



# KONFERENCIAKÖTET

## Conference Proceedings

**Nemzetközi tudományos konferencia  
a Magyar Tudomány Ünnepe alkalmából**  
International Scientific Conference  
on the Occasion of the Hungarian Science Festival

**Sopron, 2025. november 6.**  
6 November 2025, Sopron

**FEJLŐDÉSI PÁLYÁK ÉS ÚJ TÖRÉSVONALAK A  
FENNTARTHATÓSÁGI ÁTMENET IDŐSZAKÁBAN**

DEVELOPMENT TRAJECTORIES AND NEW DIVIDES IN TIMES OF SUSTAINABILITY TRANSITIONS

Szerkesztők / Editors:

RESPERGER Richárd, SZÉLES Zsuzsanna, TÓTH Balázs István

**Nemzetközi tudományos konferencia a Magyar Tudomány Ünnepe alkalmából**  
International Scientific Conference on the Occasion of the Hungarian Science Festival

Sopron, 2025. november 6. / 6 November 2025, Sopron

**FEJLŐDÉSI PÁLYÁK ÉS ÚJ TÖRÉSVONALAK A  
FENNTARTHATÓSÁGI ÁTMENET IDŐSZAKÁBAN**  
DEVELOPMENT TRAJECTORIES AND NEW DIVIDES  
IN TIMES OF SUSTAINABILITY TRANSITIONS

**KONFERENCIAKÖTET**  
CONFERENCE PROCEEDINGS

LEKTORÁLT TANULMÁNYOK / PEER-REVIEWED PAPERS

Szerkesztők / Editors:

RESPERGER Richárd – SZÉLES Zsuzsanna – TÓTH Balázs István



**SOPRONI EGYETEM KIADÓ**

UNIVERSITY OF SOPRON PRESS

**SOPRON, 2026**



JUBILEUMI  
TUDOMÁNYÜNNEP  
2025



SCIENCE  
JUBILEE  
2025

**Mottó: „200 év a tudás és a társadalom szolgálatában”**  
/ Motto: „200 years to knowledge and service to society”



**MAGYAR  
TUDOMÁNY  
ÉVE 2025/2026**

**Felelős kiadó / Executive Publisher: Prof. Dr. FÁBIÁN Attila**  
**a Soproni Egyetem rektora / Rector of the University of Sopron**

**Szerkesztők / Editors:**

Dr. RESPERGER Richárd, Prof. Dr. SZÉLES Zsuzsanna, Dr. habil. TÓTH Balázs István

**Lektorok / Reviewers:**

Dr. BARTÓK István, BAZSÓNÉ Dr. BERTALAN Laura, Dr. BEDNÁRIK Éva,  
Dr. CZIRÁKI Gábor, Dr. DIÓSSI Katalin, Dr. habil. BARANYI Aranka,  
Dr. habil. JANKÓ Ferenc, Dr. habil. JUHÁSZ Tímea, Dr. habil. PAÁR Dávid,  
Dr. habil. PAPP-VÁRY Árpád, Dr. habil. SZABÓ Zoltán, Dr. habil. TÓTH Balázs István,  
Dr. HOSCHEK Mónika, Dr. KARNER Cecília, Dr. KERESZTES Gábor,  
Dr. habil. KOLOSZÁR László, Dr. KÓPHÁZI Andrea, Dr. MÉSZÁROS Katalin,  
Dr. NÉMETH Nikoletta, Prof. Dr. OBÁDOVICS Csilla, Dr. PALANCSA Attila,  
PAPPNÉ Dr. VANCSÓ Judit, Dr. RESPERGER Richárd, Prof. Dr. SZÉKELY Csaba,  
Prof. Dr. SZÉLES Zsuzsanna, Dr. SZÓKA Károly, Dr. TAKÁTS Alexandra

Tördelőszerkesztő / Layout Editor: Dr. RESPERGER Richárd

**ISBN 978-963-334-579-5 (pdf)**

**DOI: <https://doi.org/10.35511/978-963-334-579-5>**

A kötetben közölt tanulmányok tartalmáért kizárólag a szerzők felelősek.  
/ The authors are solely responsible for the content of the papers published in this volume.

Creative Commons license: CC BY-NC-SA 4.0 DEED



Nevezd meg! - Ne add el! - Így add tovább! 4.0 Nemzetközi  
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International

## SZERVEZŐK

Soproni Egyetem Lámfalussy Sándor Közgazdaságtudományi Kar (SOE LKK),  
A Soproni Felsőoktatásért Alapítvány

**A konferencia elnöke:** Prof. Dr. SZÉLES Zsuzsanna PhD egyetemi tanár, dékán (SOE LKK)

### **A konferencia Tudományos Bizottsága:**

- Prof. Dr. FÁBIÁN Attila PhD egyetemi tanár (SOE LKK); a Soproni Egyetem rektora;
- Prof. Dr. KULCSÁR László CSc professzor emeritus (SOE LKK);
- Prof. Dr. OBÁDOVICS Csilla PhD egyetemi tanár, Doktori Iskola-vezető (SOE LKK);
- Prof. Dr. SZALAY László DSc egyetemi tanár (SOE LKK);
- Prof. Dr. SZÉKELY Csaba DSc professzor emeritus (SOE LKK);
- Prof. Dr. SZÉLES Zsuzsanna PhD egyetemi tanár (SOE LKK);
- Prof. Dr. Clemens JÄGER PhD egyetemi tanár, dékán (FOM Közgazdaságtudományi és Menedzsment Egyetem, Essen, Németország), c. egyetemi tanár (SOE);
- Prof. Dr. Alfreda ŠAPKAUSKIENĖ PhD egyetemi tanár (Vilniusi Egyetem, Közgazdaságtudományi Kar, Litvánia);
- Dr. habil. BARANYI Aranka PhD egyetemi docens (SOE LKK);
- Dr. habil. KOLOSZÁR László PhD egyetemi docens (SOE LKK);
- Dr. habil. PAPP-VÁRY Árpád Ferenc tudományos főmunkatárs (SOE LKK);
- Dr. habil. POGÁTSZA Zoltán PhD egyetemi docens (SOE LKK);
- Dr. habil. SZABÓ Zoltán PhD egyetemi docens (SOE LKK);
- Dr. habil. TÓTH Balázs István PhD egyetemi docens, a Lámfalussy Kutatóközpont igazgatója (SOE LKK);
- Dr. habil. Eva JANČÍKOVÁ PhD egyetemi docens (Pozsonyi Közgazdaságtudományi Egyetem, Nemzetközi Kapcsolatok Kar, Szlovákia);
- Dr. Rudolf KUCHARČÍK PhD egyetemi docens, dékán (Pozsonyi Közgazdaságtudományi Egyetem, Nemzetközi Kapcsolatok Kar, Szlovákia).

### **A konferencia Szervező Bizottsága:**

- Dr. MÉSZÁROS Katalin PhD egyetemi docens, dékánhelyettes (SOE LKK)
- PAPPNÉ Dr. VANCSÓ Judit PhD egyetemi docens, intézetigazgató, dékánhelyettes (SOE LKK);
- Dr. HOSCHEK Mónika PhD egyetemi docens, intézetigazgató (SOE LKK);
- Dr. NÉMETH Nikoletta PhD egyetemi docens, intézetigazgató (SOE LKK);
- Dr. BARTÓK István János PhD egyetemi docens (SOE LKK);
- Dr. SZÓKA Károly PhD egyetemi docens (SOE LKK);
- Dr. DIÓSSI Katalin PhD adjunktus (SOE LKK);
- Dr. RESPERGER Richárd PhD adjunktus (SOE LKK).

## ORGANIZERS

University of Sopron, Alexandre Lamfalussy Faculty of Economics (SOE LKK),  
For the Higher Education in Sopron Foundation

**Conference Chairperson:** Prof. Dr. Zsuzsanna SZÉLES PhD Professor, Dean (SOE LKK)

### Scientific Committee:

- Prof. Dr. Attila FÁBIÁN PhD Professor (SOE LKK), Rector of the University of Sopron;
- Prof. Dr. László KULCSÁR CSc Professor Emeritus (SOE LKK);
- Prof. Dr. Csilla OBÁDOVICS PhD Professor, Head of Doctoral School (SOE LKK);
- Prof. Dr. László SZALAY DSc Professor (SOE LKK);
- Prof. Dr. Csaba SZÉKELY DSc Professor Emeritus (SOE LKK);
- Prof. Dr. Zsuzsanna SZÉLES PhD Professor, Dean (SOE LKK);
- Prof. Dr. Clemens JÄGER PhD Professor, Dean (FOM University of Applied Sciences for Economics and Management, Essen, Germany), Honorary Professor (SOE);
- Prof. Dr. Alfrida ŠAPKAUSKIENĖ PhD Professor (Vilnius University, Faculty of Economics and Business Administration, Lithuania);
- Dr. habil. Aranka BARANYI PhD Associate Professor (SOE LKK);
- Dr. habil. Árpád Ferenc PAPP-VÁRY PhD Senior Research Fellow (SOE LKK);
- Dr. habil. Zoltán POGÁTSA PhD Associate Professor (SOE LKK);
- Dr. habil. Zoltán SZABÓ PhD Associate Professor (SOE LKK);
- Dr. habil. Balázs István TÓTH PhD Associate Professor, Director of the Lamfalussy Research Centre (SOE LKK);
- Dr. habil. Eva JANČÍKOVÁ PhD Associate Professor (University of Economics in Bratislava, Faculty of International Relations, Slovakia);
- Dr. Rudolf KUCHARČÍK PhD Associate Professor, Dean (University of Economics in Bratislava, Faculty of International Relations, Slovakia).

### Organizing Committee:

- Dr. Judit PAPPNÉ VANCSÓ PhD Associate Professor, Director of Institute, Vice Dean (SOE LKK);
- Dr. Tamás PIRGER PhD Assistant Professor, Vice Dean (SOE LKK);
- Dr. Mónika HOSCHEK PhD Associate Professor, Director of Institute (SOE LKK);
- Dr. Nikoletta NÉMETH PhD Associate Professor, Director of Institute (SOE LKK);
- Dr. István János BARTÓK PhD Associate Professor (SOE LKK);
- Dr. Gábor KERESZTES PhD Associate Professor, Vice Dean (SOE LKK);
- Dr. habil. László KOLOSZÁR PhD Associate Professor (SOE LKK);
- Dr. Károly SZÓKA PhD Associate Professor (SOE LKK);
- Dr. Katalin DIÓSSI PhD Assistant Professor (SOE LKK);
- Dr. Richárd RESPERGER PhD Assistant Professor (SOE LKK).

