



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. POGÁTSA 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

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

2. szekció: Turizmus és marketing, fenntartható turizmus

Session 2: Tourism and Marketing, Sustainable Tourism

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

3. szekció: Fenntarthatósági átmenet és digitális innovációk

Session 3: Sustainability Transition and Digital Innovations

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

4. szekció: Fenntartható pénzügyek – Fenntartható gazdálkodás

Session 4: Sustainable Finance – Sustainable Management

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

5. szekció: Global and Regional Aspects of Sustainable Development

Session 5: Global and Regional Aspects of Sustainable Development

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

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

10. szekció: Sustainability Challenges and Innovations

Session 10: Sustainability Challenges and Innovations

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

11. szekció: Poszter szekció

Session 11: Poster Session

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

Digitális fejlesztésekkel megoldható környezeti fenntarthatóságot érintő kihívások a hazai agrárinnovációs ökoszisztémával összefüggésben

Challenges Related to Environmental Sustainability That Can Be Solved With Digital Developments in the Context of the Domestic Agricultural Innovation Ecosystem

HOLÁN Balázs¹

PhD-hallgató (*PhD Student*)

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

Dr. SZÓKA Károly PhD²

egyetemi docens (*Associate Professor*)

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

Dr. habil. RADÁCSI László PhD

egyetemi docens (*Associate Professor*)

Budapesti Metropolitan Egyetem (*The Budapest Metropolitan University*)

Absztrakt:

Kutatásunk célja a hazai agrárinnovációs ökoszisztéma bemutatása és annak feltárása, hogy a digitális technológiák miként járulhatnak hozzá a környezeti fenntarthatósági kihívások kezeléséhez. A szakirodalmi áttekintés alapján rámutatunk, hogy a magyar agrárium versenyképességének megőrzése jelentős hatékonyságnövelést igényel, amely a jelenlegi piaci és társadalmi környezetben különösen sürgető. Ehhez olyan erős innovációs ökoszisztéma szükséges, amelyben a fejlesztések, a szakértelem, a tőke és a piaci tapasztalatok gyorsan és hatékonyan találkoznak. Elemzésünk bemutatja a digitális technológiák környezeti és gazdasági előnyeit, különös tekintettel az inputanyag-felhasználás csökkentésére, a környezeti terhelés mérséklésére és a termelékenység növelésére, nemzetközi példákkal alátámasztva. Eredményeink szerint Magyarország fenntarthatósági céljai nem érhetők el a digitális megoldások széles körű elterjedése nélkül: az agrárstartupok innovációi és a modern digitális eszközök érdemben hozzájárulhatnak a szektor környezeti és gazdasági teljesítményének javításához. Ugyanakkor rámutatunk, hogy a hazai agrárinnovációs ökoszisztéma további erősítése – különösen a tőkebevonás, a szakmai együttműködések és a digitális kompetenciák fejlesztése – alapfeltétele a technológiai alapú megoldások szélesebb körű alkalmazásának.

Kulcsszavak: agrárium, innováció, fenntartható fejlődés, startup

JEL-kódok: Q10, Q30, Q01, M13

Abstract:

The aim of our research is to present the domestic agricultural innovation ecosystem and explore how digital technologies can contribute to addressing environmental sustainability challenges. Based on a review of the literature, we point out that maintaining the competitiveness of Hungarian agriculture requires significant efficiency gains, which are particularly urgent in the current market and social environment. This requires a strong innovation ecosystem in

¹ dz3vov@phd.uni-sopron.hu

² szoka.karoly@uni-sopron.hu

which developments, expertise, capital, and market experience come together quickly and efficiently. Our analysis presents the environmental and economic benefits of digital technologies, with a particular focus on reducing input use, mitigating environmental impact, and increasing productivity, supported by international examples. According to our findings, Hungary's sustainability goals cannot be achieved without the widespread adoption of digital solutions: innovations from agricultural startups and modern digital tools can contribute significantly to improving the sector's environmental and economic performance. At the same time, we point out that further strengthening the domestic agricultural innovation ecosystem – especially capital raising, professional cooperation, and the development of digital competencies – is a prerequisite for the wider application of technology-based solutions.

Keywords: agriculture, innovation, sustainable development, startup

JEL Codes: Q10, Q30, Q01, M13

1. Bevezetés

A globális élelmiszer-termelési rendszerek átalakulása az elmúlt évtizedben soha nem látott ütemre kapcsolt. A klímaváltozás, a termelési költségek növekedése, a munkaerőhiány, valamint a fogyasztói és szabályozói elvárások erősödése olyan környezetet teremtettek, amelyben a hagyományos agrárgyakorlatok egyre kevésbé képesek biztosítani a versenyképes és fenntartható működést. A mezőgazdaság szereplői világszerte technológiai megoldásokhoz fordulnak annak érdekében, hogy növeljék termelékenységüket, csökkentsék az erőforrás-felhasználást, és mérsékeljék a környezeti terhelést. Ebben a folyamatban a digitális agrártechnológiák – a precíziós eszközöktől a szenzorhálózatokon és adatvezérelt döntéstámogatáson át az automatizációig – stratégiai jelentőségűvé váltak.

