the mentioned operations, we define also the reciprocal product of screws. Let  $\$_1 = (\mathbf{s}_1, \mathbf{s}_1^0)$ ,  $\$_2 = (\mathbf{s}_2, \mathbf{s}_2^0)$  be arbitrary screws. Then the operation „ $\circ$ “, defined as

$$\$_1 \circ \$_2 = (\mathbf{s}_1, \mathbf{s}_1^0) \circ (\mathbf{s}_2, \mathbf{s}_2^0) = \mathbf{s}_1 \cdot \mathbf{s}_2^0 + \mathbf{s}_2 \cdot \mathbf{s}_1^0, \quad (1)$$

is called the reciprocal product of screws. [2] The matrix form of the reciprocal product is as

$$\$_1 \circ \$_2 = \$_1 \Delta \$_2^T,$$

where  $\Delta$  is a 6x6 square matrix in the form

$$\Delta = \begin{bmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{I} \\ \mathbf{I} & \mathbf{0} \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Matrix  $\mathbf{I}$  je a unit matrix,  $\mathbf{0}$  is the null matrix, both of dimension 3x3. The result of the reciprocal product is a scalar. Two screws  $\$_1 = (\mathbf{s}_1, \mathbf{s}_1^0)$ ,  $\$_2 = (\mathbf{s}_2, \mathbf{s}_2^0)$  are called reciprocal if

$$\$_1 \circ \$_2 = 0.$$

Let us consider a screw in the form  $\$ = (l, m, n | p, q, r)$ . The coordinates of the primary and the secondary part of the reciprocal screw  $\$^r = (\bar{l}, \bar{m}, \bar{n} | \bar{p}, \bar{q}, \bar{r})$  is obtained from the equation

$$p \cdot \bar{l} + q \cdot \bar{m} + r \cdot \bar{n} + l \cdot \bar{p} + m \cdot \bar{q} + n \cdot \bar{r} = 0. \quad (3)$$

Since we have six unknown coordinates and only one equation, there will exist  $\infty^5$  solutions. However, it makes sense to consider only linearly independent solutions, which reduces the number to five screws. In addition, for reciprocal screws are unit screws, i.e. their primary part is a unit vector. For a simpler interpretation of the found reciprocal screws, the reciprocity conditions of some pairs of the screws:

- Two line vectors are reciprocal if and only if they lie in a plane.
- Two couples are always reciprocal.
- A line vector and a couple are reciprocal if and only if they are orthogonal. [2]

## 2.3 Linear (in)dependency of screws

Similarly as with vectors, there can be defined a linear dependency/independency of screws since they are dual vectors. The screws  $\$_1(\mathbf{s}_1, \mathbf{s}_1^0)$ ,  $\$_2 = (\mathbf{s}_2, \mathbf{s}_2^0)$ , ...,  $\$_n = (\mathbf{s}_n, \mathbf{s}_n^0)$  are said to be linearly independent if

$$\begin{aligned} c_1 \$_1 + c_2 \$_2 + \dots + c_n \$_n \\ = c_1 (\mathbf{s}_1, \mathbf{s}_1^0) + c_2 (\mathbf{s}_2, \mathbf{s}_2^0) + \dots + c_n (\mathbf{s}_n, \mathbf{s}_n^0) \\ = (\mathbf{0}, \mathbf{0}) \end{aligned}$$

and the real coefficients  $c_1, c_2, \dots, c_n$  are all equal to zero. Otherwise, the screws are said to be linearly dependent. With respect to the fact that the screw as a dual vector has six coordinates, in the 3D space there exist at most six linearly independent screws. [2] When solving the problem of linear (in)dependency of the screws, we proceed in the same way as for vectors.

## 3. SCREW THEORY IN MECHANICS

Any change in the position of a rigid body in space can be achieved by rotating the body around an axis and then moving it in the direction of the given axis. When these two movements are carried out simultaneously, it is nothing more than the movement of the body along a path in the shape of a helix. [4] In this section, we define the motion and force screws, which allow us to connect the concept of screw from the previous section with the concepts of speed, force and moment of forces. We also focus on the respective kinematic pairs expressed by means of screws.

### 3.1 Motion screw

Let us consider a rigid body that rotates in the space with an angular velocity  $\omega$  around the axis defined by the direction vector  $\mathbf{s}$ . If we express the rotation axis as a line vector, then it is possible to describe the rotation of the body by an angular velocity line vector as

$$\omega \$ = \omega (\mathbf{s}, \mathbf{s}^0) = (\omega, \omega \mathbf{s}^0). \quad (4)$$

The dual part of the line vector (4)

$$\omega \mathbf{s}_0 = \omega (\mathbf{r} \times \mathbf{s}) = \mathbf{r} \times (\omega \mathbf{s}) = \mathbf{r} \times \omega = \mathbf{v}_0,$$

represents the velocity of a point coincident with the origin. Thus, one can express the rotational motion of a rigid body by a motion screw, called twist, in the form

$$\omega \$ = (\omega, \mathbf{v}_0).$$

If the rotation axis passes through the origin, the form of the twist is  $\omega \$ = (\omega, \mathbf{0})$  since the location vector  $\mathbf{r}$  is zero vector. [2]

Let us consider the rigid body, that moves with a translational velocity  $\mathbf{v}$  in the direction of  $\mathbf{s}$ . The vector of instantaneous translational velocity is given as

$$\mathbf{v} = \mathbf{v} \mathbf{s}.$$

During the translation, each point of the rigid body draws the same trajectory. This means, that if we move the vector  $\mathbf{s}$  parallel to its original placement, the velocity vector  $\mathbf{v}$  does not change. In Screw theory, this can be expressed as a couple  $\$ = (\mathbf{0}, \mathbf{s})$ . Therefore, the translation of the rigid body as a state can be described by a screw

$$\mathbf{v} \$ = \mathbf{v} (\mathbf{0}, \mathbf{s}) = (\mathbf{0}, \mathbf{v}). \quad (5)$$

The translation can be regarded as a rotation around the axis orthogonal to  $\mathbf{s}$ , that lies in infinity. [2]

General motion then corresponds to a sum of translational and rotational motion. Expressed as screws using (4) and (5) we gain the motion state of the rigid body as

$$\omega \$ + \mathbf{v} \$ = (\omega, \omega \mathbf{s}^0) + (\mathbf{0}, \mathbf{v} \mathbf{s}) = (\omega, \omega \mathbf{s}^0 + \mathbf{v} \mathbf{s}).$$

The pitch of the twist

$$h = \frac{v}{\omega}$$

is given as a ratio of translational velocity of the rigid body moving in the direction of the screw axis and the angular velocity of the body rotating around this axis. [5]

### 3.2 Force screw

Similarly, we can unify the force and the moment of forces into one common expression employing the screw.

Let the force  $f$  acts on a rigid body in the direction of vector  $s$ , then the force vector can be written in the form of product  $f s$ . Simultaneously, force  $f$  causes the presence of the moment of forces  $M_0$  about the origin in the rigid body such as

$$M_0 = r \times f = r \times f s = f(r \times s) = f s^0.$$

The force acting on a body in the direction of  $s$  is given as a screw

$$(f, M_0) = (f s, f s^0) = f(s, s^0) = f \$.$$

Now let us consider that there are two parallel equally large, oppositely oriented forces  $f_1$  and  $f_2$  acting on a body. The effect of these forces creates a moment of the pair of forces  $M$ , which acts in the direction of the vector  $s$  perpendicular to the plane of the acting forces  $f_1, f_2$ . The action of a pair of forces can be written as the screw  $M(0, s)$ .

If a system of forces and moments of forces acts on a rigid body, we can write it down as the action of the resulting force and the resulting moment of forces using a wrench in the form

$$f \$ = f(s, s^0) = (f, M^0) = f(s, s_0 + h_f s),$$

where  $h_f$  is the wrench pitch – a ratio of the moment of the forces acting in the direction of the screw and resulting force. [5]

### 3.3 Kinematics of pairs

To determine the mobility of a mechanism using screws, we use the reciprocal product of screws (1). The reciprocal product of the force and motion screw represents the instantaneous work due to the force acting on the moving body. However, the coupling forces (moments of forces) do not induce any work when acting on the body, i.e. the reciprocal product of such a screw with a motion screw is zero. Regardless of the magnitude of the force acting in this way, the state of motion of the body does not change. If the screw  $\$$  determines the free movement of the body, then the reciprocal screw  $\$^r$  represents the constraint (force or moment) with respect to the removed degree of freedom. Conversely, if  $\$$  represents a constraint, then  $\$^r$  represents the movement that the constraint allows the body. [2]

Let us now consider a rigid body that is connected by a geometric constraint to a mechanism, and this constraint removes  $j$  degrees of freedom from the body,  $j < 6$ . The set of all linearly independent motion screws describing the movements that the given constraint allows for the body is called the motion system of the body  $S_m$ . The set of all linearly independent screws that are simultaneously reciprocal to all screws of the motion system  $S_m$  is called the reciprocal force system  $S^R$ . It is true that the sum of free movements and constraints is always six, therefore

$$\dim(S_m) + \dim(S^R) = 6.$$

To each reciprocal force system  $S^R$  we can assign a constrained motion system  $S_m^C$ , which contains in a screw expression the movements limited by the given geometric constraint. For the coupling motion screws bound to the coupling force screws, the following holds: If the force screw is  $\$^r = (s, s_0 + h s)$ , then the motion screw expressing the motion limited by the  $\$^r$  constraint is given by [5]

$$\$^C_m = (s, s_0 + \frac{1}{h} s).$$

In the following section, we will describe the individual types of body constraints in space using motion screws and constraints that are in the form of reciprocal screws to them. For simplicity, we will only list constraints with one degree of freedom.

Let us consider two members connected by a rotational joint. We define a cartesian coordinate system according to fig. 1.

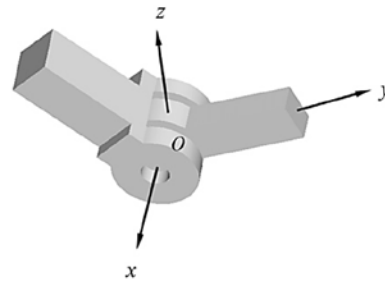


Fig. 1. Cartesian coordinate system for the rotational joint. [5]

The x-axis corresponds to the joint axis. Then the motion screw expressing the free motion is given by

$$\$ = (1, 0, 0 | 0, 0, 0).$$

For two members connected by a prismatic joint, we define the cartesian coordinate system according to fig. 2. The direction of displacement is defined in the direction of the x-axis. Then the motion screw expressing the free motion is given by

$$\$ = (0, 0, 0 | 1, 0, 0).$$

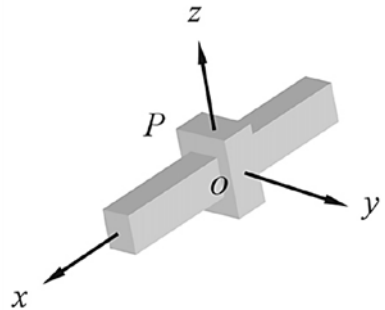


Fig. 2. Cartesian coordinate system for the prismatic joint. [5]

Now let us consider two members connected by a screw connection with a screw pitch  $h$ . We define the cartesian coordinate system according to fig. 3. The x-axis corresponds to the screw axis. Then the motion screw expressing the free movement is given by

$$\$ = (1, 0, 0 | h, 0, 0).$$

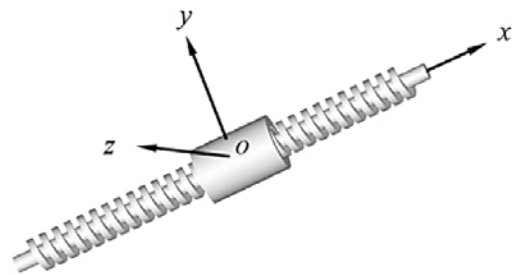


Fig. 3. Cartesian coordinate system for a helical joint. [5]



Other joints can be expressed as combination of the mentioned joints. Therefore, their screw expressions are combinations of the defined screws.