## TARTALOMJEGYZÉK / CONTENTS

### 1. szekció: Társadalmi kihívások és társadalmi innovációk

#### *Session 1: Social Challenges and Social Innovations*

<b>Társadalmi törésvonalak és reziliencia az egyszülős családok körében</b> BUJDOSÓ-KURUCSÓ Alexandra .....	12
<b>A 70 az új 60? Kit tartunk idősnek napjainkban?</b> TRUNKOS Ildikó .....	20
<b>Alternatives, Challenges, and Opportunities in the Automotive Industry of the 21st Century</b> János Pál PÁTZAY – Máté NAGY .....	29
<b>Informális gazdasági kapcsolatok a vidéki térségekben Magyarországon. Összehasonlító vizsgálat, 1998–2024</b> KULCSÁR László – David L. BROWN – OBÁDOVICS Csilla .....	38
<b>A nagy nyelvi modellek kreativitásának kérdései a kreatív problémamegoldás tükrében - Koncepcionális kiindulópontok</b> DROBNY-BURJÁN Andrea .....	47

### 2. szekció: Turizmus és marketing, fenntartható turizmus

#### *Session 2: Tourism and Marketing, Sustainable Tourism*

<b>Petfluencer marketing: Kisállatok mint véleményvezérek a közösségimédia marketingben – Tika the Iggy kutya influencer és Marta Sierra humán influencer Instagram-aktivitásának összehasonlító tartalomelemzése</b> DINGFELDER Patrícia – PAPP-VÁRY Árpád Ferenc .....	59
<b>Kötelező láthatóságból stratégiai kommunikáció: a hazai fejlesztési programok kommunikációs csomagjainak összehasonlító elemzése</b> HIDASAI Andrea .....	69
<b>Az élményalapú fenntartható agroturizmus témában végzett bibliometriai áttekintés Az élményalapú fenntartható agroturizmus témában végzett bibliometriai áttekintés</b> BOGNÁR Éva – HOSCHEK Mónika – DUNAY Anna .....	82
<b>Sztárfutballisták márkaépítése a közösségi médiában – Kvalitatív vizsgálat a digitális jelenlét, a hitelesség és a piaci érték kapcsolatáról</b> MOLNÁR Dominik – PAPP-VÁRY Árpád Ferenc .....	94
<b>Egy magyar futballsztaár és személyes márkájának felemelkedése – Szoboszlai Dominik márkaépítésének elemzése a digitális és sportpiaci térben</b> KORIM Dorina – PAPP-VÁRY Árpád Ferenc .....	111

### 3. szekció: Fenntarthatósági átmenet és digitális innovációk

#### *Session 3: Sustainability Transition and Digital Innovations*

<b>Adatvezérelt fenntarthatóság: ellátási lánc szimulációs labor a zöld döntés szolgálatában</b> SALUSINSZKY András – BUDAI László .....	127
<b>Sárvár városi erdeinek klímavédelmi szerepe a fenntarthatósági átmenet tükrében</b> KIRÁLY Éva – BOROVIKCS Attila .....	138
<b>Digitális fejlesztésekkel megoldható környezeti fenntarthatóságot érintő kihívások a hazai agrárinnovációs ökoszisztémával összefüggésben</b> HOLÁN Balázs – SZÓKA Károly – RADÁCSI László .....	155
<b>Digitalizációs attitűd vizsgálata egyetemi hallgatók körében</b> KERESZTES Gábor – NÉMETH Nikoletta – MÉSZÁROS Katalin .....	172

### 4. szekció: Fenntartható pénzügyek – Fenntartható gazdálkodás

#### *Session 4: Sustainable Finance – Sustainable Management*

<b>Az ESG múltja, jelene és jövője a magyarországi vállalatok életében</b> SZABÓ Csaba .....	186
<b>Zöld szemlélet a Soproni Egyetemen</b> NÉMETH Nikoletta – MÉSZÁROS Katalin .....	201
<b>A fenntartható közúti áruszállítás járművei: kihívások és lehetőségek</b> EGERVÁRI István .....	213
<b>A várostervezés új kihívásai</b> OSZVALD Ferenc Nándor .....	227

### 5. szekció: Global and Regional Aspects of Sustainable Development

#### *Session 5: Global and Regional Aspects of Sustainable Development*

<b>Sociocultural Influences on Green Transition: Community Resilience and the Solar Energy Shift in Lebanon</b> Nadine AL AMINE .....	241
<b>From Barriers to Action: Individual Responsibility and Solutions for Selective Waste Collection in Western Hungary</b> Boglárka KONKA – Veronika LÁSZLÓ – Andrea Magda NAGY – Stefánia Matild TÖREKI – Zsuzsa DARIDA .....	254
<b>Digital Twins in Sustainable Supply Chain Management: An Exploratory Cross-Case Analysis</b> Magdalena WITTMANN .....	266
<b>Bridging the Divide: A Systematic Literature Review of Sustainability Pathways for SMEs in Sub-Saharan Africa Amid Global Sustainability Transitions</b> Eulalia ANG'EDU – Katalin DIÓSSI .....	278

**Intermodal Transport, Sustainability, and Security Challenges in South Africa's Automotive Logistics**

Anikó RICHTER – Csaba I. HENCZ ..... 296

**6. szekció: Sustainable Economy and Management (személyes)**

*Session 6: Sustainable Economy and Management (in-person)*

**Toward Zero Waste: Applying the 9R Framework in Sustainable Event Management**

Katalin VIGH – Katalin DIÓSSI ..... 308

**Essential Steps in Sustainable Corporate Event Management**

Katalin VIGH – Katalin DIÓSSI ..... 318

**Exploring the Impact of Mountain Tourism Facilities and Activities on Domestic Tourism Consumption and Sustainability of Local Community Livelihoods Community: A Literature Review**

Deborah KANGAI – Árpád Ferenc PAPP-VÁRY – Viktória SZENTE ..... 326

**Sustainability by Design: User Experience Strategies in Green Tourism Marketing**

Nawres DHOUB – Éva BEDNÁRIK ..... 340

**Integrált jelentések a magyarországi tőzsdei kibocsátók körében**

BARTÓK István János ..... 353

**7. szekció: Sustainable Economic Decisions**

*Session 7: Sustainable Economic Decisions*

**Analyst Forecast Properties Around IFRS-Based Consolidation: Coverage, Dispersion, and Bias in Morocco**

Saddek BAROUD – Anita TANGL ..... 363

**Behavioral Finance for Rational and Sustainable Decision-Making Capital Markets - An Analysis of Investor Behavior Using the Example of Wirecard AG**

Mathilda STOCKHAUS – Christian BERNER ..... 378

**Designing ESG Reports with Nudges: Integrating Behavioural Insights into CFO-Led Sustainability Reporting**

Safaâ HOUNA – Lena Lotta STICKEN – Károly SZÓKA ..... 403

**Integrating AI-driven Macroeconomic Forecasting with Exchange Rate Hedging: The Case of Japanese Yen**

Avaz MAMMADOV – Kanan MAMMADLI – Károly SZÓKA – Balázs István TÓTH ..... 421

**Der Einfluss der deutschen § 6b EStG-Rücklagenbildung im internationalen Rechnungslegungsstandart nach IFRS für eine deutsche Personengesellschaft einer multinationalen Unternehmensgruppe**

Linda MATTHES – Katalin DIÓSSI – Zsuzsanna SZÉLES ..... 435

<b>Reconceptualizing Organizational Commitment in the Age of Sustainability: A Reflexive Grounded Theory Perspective on Fragmentation and Complexity in the Public Sector</b> Jessica KULCZYCKI – Katalin DIÓSSI .....	454
<b>Eine kritische Analyse der Vereinbarkeit zwischen Nachhaltigkeit und KI in Unternehmen</b> André HEISLER – Károly SZÓKA .....	468
<b>8A. szekció: Fenntarthatósági kihívások és innovatív válaszok</b> <i>Session 8A: Sustainability Challenges and Innovative Responses</i>	
<b>Magyar divatipari designer márkák online- és offline megjelenésének elemzése</b> VIZI Noémi .....	478
<b>Bizalom és hitelesség az influencerszer-marketingben: digitális kommunikáció a kutyaeledel szektorban</b> CSÓTYA Klára – LUKÁCS Rita – PAPP-VÁRY Árpád Ferenc .....	492
<b>8B. szekció: Fenntarthatósági kihívások és innovatív válaszok</b> <i>Session 8B: Sustainability Challenges and Innovative Responses</i>	
<b>A mesterséges intelligencia lehetőségei a nyugdíjbiztonság területein</b> SZABÓ Zsolt Mihály .....	511
<b>Virtuális migráció? A távmunka, mint új dimenzió a fenntartható mobilitásban</b> GAÁL Sándor András – OBÁDOVICS Csilla – RESPERGER Richárd .....	520
<b>Az egészségműveltség fejlesztése a gyógyszertárakban a fenntarthatóság figyelembevételével</b> PORZSOLT Péter – PAPP-VÁRY Árpád Ferenc .....	535
<b>9. szekció: Sustainable Economy and Management (online)</b> <i>Session 9: Sustainable Economy and Management (online)</i>	
<b>Hidden Fault Lines in Sustainability Transitions: Silence, Commitment, Citizenship and Machiavellianism</b> Andrea MÁTÉ .....	547
<b>Investigation of Differences in Labour Productivity Between the Visegrád Group Countries (V4) Compared to Germany and the Impact on Their Workers' Wages</b> Andreas HUTH .....	567
<b>Sustainable Management in Inpatient Long-Term Care in Germany Through Competence-Based Staffing</b> Rita ZÖLLNER – Silke MAGES .....	581
<b>Overview of Employment Forms of University Students in the Mirror of Changes in Legislation, with Particular Respect to Dual Training in Hungary</b> Tünde FIERS – Ágnes SIKLÓSI – Krisztina A. SISA .....	599