Magyarország mezőgazdasága sajátos helyzetben van: egyszerre rendelkezik komoly agrárpotenciállal és szembesül olyan strukturális kihívásokkal, amelyek a modernizáció sürgőségét hangsúlyozzák. A termelők egy része már alkalmazza a fejlett technológiákat, ugyanakkor a szektor egészére még nem jellemző a digitális megoldások széles körű elterjedése. A hazai agrárinnovációs ökoszisztéma az utóbbi években egyre aktívabb, azonban a fejlesztések és a piaci szereplők közötti kapcsolatok erősítése, a befektetői aktivitás növelése és a szakmai tudás szélesebb körű integrálása továbbra is kulcskérdés.

A bevezetőként felvetett problémák közös nevezője, hogy a mezőgazdaság jövőbeli versenyképessége és fenntarthatósága szorosan összekapcsolódik a technológiai fejlődés ütemével és az innovációk gyakorlati hasznosulásával.

1.1. A kutatás célja

A tanulmány célja annak feltárása, hogy a digitális technológiák milyen mértékben járulhatnak hozzá a hazai agrárium hatékonysági és fenntarthatósági kihívásainak kezeléséhez, valamint milyen feltételek szükségesek ahhoz, hogy ezek az innovációk széles körben beépüljenek a termelési gyakorlatba. Ennek érdekében bemutatjuk a hazai agrárinnovációs ökoszisztéma működését, különös tekintettel a tőkebevonási nehézségekre és azokra a tényezőkre, amelyek a technológiai fejlesztéseket a jelenlegi piaci és társadalmi környezetben sürgetővé teszik.

Az éghajlatváltozás, a növekvő népesség, valamint az Európai Unió egyre szigorúbb fenntarthatósági elvárásai olyan összetett kihívásokat teremtenek, amelyek csak jelentős hatékonyságnöveléssel és digitális megoldások alkalmazásával kezelhetők. A hazai és nemzetközi jó gyakorlatok áttekintése, valamint a digitális fejlesztések gazdasági és környezeti hasznosulásának elemzése alapján amellől érvelünk, hogy a mezőgazdaság előtt álló problémák megoldásához elengedhetetlen egy erős, jól működő agrárinnovációs ökoszisztéma. A kutatás végén szakpolitikai javaslatcsomagot fogalmazunk meg annak érdekében, hogy hozzájáruljunk a magyar agrárium fenntartható és versenyképes jövőjének kialakításához.

1.2. Kutatási módszertan és hipotézisek

Kutatásunk teljes mértékben szakirodalmi áttekintésre, valamint szakmai leírásokra épül, amelynek során a hazai és nemzetközi forrásokat rendszerezzük és a vizsgált probléma szempontjából értékeljük. A feldolgozás során kizárólag azokat az elemeket integráljuk elemzésünkbe, amelyek érdemben hozzájárulnak az agrárinnovációs és digitalizációs folyamatok mélyebb megértéséhez. A szakirodalmak mellé összegyűjtjük a hazai és nemzetközi viszonylatban már bizonyított jó gyakorlatok eredményeit is. A szakirodalom szintézise képezi valamennyi következtetésünk alapját, és lehetővé teszi a digitális technológiák agrárfenntarthatóságban betöltött szerepének átfogó vizsgálatát.

Vizsgálatunk elején három hipotézist határozunk meg, amelyek mentén értékeljük az agrárdigitalizáció és az innovációs ökoszisztéma működését:

H1: Az agrár startupok növelik a gazdaságosságot és a fenntarthatóságot.

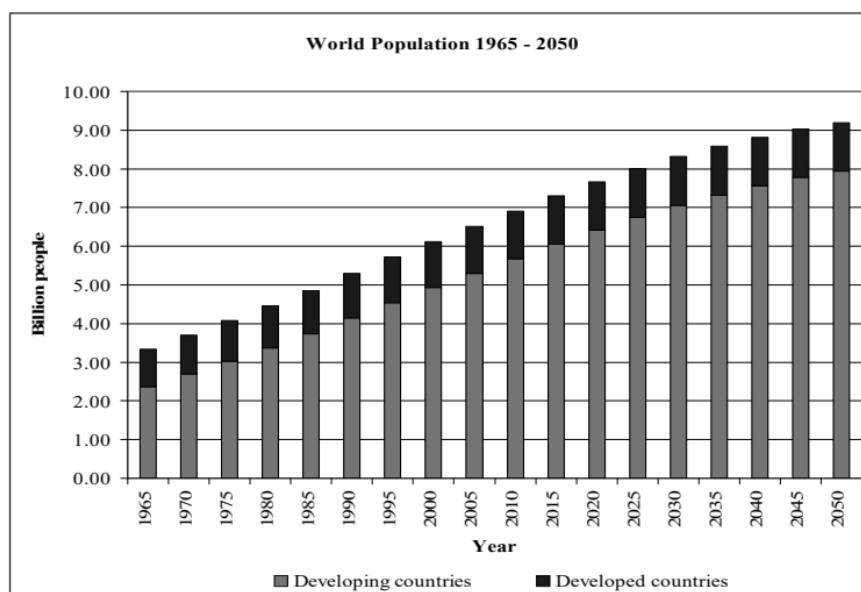
H2: Egy erős innovációs ökoszisztéma elősegíti az ágazat technológiai fejlődését.

H3: Az integrátorok kiemelt szerepet játszanak a magyar agrárium digitalizációjában.