#### 4. KINEMATIC ANALYSIS

An integral part of the analysis of the mechanism is its kinematic model, which is necessary both for the solution of its dynamics, as well as for its control and simulation. The task of kinematic analysis is to define the course of the position and orientation of the end effector over time, its speed and acceleration, or other higher derivatives of the position. Within kinematics, we distinguish four basic tasks:

- direct problem for location,
- inverse problem for position,
- direct problem for velocities,
- inverse problem for velocities.

##### 4.1 The velocity equation

Let us consider the open kinematic chain that consists of the members, denoted as  $j, j + 1, j + 2, \dots, m - 2, m - 1, m$ . These members are joint together with helical pair where  ${}^k\mathcal{S}^{k+1}$  denotes the helical pair between members  $k$  and  $k + 1$ . Then the velocity of member  $m$  with respect to member  $j$  is given as

$${}^jV^m = \omega_{j,j+1} {}^j\mathcal{S}^{j+1} + \omega_{j+1,j+2} {}^{j+1}\mathcal{S}^{j+2} + \dots + \omega_{m-1,m} {}^{m-1}\mathcal{S}^m. \quad (6)$$

If the  $j$ -th member is the base of the serial robot and the  $m$ -th member is the end effector, one gains the equation for relative velocity of the end effector in the screw form. [3] At the same time, we get the solution of the direct tasks for speeds. The resulting velocity is found based on one configuration of the robot and the relative velocities of its members. [6] Writing the equation (6) in the matrix form

$$({}^0V^n)^T = J \cdot \Omega, \quad (7)$$

where

$$J = (({}^0\mathcal{S}^1)^T \quad ({}^1\mathcal{S}^2)^T \quad \dots \quad ({}^{n-1}\mathcal{S}^n)^T) \quad (8)$$

is the Jacobi matrix (Jacobian) and

$$\Omega = (\omega_{0,1} \quad \omega_{1,2} \quad \omega_{2,3} \quad \dots \quad \omega_{n-1,n})^T \quad (9)$$

the vector of relative velocities, we can find the solution of the inverse problem for velocities, as well. Multiplying (7) from left with an inverse  $J^{-1}$  leads to the vector of relative velocities (9) in the form

$$\Omega = J^{-1}({}^0V^n)^T.$$

In the case of a parallel mechanism, the relative velocity of the moving platform as the end effector of the mechanism must be the same, regardless of the limb that is used to get the equation (6). The main problem lies within the fact that not all the kinematic pairs in the parallel mechanism are controlled. The solution is to eliminate the passive kinematic pairs in (6) by reciprocal multiplication. Repeating the process of multiplying (6) with the screw reciprocal simultaneously to all the screws of the passive joints in the limb through all the limbs of the mechanism leads to a system of equations, given in matrix form

$$A\Delta V^p = B\Omega_a, \quad (10)$$

where

$$A = [{}^R_1 \quad {}^R_2 \quad {}^R_3 \quad {}^R_4 \quad {}^R_5 \quad {}^R_6] \quad (11)$$

is the matrix of screws reciprocal to screws of passive joints in respective limbs.  $\Delta$  is the operator of polarity defined in (2),

$$B = \text{diag}[{}^R_1 \circ {}^R_{a_1}, {}^R_2 \circ {}^R_{a_2}, {}^R_3 \circ {}^R_{a_3}, {}^R_4 \circ {}^R_{a_4}, {}^R_5 \circ {}^R_{a_5}, {}^R_6 \circ {}^R_{a_6}] \quad (12)$$

is the diagonal matrix of coefficients and

$$\Omega_a = [\omega_{a_1}, \omega_{a_2}, \omega_{a_3}, \omega_{a_4}, \omega_{a_5}, \omega_{a_6}]^T \quad (13)$$

is the vector of relative velocities of the actuated kinematic pairs in respective limbs (here, (11), (12), (13) are expressed as for the parallel mechanism with six actuators). [3, 7, 8] If there exists the inverse of the matrix  $A\Delta$ , then multiplying (10) with  $(A\Delta)^{-1}$  we obtain the solution of the direct problem for velocities. On the other hand, if there exists the inverse of the matrix  $B$ , then multiplying (10) with  $B^{-1}$  provides us with the solution of the inverse problem for velocities.

#### 4.2 Singularities of a mechanism

Singularities of the serial mechanisms are identified via the Jacobi matrix (8) from the velocity equation (7). The serial mechanism is in a singular position when the Jacobi matrix is singular

$$\det(J) = 0,$$

or

$$\det(J^T J) = 0$$

in case the matrix  $J$  is not square. For parallel mechanisms we determine the singular positions from (10). Three types of singularities can be distinguished

- 1<sup>st</sup> type singularity - matrix  $B$  is singular,
- 2<sup>nd</sup> type singularity - matrix  $A\Delta$  is singular,
- 3<sup>rd</sup> type singularity - both matrices  $A\Delta$  and  $B$  are singular. [3, 7]

#### 5. KINEMATIC ANALYSIS OF THE 3 DOF PLANAR PARALLEL MECHANISM

Let us consider the planar parallel mechanism where the moving platform is connected to the base by three serial chains of type RTR (fig. 4).

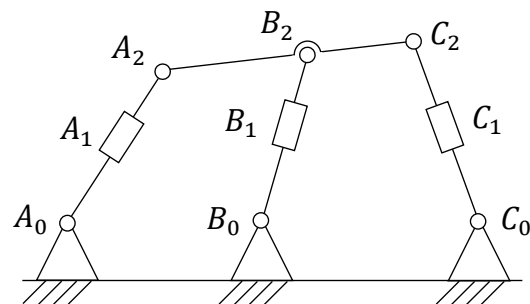


Fig. 4. The 3-RTR planar parallel mechanism.

The position of the coordinate system (fig. 5) is as follows: the mechanism lies in the plane  $xz$ , the axis  $y$  is perpendicular to the  $xz$  plane, oriented in the sense of right-hand rule.

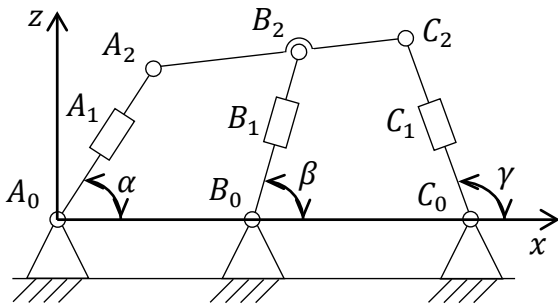


Fig. 5. The coordinate system of the mechanism.

The angles are depicted in fig. 5. The lengths of respective members are

$$\begin{aligned} |A_0A_1| &= L_1 & |A_0A_2| &= L_2 & |A_0B_0| &= L_3 \\ |B_0B_1| &= L_4 & |B_0B_2| &= L_5 & |B_0C_0| &= L_6 \\ |C_0C_1| &= L_7 & |C_0C_2| &= L_8 \end{aligned}$$

The mechanism has 3 degrees of freedom - a rotation around the axis parallel to the axis  $y$ , a translation in the direction of the axis  $x$  and a translation in the direction of the axis  $z$ . According to this, the twist of the moving platform is of the form

$$\$_m = (0, \omega_y, 0 | v_x, 0, v_z).$$

Velocity of the moving platform is then expressed by (6) as

$$\begin{aligned} (0, \omega_y, 0 | v_x, 0, v_z) &= \omega_{A_0} \$_{A_0} + v_{A_1} \$_{A_1} + \omega_{A_2} \$_{A_2}, \\ (0, \omega_y, 0 | v_x, 0, v_z) &= \omega_{B_0} \$_{B_0} + v_{B_1} \$_{B_1} + \omega_{B_2} \$_{B_2}, \\ (0, \omega_y, 0 | v_x, 0, v_z) &= \omega_{C_0} \$_{C_0} + v_{C_1} \$_{C_1} + \omega_{C_2} \$_{C_2}. \end{aligned} \quad (14)$$

Now we find the screws corresponding to the joints in the limbs. The revolute pairs are expressed as line vectors and the prismatic pairs are expressed as couples. The screws of the kinematic pairs are presented in tab. 1.

Tab. 1. The screws of the kinematic pairs in the mechanism.

	Screws
Chain $A_0A_1A_2$	$\$_{A_0} = (0 \ 1 \ 0   0 \ 0 \ 0),$ $\$_{A_1} = (0 \ 0 \ 0   L_1 \cos \alpha, 0, L_1 \sin \alpha),$ $\$_{A_2} = (0 \ 1 \ 0   -L_2 \sin \alpha, 0, L_2 \cos \alpha).$
Chain $B_0B_1B_2$	$\$_{B_0} = (0 \ 1 \ 0   0 \ 0 \ L_3),$ $\$_{B_1} = (0 \ 0 \ 0   L_4 \cos \beta, 0, L_4 \sin \beta),$ $\$_{B_2} = (0 \ 1 \ 0   -L_5 \sin \beta, 0, L_3 + L_5 \cos \beta).$
Chain $C_0C_1C_2$	$\$_{C_0} = (0 \ 1 \ 0   0, 0, L_3 + L_6),$ $\$_{C_1} = (0 \ 0 \ 0   L_7 \cos \gamma, 0, L_7 \sin \gamma),$ $\$_{C_2} = (0 \ 1 \ 0   -L_8 \sin \gamma, 0, L_3 + L_6 + L_8 \cos \gamma).$

Three degrees of freedom assume the presence of three actuated kinematic pairs in the mechanism, one in each limb.

First, let us consider the location of the actuators in each chain as follows:

- In the chain  $A_0A_1A_2$ , it is the prismatic pair  $A_1$ .
- In the chain  $B_0B_1B_2$ , it is the revolute pair  $B_0$ .
- In the chain  $C_0C_1C_2$ , it is the prismatic pair  $C_1$ .

Now we must find the screws reciprocal to passive screws in the serial chains to transform (14) into the form of the input-output

equation (10). For this purpose, we use (3) what leads to a system of two equations with six unknowns for each chain. In the  $A_0A_1A_2$  chain, it is

$$(t \cos \alpha, u, t \sin \alpha | v, 0, w). \quad (15)$$

Writing the reciprocal screw (15) as a sum of screws for separate parameters,

$$t \cdot (\cos \alpha, 0, \sin \alpha | 0, 0, 0) + u \cdot (0, 1, 0 | 0, 0, 0) + v \cdot (0, 0, 0 | 1, 0, 0) + w \cdot (0, 0, 0 | 0, 0, 1)$$

we omit those screws that are reciprocal to every screw in the chain, the active included. The screw reciprocal to passive pairs in the  $A_0A_1A_2$  chain is

$$(\cos \alpha, 0, \sin \alpha | 0, 0, 0). \quad (16)$$

In the same manner, we would find the reciprocal screw in the  $B_0B_1B_2$  chain

$$(\sin \beta, 0, -\cos \beta | 0, L_5 + L_3 \cos \beta, 0) \quad (17)$$

and in the  $C_0C_1C_2$  chain

$$(\cos \gamma, 0, \sin \gamma | 0, -(L_3 + L_6) \sin \gamma, 0). \quad (18)$$

Multiplying (14) with reciprocal screws in the order - the first equation of (14) by (16), the second equation by (17) and the third one by (18), we obtain the equation (10) in the form

$$\begin{pmatrix} 0 & \cos \alpha & \sin \alpha \\ L_5 + L_3 \cos \beta & \sin \beta & -\cos \beta \\ -(L_3 + L_6) \sin \gamma & \cos \gamma & \sin \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \omega_y \\ v_x \\ v_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L_1 & 0 & 0 \\ 0 & L_5 & 0 \\ 0 & 0 & L_7 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_{A_1} \\ \omega_{B_0} \\ v_{C_1} \end{pmatrix}. \quad (19)$$

From (19) after multiplication with the inverse of the matrix of coefficients on the left-hand side, we gain the velocity of the moving platform for the instantaneous configuration and velocities of the actuated pairs. On the other hand, multiplying (19) with the inverse of the matrix of coefficients on the right-hand side allows us to solve the inverse problem for velocities, i.e. the velocities of the actuated kinematic pairs knowing the velocity of the moving platform and the configuration of the mechanism at that moment.