## **10. szekció: Sustainability Challenges and Innovations**

### *Session 10: Sustainability Challenges and Innovations*

<b>The Concept of Vulnerable Households in European Energy Policy</b> Ágnes VÁRADI .....	615
<b>Co-Creation and Personalisation in Autonomous Mobility: A Qualitative Exploration of User Expectations</b> Phillipp NOLL – Nils Andreas EIBER .....	626
<b>How Do ESG Factors Influence Financial Performance in Leading Sustainable Companies?</b> László Zoltán KUCSÉBER .....	646
<b>Emotional Artificial Intelligence in Interpersonal Leadership: Technological Implementation and Social Impact</b> Nils Andreas EIBER – Rüdiger GRIMM .....	655
<b>Regulatory AI as Catalyst: Framework for Sustainable Financial Transformation</b> Alexander Maximilian RÖSER – Cedric BARTELT – Ricky WEIß .....	678

## **11. szekció: Poszter szekció**

### *Session 11: Poster Session*

<b>Organizational Theory in the Context of Climate Change and Potential Application for the Green Transition of the Iron and Steel Industry</b> Beáta BURÓ .....	696
<b>Quantitative Easing and Its Effects on Economies: A Systemic Literature Review With a European Focus</b> Magnus RADEMACHER .....	716
<b>Der Wert von Daten als nachhaltige Ressource: Chancen und Risiken im Kontext von Künstlicher Intelligenz</b> Chantal LEISING .....	744
<b>Csepreg, a boldog utazó desztinációja Vas vármegyében</b> HORVÁTH Kornélia Zsanett .....	766
<b>A holland körforgásos gazdaság hatása a holland országimázsra</b> KALCSÚ Zoltán – BEDNÁRIK Éva .....	782
<b>Dróntechnológia a vasúti infrastruktúra szolgálatában: nemzetközi trendek és a hazai tapasztalatok</b> KOLOSZÁR László – IONESCU Astrid .....	796

## **Dróntechnológia a vasúti infrastruktúra szolgálatában: nemzetközi trendek és a hazai tapasztalatok**

*Drone Technology in the Service of Railway Infrastructure: International Trends and Hungarian Experiences*

**Dr. habil. KOLOSZÁR László PhD<sup>1</sup>**

egyetemi docens (Associate Professor)

Soproni Egyetem, Lámfalussy Sándor Közgazdaságtudományi Kar (*University of Sopron, Alexandre Lamfalussy Faculty of Economics*)

**IONESCU Astrid<sup>2</sup>**

PhD-hallgató (PhD Student)

Soproni Egyetem, Lámfalussy Sándor Közgazdaságtudományi Kar (*University of Sopron, Alexandre Lamfalussy Faculty of Economics*)

### **Absztrakt:**

Jelen tanulmány a Soproni Egyetemen futó „BorderEye” projekt keretében vizsgálja a dróntechnológia vasúti szektorban rejlő lehetőségeit, a hatékonyság növelését és a korszerűsítést célozva. A kutatás során átfogó nemzetközi szakirodalmi feltárást végeztünk, amely bemutatja a drónok alkalmazását a pályakarbantartás, a létesítmények ellenőrzése (például hidak, felsővezetékek), valamint a katasztrófamegelőzés területén. A korszerű vizsgálati módszerek között szerepel a LiDAR-alapú mérés, a képfeldolgozás (pl. YOLOv8n), valamint a mesterséges intelligencia (MI) használata a hibafelismerés és sínazonosítás céljából. Ezeket az eredményeket kiegészítve, mélyinterjúkat/fókuszcsoportos vizsgálatokat készítettünk a hazai vasúttársaságok szakértőivel, melyeket esettanulmányként közlünk. Megállapítottuk, hogy a hazai szereplők intenzíven keresik az új technológia helyét, magas szintű szakértelemmel és kiépített szervezeti háttérrel rendelkeznek. A drónokat már használják vagyonynyilvántartásra, komplex állapotfelmérésre (például sínpálya, vezetékek), illegális hulladéklerakás feltérképezésére, és részt vesznek MI-alapú prediktív karbantartási rendszerek fejlesztésében is (például növényzetfelismerés). A legjelentősebb kihívást a technológia szélesebb körű és gyorsabb elterjedésében a szigorú jogi korlátok, az engedélyeztetés és a GDPR jelentik. A jövőbeni igények között szerepel az automatizált adatfeldolgozás, valamint a gyors reagálású rendszerek kifejlesztése, amelyek ötvözik a merev- és forgószárnyú drónok előnyeit. A dróntechnológia kritikus szerepet játszhat a vasútbiztonság növelésében, a karbantartás hatékonyságának fokozásában és a digitális ikerpárok létrehozásában.

**Kulcsszavak:** dróntechnológia, UAV, vasúti infrastruktúra, jogi korlátok

**JEL-kódok:** O33, R41, L92

### **Abstract:**

This study, conducted within the framework of the “BorderEye” project running at the University of Sopron, examines the potential of drone technology in the railway sector, aiming to increase efficiency and modernization. During the research, a comprehensive international literature review was conducted, demonstrating the application of drones in track maintenance, facility inspection (such as bridges, overhead contact lines), and disaster prevention. Modern examination methods include LiDAR-based measurement, image processing (e.g., YOLOv8n),

---

<sup>1</sup> [koloszar.laszlo@uni-sopron.hu](mailto:koloszar.laszlo@uni-sopron.hu)

<sup>2</sup> [ionescu.astrid@gmail.com](mailto:ionescu.astrid@gmail.com)

and the use of Artificial Intelligence (AI) for defect detection and rail recognition. Complementing these findings, in-depth interviews/ focus group research were conducted with experts of domestic railway companies, which are published as case studies. It was established that domestic players are intensely seeking the place of the new technology, possess a high level of expertise, and have an established organizational background. Drones are already used for asset inventory, complex condition assessments (e.g., railway tracks, wires), mapping illegal waste dumping, and participating in the development of AI-based predictive maintenance systems (e.g., vegetation recognition). The most significant challenges to the broader and faster spread of the technology are the strict legal limitations, licensing, and GDPR restrictions. Future needs include automated data processing and the development of rapid response systems that combine the advantages of fixed-wing and rotary-wing drones. Drone technology can play a critical role in increasing railway safety, enhancing maintenance efficiency, and creating digital twins.

**Keywords:** drone technology, UAV, railway infrastructure; legal constraints

**JEL Codes:** O33, R41, L92

## 1. Bevezetés

A Soproni Egyetemen folyó “BorderEye” – Merevszárnyú drón és kiértékelő szoftver fejlesztése határmegfigyeléshez és környezetértékeléshez című projekt keretében munkacsoportunk a fejlesztés más területeken történő használhatóságát is felméri. A merevszárnyú drón előnyeit és korlátait figyelembe véve azonosításra kerültek azok a szektorok, ahol a fejlesztés hatékony megoldást jelenthet. Bednárík és szerzőtársai (2022) a hazai erdőgazdaságok körében, Mészáros és szerzőtársai (2024) a precíziós mezőgazdaság, Mészáros & Németh (2023) a logisztikai folyamatok kapcsán, Takáts és szerzőtársai (2023) a katasztrófavédelem és tűzvédelem területén vizsgálták a BorderEye fejlesztés elfogadottságát és lehetséges felhasználási területeit. Továbbá a drónok elterjedését szintén meghatározó lakossági attitűdök vizsgálatra kerültek a közszolgálati alkalmazásához kötődően (Bednárík et al., 2025).

Jelen tanulmány a vasúti felhasználásra koncentrál. A drónhasználat vasútüzemi feladatokban történő felhasználásának nemzetközi szakirodalmi feltárása mellett mélyinterjúkat/fókuszcsoporthoz vizsgálatokat is készítettünk a hazai szereplőkkel, mint a fejlesztés elsődleges célcsoportjával. A vasúti üzem a többi potenciális szektorhoz képest speciális. Hazai viszonylatban mindössze két szereplő van, méretüket tekintve nagyvállalatok, nagyobb szervezettséggel, ugyanakkor feltételezhetően lassabb reagálással. Ezt a kiinduló képet jelentősen megváltoztatták a mélyinterjú/fókuszcsoporthoz vizsgálatok, melyből egyértelműen kirajzolódott, hogy a hazai vasúttársaságok igen intenzíven keresik az új technológia helyét, illetve használják a drónokat, a szervezeti háttér adott, a szakértelem magas szintű, a nehézséget inkább a jogi korlátok jelentik. A szektor sajátosságai miatt mindössze két mélyinterjú/fókuszcsoporthoz vizsgálat készült, ezért ezek eredményeit, mint esettanulmány adjuk közre.

## 2. Szakirodalmi áttekintés

Az emberiség, illetve a technika kétszáz éve alatt olyan ütemben fejlődött, hogy a gőzgépektől eljutott a már nem emberi munkaerővel hajtott gépekig, olyan okos gyárak és digitális technológiák alakultak ki, olyan rendszerek működnek, melyekben már nem is működnek közre emberek, a kommunikáció immáron gépek között zajlik (Szóka, 2018). Napjainkban folyamatosan jelennek meg az Ipar 4.0/5.0 gyűjtőnév alá rendezett újabb és újabb technológiai fejlesztések a világban, melyek rövid időn belül beépülnek a szervezetek működésébe (Bartók, 2017) és az emberek mindennapjaiba is. A drónok hadászati célból való alkalmazása után a 90-es években főként tudományos tevékenységek során megkezdődött a civil szektorban való megjelenése, felhasználása is (Füzesi et al., 2018). Manapság pedig már számos iparág alkalmazza tevékeny-

ségei hatékonyabb működésére, de eljutott már a magánszemélyekhez is hobby jellegű felhasználásra. Az ilyen típusú innovációk sikeres bevezetése szorosan összefügg az olyan, emberközpontú, csapatmunkára és autonóm munkavégzésre egyaránt fókuszáló, továbbá folyamatos tanulásra és kihívásokra épülő innovációorientált szervezeti kultúrával, amely nyitott az új technológiák – jelen esetben a drónok – alkalmazására is (Keresztes et al., 2019). A vezetői szinteket betöltő új generációk technológiai-fenntarthatósági szemlélete is feltételezi az ezirányú fejlesztések elfogadását (Dióssi, 2024). A digitális értékteremtésnek igazolt a hatása a vállalati hozzáadott érték termelésére (Hartvig et al., 2023), a logisztika terén kimutatott adatvezérelt hatékonyságnövekedés (Kurucz & Kovács, 2019) releváns a vasúti infrastruktúrával történő gazdálkodás során is.