2. A vizsgált szektor bemutatása és főbb globális kihívások

A mezőgazdaság, mint az élelmiszerlánc alapvető pillére, központi szerepet játszik a globális élelmiszerrendszer fenntartásában. Hatékonysága meghatározza az élelmiszerellátás biztonságát, elérhetőségét és megfizethetőségét, miközben kihatással van az ökoszisztéma állapotára és a társadalmi stabilitásra. Az éghajlatváltozás folyamatai, például az emelkedő átlaghőmérséklet, a csapadék mintázatainak megváltozása és az extrém időjárási jelenségek gyakoriságának növekedése, jelentős kihívások elé állítják a mezőgazdasági termelést. Ezek a változások nemcsak a hozamok csökkenéséhez vezethetnek, hanem a termőföldek degradációját is előidézhetik, tovább szűkítve a rendelkezésre álló erőforrásokat.

A fenntarthatósági követelmények szintén növekvő nyomást gyakorolnak a gazdálkodókra. Az Élelmiszerügyi és Mezőgazdasági Világszervezet (Food and Agriculture Organization, FAO) elemzése szerint 2050-re a világ népessége megközelíti a 10 milliárd főt, ami legalább 70%-os globális élelmiszertermelés-növelést tesz szükségessé a jelenlegi hatékonysági szint mellett. (1. ábra). Ez a növekedés csak technológiai fejlesztésekkel érhető el, különösen a termelés hatékonyságának növelésével és az erőforrások optimalizált felhasználásával (FAO, 2009).



1. ábra: A világ népességének alakulása, 1965–2050

Forrás: Pisante (2012, p. 301)

A kihívás viszont ennél többre tő. A növekvő népesség mellett a meglévő populáció élelmezéssel kapcsolatos elvárásai is jelentősen átalakulnak. A globális élelmezési rendszer előtt álló kihívások nem csupán a népességnövekedésből fakadnak, hanem a fogyasztói elvárások jelentős átalakulásából is. A gazdasági fejlődés és a városi életmód terjedése a fogyasztói preferenciák változását eredményezi. A jövedelmek emelkedésével nő az igény a magasabb minőségű, feldolgozott élelmiszerek, valamint az állati eredetű termékek iránt. Ez a tendencia fokozott nyomást gyakorol a mezőgazdasági termelésre és az erőforrásokra, különösen az állattenyésztés területén.

A mezőgazdaságnak egyszerre kell tehát kielégítenie a növekvő népesség élelmezési igényeit, figyelemmel lennie a változó preferenciákra és csökkentenie az ökológiai lábnyomát. Ez magában foglalja a vízhasználat hatékonyságának javítását, a talajvédelem megerősítését, valamint az üvegházhatású gázok kibocsátásának minimalizálását. A FAO hangsúlyozza az agrárélelmezési rendszerek átalakításának szükségességét, hogy azok hatékonyabbak, befogadóbbak, ellenállóbbak és fenntarthatóbbak legyenek. Az innovatív technológiák, például a precíziós mezőgazdaság, a genetikailag módosított növények és a megújuló energiaforrások integrálása kulcsfontosságú lehet a fenntarthatóbb mezőgazdasági gyakorlatok kialakításában (FAO, 2009).

Mindazonáltal ezek a megoldások gyakran jelentős beruházásokat igényelnek, amelyek sok gazdálkodó számára nehezen elérhetőek. Így a mezőgazdasági termelők mozgásterének drámai szűkülése nem csupán technológiai vagy környezeti kérdés, hanem szorosan összefügg a gazdasági és társadalmi tényezőkkel is.

Az élelmiszer-pazarlás globális mértéke szintén aggasztó. Évente 1,3 milliárd tonna élelmiszer vész kárba, ami egyes országokban a megtermelt élelmiszer harmadát jelenti. Ez nemcsak gazdasági veszteséget okoz, hanem felesleges terhet ró a környezetre is, hiszen az előállított, de el nem fogyasztott élelmiszer előállítása során felhasznált erőforrások kárba vesznek. (FAO, 2016; Föld Napja Alapítvány [FNA], 2016)

A helyzetet tovább súlyosbítja, hogy az európai mezőgazdasági termelésre különösen negatív hatással van az éghajlatváltozás. A globális felmelegedés és a klímaváltozás hatásai már rövid, néhány évtizedes távon szemmel láthatók. A korábban szokatlan meteorológiai jelenségek – villámárvizek, zivatarok, szupercellák, jégesők, hóhullámok, aszály – gyakoribbá váltak, azokkal együtt kell élni és alkalmazkodni hozzájuk. A hőmérsékleti szélsőségek és hóhullámok Európában különösen a 2000-es évektől növekedtek meg, és az előrejelzések szerint a szélsőséges hóhullámok növekedése, a nyári csapadékmennyiség csökkenése és a folyók áradásának növekvő kockázata várható.

A fenntarthatósági elvárások alakulását erőteljesen formálja a folyamatosan szigorodó szabályozási környezet is. Az Európai Bizottság 2019 végén hirdette meg a Green Deal programot, amely átfogó keretet ad az uniós klíma- és környezetpolitikai céloknak (European Commission, 2019). A program egyik központi vállalása, hogy az Európai Unió 2030-ig legalább 55%-kal csökkenti az üvegházhatású gázok kibocsátását az 1990-es bázisévhez képest, és ezzel megteremti a 2050-re kitűzött klímasemlegesség alapjait (European Parliament [EP], 2020). A mezőgazdaság ebből a szempontból kiemelt jelentőségű ágazat, hiszen egyszerre felelős a kibocsátások egy részéért, ugyanakkor jelentős potenciált is hordoz azok csökkentésére. A szigorodó uniós elvárások így egyre nagyobb nyomást helyeznek a tagállamokra és az agrárszereplőkre, hogy a termelési gyakorlatokban minél gyorsabban megjelenjenek a környezetkímélő, hatékonyságnövelő és technológialapú megoldások.