Furthermore, we use equation (19) to identify singular positions of the parallel mechanism. The mechanism is in a singular position of the 1<sup>st</sup> type when

$$\begin{vmatrix} L_1 & 0 & 0 \\ 0 & L_5 & 0 \\ 0 & 0 & L_7 \end{vmatrix} = 0.$$

Since the lengths  $L_1, L_5, L_7 \neq 0$ , the mechanism cannot reach the 1<sup>st</sup> type singular position. This means that the moving platform is not able to move when the actuators are stopped. The mechanism is in a singular position of the 2<sup>nd</sup> type when

$$\begin{vmatrix} 0 & \cos \alpha & \sin \alpha \\ L_5 + L_3 \cos \beta & \sin \beta & -\cos \beta \\ -(L_3 + L_6) \sin \gamma & \cos \gamma & \sin \gamma \end{vmatrix} = 0,$$

or

$$L_5 \sin(\alpha - \gamma) + L_6 \sin \gamma \cos(\beta - \alpha) + L_3 \sin \alpha \cos(\beta - \gamma) = 0. \quad (20)$$

Reaching the 2<sup>nd</sup> type singularity position requires such configuration when (20) will be fulfilled.

Now we model the configuration where the actuators are located symmetrically, as follows:

- In chain  $A_0A_1A_2$ , it is the revolute pair  $A_0$ .
- In chain  $B_0B_1B_2$ , it is the revolute pair  $B_0$ .
- In chain  $C_0C_1C_2$ , it is the revolute pair  $C_0$ .

Here, the screw reciprocal to passive pairs in the  $A_0A_1A_2$  chain is  $(-\sin \alpha, 0, \cos \alpha \mid 0, -L_2, 0)$ . (21)

For the chain  $B_0B_1B_2$ , it is the screw  $(\sin \beta, 0, -\cos \beta \mid 0, L_5 + L_3 \cos \beta, 0)$  (22)

and for the chain  $C_0C_1C_2$ , it is  $(\sin \gamma, 0, -\cos \gamma \mid 0, L_8 + (L_3 + L_6) \cos \gamma, 0)$ . (23)

Again, we multiply the system (14) with reciprocal screws in the order - the first equation of (14) by (21), the second one by (22) and the third one by (23). This way we obtain the equation (10) in the form

$$\begin{pmatrix} L_2 & \sin \alpha & -\cos \alpha \\ L_5 + L_3 \cos \beta & \sin \beta & -\cos \beta \\ L_8 + (L_3 + L_6) \cos \gamma & \sin \gamma & -\cos \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \omega_y \\ v_x \\ v_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L_2 & 0 & 0 \\ 0 & L_5 + L_3 \cos \beta & 0 \\ 0 & 0 & L_8 + (L_3 + L_6) \cos \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_{A_1} \\ \omega_{B_0} \\ v_{C_1} \end{pmatrix}.$$

The mechanism is in a singular position of the 1<sup>st</sup> type when

$$\begin{vmatrix} L_2 & 0 & 0 \\ 0 & L_5 + L_3 \cos \beta & 0 \\ 0 & 0 & L_8 + (L_3 + L_6) \cos \gamma \end{vmatrix} = 0. \quad (24)$$

Even if  $\beta = \gamma = \frac{\pi}{2}$ , the determinant (24) will not be equal to 0 because lengths  $L_2, L_5, L_8 \neq 0$ . Therefore, the mechanism will never reach the 1<sup>st</sup> type singular position. However, the mechanism can reach the singular position of the 2<sup>nd</sup> type when  $\alpha = \beta = \gamma$ . Then

$$\begin{vmatrix} L_2 & \sin \alpha & -\cos \alpha \\ L_5 + L_3 \cos \beta & \sin \beta & -\cos \beta \\ L_8 + (L_3 + L_6) \cos \gamma & \sin \gamma & -\cos \gamma \end{vmatrix} = 0.$$

This can be prevented if we do not have the base and the moving platform of the same length. Despite this, the mechanism can be in a singular position when  $\alpha = \beta = \gamma = 0$ .

Again, we consider the configuration with symmetrical location of the actuators, this time in the prismatic pairs. The screws reciprocal to passive screws in the limbs are already known for the limb  $A_0A_1A_2$  and  $C_0C_1C_2$  - these are the screws (16) and (18), respectively. The reciprocal screw for the limb  $B_0B_1B_2$  is of the form

$$(\cos \beta, 0, \sin \beta \mid 0, -L_3 \sin \beta, 0).$$

Applying the reciprocal screws on the (14), we obtain the equation

$$\begin{pmatrix} 0 & \cos \alpha & \sin \alpha \\ -L_3 \sin \beta & \cos \beta & \sin \beta \\ -(L_3 + L_6) \sin \gamma & \cos \gamma & \sin \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \omega_y \\ v_x \\ v_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L_1 & 0 & 0 \\ 0 & L_4 & 0 \\ 0 & 0 & L_7 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_{A_1} \\ v_{B_1} \\ v_{C_1} \end{pmatrix}.$$

The mechanism will not reach the 1<sup>st</sup> type singular position since the lengths  $L_2, L_4, L_8 \neq 0$ . Also, it will not reach the 2<sup>nd</sup> type singular position when the angles  $\alpha, \beta, \gamma$  do not have the same value.

## 6. CONCLUSION

In the paper, we summarised the basic mathematical concepts of the Screw theory. We have shown the connection of this mathematical apparatus with mechanics and presented a known algorithm for finding an input-output velocity equation for parallel mechanisms. Subsequently, we applied it in solving the kinematic analysis of a planar parallel mechanism with three limbs of the RTR type. We have found the input-output form of the equation for the velocities and conditions under which the mechanism will reach a singular position inside its working space.

## Sources

1. CHEN, X., LIU, X.-J., XIE, F. Screw Theory Based Singularity Analysis of Lower-Mobility Parallel Robots Considering the Motion/Force Transmissibility and Constrainability. *Mathematical Problems in Engineering*, 2015, 2015. 11 pp.
2. HUANG, Z., LI, Q., DING, H. *Theory of Parallel Mechanisms*. Springer, Dordrecht, 2013. 421 s. ISBN 978-94-007-4201-7
3. GALLARDO-ALVARADO, J. *Kinematic Analysis of Parallel Manipulators by Algebraic Screw Theory*. Springer, Dordrecht, 2016, 377 p. ISBN 978-3-319-31124-1
4. LYNCH, K. M., PARK, F. C. *Modern Robotics: Mechanics, Planning and Control*. Cambridge University Press, Cambridge, 2017. 544 s. ISBN 978-1107156302
5. ZHAO, J. et al. *Advanced Theory of Constraint and Motion Analysis for Robot Mechanisms*. Academic Press, Oxford, 2014. 496 s. ISBN 978-0-12-420223-8
6. KARGER, A., KARGEROVÁ, M. *Základy robotiky a prostorové kinematiky*. ČVUT, Praha, 2000. 265 s. ISBN 80-01-02183-1.
7. ZLATANOV, D., FENTON, R. G., BENHABIB, B. Singularity analysis of mechanisms and robots via a velocity-equation model of the instantaneous kinematics. *Proceedings of the 1994 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2, 1994. pp. 980-985.
8. BONEV, I. A., ZLATANOV, D., GOSSELIN, C. Singularity Analysis of 3-DOF Planar Parallel Mechanisms via Screw Theory. *Journal of Mechanical Design*, 125(3), 2003. pp. 573-581.

# Kontrola a meranie elektríkovej infraštruktúry v krajinách V4 (dotazníkové šetrenie)

Peter Onderčo<sup>1</sup>  
Jan Rybář<sup>2</sup>  
Jozef Leja<sup>3</sup>  
Sohaibullah Zarghoon<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Slovenská technická univerzita, Strojnícka fakulta; Námestie slobody 17, 812 31 Bratislava 1, Slovenská republika; peter.underco@stuba.sk

<sup>2</sup> Slovenská technická univerzita, Strojnícka fakulta; Námestie slobody 17, 812 31 Bratislava 1, Slovenská republika; jan.rybar@stuba.sk

<sup>3</sup> Slovenská technická univerzita, Strojnícka fakulta; Námestie slobody 17, 812 31 Bratislava 1, Slovenská republika; jozef.leja@stuba.sk

<sup>4</sup> Slovenská technická univerzita, Strojnícka fakulta; Námestie slobody 17, 812 31 Bratislava 1, Slovenská republika; sohaibullah.zarghoon@stuba.sk

Grant: KEGA 024STU-4/2023, APVV-21-0216, 21NRM05

Název grantu: KEGA 024STU-4/2023, APVV-21-0216, 21NRM05

Oborové zamčrení: JO – Pozemní dopravní systémy a zařízení

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

**Abstrakt** Príspevok sa zaoberá aktuálnym stavom kontroly a merania elektríkovej infraštruktúry v krajinách V4. Zabezpečenie kvalitnej, bezpečnej a spoľahlivej elektríkovej dopravy má svoje pravidlá a predpisy, ktoré treba dodržiavať z hľadiska bezpečnosti a kvality poskytovaných služieb. V krajinách vyšehradskej štvorky (Česká republika, Maďarsko, Poľská republika, Slovenská republika) je elektríkova doprava, resp. infraštruktúra rozvinutá v 28 mestách a pre nastavenie optimálnych prístupov a možností inovácií je nutné poznať aktuálny stav procesu kontroly a merania v dopravných podnikoch. Pre tento zámer bol vytvorený dotazník, venujúci sa kontrolám a meraniam elektríkových tratí. Cieľom príspevku je predstaviť problematiku kontroly a merania z hľadiska zabezpečenia kvality a bezpečnosti mestskej hromadnej dopravy vo vybraných mestách.

**Kľúčové slová** bezpečnosť, elektríkova, kvalita, meranie, spoľahlivosť

## 1. ÚVOD

Meranie je proces experimentálneho získavania hodnôt jednej alebo viacerých veličín určitého druhu. Tieto veličiny nám poskytujú hodnoty, ktoré sú pre nás zaujímavé z hľadiska ďalšieho spracovania, v respektíve vyhodnocovania nameraných dát. Meranie parametrov elektríkových tratí v sieťach mestskej hromadnej dopravy je dôležité pre zabezpečovanie kvalitnej a spoľahlivej dopravy v mestách. Elektríkove trate totiž nie sú len koľajnice a trolejové vedenia, ale tvoria ich aj ďalšie zariadenia, celková infraštruktúra, ktorá vyžaduje diagnostiku, údržbu a opravy. V minulosti sa kontrola tratí vykonávala len vizuálnou obhliadkou, avšak v dnešnej dobe, keď aj technológie pokročili, dokážeme omnoho lepšie trať sledovať pomocou kamier, záznamov prípadne dáta merať automatizovane. Pre nastavenie optimalizácie procesov merania tratí, prípadne inovácií je potrebné poznať aktuálny stav procesov merania, ktorý sme zisťovali pomocou dotazníkového šetrenia. [4; 10]

## 2. MESTÁ S ELEKTRÍKOVOU DOPRAVOU

Pre navrhnutie optimálnych opatrení, inovácií, riešení a návrhov je dôležité najskôr poznať aktuálne zabezpečenie v tejto oblasti. Z tohto dôvodu sme analyzovali prístupy k meraniu elektríkových tratí, či už po stránke technického alebo legislatívneho zabezpečenia. Zoskupenie krajín vyšehradskej štvorky (V4) vzniklo v roku 1993 a tvorí ju Česká republika, Maďarsko, Poľská republika a Slovenská republika. Cieľom vyšehradskej štvorky je spolupráca vo viacerých oblastiach spoločného záujmu v rámci celoeurópskej integrácie, čo sa nakoniec v roku 2004 prejavilo vstupom do EÚ. Vyšehradskú štvorku spája nielen obyvateľstvo, ale aj história a hospodárska situácia. [9]

Elektríkova doprava je typická pre väčšie mestá, predovšetkým krajské, s počtom obyvateľov nad 150 000. Samozrejme všetko závisí od historického usporiadania mesta a dopravy v ňom. [6]