A számos iparág közül a vasút is felfedezte a drónok alkalmazásában rejlő lehetőségeket, hiszen a vasúti pályakarbantartásban jelentős előrelépést jelent a hagyományos, munka- és időigényes és néha veszélyes szemrevételezési módszerekhez képest. A vasúti létesítmények és környezetük ellenőrzése, valamint a megelőző karbantartás elengedhetetlen a biztonságos vasúti működéshez. A drónokkal végzett átfogó ellenőrzési módszerek hatékonyan csökkentik az üzemeltetési kockázatokat, biztosítják a megbízható vonatközlekedést és csökkentik a balesetek, veszélyhelyzetek kialakulását.

A drónok 3 fő területen vethetők be a vasúti közlekedés ellenőrzésére vonatkozó tevékenységben (Chen et al., 2024):

- Légi felderítés: hidak állapotának vizsgálata, magasban lévő berendezések és környezetük monitorozása (felsővezetékek, áramellátó rendszerek és más magaslati vasúti létesítmények ellenőrzése).
- Terepszinten végzett megfigyelés: az alépítmények, sínek, talpfák, és más talajszintű eszközök állapotfelmérése és hibáinak azonosítása.
- Katasztrófaelőkészítés és -elhárítás: a vasúti pálya menti környezeti veszélyek (pl. földcsuszamlás, omlás, árvízveszély) felmérése és ellenőrzése (sziklafalak vizsgálata hegyvidéki részeken, alagutak be- és kijáratának ellenőrzése).

Bár megvannak a korlátai (pl. adatfeldolgozás, autonómia, időjárási körülmények), világszerte több példa mutatja, hogy jelentős potenciál lakozik a drónok vasúti területen való hasznosításában. Jelen tanulmányban a technológiai aspektusokat és az alkalmazás folyamat szempontú leírására fókuszálunk. Szeretnénk kiemelni, hogy a technológiai adaptáció sikeressége összhangban van a korábbi tanulmányokban vizsgált változáskezelési keretrendszerekkel (Kurucz et al., 2020), amelyek szerint a vezetői készségek fejlesztése és a tanulási folyamat felgyorsítása kritikus tényező a digitális innovációknál (Kurucz, 2018).

Proia és szerzőtársai (2023) arról írnak, hogy a vasúti rendszerek és eszközök vizsgálata esetében a drónok kiváló megoldást jelenthetnek a legmodernebb fedélzeti kameráknak és érzékelőknek köszönhetően. A hagyományos útmenti érzékelőkkel történő vizsgálat időigényes, nem biztonságos és nagymértékben függ az emberi tényezőtől. A drónokkal ezek a problémák kiküszöbölhetőek, továbbá optimalizálhatók és automatizálhatók a vasúti, valamint a pályadiagnosztikai folyamatok. Tanulmányukban a pontos adatok gyors összegyűjtése érdekében egy innovatív hibrid mozgatható vasúti diagnosztikai struktúrát határoznak meg, amely egy diagnosztikai vonatból és egy drónflottából áll. A kutatás fókusza arra irányul, hogy a drónok a feladat elvégzését követően hogyan térnek vissza, pontosabban, hogy hogyan landolnak a mozgó vonatra. A leszállási fázist két féle módon vizsgálták: függőleges vagy ferde leereszkedéssel; illetve a cél felé haladva előre meghatározott útvonalon történő ferde ereszkedéssel. A szimulációs eredményeik azt mutatják, hogy a cél felé történő függőleges vagy ferde ereszkedés gyorsabb, mint az előre meghatározott útvonal mentén történő ferde süllyedés.

Az olyan kedvezőtlen időjárási körülmények között rögzített képek, mint például az eső, hó vagy köd, gyakran súlyos minőségromlást szenvednek, ami ronthatja a képfelismerés pontosságát. A rendelkezésre álló algoritmusoknak két fő korlátja van: egyrészt nem képesek adaptívan kezelni az időjárási viszonyok változó összetettségét; másrészt nehezen kezelik a drónos ellenőrzések összetett zajmintáit, zavaró tényezőit. E nehézségek javítására javasolják K. Wang

és szerzőtársai (2025) az eső, hó és köd eltávolítását a drónfelvételekről a WeatherClean rendszer használatával. Ez a rendszer bevezet egy úgynevezett Időjárási Összettség-Beállítási Tényezőt (Weather Complexity Adjustment Factor - WCAF) egy paraméterezhetően állítható hálózati architektúrába, hogy a minőségromlást adaptívan dolgozza fel. Emellett hierarchikus, többszintű kivágási stratégiát alkalmaz a finom zajok és élek struktúráinak helyreállításának javítására. Ezenkívül egy fizikai modelleken (légköri szóródás) alapuló minőségromlás-szintetizáló módszert is beépít az adathiány enyhítésére. A kísérleti eredmények azt mutatják, hogy a WeatherClean felülmúlja a meglévő módszereket azáltal, hogy hatékonyan eltávolítja a zajrészeket, miközben megőrzi a kép részleteit. Ez az előrelépés megbízhatóbb nagy felbontású vizuális referenciákat biztosít a drónalapú vasúti ellenőrzésekhez, jelentősen növelve az ellenőrzési képességeket kedvezőtlen időjárási körülmények között.

Qiu és szerzőtársai (2023) tanulmányában a LiDAR (Light Detecting and Ranging) működésével kapcsolatban egy külön extrakciós algoritmust és navigációs rendszert vizsgálnak a pontos helymeghatározásra és térképezésre. Az általuk javasolt navigációs rendszer alkalmas lehet UAV-navigációra (Unmanned Aerial Vehicle, pilóta nélküli repülőgép), térbeli rácsszerkezettel rendelkező GNSS-tiltott környezetekben. Használható a hőerőművek száraz széntárolóinak UAV-leltárrendszeréhez, a nagysebességű vasúti platformok rácsos szerkezeteinek korróziógátló bevonására szolgáló UAV-érzékelő rendszerhez, a nagy turbinaműhelyek UAV-ellenőrző rendszeréhez és más hasonló rendszerekhez.

Dow és szerzőtársai (2023) LiDAR felmérést végző drónraj adathalmazában a drónok átfedései miatt keletkező zajok szűrésére hoztak létre algoritmust. A pontalapú PointPillars mélytanuló neurális hálózatra (DNN) épülő algoritmust egy vasúti híd vizsgálata során gyűjtött LiDAR adatokon tesztelték. Az algoritmus kedvezően teljesített a klasszikus szűrési módszerekhez képest. Eredményeik alapján a DNN algoritmus és a klasszikus módszerek kombinált megközelítése adta a legjobb eredményt, sikeresen eltávolította a raj zajának több mint 99%-át, egyetlen fals pozitív adat nélkül, egy 7 millió pontból álló LiDAR-adatkészletben.

A drón és LiDAR kombinációját használták Geng és szerzőtársai (2022) a nagysebességű vasúti felsővezeték magasságának és eltolásának mérésére. A felsővezeték magassága és lépcsőzése közvetlenül befolyásolja a vonatok energiaellátását, így az üzemeltetés biztonságának biztosítását. A LiDAR drónra történő felszerelésével a felsővezeték vizsgálat elvégezhető egy adott pályaszakasz lefoglalása nélkül. A szerzők eredményei alapján algoritmusaik esetén a mérési hiba 9 mm-en belül volt, azaz a keretrendszer alkalmas a nagysebességű vasutak ellenőrzésének megreformálására.

Indiában a jelenlegi rendszerek elsősorban ultrahangos UV-érzékelőkkel felszerelt, sínekre szerelt kocsikat használnak a pálya állapotának ellenőrzésére. Ezek a rendszerek a sínek belső hangvisszaverődésén keresztül hullámokat küldve észlelik a sínek belső hibáit, sérüléseit, mint például a hegesztési hibák, törések, repedések vagy az esetleges akadályokat a pályákon, ezzel értékes információkat nyújtva a pálya integritásáról. Ezeknek a rendszereknek azonban vannak korlátai. Nem mutatnak valós idejű képet, függenek az emberi beavatkozástól és nem megfelelő a kiterjedt vasúti hálózat lefedettsége. Nagarathna egy drón alapú vasúti pályafelügyeleti rendszer használatát javasolja, amely valós időben tudja azonosítani a vasúti pályahálózat állapotát és képes lefedni a teljes hálózatot. A rendszer nagy felbontású kamerával felszerelt drónokat és mesterséges intelligencia (MI) modelleket (például YOLO algoritmusokat) használ az adatok gyűjtésére és elemzésére, különböző környezeti körülmények között. Az azonosított problémák geotaggelést (pontos helymeghatározást) kapnak, ami elengedhetetlen a gyors és célzott karbantartási beavatkozásokhoz. Az adatok megbízható továbbítását egy hibrid 4G/5G és LoRa hálózat biztosítja, amely rugalmasan kezeli a különböző területek lefedettségét és adatmennyiségét. Az azonnali beavatkozást igénylő információkat és az anomáliákat egy valós idejű dashboardon (műszerfalon) jelenítik meg, amely "azonnal felhasználható betekintést" (actionable insights) nyújt a kezelőknek. A javasolt rendszer pontos, skálázható és robusztus megfigyelést tesz lehetővé a vasúti pályán, ezzel jelentősen növeli a karbantartás hatékonyságát és hozzájárul a vasútbiztonság növeléséhez (Nagarathna, 2025).