A fenntarthatósági irány, a klímaváltozási hatások rendkívül negatív hatásainak ellensúlyozása végett örvendetes, viszont a mindennapi megvalósítása jelentős problémákba és – az amúgy is egyre szűkülő lehetőségek mentén – sokszor feloldhatatlan kihívásokba ütközik. A program egyik bemutatóján Stella Kyriakides, az Európai Unió egészségügyért és élelmiszerbiztonságért felelős biztosa ismertette, hogy a mezőgazdaság kiemelt figyelmet kap, lévén fel-

méréseik szerint az EU üvegházhatású gáz kibocsátásának 10,3%-a származik ebből az ágazatból. A kiadott dokumentum 27 konkrét intézkedést tartalmaz, amelyek fő célja, hogy átfogó élelmiszer-ellátórendszer reformon keresztül biztosítsa a fenti kitűzések elérését (EP, 2020).

Összességében elmondható, hogy egyre inkább beszűkül az európai gazdálkodók mozgásteré, egyre kisebb helyen, egyre kevesebb inputanyaggal kell egyre több élelmiszert előállítani. Az uniós szabályozási környezet és az EU-n kívülről érkező, olcsón előállított áruk tovább súlyosbítják a helyzetet (Saralegui, 2024). Abban semmilyen fórumon vita nincs, hogy erre a jelentős problémakörre a legfőbb megoldás alapvetően a hatékonyság növelése lehet.

A magyar mezőgazdaság helyzete a globális környezetben

Magyarországon az agrárgazdaság kiemelten fontos szerepet játszik a nemzetgazdaságban. A termelők ugyanakkor egyre nehezebb helyzetben vannak: egyszerre kell megfelelniük a piaci versenynek, a fenntarthatósági előírásoknak, a fogyasztói elvárásoknak és a klímaváltozás által okozott bizonytalanságoknak. A hazai agráriumban különösen nagy kihívást jelent a termelési költségek folyamatos emelkedése, a munkaerőhiány, az öntözési kapacitások korlátozottsága, valamint az, hogy a gazdálkodóknak egyre bonyolultabb technológiai és adatalapú döntéseket kell meghozniuk. A digitalizáció és az innováció iránti igény egyre erősebb, ugyanakkor a modern megoldások bevezetéséhez szükséges tudás, tőke és infrastruktúra nem minden esetben áll rendelkezésre. Mindezek következtében kulcsfontosságúvá vált olyan rendszerek, támogatási formák és együttműködések kialakítása, amelyek képesek hatékonyan segíteni az ágazat technológiai megújulását és a fenntartható termelés irányába való elmozdulást.

Az EU „Farm to Fork” stratégiája több olyan célkitűzést fogalmaz meg, amelyek közvetlenül alakítják az agrárszektor jövőjét: 50%-kal kell csökkenteni a növényvédőszer-használatot, 20%-kal mérsékelni kell a műtrágya-felhasználást, továbbá 2030-ra 25%-ra kell növelni az ökológiai gazdaságok arányát (European Commission, 2020). Ezek a célok önmagukban is jelentős alkalmazkodást igényelnek, azonban a klímaváltozás és a piaci bizonytalanságok tovább erősítik a modernizáció és a digitalizáció szükségességét.

A digitalizáció olyan eszközrendszert kínál, amely képes mérsékelni a termelési kockázatokat, növelni a hatékonyságot, és egyúttal csökkenteni a környezeti terhelést. A hazai agrárinnovációs ökoszisztéma az elmúlt években folyamatosan erősödik: növekszik az agrárstartupok száma, az egyetemek és kutatóintézetek aktívabban kapcsolódnak be a fejlesztésekbe, míg a NAK TechLab olyan együttműködési platformot hozott létre, amely összeköti a gazdálkodókat a fejlesztőkkel és a befektetőkkel.

Véleményünk szerint az agrárdigitalizációval foglalkozó fejlesztők kulcsszerepet játszanak az agrárium hatékonyságának növelésében, mivel rugalmasságuk és innovatív megközelítéseik révén gyorsan alkalmazkodnak az iparág kihívásaihoz. A startupok tehát nem csupán technológiai újítók, hanem a mezőgazdaság modernizációjának és versenyképességének fontos katalizátorai is.

3. A digitális agrárinnovációk szakirodalmának áttekintése

A digitális agrárinnováció olyan rendszerszintű változásokat tesz lehetővé, amelyek képesek átalakítani az agrár-élelmiszerlánc teljes működését. A nemzetközi szakirodalom számos trendet, technológiát és módszertani megközelítést azonosít, amelyek kritikus fontosságúak a fenntartható mezőgazdaság szempontjából (Liakos et al., 2018; Wolfert et al., 2017). Jelen fejezet célja, hogy áttekintse a releváns tudományos irányokat, kutatási eredményeket és elméleti kereteket, amelyek alapot nyújtanak a digitális agrárium vizsgálatához.