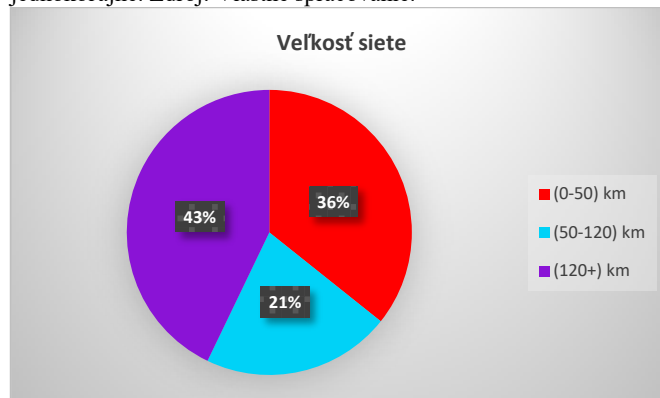
MESTO	MERACIA ELEKTRICKÁ	VEĽKOSŤ SIETE (KM)	POČET OBYVATEĽOV (OBLASŤ DOPRAVNEJ OBSLUŽNOSTI)
<b>SLOVENSKÁ REPUBLIKA</b>			
BRATISLAVA	☑	84	478 040
KOŠICE	X	64	225 044
<b>ČESKÁ REPUBLIKA</b>			
BRNO	☑	145	400 566
LIBEREC	X	40	102 301
MOST A LITVÍNŮV	X	37	92 142
OLOMOUČ	X	31,4	99 489
OSTRAVA	☑	124	295 653
PLZEŇ	X	44	168 034
PRAHA	☑	285,4	1 325 280
<b>MAĎARSKO</b>			
BUDAPEŠT	☑	313,7	1 686 222
DEBRECEN	X	18	201 704
MISKOLC	X	22	143 502
SZEGED	X	34	157 930
<b>POĽSKÁ REPUBLIKA</b>			
BYDGOSZCZ	X	84	324 984
CZĘSTOCHOWA	X	29	204 730
ELBLĄG	X	32	112 445
GDAŃSK	X	119,2	487 834
GORZÓW WIELKOPOLSKI	X	25	114 567
GRUDZIĄDZ	X	18,6	88 658
KATOWICE (METROPOLIS GZM)	X	344	2 142 800
KRAKÓW	X	188	807 644
LÓDŹ	☑	290	648 711
OLSZTYN	X	32	166 697
POZNAŃ	X	146	536 818
SZCZECIN	X	108	387 700
TORUŃ	X	56	194 273
WARSZAWA	☑	264	1 862 402
WROCLAW	X	200	673 531
<b>LEGENDA</b>	☑	<b>ÁNO</b>	
	X	<b>NIE</b>	

Obrázok 1. Mestá v rámci V4 s električkovou dopravou. Zdroj: Vlastné spracovanie, [17].

V rámci dotazníkového šetrenia sme pripravili tabuľku všetkých miest s električkovou dopravou, rozdelenou podľa krajiny. Ako môžeme vidieť v tabuľke najviac dopravných podnikov sa nachádza v Poľskej republike, pričom tu vieme nájsť aj najväčší dopravný podnik s veľkosťou prevádzkovanvej siete cez 300 km. Mesto Katowice sa spája električkovou dopravou s viacerými okolitými mestami. Vytvára tak región GZM (Górnośląsko-Zagłębiowska Metropolia), ktorý dokáže svojou rozlohou obslúžiť cez 2 milióny obyvateľov. Práve veľkosť týchto prevádzok potom odrzradľuje situáciu so zabezpečením kontroly a merania električkovej infraštruktúry, kedy najjednoduchším stavom je disponibilita meracou električkou.

Meracia električka je nástroj, ktorý dokáže sledovať viacero parametrov tratí naraz, preto pre urýchlenie procesu merania sme považovali ako najdôležitejší faktor veľkosť sietí dopravných podnikov. Čím väčšia dopravná sieť, tým by proces s meracou električkou trval kratšie. Z dôvodu prehľadnosti sme vytvorili z údajov v obrázku číslo 1 aj kruhový graf v ktorom sme takisto rozdelili dopravné podniky na malé, stredne veľké a veľké. [17]

Graf 1. Veľkosti prevádzkovaných sietí dopravných podnikov, jednokoľajne. Zdroj: Vlastné spracovanie.



Z grafu môžeme vyčítať, že najviac dopravných podnikov má naozaj rozsiahle siete, a udržiavať ich v požadovanej kvalite je náročné. Veľkosti sietí sú uvažované jednokoľajne, čo znamená, že sčítavame kilometre tratí v smere do centra mesta a v smere z centra mesta.

Keďže nepoznáme technologické zabezpečenie dopravných podnikov, pre optimálne nastavenie prístupov a možnosti inovácií sme potrebovali získať odpovede na niektoré z otázok týkajúce sa merania tratí. Vytvorili sme dotazník v platforme Google Forms. Z dôvodu zjednodušenia vyplňania dotazníku sme vytvorili 4 jazykové verzie identických otázok v úradných jazykoch krajín V4. Pýtali sme sa predovšetkým na meracie vozidlá. Meracie vozidlo sme definovali v dotazníku ako električku, ktorá je prispôbená na meranie viacerých parametrov (veľičín) električkových tratí. Dotazník sme v úvode rozdelili na tri sekcie. Prvá sekcia bola venovaná všeobecným otázkam, ako napríklad názvu dopravného podniku, či veľkosti prevádzkovanvej siete. Niektoré z týchto všeobecných údajov môžeme nájsť aj v obrázku číslo 1. [9]

Po týchto otázkach sme mohli prejsť na otázku, ktorá rozdelila dopravné podniky na dve hlavné skupiny. Na tie, ktoré vlastnia meraciu električku a na tie, ktoré nevlastnia meraciu električku.

V druhej časti odpovedali podniky s meracou električkou. Otázky boli špecifikované konkrétne na meracie vozidlo. Aký typ vozidla (električky) je prerobený na meraciu električku, aké veličiny vedú sledovať s meracou električkou a ako často s meracou električkou chodia kontrolovať trate. Ďalej sme sa pýtali na prípojné vlečky, ktoré by sa potenciálne mohli zapojiť za meraciu električku a vedeli by sledovať ďalšie parametre. Dôležitá je aj vzájomná spolupráca medzi dopravnými podnikmi, a preto sme sa pýtali, či menším dopravným podnikom s rovnakým rozchodom zapožičiavajú meraciu električku na kontrolu tratí. Ďalej sme sa zaujímali o to, či je meracie vozidlo jednoúčelové, alebo nachádza využitie aj v iných sférach (napr. snehový pluh alebo na zavlažovanie trate). Zaujímali nás aj snímané veličiny na každom prevádzkovanom vozidle, ktoré jazdí s cestujúcimi. [8]

V tretej časti dotazníkového šetrenia sme oslovili dopravné podniky, ktoré nedisponujú meracou električkou. Otázky boli smerované na dôvody, kvôli ktorým nevlastnia takúto električku, ako inak vykonávajú merania a kontroly na tratiach, keďže je to normatívne ošetrená oblasť. A na záver sme sa pýtali rovnakú otázku ako v predchádzajúcej časti, a to ktoré veličiny sledujú na prevádzkových vozidlách, prípadne či tieto zaznamenané údaje používajú aj ako podklad na opravy a údržbu tratí. [8]

Po vytvorení dotazníku sme museli kontaktovať konkrétnych ľudí, ktorí sa v daných dopravných podnikoch zaoberajú práve touto problematikou, majú na starosti kontroly tratí a s tým spojenú realizáciu údržby. Na oficiálnych stránkach dopravných podnikov tieto kontakty k dispozícii nie sú, avšak aj tak sa nám podarilo nájsť univerzálne emailové adresy, ktoré sme využili. Dopravné podniky naprieč Českou republikou a Slovenskou republikou boli oslovené priamo. Takto sme rozposlali dotazník do všetkých 28 miest s električkovou prevádzkou a čakali na odpovede. Spätnú väzbu v podobe zodpovedaného dotazníku sme dostali od 7 dopravných podnikov, niektoré podniky sa vyjadrili emailovou odpoveďou bez vyplneného dotazníku, niektoré odpovedali telefonickou komunikáciou na danú tému. Celkovo sa nám teda vyjadrilo 12 dopravných podnikov, čo je necelá polovica. [9]

V dôsledku nízkej návratnosti sme zhrnuli pár bodov, ktoré ju mohli zapríčiniť. Prvá príčina je málo času na vyhodnotenie dotazníku, ďalej určite veľký problém tvorilo aj adresovanie konkrétnych osôb. Univerzálne maily dopravných podnikov, prijímajú denne stovky mailov, a mohlo sa stať, že našu žiadosť prehliadli aj napriek viacerým výzvam z našej strany. Pokiaľ by mail bol adresovaný konkrétnym osobám môžeme predpokladať, že odpovedí by sa vrátilo viac. Stretli sme sa s názorom, že niektorí zamestnanci nebudú zo súkromného účtu odpovedať na pracovné záležitosti, nakoľko majú pracovný mail vytvorený na inej platforme. Preto keď nám prišla takáto odpoveď, rozhodli sme sa poslať dotazník vo forme pdf, pričom sa do neho dalo vpisovať iba v tlačenej podobe. Poslednou príčinou mohlo byť aj predávanie Know-How interných informácií o konštrukcii a možnostiach merania tratí. Keďže sa nám po prvej výzve nevrátila ani polovica odpovedí, rozhodli sme sa poslať ešte ďalšie dve výzvy v dlhšom časovom horizonte. Po zbere potrebných údajov/informácií sme prešli na vyhodnotenie odpovedí. [8]

### 3. VYHODNOTENIE DOTAZNÍKOVÉHO ŠETRENIA

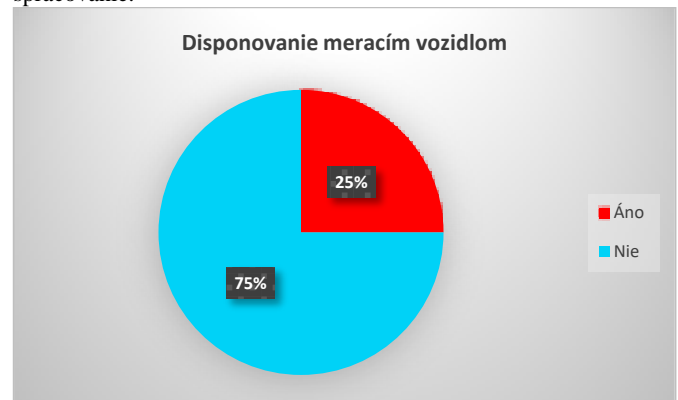
Po zosumarizovaní všetkých odpovedí, sme sa rozhodli vyplniť verejne dostupné odpovede v prvej časti na všeobecné otázky. V rámci vyplňania sme zistili aj to, ktoré podniky disponujú meracou električkou. Meracou električkou disponuje 7 dopravných podnikov. Bratislava, Ostrava, Praha, Brno, Budapešť, Varšava a Łódź, pričom meraciu električku mali do roku 2019 aj Košice. Z vyššie spomenutých podnikov, sme obdržali odpovede od Bratislavy, Prahy, Ostravy a Budapešti.

#### 3.1 Prvá časť dotazníka

Ako sme spomenuli vyššie niektoré otázky v prvej časti dotazníka sa zhodovali s údajmi, ktoré sú zhrnuté v obrázku číslo 1. Jednou z týchto otázok bola veľkosť prevádzkovej siete. Otázku sme sa pýtali z dôvodu, aby sme vedeli dopravné podniky rozdeliť na malé, stredné a veľké prevádzky. Malé dopravné podniky s veľkosťou siete maximálne do 50 km, stredne veľké dopravné podniky s veľkosťou siete od 50 km do 120 km a nakoniec veľké dopravné podniky s veľkosťou siete nad 120 km, tak ako je znázornené v grafe číslo 1.

Ďalšia otázka, na ktorú sme sa pýtali, bola, že či v dopravnom podniku vlastní meraciu električku. Odpoveď nájdeme v kruhovom grafe číslo 2, kde môžeme vidieť, že iba 25% dopravných podnikov sa stará o diagnostiku svojich tratí pomocou meracej električky. [8]

Graf 2. Dopravné podniky s meracími električkami. Zdroj: Vlastné spracovanie.