Bai és szerzőtársai (2025) specifikusan a vasútvonalak mentén található acéllemezek – amik lehetnek vasúti épületek, zajvédő falak, vagy más szerkezeti elemek részei – állapotának feltérképezésére javasolják a továbbfejlesztett YOLOv8n-alapú képfeldolgozó módszert, amely a vasúti környezet specifikus kihívásainak is megfelel. A fejlesztések során bevezettek egy modult, amely segít kiszűrni a vasúti környezetben gyakori por és szennyeződés okozta torzítást a képeken, így a hálózat a tényleges acéllemez-állapotra koncentrálhat. Egy új veszteségfüggvényt (loss function) használtak a modell képzéséhez, amely javítja a hálózat azon képességét, hogy pontosan detektálja és osztályozza az acéllemezek különböző állapotait (pl. tiszta, piszkos, rozsdás). A YOLOv8n mint alaphálózat választása biztosítja, hogy a módszer valós időben (vagy annak közelében) futhasson, ami kulcsfontosságú a drónok használatával történő gyors ellenőrzéshez. A javasolt, továbbfejlesztett YOLOv8n-alapú módszer kimagasló pontossággal képes azonosítani a színes acéllemezek állapotát és helyzetét a drónnal rögzített képeken.

A drónok megkönnyítik az adatgyűjtést például a földcsuszamlások esetében normál körülmények között és a katasztrófát követően is. A WSP Opus az elmúlt 10 évben UAV-kat használt Új-Zélandon és Ausztráliában is, hogy segítse az autópályák, vasutak és infrastruktúra mérnöki értékelését a helyi hatóságok, kormányzati szervek és magánszemélyek számára. 2011 óta az UAV-kat szisztematikusan használják földmérési és geotechnikai felmérésekhez. Stewart és szerzőtársai (2018) példákat mutatnak be az UAV-k használatára a lejtő stabilitás vizsgálatok és a földcsuszamlások felmérése kapcsán, valamint geológiai adatok vizsgálatára és begyűjtésére. A tanulmányban megemlítik az ausztráliai Blue Mountains vasúti folyosót (NSW), amely vizsgálatára az UAV-k használata sokkal biztonságosabb alternatívát jelentett, mint az emberi erővel való megfigyelés. Az UAV-ellenőrzésekből nyert geológiai és egyéb adatok összehasonlítása a hagyományos módszerekkel gyűjtött adatokkal jó korrelációt mutatnak. A biztonsági előnyök mellett az UAV-k használata lehetővé tette a veszélyes helyszínekkel kapcsolatos kockázatok kezelésére vonatkozó hatékonyabb döntések, valamint a megelőző lépések meghozatalát.

A vasúti pályák környékén felduzzadó vízszint jelentősen befolyásolhatja a töltés szerkezetét, így a vonatok áthaladásának biztonságát. Arroyo-Mora és szerzőtársai (2023) a vágányok melletti vízviszonyok ellenőrzése kapcsán a műholdas, valamint drónos (DJI M300 RTK) technológiákat vetette össze a kanadai Ontario állam egy vasútvonalán. A magas vízszintre és árvízre hajlamos, 180 m és 500 m közötti teszterületeket négy alkalommal vizsgálták. Eredményeik alapján a műholdfelvételek a jó szolgálatot tesznek a vasúti sínektől nagy távolságban kiterjedő vízfelületek nagyléptékű áttekintésénél. A drónok pedig költséghatékonyan és rugalmasan alkalmazhatóak a pálya közvetlen közelében történő nagy pontosságú változásdetektálásra, ahol centiméter pontosságú függőleges, valamint vízszintes mérési adatok érhetőek el. A kutatás alapján a több időpontban végzett megfigyelések közötti térbeli mérési hiba kevesebb, mint 3 cm volt.

Vong és szerzőtársai (2018) egy többrotoros pilóta nélküli légi rendszer (UAS) kifejlesztéséről írnak, mely vasúti csatornaellenőrző eszközként funkcionálna. A tanulmányban az UAS-t egy csatorna bejáratánál telepítik, ami félig autonóm módon áthalad a csatornán. Az UAS képes valós időben mérni a csatorna keresztmetszeti alakját a fedélzeti fényérzékelő és távolságmérő (LiDAR) szkennerek segítségével. Az UAS és a csatorna bejárata közötti távolság mérésére szolgáló további érzékelőkkel a LiDAR-ból gyűjtött keresztmetszeti adatok tovább feldolgozhatók, hogy háromdimenziós pontfelhőket kapjunk a csatorna szerkezetéről. Ez a rendszer lehetővé teszi a vasúttársaságok számára, hogy biztonságosan és hatékonyan végezzék el a rendszeres ellenőrzéseket és összegyűjtsék a szükséges méréseket anélkül, hogy emberi életet kockáztatnának.

Lebedev és szerzőtársai (2023) tanulmányukban egy olyan algoritmust mutatnak be, amely egy mikroszámítógépes-kamerás irányítóegységgel önállóan irányítja a drónt, a pilóta csak a felszállásnál, illetve leszállásnál vesz részt az irányításban. Az algoritmus felismeri a

síneket és képes biztosítani a sínek mentén történő repülést, de nem befolyásolja a drón paramétereit és energiafogyasztását, valamint nem befolyásolja a repülési hatótávolságot és időtartamot, amit kísérleti repüléssel is igazoltak.

A valós idejű intelligens sínfelismerő algoritmusok esetében jelentős probléma, hogy a sínek a drónok perspektívájából változó pixel szélességgel és különböző dőlésszögekkel jelenhetnek meg. E probléma megoldására Tong és szerzőtársai (2024) egy általános és adaptív, a vetítési hosszúság megkülönböztetésén alapuló sínábrázolási módszert (Projection Length Discrimination – RRM-PLD) javasolnak. Ez a módszer mindig kiválasztja az optimális reprezentációs irányt – vízszinteset vagy függőlegeset – bármilyen típusú sín ábrázolásához. Az RRM-PLD-vel egy újszerű architektúra (Real-Time Rail Recognition Network, TriRNet) kerül hivatkozásra. A TriRNet-ben egy tervezett inter-rail attention (IRA – „sínek közötti figyelem”) mechanizmus kerül bemutatásra, amely egyesíti az egyes sínek helyi jellemzőit és más sínek globális jellemzőit, hogy regresszív módon pontosan megkülönböztesse a képen szereplő összes sín geometriai eloszlását, ezzel javítva a végső felismerési pontosságot. Továbbá, egy-egy leképezés kerül kialakításra a rögzítési pontok és a végső jellemzőterképek között. Ez jelentősen leegyszerűsíti a modell tervezési folyamatát és javítja a modell értelmezhetőségét.

Y. Wang & Mei (2021) a Szecsúan-Tibet vasútvonal mentén fekvő terület domborzati és geológiai viszonyait mérték fel sikeresen drón segítségével, ahol nagy szintkülönbségek, magas hegyek, mély völgyek és részben megközelíthetetlen folyók vannak. A felmérésekben műholdas távérzékeléseket, IMU / DGNS digitális légi fotogrammetriát, kis magasságú drón fotogrammetriát, légi LiDAR méréseket, 3D modellezéseket és földi 3D lézerszkenneléses méréseket végeztek. Luo és szerzőtársai (2020) UAV-LiDAR rendszerekkel előállított terepi modellekhez tesztelt ellenőrző pontokat. A LiDAR-rendszerekben a diszkrét mintavételezés miatt nem léteznek hagyományos jellemzőpontok, viszont a mesterséges ellenőrző célpontok (ACT) földi ellenőrző pontokként (GCP) használhatók. A tanulmányban egy új típusú ACT-t mutatnak be és tesztelnek a vasúti felmérésekhez kötődően.

A megfelelő időben történő karbantartás nagyban befolyásolja a vasúti infrastruktúra élettartamát. Ugyanakkor ehhez költséghatékony állapotfelmérési megoldásokra is szükség van. Morgenthal & Helmrich (2023) vasúti hidak példáján bemutatják, hogyan lehet drónokkal készített képi adatokból georeferált 3D szerkezeti modelleket, ezzel digitális ikerpárt létrehozni, melyen mesterséges intelligencia segítségével ismerhetők fel és elemezhetők az esetleges sérülések. Mindez kedvező költséget és nagy rugalmasságot jelent a szükséges karbantartások meghatározásánál.

Adi és szerzőtársai (2023) a vasúti ágyazat/ballaszt mérésére használták a drónt, alakjának modellezése és az esetleges térfogathiány kiszámítása érdekében. Az ágyazat a vasúti infrastruktúra fontos alkotóeleme, mely a vonat terhelését a talpfákról a talajra továbbítja és szétteríti, megtartja a talpfák helyzetét, segít a növényzet megjelenésének elkerülésében és a víz keringtetésében, a talpfák és a sínek körül megrekedt víz elvezetésében. Eredményeik azt mutatják, hogy a drónos felmérés képes volt a vasúti ágyazat alakjának modelljét létrehozni. A térfogatmérések terén mutatott kisebb mértékű átlagos eltérés korrekciós tényezőként alkalmazható későbbi vizsgálatoknál.

A dronerz.hu (2021) arról számol be cikkében, hogy a norvég Nordic Unmanned bemutatta a Staaker BG-300 Railway drónt, amely felváltva képes pilóta nélküli légi és szárazföldi járműként a vasúti síneken haladva elvégezni a sín karbantartását és ellenőrzését, mentesítve ezzel a embereket és csökkentve a lehetséges veszélyhelyzeteket. A Railway drón precízen alakíthatja a vasúti kapcsolókat, és ellenőrizheti a vasút és környékének kritikus részeit, miközben a pályán halad, adatokat gyűjtve a legmodernebb kamerákkal és érzékelőkkel.

Az economx.hu (2022) oldalán arról írnak, hogy a MÁV két drónt is bevetne a vasúti közlekedés korszerűsítése érdekében, amit felmérésekre és azok kiértékelésére használna. Erre közbeszerzéses pályázatot írtak ki, melyben az alábbi paramétereket írják elő:

- min. 45 perc repülési idő,

- kiegészítő akkumulátort tartalmazzon a csomag (összesen 3 szett) - 3 egymást követő repülésre (minimum 3x45 perc repülési idő) alkalmas legyen az eszköz,
- ütközés elleni védelmi rendszer,
- RTK bázisállomással történő kapcsolattartás repülés közben,
- relatív repülés közbeni pontosság cm-es mértékű.