A fenntartható mezőgazdaság fogalma az 1980-as évektől került a kutatások középpontjába, amikor egyre nyilvánvalóbbá vált, hogy a növekvő élelmiszerigény és a természeti erőforrások csökkenése miatt a hagyományos, inputintenzív mezőgazdasági rendszerek hosszú távon fenntarthatatlanok (Pretty, 1995; Tilman et al., 2002). A fenntartható agrárgazdálkodás fő

célkitűzései között szerepel a termelékenység növelése, a természeti erőforrások megőrzése, az ökológiai lábnyom csökkentése, valamint a vidéki közösségek életképességének fenntartása (FAO, 2023).

A FAO (2023) fenntarthatósági modellje hat alapelvre épül, amelyek együttesen biztosítják, hogy a mezőgazdasági rendszerek gazdaságilag életképesek, környezetileg fenntarthatóak és társadalmilag befogadóak legyenek.

- *Erőforrás-hatékonyság*: Az alapelv célja, hogy a termelés során a lehető legkevesebb inputanyag (víz, műtrágya, energia) felhasználásával maximalizáljuk a termelékenységet. A digitális technológiák, például precíziós mezőgazdasági rendszerek, szenzorok és adatvezérelt döntéstámogató eszközök lehetővé teszik a tápanyagok és víz pontos kijuttatását, csökkentve a pazarlást és a környezeti terhelést.
- *Rugalmasság*: A mezőgazdasági rendszereknek képesnek kell lenniük alkalmazkodni a változó környezeti és piaci feltételekhez. Digitális eszközökkel, például időjárás-előrejelző modellekkel és valós idejű monitorozással a gazdálkodók gyorsabban reagálhatnak a szélsőséges időjárási eseményekre vagy a piaci ingadozásokra.
- *Biodiverzitás védelme*: A biológiai sokféleség megőrzése kulcsfontosságú a mezőgazdasági rendszerek stabilitása és ökológiai egészsége szempontjából. Digitális térképezés, drónok és műholdas megfigyelés segíthet az élőhelyek monitorozásában és a fenntartható termelési gyakorlatok tervezésében.
- *Fenntartható vízgazdálkodás*: A vízfelhasználás optimalizálása létfontosságú a fenntartható mezőgazdaság számára. Digitális rendszerek képesek a talajnedvesség, csapadék és öntözési igények valós idejű mérésére, így lehetővé téve a pontos és takarékos vízhasználatot.
- *Gazdasági életképesség*: A mezőgazdasági termelésnek hosszú távon is fenntarthatónak kell lennie gazdasági szempontból. Digitális technológiák, például adatvezérelt üzleti elemzések és termelésoptimalizáló szoftverek támogatják a költséghatékony működést, segítik a kockázatok csökkentését és a piaci lehetőségek kihasználását.
- *Társadalmi inklúzió*: A fenntartható mezőgazdaság társadalmilag is befogadó, lehetőséget teremt minden érintett számára, beleértve a kistermelőket és a hátrányos helyzetű csoportokat is. Digitális platformok, információs és kommunikációs technológiák révén a gazdálkodók könnyebben hozzáférhetnek tudáshoz, képzésekhez, piaci információkhoz és finanszírozási lehetőségekhez.

Nemzetközi kutatások szerint a digitalizáció alkalmazása a mezőgazdaságban jelentős hatékonyságnövekedést és fenntarthatósági előnyt biztosít. A precíziós technológiák révén akár 30–40%-os inputanyag-megtakarítás érhető el, míg az optimalizált tápanyag-kijuttatás 10–20%-os hozamnövekedést eredményezhet. A robotizáció alkalmazása 25–35%-kal csökkentheti a munkaerő-költségeket, és a pontosabb műtrágya- és növényvédőszer-használat hozzájárul az üvegházhatású gázok kibocsátásának mérsékléséhez. Emellett a nyomonkövethetőségi rendszerek javítják az élelmiszerbiztonságot (OECD & FAO, 2023; Zhang et al., 2020). A szakirodalom hangsúlyozza, hogy a digitalizáció nem csupán új eszközök bevezetését jelenti, hanem a mezőgazdasági döntéshozatal teljes paradigmaváltását: az adatalapú, valós idejű, előrejelzésre épülő gazdálkodást.

A digitális agrárium fogalmkörébe számos technológia tartozik, amelyek mind hozzájárulnak a fenntarthatóság és a hatékonyság növeléséhez, a tanulmány következő részeiben ezeket járjuk körbe.

3.1. Precíziós mezőgazdaság (Precision Agriculture)

A precíziós mezőgazdaság (precision farming) célja a termelés mennyiségi és minőségi optimalizálása az inputanyagok pontos, célzott kijuttatásával: csak oda, csak annyit és csak akkor, amennyire szükség van. Ez a megközelítés a fenntarthatóság alapját képezi, hiszen az erőforrások hatékony felhasználásával csökkenthető a környezeti terhelés (Mulla, 2013). A módszer

tudományos alapját az intra-parcellás heterogenitás elmélete adja, amely szerint minden talajfolt eltérő víz-, tápanyag- és szerkezetjellemzőkkel rendelkezik, így a homogén kezelés pazarló és környezetkárosító (Zhang et al., 2002).