Električky, ktoré prešli prerábkou na meracie vozidlá sú rôzne, či už typovo alebo samotným vybavením električky. V Slovenskej republike a v Českej republike to sú tyristorové električky Tatra T3, ktoré ovládli československý trh v 80. rokoch 20. storočia. Keďže to nie sú nízkopodlažné a klimatizované vozidlá, nespĺňajú štandardy a preto sa ich dopravné podniky postupne zbavujú a vymieňajú za moderné, klimatizované a nízkopodlažné. Niektoré ale našli využitie ako služobné, technologické či meracie vozidlá. Na Obrázku číslo 2. sú vyobrazené všetky meracie električky dopravných podnikov, ktoré sa nachádzajú v dopravných podnikoch miest V4. [3; 14]



Obrázok 2. Meracie električky dopravných podnikov V4, 1. rad: zľava Dopravný podnik Ostrava, Dopravný podnik Praha, Budapešti Közlekedési Központ. 2. rad: zľava Dopravný podnik mesta Brno, Tramwaje Warszawskie, Dopravný podnik Bratislava, MPK Łódź. Zdroj: Vlastný, [1; 16; 19].

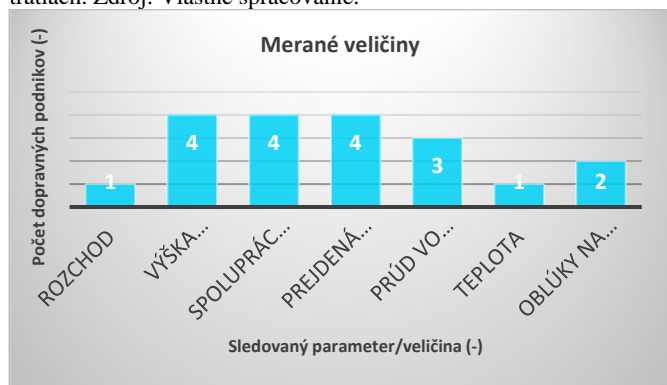
Odpovede sme však dostali jedine z Bratislavy, Dopravného podniku v Ostrave, Dopravného podniku v Prahe a od Budapešti Közlekedési Központ (Centrum dopravy v Budapešti). S Dopravným podnikom mesta Brno sme odkonzultovali danú problematiku telefonicky, čiže odpovede sa nám nepodarilo získať jedine z Poľska. Uvedené je spracované v druhej časti dotazníkového šetrenia

#### 3.2 Druhá časť dotazníka

V Slovenskej republike určuje vyhláška Ministerstva dopravy, pôšt a telekomunikácií Slovenskej republiky 350/2010 Z. z. stavebný a technický poriadok dráh, pričom určuje kontrolu vybraných zariadení alebo samotných telies električkových tratí v prílohe číslo 23. V tejto prílohe udáva maximálny časový interval medzi prehliadkami. Ani vo vyhláške, ani v prílohe však nie je napísané, ako sa majú jednotlivé prehliadky vykonávať. Samozrejme najjednoduchší spôsob zozbierania viacerých údajov naraz je prostredníctvom meracej električky. Jedna z našich prvých otázok v druhej kapitole sa pýtala na normatívne/legislatívne zabezpečenie

električkových dráh. V každej krajine je minimálne jedna vyhláška, ktorá sa špecializuje na električkové trate, v ktorej sa mimo všetkého spomína aj projektovanie električkových tratí, samotná výstavba a parametre, ktoré sa majú sledovať počas prevádzky električkovej dopravy. Otázku sme teda špecifikovali podľa vyššie spomenutej slovenskej vyhlášky, kde sme pridali aj možnosť „iné“. Do tejto možnosti iné mohli predstavitelia dopravných podnikov vpisovať aj ďalšie parametre ktoré sledujú, prípadne ktoré majú nastavené v miestnych vyhláškach a zákonoch. [2; 15]

Graf 3. Parametre, ktoré sledujú dopravné podniky počas merania na tratiach. Zdroj: Vlastné spracovanie.



Ako bolo spomenuté vyššie na túto otázku nám odpovedali 4 dopravné podniky, pričom všetky sa zhodli na sledovaných parametroch/veličinách: výška medzi hlavou koľajnice a trolejovým vedením, spolupráca vedenia so zberačom električky a prejdenej vzdialenosti. Parameter spoluprácu trolejového vedenia so zberačom električky by sme vedeli v určitom slova zmysle zdefinovať aj ako kľukatosť trolejového vedenia. V budapeštianskom dopravnom podniku navyše sledujú aj rozchod koľajnic, ktorý je tiež zahrnutý v norme a vo vyhláške. V Dopravnom podniku Bratislava sa rozchod koľajnic sleduje manuálne, so zariadením, ktoré sa nazýva rozchodka. Merací technik tlačí pred sebou merací prístroj, ktorý zaznamenáva vzdialenosť medzi koľajnicami. V Budapešti navyše sledujú aj teplotu okolia a oblúky na tratiach. Keďže meteorologické podmienky ovplyvňujú stav trate, je potrebné vedieť v akých podmienkach okolia pracujeme. Pri vyšších letných teplotách sa trolejové vedenie zložené predovšetkým z medi a prímеси ďalších kovov rozpína a tým vznikajú na trati previsy. Pri prejazde električky úsekom, kde sa nachádza previsnuté trolejové vedenie si ho zberač vytlačí smerom nahor a z „konvexnej funkcie“ vznikne „konkávna funkcia“. Z tohto poznatku automaticky vyplýva, že trolejové vedenie bude vyššie než obvykle býva, a ak sme oboznámení s touto skutočnosťou, stačí iba pridať závažia na výmenné polia a tým napnúť trolejové vedenie. Oblúky na tratiach kontrolujú aj v Ostrave (Dopravný podnik Ostrava) pomocou špeciálnej prípojnej vlečky za električkou, na ktorej sú závažia z dôvodu stability na koľajniciach, predovšetkým v oblúkoch a meracie zariadenie, ktoré dopočítava rádiusy tratí. [11; 12; 13]

#### Prehliadky, merania a opravy na električkovej dráhe

##### A.

Prehliadky a merania

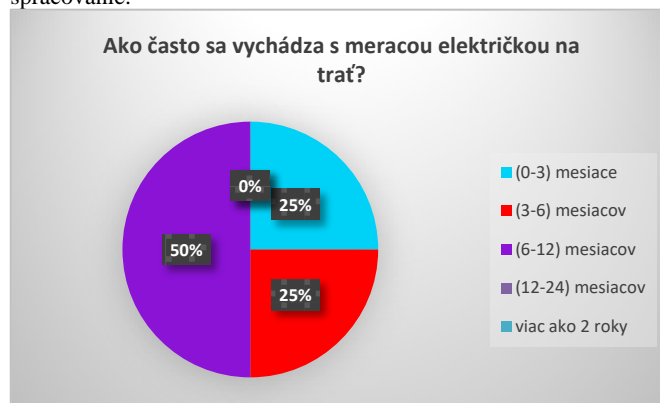
Pol.	Predmet a spôsob prehliadky	Objekt	Najdlhší časový interval medzi prehliadkami
1.	Pochôdzka trate	všetky koľaje	1 mesiac
2.	Prehliadka výhybiek	všetky výhybky	1 mesiac
3.	Meranie geometrickej polohy koľaje	koľaje a výhybky	12 mesiacov
4.	Komplexná prehliadka trate	všetky koľaje	12 mesiacov
5.	Prehliadky mostov a konštrukcií podobných mostom	všetky	36 mesiacov
6.	Prehliadka trakčného vedenia	všetky	12 mesiacov
7.	Prehliadka oznamovacích a zabezpečovacích zariadení	zariadenia určené na organizáciu a riadenie dopravy na električkovej dráhe a informovanie cestujúcich	určí prevádzkovateľ dráhy

Ak nie je možné určiť, či stav zariadenia do nasledujúcej prehliadky v uvedenej lehote bude vyhovujúci, je nutné lehotu na vykonanie prehliadky ohrozeného úseku primerane skrátiť.

Obrázok 3. Príloha číslo 23 vyhlášky 350 z roku 2010 Zbierky zákonov [18].

Podľa prílohy číslo 23 vyhlášky 350/2010 Z. z. maximálny časový interval medzi prehliadkami, či už trolejového vedenia alebo geometrickej polohy koľajnic je 12 mesiacov. Z dôvodu udržateľnosti je ale nevyhnutné vykonávať merania týchto parametrov pravidelnejšie. Najčastejšie vykonávajú merania v Budapešti, a to konkrétne aspoň raz za tri mesiace. Keďže ich meracia električka sleduje najviac parametrov z opýtaných dopravných podnikov, objavuje sa na trati pomerne často. Súvisí to aj s veľkosťou prevádzkovanvej siete, pokiaľ sa meranie vykonáva v noci, prípadne v prepravných sedlách, nedá sa prejsť celá električková sieť Budapešti za tak krátku dobu. Aspoň raz za 6 mesiacov vychádza na trať pražská električka, ktorá má tiež pomerne veľkú sieť, a musí ju skontrolovať. Aspoň raz za 12 mesiacov, čo je v konečnom dôsledku maximálny interval medzi prehliadkami, vychádzajú električky v Bratislave a v Ostrave.

Graf 4. Interval merania tratí s meracou električkou. Zdroj: Vlastné spracovanie.



#### 4. DISKUSIA A ZÁVER

Meranie a kontrola električkových tratí je dôležitý proces v každom dopravnom podniku s električkovou dopravou. Výsledkom z týchto meraní sú takisto jedným z najdôležitejších dokumentov pri sprevádzkovaní nových tratí a slúži ako záruka kvality, bezpečnosti a spoľahlivosti. Technicko-bezpečnostná skúška nových tratí sa vykonáva takisto aj v železničnej doprave, kde je toto vždy zabezpečené diagnostickým vozidlom. Pri porovnaní záberu železničnej dopravy, pôsobiacej na celom území štátu a električkovej dopravy iba v jednom meste, je na mieste mať problematiku kontroly a merania vlastnej infraštruktúry adekvátne zabezpečenú.



Dopravné podniky, ktoré vlastnia meracie električky by mali zväžiť zautomatizovanie merania rozchodu pomocou meracej električky. Meranie rozchodu sa dá vykonávať pomocou 3D skenovacích zariadení pripojených na podvozok električky, pričom zároveň by sa dali vyhodnotiť aj kvality zvarov na koľajniciach, kritické miesta a vytvárajúce sa praskliny vo vnútri materiálu, ktoré „rozchodkou“ odhalit' nevieme. Sledované parametre sú dôležité z hľadiska bezpečnosti a kvality poskytovaných služieb, z tohto pohľadu je pre dopravné podniky výhodné inovovať prístupy k meraniu a zabezpečeniu prevádzkyschopnosti električkových tratí. [5]