Az iho.hu-n 2 cikkben is olvashatunk drónokról. A 2020-as cikkben a cseh AŽD Praha vállalat fejlesztéséről írnak, mely önvezető vasúti járművek tesztelésére alkalmas pálya kialakítását tűzte ki célul a Kopidlno–Dolní Bousov vasútvonalon, Közép-Csehországban. Továbbá vonalbejáró munkások helyett drónokat tesztelnek a Čížkovice és Obrnice közötti vasútvonal pályájának műszaki állapotfelmérésére. A globális diagnosztikai rendszer a drón segítségével fogja folyamatosan figyelni és mérni a vasútvonalat, az információkat a drón azonnal továbbítani tudja, a rendszer pedig kiértékelni. A fő cél a megelőzés lenne, mivel bizonyos meghibásodásokat már előzetesen észlelni lehetne. (iho.hu, 2020) A 2022-es cikkben pedig bemutatják, hogy a MÁV állapotfelmérésekre, légitérképezésre, vagyonnnyilvántartás készítésre és geodéziai jellegű vizsgálatokra, állagfelmérésekre, hulladék felderítésre használja (iho.hu, 2022).

Askarzadeh és szerzőtársai (2023) szisztematikus szakirodalmi elemzéssel tárták fel a drónokkal végzett vasúti monitoring 2014-től keletkezett irodalmát. Vizsgálatukba 47 publikációt emeltek be. A vasúti alkalmazásokat biztonsággal, illetve karbantartással kapcsolatos kategóriákba sorolták. A drónhasználat előnyeinek kategóriái a költségcsökkentés, a biztonság javítása, az időmegtakarítás, a mobilitás és a rugalmasság javítása, valamint a megbízhatóság javítása. A drón teljesítményét befolyásoló tényezőket drón jellemzőkre, illetve hasznos terhelés jellemzőkre osztották. E tanulmányból a *Mellékletben* közlünk néhány táblázatot, melyek lényegre törően összegzik a drónok használatának területeit, előnyeit és kihívásait a vasútüzemeltetés területére vonatkoztatva. Az interjúk előkészítésében ezt az áttekinthető struktúrát is felhasználtuk.

### 3. Esettanulmány a magyarországi vasúttársaságok példáján

A releváns hazai és nemzetközi szakirodalom feldolgozását követően interjúkat/fókuszcsoportos vizsgálatokat végeztünk a Magyarországon működő vasúttársaságok drónokkal foglalkozó munkatársaival. A résztvevők között volt infrastruktúra szakértő, térinformatikus, pályavasúti kiemelt szakértő, villamosvonal fenntartási technológiai mérnök, akik már legalább 2 éve az adott szervezetnél dolgoznak. A vasútüzemeltetés területén kimondottan alacsony számú piaci szereplő van jelen, összetett hierarchiában működő szervezettel, viszont a korszerű technológiák, így a drónok területén is felkészült csapatokkal. Ebből kifolyólag az attitűdök helyett, a mélyebb szakmai, technikai, műszaki ismeretekre, tapasztalatokra, illetve a meglévő jogi környezet bonyolultabb összefüggéseire helyeződött a hangsúly a lefolytatott interjúk során. Valamint a jövőbeni fejlesztési igényekre, elképzelésekre voltunk kíváncsiak az ő esetükben. Mindkét interjú/fókuszcsoport több résztvevős, félig strukturált beszélgetés keretében zajlott le. Az interjúk/fókuszcsoportos vizsgálatok 2023 őszén készültek. A projekt adminisztratív megakadása miatt a tanulmány közzétételére most kerül sor, a jelenleg aktuális szakirodalmi és jogszabályi környezet beemelésével.

A két szervezet közül az egyik szervezet esetében a drónok előnyeinek hasznosítása szűkebb területre koncentrálódott, a bővítés lehetőségeit vizsgálták. Saját eszközzel még nem rendelkeztek, de engedéllyel rendelkező szakember van a szervezetnél. Eddigi tapasztalataik a kisebb teljesítményű, forgószárnyú drónokkal vannak, melyeket LIDAR 360, Ladybug camera, sztereokamera, hőkamera kiegészítőkkel használtak. Folyamatban a VIKI projekt (Vasúti Igazgatási Központi Informatikai) elnevezésű rendszer kialakítása, ami az Európai Unió ERA (Európai Vasúti Ügynökség) RINF rendszer (Infrastruktúra nyilvántartás) magyarországi változata. Ennek több üteme van: az egyes, kettes ütem már lezárult, mely során a vasúti alappálya adatok felmérése, a vasúti gépjárművek, illetve a hozzájuk tartozó humán erőforrás felmérése történt meg. A hármas ütem a részletes adatszolgáltatás fázisa minden EU tagország részéről a saját

vasúti infrastruktúrára vonatkozóan. A következő ütemben pedig minden országban a helyi sajátosságok feltérképezése fog megtörténni, mely végül is egy nemzeti RINF rendszer kialakítását jelenti, így a hazai infrastruktúra fejlesztésében játszik majd fontos szerepet, hogy egy egységes képet kapjunk a vasútról. Ez lényegében az átjárhatóság előkészítése. Környezeti szempontból olyan útvonalakat próbálnak kialakítani a teherszállításban, ami kevésbé szennyezi az adott környezetet. Például egy veszélyes árut szállító szerelvény ne Natura 2000-es területeken vagy erdős vidékeken menjen keresztül. Másik vasúttársasággal közösen fejlesztés alatt van mesterséges intelligencia háttér, aminek a tanításához már felhasználnak drónos felvételeket is, mint például illegális hulladék lerakás, „kint felejtett” vasúti anyagok feltárása a vasúti pálya mellett vágányzáraknál. Emellett egy nagyobb együttműködés keretében a Soproni Egyetem Faipari Mérnöki és Kreatívipari Karával fejlesztenek egy olyan rendszert, amely a levélzet alapján felismeri az adott növénynek a faját, típusát, meg tudja mondani a rendszer a növekedését, illetve előre tudja jósolni, hogy mikor fog az adott lombkorona belőgni a vasúti tengelyre és így előre lehet tervezni, hogy mondjuk 2 év múlva az adott vasútvonalon el kell végezni a bozótírtást.

Ismereteik és véleményük alapján a forgószárnyú drónok előnye, hogy rugalmasabb, mozgékonyabb, könnyebb vele pozíciót váltani, több szemszögből rálátni az adott objektumra, mint egy merev szárnyú drón esetében. Bár merev szárnyú drónokkal nincs tapasztalatuk, ismereteik szerint rugalmatlanabbak a kötött pályás közlekedés miatt, azonban mellettük szól, hogy ezeken a pályákon lényegesen gyorsabbak, mint a forgó szárnyú drónok és kifejezett előnyük, hogy az üzemidejük hosszabb. Viszont ezzel párhuzamosan problémaként merülhet fel az összeláthatóság kérdése, azaz, hogy a jogszabály szerint a pilótának látnia kell az általa irányított drónt. Elmondásuk szerint egy merev szárnyú drónt lézeres felmérésekre, hőkamerás felvételek készítésére, állapotfelmérésre (pl.: sínpálya, vezetékek), illegális hulladéklerakások feltérképezésére, esetlegesen baleseti helyszínelésre tudnák használni.

Az eddig felsorolt tartozékokon és felhasználási lehetőségeken kívül hasznos lenne számukra egy olyan funkció is, amely a forgó szárnyú mozgékony drón merevszárnyú drónra való rögzítését jelentené. Ez azért lenne hasznos, mert a merev szárnyú lényegesen gyorsabban egy baleset helyszínére tudna érkezni, mint bárki és el tudná juttatni a mozgékony forgó szárnyú drónt, ami fel tudná mérni előzetesen a helyzetet és célzott felszereléssel, felkészülten tudna a helyszínre érkezni a segítség.

A gyakorlottabb drónhasználó szervezet már 5 éve foglalkozik drónokkal. Az elsődleges szempont, amiért elkezdték kiaknázni ezt az új technológiai lehetőséget, az a vagyoni nyilvántartásuknak a geodéziai felméréseit kiegészítendő tevékenység volt. Légi térképezést csináltak, ortorektifikált ortomozaikokat és ezen digitalizálták a szervezet vagyontárgyait és ez egészült ki hőkamerás vizsgálatokkal, illetve lézer szkenneléssel. Ezenkívül természetesen a pályakarbantartás szempontjából releváns területeken szintén hasznosítják a drónokat, ez akár egy híd vizsgálatot, egy személy által nehezen megközelíthető objektumnak a vizsgálatát, például egy oszlop vagy egy torony vizsgálatát jelenti, de légitérképezéssel tudnak olyan saját tulajdonú területeket is vizsgálni, amik illegális beépítés vagy szemétkerakás áldozatául estek. Ezen felül az illegális hulladéklerakás, a növényzet benövés, talajcsúszások, vezetékvizsgálatok is olyan területek, ahol drónok alkalmazásával próbálkoznak. Térinformatikai rendszerekkel, LIDAR-ral és multispektrális kamerával is rendelkeznek. Itt is felmerült a problémák között a szabályozási háttér, az engedélyeztetés és a GDPR is, valamint a mozgékonyág kérdése. Főként pontoszerű beavatkozásokra használják a drónokat, amire a merev szárnyú típusok kevésbé alkalmasak, ritkán van szükségük és/vagy kapacitásuk hosszú egyenes szakaszok vizsgálatára, ahol a merev szárnyú drónok a hasznosabbak. Fontos kérdés számukra az algoritmusok, vektorizálás, adatfeldolgozás automatizálása.

#### **4. Eredmények és összegzés**

Az alábbi SWOT ábrában összegezzük a drónok vasúti felhasználásának hazai tapasztalatait.