A precíziós technológiák alkalmazása jelentős környezeti és gazdasági előnyökkel jár: a műtrágya-felhasználás 15–30%-kal (Panotra et al, 2025), a növényvédőszer-bevitel akár 20–40%-kal (Takácsné György, 2010), az öntözővíz-fogyasztás 25–35%-kal csökkenthető (Gupta et al, 2023), miközben a hozamok 10–20%-kal növekedhetnek (FAO, 2023; OECD, 2023; OECD & FAO, 2023;) (1. táblázat). A precíziós mezőgazdaság kulcselemei közé tartozik a talajszkennelés és talajtérképezés, amelyek segítségével feltárható a talaj heterogenitása, és mérhető a vezetőképesség, a szervesanyag-tartalom, a talajnedvesség és a fizikai talajtípusok, megalapozva az inputanyagok helyes elosztását (Bongiovanni & Lowenberg-Deboer, 2004).

1. táblázat: Precíziós mezőgazdaság fenntarthatósági hatásainak összefoglalása

Környezeti terhelés fajtája	Csökkenés
Műtrágyakimosódás	20–30%
Növényvédőszer-maradvány	20–40%
CO ₂ -kibocsátás	20–25%
Vízpazarlás	25–35%

Forrás: Saját szerkesztés, az előző bekezdésben ismertetett tanulmányok alapján

A drón- és műholdas monitoring multispektrális képekkel tárja fel a növények stressz állapotát, betegségeit és tápanyaghiányát, a leggyakrabban használt vegetációs indexek, mint az NDVI, GNDVI, EVI és NDRE, már 7–10 nappal korábban képesek felismerni a problémákat, mint az emberi szem. A helyspecifikus kijuttatás (VRA – Variable Rate Application) révén a precíziós gépek differenciált műtrágyaszórásra, vetésre és permetezésre képesek, míg a GPS-alapú automatizált gépvezérlés csökkenti az átfedéseket és az üzemanyag-pazarlást (Gebbers & Adamchuk, 2010).

3. 2. IoT és szenzorok

A digitális szenzorok és az IoT (Internet of Things) eszközök kulcsszerepet játszanak a modern precíziós mezőgazdaságban. Ezek az eszközök képesek valós időben mérni a talajnedvességet, hőmérsékletet, tápanyagszinteket, pH-t, mikroklímát, valamint az állatok viselkedését, mozgását és egészségi mutatóit. Az „always-on”, folyamatos monitorozás lehetővé teszi a termelési folyamatok valós idejű követését, a problémák korai felismerését és azonnali beavatkozást (Wolfert et al., 2017).

Ez a folyamatos adatgyűjtés több szinten is hozzájárul a hatékonyság és fenntarthatóság növeléséhez. A precíziós öntözés és tápanyag-kijuttatás révén csökkenthető a víz-, műtrágya- és energiafelhasználás, miközben minimalizálható a környezeti terhelés. Emellett a pontos adatgyűjtés támogatja az állategészségügyi menedzsmentet, a betegségek és stresszhatások korai azonosítását, ezáltal javítva a termelési és állategészségügyi mutatókat.

A szenzorokból és IoT-eszközökből származó adatok a felhőalapú elemző rendszerekbe továbbíthatók, ahol mesterséges intelligencia és gépi tanulás segítségével prediktív modellek készíthetők. Ezek a modellek előre jelezhetik a növény- vagy állatállományban bekövetkező problémákat, optimalizálhatják az erőforrás-felhasználást, és hozzájárulhatnak a gazdasági életképesség fenntartásához, miközben a környezeti és társadalmi fenntarthatósági célokat is támogatják (Wolfert et al., 2017).

Összességében az IoT és a szenzorhálózatok alkalmazása a mezőgazdaságban nem csupán a hatékonyság növelését szolgálja, hanem alapvető eszköze a fenntartható és adatvezérelt agrármenedzsmentnek.

3.3. Távérzékelés és drónok és robotok

A mezőgazdaság egyik leggyorsabban fejlődő területe a robotizáció, amely lehetővé teszi a folyamatos, akár 24 órás munkavégzést, a kevesebb üzemanyag-felhasználást, a talajtaposási károk csökkentését, valamint a pontosabb és egységesebb munkaminőség biztosítását. A robotok fő típusai közé tartoznak a gyomfelismerő és gyomirtó robotok, amelyek kamerákkal és mesterséges intelligencia-algoritmussal működnek, és drasztikusan csökkentik a vegyszerhasználatot; a betakarító robotok, elsősorban gyümölcs- és zöldségtermesztésben; valamint az autonóm traktorok és permetezőket, amelyek csökkentik a munkaerőigényt és javítják az üzemanyag-hatékonyságot (Bongiovanni & Lowenberg-Deboer, 2004; Bechar & Vigneault, 2016).

A távérzékelési rendszerek, beleértve a műholdakat, drónokat és multispektrális kamerákat, lehetővé teszik a növények betegségeinek korai észlelését, a stresszhatások azonosítását, a gyomosodás feltérképezését, valamint hozamtérképek készítését. A szakirodalom szerint ezek a módszerek akár két héttel korábban képesek felismerni a károsítói problémákat, mint a hagyományos vizuális ellenőrzés (Bendig et al., 2012).

A robotizáció és távérzékelés fenntarthatósági előnyeit a 2. táblázat szemlélteti.