Technický potenciál meracej električky je už teraz omnoho širší, uvažovať môžeme aj o meraní ďalších veličín, so zohľadnením neistôt merania. Jedna z vízií pre všetky dopravné podniky by mohla byť úplne nová súprava meracích vozidiel (električiek/električka s kĺbom), ktoré budú spojené v zapojení PX, kabína vodiča električka na oboch stranách – v oboch smeroch jazdy, takto upravené električky budú môcť vykonávať merania na všetkých električkových tratiach, vrátane tých, ktoré sú zakončené úvraťou. Na jednom z vozidiel by mohol byť konštrukčne upravený podvozok, bez magnetickej (koľajnicovej/núdzovej) brzdy, kde súčasťou tohto systému bude meranie geometrickej polohy koľajníc, vrátane merania rozchodu, taktiež meranie pričného profilu koľajníc, respektíve opotrebenie koľajníc. Prejazdom by sa mohla snímkovať celá trať a následne vyhodnotiť aj prejazdný profil trate, ktorý nemonitoruje žiadny dopravný podnik, respektíve sa sleduje, pomalým prejazdom prevádzkovanvej električky. Potenciály meracích vozidiel pre výskumné účely, zber dát a prevádzkyschopnosť mestskej hromadnej električkovej dopravy sú zamerané predovšetkým na parametre trolejového vedenia. Do budúca je možné okrem klukatosti trolejového vedenia, výšky a nárazov zberača možné sledovať aj opotrebenie samotného trolejového vedenia, napájacích bodov a predchádzať tak mimoriadnostiam v doprave. Súbor meracích činností s predpokladom stanovenia meraných veličín vytvára základ pre ďalšie zdokonaľovanie v tejto oblasti – meracie električky majú potenciál pre zber ďalších parametrov o električkových tratiach, samotné vyhodnotenie nameraných dát je tiež veľmi zložitou otázkou. Týchto parametrov je viac a je nutné sa neustále zamýšľať nad novými technológiami pre tieto merania, vrátane ich vyhodnotenia. Najviac samotné meranie geometrických parametrov (statické parametre) dnes už nestačia, je potrebné sledovať sofistikovanejšie dynamické parametre dôležité pre bezpečnú prevádzku električkových tratí. Cieľom pre kvalitnejšie meranie je zvýšenie presnosti nameraných údajov a potom celkovej interakcie jazdy električky po električkových tratiach, kde ako vyplynulo z dotazníkového šetrenia môže byť inšpiráciou práve dopravný podnik z Budapešti. Do budúca môžeme uvažovať aj o ďalších vybraných parametroch, medzi ktorými existuje spojenie a teda závislosť medzi uvedenými parametrami. Je potrebné ich možné korelácie identifikovať, sledovať a rozpracovávať ďalej. Tieto výsledky je nutné potom podrobnejšie analyzovať hlavne z hľadiska životného cyklu električkových tratí a ich údržby. Vzťahy v rámci celkovej interakcie jazdy električkového vozidla po električkovej trati sú dôležité pre zdokonaľovanie systému mestskej električkovej dopravy. Na objektoch električkovej infraštruktúry môžeme kvalitatívne a kvantitatívne určiť vlastnosti, ktoré sú pokryté jednotlivými veličinami, pokiaľ ich dokážeme exaktne definovať, budú slúžiť pri dodržaní potrebných parametroch k sledovaniu a zlepšovaniu celej infraštruktúry, vrátane vyhodnotenia parametrov neistôt merania. Uvedené prvky diagnostiky celej infraštruktúry sú dôležité pre ďalšie hodnotenie technického stavu a kvalitu sledovaných parametrov tratí. [7; 9]

## Zdroje

1. *Bemutkozott a BKV méróvillamosa*. [online]. Copyright © iho.hu [cit. 2024-11-05]. Dostupné z: <https://iho.hu/hirek/be-mutkozott-a-bkv-merovillamosa-180309>
2. ČSN ISO 376 754:1997. *Projektování trakčního vedení tramvajových a trolejbusových dráh*.
3. HELLER, Petr. *Kolejová vozidla*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2021. ISBN 978-80-261-0693-7.
4. CHUDÝ, Vladimír; PALENČÁR, Rudolf; KUREKOVÁ, Eva; HALAJ, Martin. *Meranie technických veličín*. Bratislava : STU v Bratislave, 1999. 688 s. ISBN 80-227-1275-2.
5. KELEMENOVÁ, Tatiana a DOVICA, Miroslav. *Kalibrácia meradiel*. 1. vyd. Košice: TU v Košiciach. Edícia vedeckej a odbornej literatúry, 2016. 232 s. ISBN 978-80-553-3069-3.
6. KUBÁT, Bohumil. *Městská a příměstská kolejová doprava*. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2010. ISBN 978-80-7357-539-7.
7. *Kvalita dopravních a přepravních procesů a služeb: 5. vědecká konference s mezinárodní účastí, Pardubice, 9.6.2004: sborník příspěvků*. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, 2004. ISBN 80-7194-675-3.
8. ONDERČO, Peter; RYBÁŘ, Jan; LEJA, Jozef. Analýza prístupov a možností inovácií v oblasti merania parametrov električkových tratí v krajinách V4. In *Recenzovaný sborník příspěvků mezinárodní vědecké konference MMK 2024*. 1. vyd. Hradec Králové: Magnanimitas, 2024, S. 901–910. ISBN 978-80-87952-41-2.
9. ONDERČO, Peter. *Meranie a vyhodnocovanie vybraných parametrov električkových tratí*. [Diplomová práca]. Slovenská technická univerzita v Bratislave. Strojnícka fakulta. Ústav automatizácie, informatizácie a merania. Vedúci záverečnej práce: doc. Mgr. Ing. Jan Rybář, PhD. Bratislava: Sjf STU BA, 2024. 79 s.
10. RYBÁŘ, Jan; ONDERČO, Peter; BARTALOS, Barnabás; ĎURÍŠ, Stanislav. Kalibrace času jízdy vozidel v městské hromadné dopravě. In *Recenzovaný sborník příspěvků mezinárodní vědecké konference MMK 2022*. 1. vyd. Hradec Králové: Magnanimitas, 2022, S. 1063 – 1071. ISBN 978-80-87952-37-5.
11. RYBÁŘ, Jan; ONDERČO, Peter; VAJGEL, Rastislav. Měřicí tramvaj jako pojízdná výzkumná laboratoř. In *Metrologia, skúšobníctvo a technické normy*. Roč. 28, č. 1 (2023), s. 5 – 12. ISSN 2989-3178.
12. RYBÁŘ, Jan; ONDERČO, Peter. Když zamrzne trolejové vedení. In *Jeseniky 2024: sborník příspěvků z meteorologické konference*. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2024, S. 83-85. ISBN 978-80-7653-069-0.
13. RYBÁŘ, Jan; ONDERČO, Peter. Příspěvek k měření parametrů tramvajových tratí. In *Metrologie*. Roč. 32, č. 3 (2023), s. 27 - 30. ISSN 1210-3543.
14. RYBÁŘ, Jan; ŠIŠMIŠOVÁ, Dana; JAVORSKÁ, Alexandra; KLVAČOVÁ, Simona. TATRA T3 v Bratislave - legenda medzi električkami. In *História, súčasnosť a budúcnosť elektrotechniky na Slovensku: Vedecká konferencia s medzinárodnou účasťou*. Banská Štiavnica, Slovensko. 27.-28.9.2017. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo Spektrum STU, 2017, S. 107-114. ISBN 978-80-227-4730-1.
15. STN EN ISO 333 516:1996. *Elektrotechnické predpisy. Predpisy pre trakčné vedenie električkových a trolejbusových dráh*.
16. *Testowanie nowego torowiska przez wagon pomiarowy MPK*. [online]. Copyright © Dziennik Łódzki 2000-2024 [cit. 2024-11-05]. Dostupné z: <https://dzienniklodzki.pl/koniec-remontu-ul-polnocnej-od-niedzieli-jezdzymy-dwiema-jezdniami-i-skrecamy-gdzie-chcemy-powstaly-bulwary-polnocne/gh/c1-18166041>



17. *UrbanRail.Net > Europe*. [online]. Copyright © UrbanRail.Net 2004-2024 [cit. 2024-10-24]. Dostupné z: <https://www.urbanrail.net/eu/euromet.htm>
18. Vyhláška Ministerstva dopravy, pôšt a telekomunikácií Slovenskej republiky č. 350/2010 Z. z. o stavebnom a technickom poriadku dráh. In: *Zbierka zákonov*. 19.8.2010. Autorský zákon.
19. *Warszawa: Tramwaj pomiarowy na Puławskiej. Niebawem wróci część linii*. [online]. Copyright © Transport Publiczny [cit. 2024-11-05]. Dostupné z: <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/warszawa-tramwaj-pomiarowy-na-pulawskiej-niebawem-wroci-czesc-linii-79755.html>

# Ověření únosnosti drátkobetonové desky v protlačení dle FprEN 1992-1-1:2023

Kryštof Toman<sup>1</sup>  
Iva Broukalová<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ČVUT v Praze, Fakulta stavební; Thákurova 2077, 166 29 Praha 6; krystof.toman@fsv.cvut.cz

<sup>2</sup> ČVUT v Praze, Fakulta stavební; Thákurova 2077, 166 29 Praha 6; iva.broukalova@fsv.cvut.cz

Grant: SGS24/040/OHK1/1T/11

Název grantu: Moderní cementové kompozity a jejich efektivní použití v konstrukcích

Oborové zaměření: JN – Stavebnictví

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

**Abstrakt** Tento článek popisuje výpočet únosnosti betonové desky s rozptýlenou ocelovou výztuží v protlačení podle aktuálně zpracovávané 2. generace návrhových norem, konkrétně dle dostupného návrhu normy FprEN 1992-1-1:2023. Výpočet je proveden na vzorovém modelovém příkladu, který byl v roce 2023 ověřen experimentálně. V závěru článku je vypočtená únosnost porovnána s výsledky experimentu a je provedeno zhodnocení předkládaného výpočetního postupu.

**Klíčová slova** Beton s rozptýlenou ocelovou výztuží, Drátkobeton, Protlačení, FprEN 1992-1-1:2023

## 1. ÚVOD

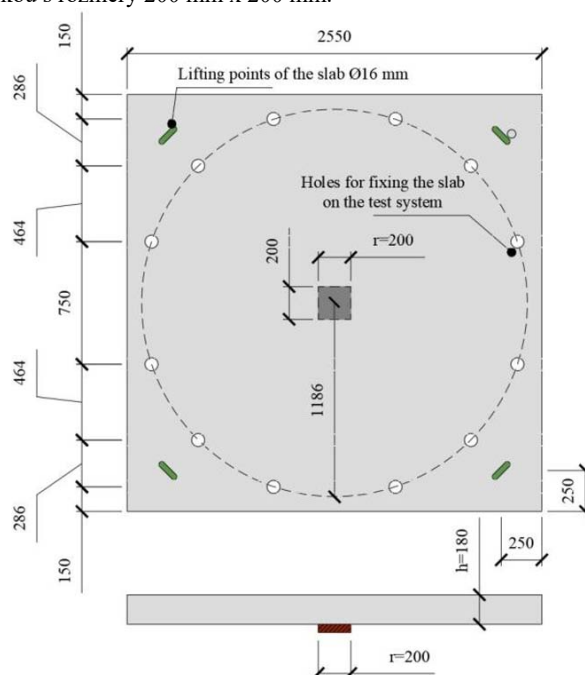
S betonovými konstrukcemi vyztuženými pouze rozptýlenou ocelovou výztuží se lze v praxi běžně setkat – jedná se o průmyslové podlahy na terénu, primární ostění tunelů, případně se rozptýlená ocelová výztuž používá jako doplněk ke klasické betonářské výztuži. V českém prostředí však stále chybí platný normový předpis, který by poskytoval pravidla pro návrh konstrukčních prvků z betonu s rozptýlenou ocelovou výztuží. To se má změnit s příchodem 2. generace návrhových norem známých pod pojmem „Eurokód“. V současnosti je k dispozici návrh normy pro betonové konstrukce s označením FprEN 1992-1-1:2023 [1]. Tento předpis uvádí požadavky pro návrh jak běžných železobetonových konstrukcí, tak i pro betonové konstrukce s rozptýlenou ocelovou výztuží. Lze předpokládat, že schválení této normy přispěje k rozšíření používání drátkobetonových konstrukcí v praxi.

Jednou z možných oblastí aplikace drátkobetonu je zvýšení únosnosti konstrukce ve smyku při protlačení. Jedná se o oblasti soustředěného namáhání desky pod lokálně působící silou nebo v místě bodového podepření. V těchto místech dochází ke koncentraci smykových sil do malé oblasti a únosnost těchto míst je nutno ověřit výpočtem. Pokud je únosnost desky nedostatečná, lze únosnost průřezu zvýšit použitím rozptýlené ocelové výztuže. Postup výpočtu únosnosti v protlačení betonové desky s rozptýlenou výztuží je uveden v FprEN 1992-1-1:2023 [1] a detailně je rozebrán v tomto článku. Samotný výpočet je aplikován na modelový příklad, který byl experimentálně ověřen v rámci 3. ročníku mezinárodní soutěže „Blind Simulation Competition“ pořádanou organizací fib (Fédération Internationale du Béton).