## 1. táblázat: A drónok vasúti felhasználásának magyar tapasztalatai (SWOT)

Erősségek	Gyengeségek
<p><b>Magas szintű szakértelem:</b> A hazai vasúttársaságoknál felkészült, több éve drónokkal foglalkozó szakértői csapatok és kiépített szervezeti háttér áll rendelkezésre.</p> <p><b>Korszerű technológiák alkalmazása:</b> Olyan fejlett megoldásokat használnak, mint a LiDAR-alapú mérés, a hőkamerás vizsgálatok és a mesterséges intelligencia (MI) a hibafelismeréshez.</p> <p><b>Hatékony és pontos:</b> A drónok centiméter pontoságú adatokat szolgáltatnak, és lehetővé teszik a pályaszakaszok lefoglalása nélküli ellenőrzést, ami jelentős idő- és költségmegtakarítást jelent.</p> <p><b>Biztonság fokozása:</b> A drónok kiváltják a veszélyes helyszíneken végzett manuális szemrevételezést (például hidak, felsővezetékek, sziklafalak esetén), csökkentve az emberi életet fenyegető kockázatokat.</p>	<p><b>Adatfeldolgozási nehézségek:</b> Kihívást jelent a hatalmas mennyiségű összegyűjtött adat hatékony és gyors feldolgozása.</p> <p><b>Műszaki korlátok:</b> A drónok repülési ideje korlátozott, és az időjárási körülmények (eső, hó, köd, szél) jelentősen befolyásolhatják a működésüket és a képminőséget.</p> <p><b>Szervezeti lassúság:</b> A vasúti szektor nagyvállalati felépítése miatt a technológiai adaptáció és a reakcióidő lassabb lehet.</p>
Lehetőségek	Veszélyek
<p><b>Automatizálás és MI:</b> Az automatizált adatfeldolgozás és az MI-alapú prediktív karbantartási rendszerek fejlesztése tovább növelheti a hatékonyságot.</p> <p><b>Digitális ikerpárok:</b> Lehetőség van a teljes vasúti infrastruktúra georeferált 3D szerkezeti modelljeinek és digitális ikerpárjainak létrehozására.</p> <p><b>Innovatív hibrid rendszerek:</b> Merev- és forgószárnyú drónok előnyeit ötvöző rendszerek, vagy mozgó vonatról indítható drónfloták alkalmazása.</p> <p><b>Új felhasználási területek:</b> Vagyonnyilvántartás, illegális hulladéklerakás feltérképezése és környezeti (pl. Natura 2000) szempontok integrálása a logisztikába.</p>	<p><b>Szigorú szabályozás:</b> A legjelentősebb akadályt a bonyolult jogi környezet, az engedélyeztetési folyamatok és a GDPR-előírások jelentik.</p> <p><b>Zavaró tényezők:</b> A drónos ellenőrzések során keletkező zajminták és a vasúti környezetben gyakori por/szennyeződés torzíthatja a mérési eredményeket.</p> <p><b>Technológiai függőség:</b> Az adatok továbbításához szükséges hálózati lefedettség (pl. 4G/5G) hiánya bizonyos területeken korlátozhatja a valós idejű monitoringot.</p>

Forrás: Saját szerkesztés

Összefoglalva, a dróntechnológia bevezetése a magyar vasúti ágazatban egyértelműen a hatékonyság növelését és a korszerűsítést célozza meg. A vasúttársaságok, bár eltérő tapasztalati szinten állnak, egyaránt felismerik a drónok potenciálját az olyan tevékenységeik során, mint például a vagyonnyilvántartás készítése és aktualizálása, a komplex állapotfelmérések, az illegális tevékenységek feltérképezése, valamint a környezetvédelmi és AI-alapú prediktív karbantartási rendszerek fejlesztése.

A vasúttársaságok magas szintű szakértelemmel, kiépített szakértői csapattal rendelkeznek. Azonban a technológia szélesebb körű és gyorsabb elterjedése még kihívások elé néz, elsősorban a szigorú jogi szabályozások, engedélyek és a GDPR miatti korlátok miatt. A jövőbeni fejlesztési igények középpontjában az automatizált adatfeldolgozás és a különböző dróntípusok előnyeit egyesítő gyors reagálású rendszerek állnak, amelyek biztosítják, hogy a magyar vasúti infrastruktúra ellenőrzése gyorsabbá, pontosabbá és biztonságosabbá váljon.

### ***Köszönetnyilvánítás***

Jelen publikáció a TKP2021-NVA-13 azonosítószámú projekt keretében az Innovációs és Technológiai Minisztérium (jogutód: Kulturális és Innovációs Minisztérium) Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NVA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

### **Irodalomjegyzék**

- Adi, W. T., Aghastya, A., Prihatanto, R., & Agustriana, T. M. (2023). Measurement of railway ballast deficiency using UAV drone and total station by graphical, statistical, and volume comparison. *IP Conference Proceedings*, 2592(1), 050013. <https://doi.org/10.1063/5.0115091>
- Arroyo-Mora, J. P., Kalacska, M., Roghani, A., & Lucanus, O. (2023). Assessment of UAS photogrammetry and Planet imagery for monitoring water levels around railway tracks. *Drones*, 7(9), 553. <https://doi.org/10.3390/drones7090553>
- Askarzadeh, T., Bridgelall, R., & Tolliver, D. D. (2023). Systematic literature review of drone utility in railway condition monitoring. *Journal of Transportation Engineering Part A: Systems*, 149(6), 7726. <https://doi.org/10.1061/JTEPBS.TEENG-7726>
- Bai, T., Zong, H., Yang, J., Duan, J., & Fu, H. (2025). An enhanced YOLOv8n-based method for detecting color steel plate conditions along railway lines using drone inspection images. *Engineering Research Express*, 7(1), 015215. <https://doi.org/10.1088/2631-8695/ada72e>
- Bartók, I. (2017). Környezeti kihívások – stratégiai válaszok. *International Journal of Engineering and Management Sciences*, 2(4), 26–39. <https://doi.org/10.21791/IJEMS.2017.4.3>
- Bednárík, É., Jámbori, Z., & Takáts, A. (2022). A természetgazdálkodással összefüggő társadalmi konfliktusok és azok kezelésének gyakorlatai a hazai erdőgazdaságoknál. In Zs. Széles, R. Resperger, & T. M. Szőke (Eds.), *A kriptovaluták szerepe a fenntartható gazdaságban. XVI. Soproni Pénzügyi Napok pénzügyi, adózási és számviteli szakmai és tudományos konferencia. Sopron, 2022. Szeptember 28–30. Konferenciakötet* (pp. 503–518). Soproni Egyetem Kiadó. <http://publicatio.uni-sopron.hu/2670/>
- Bednárík, É., Takáts, A., & Mészáros, K. (2025). Drónos határmegfigyeléssel szembeni lakossági attitűdök vizsgálata. *Marketing & Menedzsment*, 59(3), 83–93. <https://doi.org/10.15170/MM.2025.59.03.08>
- Chen, M., Wang, Y., Wang, S., Ma, Y., & Xu, D. (2024). The application and development of drone vision technology in railway inspection industry. *Applied and Computational Engineering*, 71, 24–29. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/71/20241653>
- Dióssi, K. (2024). A generációváltás hozza el a fenntarthatósági szemléletet? In Zs. Széles, T. M. Szőke, & V. Angyal (Eds.), *Generációváltás okozta kihívások – Fenntartható gazdasági döntések. XVIII. Soproni Pénzügyi Napok pénzügyi, adózási és számviteli szakmai*

- és tudományos konferencia. Sopron, 2024. Szeptember 25–27. Konferenciakötet (pp. 470–480). Soproni Egyetem Kiadó. <https://doi.org/10.35511/978-963-334-537-5>
- Dow, A., Manduhu, M., Dooly, G., Trslic, P., Blanck, B., Knox, C., & Riordan, J. (2023). Intelligent detection and filtering of swarm noise from drone acquired LiDAR data using PointPillars. In *OCEANS 2023 – Limerick* ( pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/OCEANSLimerick52467.2023.10244288>
- dronerz.hu. (2021, August 25). *A vasútsínek ellenőrzésére szolgál a Nordic Unmanned Staaker BG-300 Railway drón.* <https://dronerz.hu/hir/a-vasutsinek-ellenorzesere-szolg-al-a-nordic-unmanned-staaker-bg300-railway-dron>
- economx.hu. (2022, August 29). *A vasúti közlekedés korszerűsítése érdekében két drónt is venne magának a MÁV.* <https://www.economx.hu/magyar-vallalatok/vasut-kozbeszerzes-mav-allamvasutak-dronok-kiertekeles.758760.html>
- Füzesi, I., Preznyák, S., Szilágyi, R., & Lengyel, P. (2018). Drónos logisztikai megoldások vizsgálata a kiskereskedelemben. *International Journal of Engineering and Management Sciences*, 3(4), 48–61. <https://doi.org/10.21791/IJEMS.2018.4.6>.
- Geng, Y., Pan, F., Jia, L., Wang, Z., Qin, Y., Tong, L., & Li, S. (2022). UAV-LiDAR-based measuring framework for height and stagger of high-speed railway contact wire. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23(7), 7587–7600. <https://doi.org/10.1109/TITS.2021.3071445>
- Hartvig, Á. D., Madari, Z., Pap, Á., Wimmer, Á., & Oroszné Csesznák, A. (2023). A digitalizáció hatása a vállalati hozzáadott értékre Magyarországon. *Közgazdasági Szemle*, 70(6), 672–689. <https://doi.org/10.18414/KSZ.2023.6.672>
- iho.hu. (2020, February 27). *Vonalbejárók helyett drónok figyelik a pályát.* <https://iho.hu/hirek/vonalbejarok-helyett-dronok-figyelik-a-palyat-200227>
- iho.hu. (2022, June 18). *A vasút madártávlatból: Így drónoznak a MÁV-nál.* <https://iho.hu/hirek/a-vasut-madartavlatbol-igy-dronoznak-a-mav-nal>
- Keresztes, G., Paár, D., & Pirger, T. (2019). Az innovációmenedzsment és a szervezeti kultúra összefüggései. In M. Mohácsi (Ed.), *Menedzsmenttendenciák* (pp. 93–108). Debreceni Egyetemi Kiadó.
- Kurucz, A. (2018). Az ipar 4.0 hatása a vezetői viselkedésre: Impact of industry 4.0 on managerial behavior. In L. Dinya & A. Baranyi (Eds.), *XVI. Nemzetközi Tudományos Napok: „Fenntarthatósági kihívások és válaszok”—A Tudományos Napok Publikációi* (pp. 1095–1101). EKE Líceum Kiadó.
- Kurucz, A., & Kovács, E. (2019). Digitális alapú logisztikai innováció fogadtatása a fiatalok körében. *Logisztikai trendek és legjobb gyakorlatok*, 5(2), 29–31. <https://doi.org/10.21405/LOGTREND.2019.5.2.29>