2. táblázat: Robotizáció és távérzékelés fenntarthatósági hatásai

Fenntarthatósági hatás	Csökkenés / Javulás	Megjegyzés
Munkaerőigény	30–50%	Robotok automatizált munkavégzése
Üzemanyag-felhasználás	20%	Autonóm traktorok és gépvezérlés
Talajtaposási kár	Minimális	Csökkenő nagy traktormunka
Vegyszerhasználat	Jelentős	Gyomfelismerő és gyomirtó robotok
Inputanyagok optimalizálása	Műtrágya: 20–30%, Növényvédőszer: 30–40%	Precíziós kijuttatás (VRA)
Öntözővíz-fogyasztás	25–35%	Céltöltés drón- és szenzoradatok alapján
Hozam	10–20% növekedés	Optimalizált tápanyag- és stresszkezelés

Forrás: Saját szerkesztés, az előző fejezetben említett tanulmányok összegzése

A kombinált alkalmazás, azaz a robotizáció és a távérzékelés integrálása a precíziós gazdálkodással lehetővé teszi, hogy a mezőgazdasági termelés hatékonyabbá, környezetbarátabbá és fenntarthatóbbá váljon, miközben csökkenti a termelési kockázatokat és javítja a talaj egészségét (Gebbers & Adamchuk, 2010; FAO, 2023).

3.4. Big Data és Mesterséges Intelligencia (MI)

A mesterséges intelligencia (MI) az agrárfenntarthatóság egyik legerősebb hajtóereje, amely lehetővé teszi a mezőgazdasági döntések pontosabb és hatékonyabb meghozatalát (Liakos et al., 2018). Az MI képes felismerni növénybetegségeket, előre jelezni a termény stresszállapotát, becsülni a hozamokat, optimalizálni a gépek működését, valamint modellezni az éghajlati szcenáriókat.

Két kiemelkedő alkalmazási területe a betegség- és kártevő-előrejelzés, valamint a hozambecslés. A betegség- és kártevő-előrejelző modellek, például a kukoricabogár, a gabonafuzárium vagy a burgonyavész esetében, figyelembe veszik a hőösszeget, a páratartalmat, a leveľfelületet és a csapadékadatokat. Ezeknek a modelleknek a használata akár 30–40%-kal csökkentheti a szükségtelen növényvédőszer-permetezést, így közvetlen környezeti és gazdasági előnyt jelent (Liakos et al., 2018).

A hozambecslő modellek 5–10%-os hibahatáron belül képesek előre jelezni az év végi terméshozamot, ami pontosabb finanszírozási tervezést, jobb készletgazdálkodást és precíz inputanyag-tervezést tesz lehetővé. A nagymennyiségű adat (big data) elemzése lehetővé teszi az előrejelző modellek, a gépi tanulás alapú növénybetegség-azonosítás, a gépüzemeltetési optimalizáció és a hozambecslés kialakítását, ami az agrárkutatásokban a vetésidő-optimalizáció, az inputanyag-elosztás és a hozamprognózis új standardjává vált (Liakos et al., 2018).

3.5. Adatvezérelt döntéshozatal

Az adatalapú gazdálkodás a modern agrárdigitalizáció egyik központi eleme, amely lehetővé teszi a termelési folyamatok pontos, hatékony és fenntartható irányítását (Wolfert et al., 2017). A digitális farmok többféle adatcsoportot integrálnak, ideértve az időjárás, talaj- és távérzékelési adatokat, a gépadatokat, a hozamtérképeket, az inputanyag-nyilvántartásokat, a piaci árakat, valamint az állategészségügyi információkat.

Az adatalapú rendszerek alkalmazása számos előnyt kínál: a valós idejű visszacsatolás csökkenti a hibalehetőségeket, a korai beavatkozások révén mérséklődik a környezetterhelés, míg a gazdasági optimalizáció magasabb jövedelmezőséget biztosít. A digitális farmmenedzsment rendszerek, mint például az Agrovir vagy az xFarm, ezeket az adatokat integrálva valódi fenntarthatósági platformokká váltak, amelyek támogatják a precíziós gazdálkodást, a környezeti erőforrások takarékos felhasználását, valamint a termelés hatékonyságát (Kamilaris & Prenafeta-Boldú, 2017).

A szakirodalom egybehangzóan jelzi, hogy a digitalizáció nem csupán gazdasági előnyöket kínál, hanem kifejezetten fenntarthatóbbá teszi a mezőgazdaságot. A digitális technológiák alkalmazásával mérsékelhető a nitrogén- és foszfor-kimosódás, csökken a növényvédőszer-maradvány, optimalizálható a vízfelhasználás, és mérsékelhető a talajterhelés, valamint a CO₂-kibocsátás (McFadden, 2023).

Összességében a nemzetközi szakirodalom egyértelműen alátámasztja, hogy a digitális agrárinnováció kulcsfontosságú eszköz a fenntarthatóság, a termelékenység és a gazdasági életképesség növelésében, egyúttal alapot teremt a modern, adatalapú és előrejelzésre épülő mezőgazdasági döntéshozatalhoz.

4. A hazai agrárinnovációs ökoszisztéma bemutatása

Magyarország agrárgazdasága hagyományosan erős termelési alapokra épül, ugyanakkor a technológiai fejlődés mértéke és sebessége elmarad az európai átlagtól. A mezőgazdasági vállalkozások jelentős része kis- és közepes méretű, alacsony tőkeerejű gazdaság, amelyek számára a digitalizációs beruházások tervezése és finanszírozása komoly kihívást jelent. Az elmúlt években azonban egyre markánsabban körvonalazódik egy új szereplő, az agrártechnológiai

startupok által alakított innovációs ökoszisztéma, amely az agrárium digitalizációjának előmozdításában játszik kulcsszerepet.