## 2. MODELOVÝ PŘÍKLAD

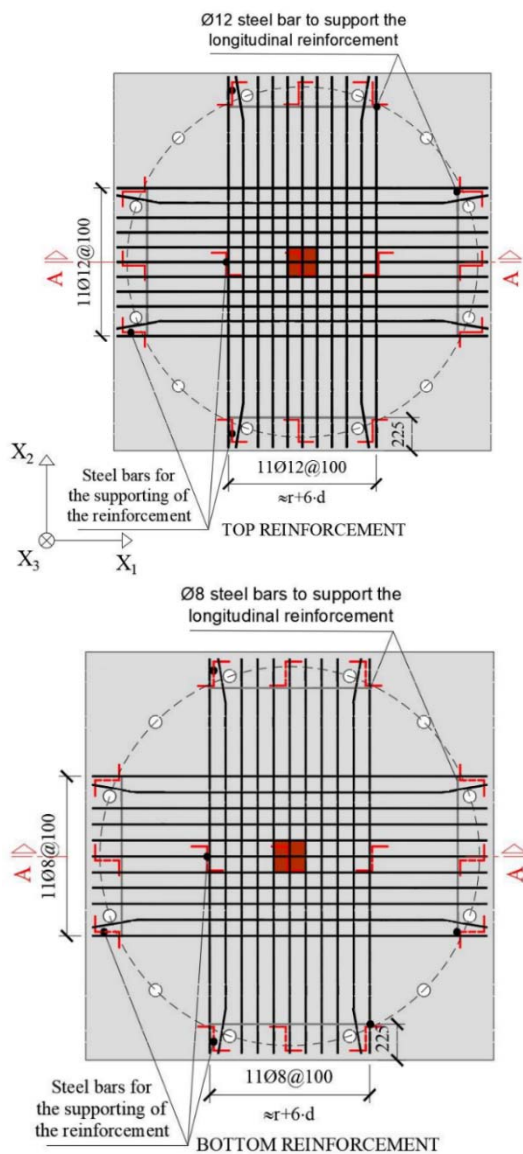
V průběhu roku 2023 se konal 3. ročník mezinárodní soutěže „Blind Simulation Competition“ s cílem ověřit schopnost současných numerických modelů predikovat chování drátkobetonové konstrukce při zatěžovací zkoušce. V rámci soutěže byly uskutečněny reálné zatěžovací experimenty dvou drátkobetonových desek zatížených bodovou silou. Na základě tohoto experimentu je proveden výpočet únosnosti drátkobetonové konstrukce v protlačení dle FprEN 1992-1-1:2023 [1] a výsledky jsou v závěru porovnány.

Uspořádání zatěžovací zkoušky bylo určeno pořadatelem soutěže. Zkoušeny byly dva vzorky shodné betonové desky půdorysných rozměrů 2,55 m x 2,55 m a tloušťky 180 mm. Každá z desek byla ukotvena k základu po obvodu kruhu o poloměru 1,186 m pomocí 12 svislých tyčí Dywidag. Střed desky byl vůči základu rozpírán zatěžovacím pístem. Konec pístu byl opatřen roznášecí ocelovou deskou s rozměry 200 mm x 200 mm.



Obrázek 1: Geometrie ověřovaného experimentu [2]

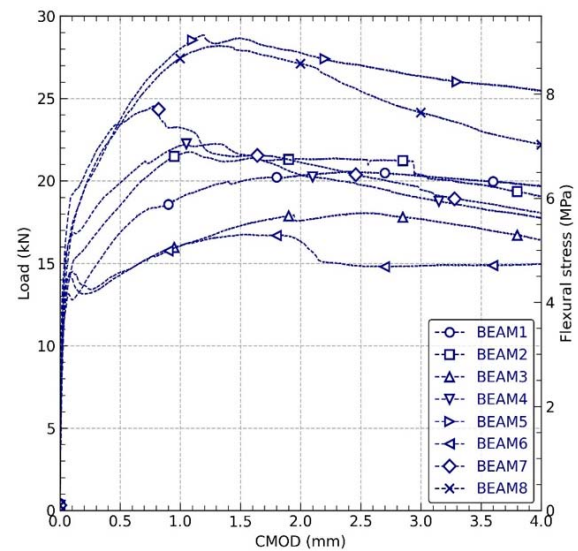
Betonová deska byla ve středních pruzích vyztužena klasikou ohybovou výztuží. Na horním taženém povrchu bylo v obou směrech umístěno 11 prutů o průměru 12 mm ve středovém pruhu v rozteči 100 mm. Na spodním tlaceném povrchu bylo ve stejných pozicích umístěno 11 prutů o průměru 8 mm v každém směru. Krytí výztuže bylo 20 mm.



Obrázek 2: Vyztužení desky [2]

Desky byly provedeny z betonu třídy C50/60-XD3(P) CL0,20-D<sub>max</sub> 14 S5. Pro namíchání betonové směsi bylo použito kamenivo největší frakce 6/14 mm. Materiálové parametry byly ověřeny na zkušebních vzorcích. Sečnový modul pružnosti v tlaku po 22 dnech je 26,35 GPa. Průměrná pevnost v tlaku stanovená na válcích dle NP EN 12390-13:2014 ve stejné době je 50,15 MPa. Beton je vyztužen rozptýlenou výztuží z ocelových vláken HE ++ 90/60 s pevností v tahu 1900 MPa. Obsah vláken ve směsi je 60 kg/m<sup>3</sup>. Na osmi vzorcích byla změřena zbytková pevnost v tahu za ohybu stanovená podle doporučení fib Model Code 2010. Jedná se o zkoušku dle EN 14651 [3] v tříbodovém ohybu na trámcích s vrubem. Výsledkem těchto zkoušek jsou diagramy závislosti působící síly a rozevření trhliny (CMOD) na spodním taženém povrchu trámce. K dispozici bylo 8 zatěžovacích diagramů. Střední hodnota CMOD<sub>3</sub> = 2,5mm

činní  $f_{R,3mean} = 6,59$  MPa. Dále byly provedeny pevnostní zkoušky betonářské výztuže. Mez kluzu se pohybuje kolem 600 MPa.



Obrázek 3: Zatěžovací diagramy L-CMOD zkušebních vzorků dle EN 14651 ze zadání soutěže [2]

### 3. POSTUP VÝPOČTU DLE FprEN 1992-1-1:2023

Návrhu betonových konstrukcí s rozptýlenou ocelovou výztuží je v nové generaci eurokódu vyčleněna samostatná informativní příloha L [1]. V této příloze jsou shrnuty všechny podstatné body návrhu: od dílčích součinitelů bezpečnosti, přes stanovení pevnostních tříd, po jednotlivé posudky a konstrukční zásady. Výpočetní postup únosnosti v protlačení je uveden v kapitole L.8.4. Návrhová únosnost drátkobetonové desky v protlačení vztažená na plochu kontrolovaného průřezu se stanoví dle následujícího vzorce:

$$\tau_{Rd,cf} = \eta_c \cdot \tau_{Rd,c} + \eta_F \cdot f_{Ftud} \geq \eta_c \cdot \tau_{Rd,c,min} + f_{Ftud},$$

kde

$$\eta_c = \tau_{Rd,c} / \tau_{Ed} \leq 1,0;$$

$\tau_{Rd,c}$  je stanoveno dle 8.4.3(1) stejného předpisu;

$$\eta_F = 0,4;$$

$\tau_{Rd,c,min}$  je stanoveno dle 8.2.1(4) stejného předpisu.

Výše uvedený vzorec přičítá k únosnosti průřezu bez smykové a rozptýlené výztuže ( $\eta_c \cdot \tau_{Rd,c}$ ) další člen zohledňující zvýšení únosnosti přidáním rozptýlené ocelové výztuže ( $\eta_F \cdot f_{Ftud}$ ). A to konkrétně ve výši 40 %  $f_{Ftud}$ . V kapitole L.5.5.1 *Návrhové zbytkové pevnosti v tahu* je návrhová hodnota zbytkové pevnosti v tahu zohledňující vliv vláken  $f_{Ftud}$  definována následujícími vztahy:

$$f_{Ftud} = f_{Ftu,ef} / \gamma_{SF};$$

$$f_{Ftu,ef} = \kappa_0 \cdot \kappa_G \cdot 0,33 \cdot f_{R,3k}.$$

Součinitel  $\kappa_0$  zohledňující orientaci ocelových vláken je definován ve stejné kapitole v odstavci 4. Pro smyková namáhání při protlačení je jeho bezpečná hodnota stanovena jako 1,0. Alternativně lze použít hodnotu vyšší, tu je však nutné stanovit na základě informací o způsobu výroby drátkobetonu a ověřených teoretických postupech. Součinitel  $\kappa_G$  zohledňující velikost tahové zóny, která se podílí na porušení, je stanoven v intervalu mezi 1,0 a 1,5. Pro konzervativní výpočetní postup bez dalšího podrobného zkoumání lze pro součinitel uvážit hodnotu 1,0. Charakteristická hodnota zbytkové pevnosti v tahu za ohybu  $f_{R,3k}$  při CMOD<sub>3</sub> = 2,5mm se stanoví dle EN 14651 [3] na základě zkoušky v tříbodovém ohybu na trámcích s vrubem. Součinitel spolehlivosti drátkobetonových konstrukcí  $\gamma_{SF}$  je pro trvalé a dočasné návrhové situace stanoven na hodnotu 1,5.

Únosnost průřezu bez smykové a rozptýlené výztuže  $\tau_{Rd,c}$  vychází z aktuálně platného postupu dle EN 1992-1-1 [5] s dílčími úpravami. Nově do výpočtu vstupuje parametr popisující drsnost smykové trhliny závisující na typu betonu a velikosti kameniva. Některé další součinitele jsou upraveny nebo stanoveny jinak. Konkrétně se tedy únosnost průřezu bez smykové výztuže při protlačení  $\tau_{Rd,c}$  stanoví následujícím způsobem:

$$\tau_{Rd,c} = \frac{0,6}{\gamma_v} \cdot k_{pb} \cdot \left(100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck} \cdot \frac{d_{dg}}{d_v}\right)^{\frac{1}{3}} \leq \frac{0,5}{\gamma_v} \cdot \sqrt{f_{ck}}$$

kde

$\gamma_v$  je dílčí součinitel spolehlivosti pro namáhání smykem a protlačení (hodnota bude upřesněna v národní příloze, výchozí hodnota pro trvalé a dočasné situace činní 1,40),

$k_{pb}$  je součinitel smykového gradientu při protlačení, který lze vypočítat jako:  $1 \leq k_{pb} = 3,6 \cdot \sqrt{1 - \frac{b_0}{b_{0,5}}} \leq 2,5$ ,

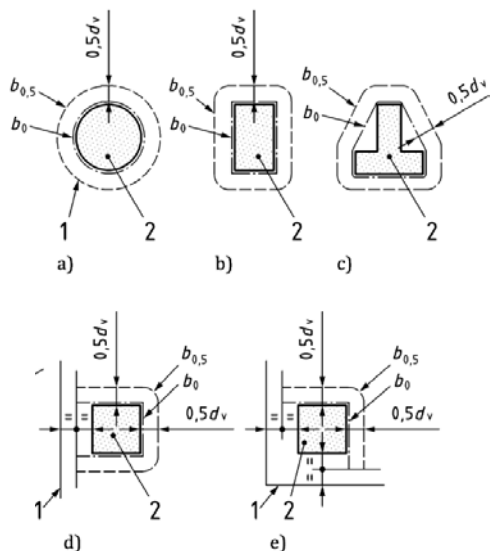
$\rho_l = \sqrt{\rho_{l,x} \cdot \rho_{l,y}}$ , kde  $\rho_{l,x}$  a  $\rho_{l,y}$  je stupeň vyztužení podélnou výztuží v příslušném směru,

$f_{ck}$  je charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku ve stáří 28 dní,

$d_{dg}$  je parametr popisující drsnost smykové trhliny, který je pro betonu  $f_{ck} \leq 60 \text{ MPa}$  stanoven jako  $16 \text{ mm} + D_{lower} \leq 40 \text{ mm}$  ( $D_{lower}$  je nejnižší hodnota velikosti kameniva pro nejvyšší použitou frakci v betonové směsi),

$d_v = \frac{d_{vx} + d_{vy}}{2}$ , kde  $d_{vx}$  a  $d_{vy}$  je účinná výška průřezu pro příslušný směr.