- Kurucz, A., Kovács, E., & Pete, D. (2020). Az agilis vezetői skillek vizsgálata a hazai vezetők körében. In Z. Bujdosó, L. Dinya, & J. Csernák (Eds.), *XVII. Nemzetközi Tudományos Napok online konferencia. Környezeti, gazdasági és társadalmi kihívások 2020 után. Tanulmányok. A tudományos napok publikációi* (pp. 687–694). Károly Róbert Nonprofit Kft. [https://karolyrobertcampus.uni-mate.hu/documents/56094/0/XVII\\_ntn\\_konferenciakiadv%C3%A1ny\\_2020.pdf](https://karolyrobertcampus.uni-mate.hu/documents/56094/0/XVII_ntn_konferenciakiadv%C3%A1ny_2020.pdf)
- Lebedev, A. O., Vasilev, V. V., & Paulish, A. G. (2023). UAV flight control along the railway using technical vision. *2023 IEEE 24th International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM)*, (pp. 1520–1523). <https://doi.org/10.1109/EDM58354.2023.10225104>
- Luo, Q., Hu, M., Zhao, Z., Li, J., & Zeng, Z. (2020). Design and experiments of X-type artificial control targets for a UAV-LiDAR system. *International Journal of Remote Sensing*, *41*(9), 3307–3321. <https://doi.org/10.1080/01431161.2019.1701210>
- Mészáros, K., & Németh, N. (2023). Drónok a logisztikai folyamatokban. In Zs. Széles & T. M. Szőke (Eds.), *A mesterséges intelligencia szerepe a fenntartható gazdasági döntésekben. XVII. Soproni Pénzügyi Napok pénzügyi, adózási és számviteli szakmai és tudományos konferencia. Sopron, 2023. Október 11–13. Konferenciakötet* (pp. 107–124). Soproni Egyetem Kiadó. <https://doi.org/10.35511/978-963-334-495-8>
- Mészáros, K., Németh, N., Takáts, A., & Bednárík, É. (2024). „BorderEye” – határmegfigyelési és környezetértékelési eszközök fejlesztése a Soproni Egyetemen. In B. Révész & Z. Gyulai (Eds.), *Reziliens marketing—Válaszok változó kihívásokra. Egyesület a Marketing Oktatásért és Kutatásért XXIX. Nemzetközi Konferencia. Szeged, 2023. Augusztus 23-25. Tanulmánykötet* (pp. 228–239). Egyesület a Marketing Oktatásért és Kutatásért, Szegedi Tudományegyetem Gazdaságtudományi Kar. <https://doi.org/10.62561/EMOK-2023-18>
- Morgenthal, G., & Helmrich, M. (2023). Image-based acquisition and digital documentation of geometry and condition of railway bridges. *Bautechnik*, *100*(6), 310–317. <https://doi.org/10.1002/bate.202300049>
- Nagarathna, C. R. (2025). Intelligent aerial surveillance for safer railways using machine learning. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, *8*(5), 1160–1166. <https://doi.org/10.53894/ijirss.v8i5.9077>
- Proia, S., Cavone, G., Carli, R., & Dotoli, M. (2023). Optimal control of drones for a train-drone railway diagnostic system. In *2023 IEEE 19th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE)* (pp. 1–6). <https://doi.org/10.1109/CASE56687.2023.10260390>
- Qiu, Z., Lv, J., Lin, D., Yu, Y., Sun, Z., & Zheng, Z. (2023). A lidar-inertial navigation system for UAVs in GNSS-denied environment with spatial grid structures. *Applied Science*, *13*(1), 414. <https://doi.org/10.3390/app13010414>
- Stewart, D. L., Follas, H., Knott, D. L., & Delpont, T. (2018). Use of small unmanned aerial vehicles and related digital data in geotechnical and natural hazard impact assessments. *Australian Geomechanics Journal*, *53*(3) 23–38. [https://geomechanics.org.au/wp-content/uploads/2018/09/201809\\_53\\_3\\_Stewart.pdf](https://geomechanics.org.au/wp-content/uploads/2018/09/201809_53_3_Stewart.pdf)
- Szóka, K. (2019). Az új üzleti modell kialakításának feladatai a kontroller számára a negyedik ipari forradalom kihívásaihoz igazodva. *Gazdaság & Társadalom | Journal of Economy & Society*, *10*(2.), 45–58. <https://doi.org/10.21637/GT.2018.02.03>

- Takáts, A., Bednárík, É., Németh, N., & Koloszá, L. (2023). Drónos megfigyelések lehetőségei a katasztrófavédelem és tűzvédelem területén. In Zs. Széles & T. M. Szóke (Eds.), *A mesterséges intelligencia szerepe a fenntartható gazdasági döntésekben. XVII. Soproni Pénzügyi Napok pénzügyi, adózási és számviteli szakmai és tudományos konferencia. Sopron, 2023. Október 11–13. Konferenciakötet* (pp. 72–93). Soproni Egyetem Kiadó.  
<https://doi.org/10.35511/978-963-334-495-8>
- Tong, L., Wang, Z., Jia, L., Qin, Y., Song, D., Miao, B., Tang, T., & Geng, Y. (2024). TriRNet: Real-time rail recognition network for UAV-based railway inspection. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 25(5), 3927–3943.  
<https://doi.org/10.1109/TITS.2023.3328379>
- Vong, C. H., Ravitharan, R., Reichl, P., Chevin, J., & Chung, H. (2018). Small scale unmanned aerial system (UAS) for railway culvert and tunnel inspection. In *ICRT 2017: Railway Development, Operations, and Maintenance* (pp. 1024–1032).  
<https://doi.org/10.1061/9780784481257.102>
- Wang, K., Yang, S., Zhang, Z., Wang, Z., Jia, L., Li, M., & Yu, S. (2025). WeatherClean: An image restoration algorithm for UAV-based railway inspection in adverse weather. *Sensors*, 25(15), 4799. <https://doi.org/10.3390/s25154799>
- Wang, Y., & Mei, X. (2021). Application of new air-ground-geographic mapping technology in survey of Sichuan-Tibet railway. *Journal of Railway Engineering Society*, 38(12), 12.

*Az internetes hivatkozások utolsó ellenőrzésének időpontja: 2026. március 31.*

## Melléklet

**2. táblázat: A multicopterek és merevszárnyú drónok előnyei és hátrányai a vasúti infrastruktúra felügyeletében**

Típus	Előnyök	Hátrányok
Multicopterek	Képesség több hasznos teher (például kamera és világítás) egyetlen repülés alatt történő szállítására, ami egyszerre javítja a légi jármű hatékonyságát és csökkenti az ellenőrzési időt.	Korlátozott üzemidő és sebesség miatt kevésbé alkalmasak hosszú távú ellenőrzésekre.
	Jó irányíthatóság a légi jármű felett a vágányok mentén történő repülések során.	Könnyű kamera teher szállítása esetén az üzemidő a jelenlegi akkumulátor technológiával körülbelül 20-30 percre korlátozódik.
	A megnövelt manőverezhetőség lehetővé teszi, hogy fel- és lefelé, hátrafelé és előre felé, oldalra mozogjon ugyanazon a függőleges tengelyen, valamint forogjon a jobb hibafelismerés és mérés érdekében.	
Merevszárnyú drónok	Képesség a vágányokhoz és eszközökhöz közel repülni, fizikai kapcsolatot biztosítva a vágányokkal és eszközökkel.	
	Képesség messzebbre repülni egyetlen töltéssel, miközben nehezebb terheket szállítanak a lineáris infrastruktúra felügyelete céljából.	Nehezebb leszállni velük, mint a multicopterekkel.
	Nagy magasságban repülés képessége.	Néhány modell korlátozott lebegési (hovering) képességekkel rendelkezik.

Forrás: Askarzadeh és szerzőtársai (2023)

**3. táblázat: A drónhasználat kihívásai a vasúti infrastruktúra felügyeletben**

Kihívások	Leírás
Műszakikihívások	A látótávolság fenntartása A hasznos teher kapacitása és a repülési üzemidő korlátozottak Korlátozott időjárás-állóság Ütközések és interferencia Gyors akkumulátor-lemerülés Világítási feltételek Nem egyenletes megvilágítás és zajszennyezés A kis tárgyakat nehéz észlelni
Biztonsági kihívások	Az UAV feletti uralom elvesztése Ellenőrizetlen földi becsapódás Ütközés Halálos sérülés okozása Kémkedés és terrorizmus veszélye
Szabályozási kihívások	Nem megfelelő szabályozási támogatás és ipari szabványok Szabályozási bizonytalanság és akadályok A kisméretű drónokra vonatkozó szabályozás hiánya
Szervezeti kihívások	Az infrastrukturális támogatásba történő befektetés időt és pénzt igényel Nem megfelelő képességek, készségek és tapasztalat a drónokkal kapcsolatban Biztosítási kötelezettségek Pilóták tanúsítása és képzése

Forrás: Askarzadeh és szerzőtársai (2023)

#### 4. táblázat: A drónok alkalmazási területei vasúti infrastruktúra felügyeletben

	Fő alkalmazási terület	Részletes feladatok
<b>Biztonság és felügyelet</b>	Hibafelismerés	Vágányhiba azonosítása Sínhiba azonosítása Szabálytalan vágánygeometria azonosítása Külső elemek érzékelése a vágányon
	Kockázatértékelés és -kezelés	Baleseti forgatókönyvek értékelése Sérülékenységek értékelése Természeti veszélyekből származó kockázatok értékelése
	Jogosulatlan belépés érzékelése	
	Vasúti átkelők felügyelete	
	Lopás elleni megfigyelés	
<b>Karbantartás</b>	Hálózat térképezés	Felmérés Navigáció
	Infrastruktúra eszközök felügyelete	Vasúti alagút felügyelete Vasúti híd felügyelete Vasúti infrastruktúra felügyelete Berendezések felügyelete Vasúti felsővezeték felügyelete Tetőszerkezetek és állomások ellenőrzése
	Vágányállapot felügyelet	Vasúti töltés felügyelete Vágányszerkezet felügyelete
	Vágányakadály észlelése	Anyagok tárolása a vasúti jogi sáv (ROW) mentén Sziklaomlás Növényzet Vízgyülem
	Graffiti eltávolítás	

Forrás: Askarzadeh és szerzőtársai (2023)