Poloha kontrovaného obvodu  $b_{0,5}$  kolem lokální podpory, kde se provádí posouzení na smyk při protlačení, je posunuta do vzdálenosti  $0,5 \cdot d_v$  dle schématu níže. Dále do výpočtu vstupuje délka obvodu na lici podpory  $b_0$ .



Obrázek 4: Poloha kontrovaného obvodu  $b_0$  (1 – kontrovaný obvod, 2 – podpora) [1]

#### 4. VÝPOČET ÚNOSNOSTI DRÁTKOBETONOVÉ DESKY VE SMYKU PŘI PROTŘAČENÍ

Zde je uveden konkrétní výpočet únosnosti drátkobetonové desky ve smyku při protlačení na modelovém příkladu, který byl ověřen experimentálně. Pro porovnatelnost výpočtu dle FprEN 1992-1-1:2023 [1] s výsledky experimentu jsou výpočty provedeny s dílčími

součiniteli bezpečnosti odpovídajícími hodnotě 1,0 a pro střední hodnoty pevnosti materiálu.

V prvním kroku je stanovena hodnota únosnosti průřezu bez smykové výztuže a bez rozptýlené ocelové výztuže. Tato únosnost se při zkoušce do porušení vzorku vyčerpá v celé své výši a parametr  $\eta_c$  je pro výpočet roven maximální hodnotě 1,0.

Vstupní hodnoty:  $d_v = \frac{0,154 + 0,142}{2} = 0,148 \text{ m}$ ,  $b_0 = 4 \cdot 0,2 = 0,8 \text{ m}$ ,  $b_{0,5} = 4 \cdot 0,2 + 2 \cdot \pi \cdot (0,5 \cdot 0,148) = 1,265 \text{ m}$ ,  $f_{cm} = 50,15 \text{ MPa}$ ,  $D_{lower} = 6 \text{ mm}$ ,

$$\rho_l = \sqrt{(10 \cdot (\frac{12}{2})^2 \cdot \pi) / (1000 \cdot 148) \cdot (10 \cdot (\frac{12}{2})^2 \cdot \pi) / (1000 \cdot 148)} = 0,00764.$$

Výpočet:

$$k_{pb} = 3,6 \cdot \sqrt{1 - \frac{b_0}{b_{0,5}}} = 3,6 \cdot \sqrt{1 - \frac{0,8}{1,265}} = 2,183 \leq 2,5$$

$$d_{dg} = 16 + 6 = 22 \text{ mm}$$

$$\tau_{Rd,c} = \frac{0,6}{\gamma_v} \cdot k_{pb} \cdot \left(100 \cdot \rho_l \cdot f_{cm} \cdot \frac{d_{dg}}{d_v}\right)^{\frac{1}{3}} = \frac{0,6}{1,0} \cdot 2,183 \cdot \left(100 \cdot 0,00764 \cdot 50,15 \cdot 2214813\right)^{\frac{1}{3}} = 2,339 \text{ MPa}$$

$$\leq \frac{0,5}{\gamma_v} \cdot \sqrt{f_{cm}} = \frac{0,5}{1,0} \cdot \sqrt{50,15} = 3,541 \text{ MPa}$$

Únosnost kontrovaného obvodu  $b_{0,5}$  bez smykové výztuže a bez rozptýlené ocelové výztuže (předpokládá se, že v experimentu je deska zatížena symetricky a součinitel zohledňující vliv nesymetrického zatížení  $\beta_e$  je tedy roven 1,0) činní:

$$V_{Rd,c} = \frac{\tau_{Rd,c} \cdot b_{0,5} \cdot d_v}{\beta_e} = \frac{2,339 \cdot 10^3 \cdot 1,265 \cdot 0,148}{1,0} = 437,91 \text{ kN}$$

V dalším kroku je určen příspěvek k únosnosti ve smyku v protlačení od rozptýlené ocelové výztuže.

Vstupní hodnoty:  $f_{R,3\text{mean}} = 6,59 \text{ MPa}$

Výpočet:

$$f_{Ftu,ef} = \kappa_O \cdot \kappa_G \cdot 0,33 \cdot f_{R,3\text{mean}} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,33 \cdot 6,59 = 2,175 \text{ MPa}$$

$$V_{Ftu} \cdot \eta_F = \frac{f_{Ftud} \cdot b_{0,5} \cdot d_v}{\beta_e} \cdot \eta_F = \frac{2,175 \cdot 10^3 \cdot 1,265 \cdot 0,148}{1,0} \cdot 0,4 = 162,88 \text{ kN}$$

Celková únosnost ve smyku v protlačení modelového příkladu dle výpočtu FprEN 1992-1-1:2023 tedy činní  $437,91 + 162,88 = 600,79 \text{ kN}$ .

K výpočtu je nutno poznamenat, že všechny volitelné koeficienty, které lze nějakým způsobem upravovat podle přesnějších informací o způsobu výroby a ověřených teoretických postupech, jsou voleny konzervativně na své dolní mezi. Celková stanovená únosnost je nejnižší možná hodnota uvedeného výpočetního postupu.

#### 5. VÝSLEDKY EXPERIMENTU A POROVNÁNÍ S VÝPOČTEM

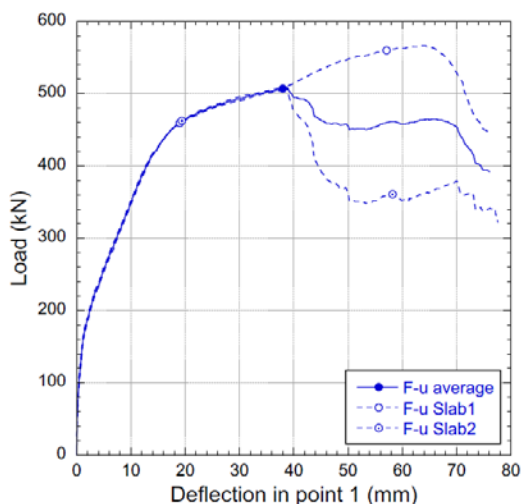
V rámci experimentu se provedly zatěžovací zkoušky dvou drátkobetonových desek [4]. Deska 1 se porušila předpokládaným způsobem – k rozvoji trhlin došlo po celém obvodu v blízkosti bodového zatížení. Maximální dosažená síla činila 565,88 kN. Deska 2 se porušila pouze na části obvodu a při dalším zatěžování nastalo rozevírání trhlin v porušeném místě bez vyčerpání únosnosti ve zbývajících částech obvodu. Dosažená maximální síla byla v tomto případě nižší, konkrétně činila 507,96 kN. Na následujících



obrázcích je zachycen způsob porušení a dále je přiložen zatěžovací diagram vyjadřující posun zatěžovaného bodu na dosažené síle v lisu pro obě zkoušené desky.



Obrázek 4: Nahoře – symetrické porušení desky 1; dole – nesymetrické porušení desky 2 [4]



Obrázek 4: Záznam průběhu zatěžovací zkoušky – závislost dosažené síly v lisu na posunu zatěžovaného bodu [4]

Výpočetním postupem dle FprEN 1992-1-1:2023 byla stanovena únosnost takovéto desky na hodnotě 600,79 kN, což je o 6,2 % více než maximální dosažená síla pro desku 1, respektive o 18,3 % více než v případě desky 2. Za relevantnější srovnání lze považovat případ desky 1, kdy došlo ke standardnímu způsobu porušení.

deska 1		
experiment	výpočet dle FprEN 1992-1-1:2023	rozdíl
565,88 kN	600,79 kN	6,2 %

deska 2		
experiment	výpočet dle FprEN 1992-1-1:2023	rozdíl
507,96 kN	600,79 kN	18,3 %

Tabulka 1: Porovnání únosností

V tomto případě tedy výpočetní postup únosnosti betonové desky s rozptýlenou ocelovou výztuží při namáhání protlačením dle FprEN 1992-1-1:2023 nadhodnocuje očekávanou únosnost pro průměrné materiálové charakteristiky. Porovnání vychází pouze ze dvou experimentálních vzorků a jeho platnost je tak značně omezená.

Vliv rozptýlené ocelové výztuže je do výpočtu zahrnut pomocí pevnosti betonu v tahu za ohybu odpovídající rozevření vrubu  $CMOD_3 = 2,5\text{mm}$ . Tato pevnost se měří při zkoušce v třibodovém ohybu a místo porušení je předem vymezeno. Naměřená pevnost tak odpovídá konkrétnímu průřezu, který nemusí být a zpravidla není na zkoušeném vzorku tím nejslabším. Vstupní hodnota pevnosti v tahu za ohybu drátkobetonu je z tohoto měření nadhodnocena, a to je jedním z důvodů rozdílu mezi výpočtem a experimentem. Navíc tato pevnost vykazuje značný rozptyl – z experimentálního měření 8 trámeců činní nejnižší hodnota pevnosti v tahu za ohybu 4,7 MPa a nejvyšší 8,6 MPa (viz obrázek 3). Pro průměrnou hodnotu 6,59 MPa činí směrodatná odchylka 1,22 MPa a variační koeficient je 18,51 %. Při uvážení pevnosti v tahu za ohybu na dolní hranici měření 4,7 MPa je hodnota únosnosti v protlačení modelového příkladu 554,06 kN, což lépe odpovídá experimentálním výsledkům. Použití průměrné hodnoty tak není pro tento případ zcela výstižné. V běžné aplikaci normového přístupu budou použity charakteristické hodnoty materiálových vlastností, které jsou odvozeny na základě statistického zpracování. Vliv velkého rozptylu pevnosti v tahu za ohybu tak bude do výpočtu zahrnut.

## 6. ZÁVĚR

Nová generace eurokódů přinese do českého prostředí možnost navrhovat konstrukce z betonu s rozptýlenou ocelovou výztuží podle platného normového předpisu. Aktuálně je dostupný návrh této normy s označením FprEN 1992-1-1:2023 a je možné ověřit předkládané výpočetní postupy na experimentálních datech. V tomto článku byl konkrétně ověřen postup posouzení drátkobetonové desky při namáhání v protlačení. Výsledek je porovnán s experimentálními daty. Při použití průměrných hodnot materiálových pevností výpočet v tomto případě nadhodnocuje celkovou únosnost, konkrétně o 6,2 % a 18,3 %. Hodnota pevnosti drátkobetonu v tahu za ohybu však vykazuje značný rozptyl a je nadhodnocena zkušební postupem dle EN 14651 [3]. Vhodnost zkušebního postupu pevnosti v tahu za ohybu dle EN 14651 byla rozebírána odbornou veřejností již několikrát, avšak stále převažuje jako doporučený postup na základě jednoduché interpretace výsledků. V reálném použití výpočetního postupu bude vysoký rozptyl materiálových pevností do výpočtu zahrnut pomocí statistického zpracování s výslednou charakteristickou hodnotou pevnosti a hodnota pevnosti v tahu za ohybu bude upravena dílčím součinitelem bezpečnosti. Předkládaný výpočetní postup dle FprEN 1992-1-1:2023 se tedy jeví jako bezpečný.

## Zdroje

1. Final draft FprEN 1992-1-1:2023. *Eurocode 2 - Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings, bridges and civil engineering structures*. ICS 91.010.30; 91.080.40. Brusel: CEN, 2023.
2. Barros, J., Sanz, B. *Rules of 3rd Blind Simulation Competition*. Madrid, 2023.
3. EN 14651:2007+A1:2008. *Test method for metallic fibre concrete – Measuring the flexural tensile strength (limit of proportionality (LOP), residual)*. ICS 91.100.30. Brusel: CEN, 2007
4. Barros, J., Sanz, B. *Report of 3rd Blind Simulation Competition*. Madrid, 2023.
5. ČSN EN 1992-1-1 ed. 2. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. ICS 91.010.30; 91.080.40. Praha: ÚNMZ, 2019.