Ez az ökoszisztéma integrált, dinamikus hálózatként működik, amelyben különböző szereplők – így a gazdálkodók, agrárstartupok, egyetemek és kutatóintézetek, szakmai szervezetek, állami intézmények, befektetők, inkubátorok, valamint a nagyobb mezőgazdasági vállalatok – együttműködnek az innováció előmozdítása érdekében. Az együttműködés célja, hogy a fejlesztések gyorsan és eredményesen jussanak el a termeléshez, miközben a gazdálkodók valós problémáira reflektálnak.

A magyar innovációs környezet sajátossága, hogy az agrárium intenzív technológiai fejlődése csak az elmúlt 5–7 évben gyorsult fel. Ezt több tényező együttes hatása indokolta, így például a digitalizációs programok elindulása (NAK, AM, EU-s források), a startup-ökoszisztéma fejlődése, a kutatóintézeti és egyetemi együttműködések erősödése, a dróntechnológiai szabályozás modernizációja, valamint a gazdálkodók érdeklődésének növekedése az inputanyagok drasztikus áremelkedése miatt. A magyar mezőgazdaság technológiai fejlettsége azonban heterogén: míg a nagyobb vállalatok már széles körben alkalmazzák a precíziós eszközöket, addig a kisebb gazdaságok számára ezek még nehezen elérhetők.

5. A magyar agrárinnovációs ökoszisztéma erősségei és kihívásai

A hazai agrárinnovációs ökoszisztéma egyik legfontosabb erőssége a hagyományosan erős agrárhagyomány, amely stabil alapot biztosít a termelési tapasztalatok és tudás generációkon átívelő átadásához. Ezt a hagyományt egészíti ki a gyorsan fejlődő agtech startup-szféra, amely innovatív megoldásaival – például precíziós gazdálkodási platformokkal, szenzor- és dróntechnológiákkal – képes növelni a termelékenységet és csökkenteni a környezeti terhelést. A kutatóintézeti háttér (például AKI, MATE, Soproni Egyetem) szintén kulcsszerepet játszik, hiszen a tudományos kutatások és gyakorlati fejlesztések révén új technológiák és módszertanok kerülhetnek a gazdálkodók kezébe. További erőforrást jelentenek az egyre jobb minőségű drónpilóta-képzések, amelyek biztosítják, hogy a modern távérzékelési eszközök használata elterjedhessen a hazai gazdaságokban, valamint a megbízható adatforrások (MET, Copernicus, MePAR), amelyek lehetővé teszik az adatalapú döntéshozatalt és a precíziós gazdálkodás működését.

Ugyanakkor az erősségek ellenére számos kihívással kell szembenézni:

- *Tőkehiány:* A hazai startupok döntő többsége mikro- vagy kisvállalkozás, és az agrártechnológiai befektetések kockázatosak, megtérülésük lassú.
- *Digitális kompetencia hiánya:* A szakirodalom és statisztikák szerint jelentős digitális kompetenciahiány mutatkozik a magyar mezőgazdaságban; a precíziós eszközök elterjedtsége továbbra is alacsony (Szigethy-Ambrus, 2025).
- *Alacsony adatminőség:* A rendszerszintű adatgyűjtés hiánya korlátozza a precíziós rendszerek és a mesterséges intelligencia alkalmazhatóságát.
- *Integrátorok hiánya:* Nyugat-Európában integrátorok (pl. BayWa, Agravis) segítik a technológiai bevezetést, Magyarországon azonban ez a struktúra még fejletlen.
- *Birtokstruktúra széttöredezettsége:* A kisebb gazdaságok előtt nehezebben megtérülő beruházások állnak.

6. A magyar agrárinnovációs ökoszisztéma szereplői

6.1. Szakmai kamarák

A hazai agrárinnovációs ökoszisztéma zászlóshajója a NAK TechLab, Magyarország első agrártechnológiai inkubátorprogramja. 2019-es indulása óta több mint 50 agrártechnológiai startup vett részt a programban, és számos pilot projekt valósult meg gondosan kiválasztott mintagazdaságokban. A TechLab rendszeres meetupok, szakmai napok és hackathonok szervezésével támogatja az innovátorokat, és „bridge” szerepet tölt be a gazdák és fejlesztők között, elősegítve a valós problémákra épülő technológiai megoldások piacra jutását.

A program kiemelt tevékenységi területei a következők: problémafeltárás gazdálkodói interjúk és területi bejárások révén, startup mentoring üzleti modell- és piaci validációval, pilot projektek drón- és szenzoros mérésekkel, valamint közösségépítés rendszeres agrárinnovációs események révén.

6.2. Hazai agrárstartupok

Az agrárstartupok innovatív kis- és közepes vállalkozások, amelyek új technológiákat, digitális platformokat, valamint szenzor- és drónmegoldásokat fejlesztenek, elsődleges céljuk pedig a termelés hatékonyságának növelése, a fenntarthatóság elősegítése és a precíziós gazdálkodás támogatása. Tevékenységi körük alapján az alábbi főbb kategóriákba sorolhatóak (későbbiekben a példán keresztül részletesen bemutatva):

- Digitális farmmenedzsment (Agrovir),
- Talaj- és vízmonitoring (TerraStrip),
- Állategészségügyi digitalizáció (Okosfarm).

6.3. Egyetemek és kutatóintézetek

A vállalati innovációs szereplők mellett a hazai agrárinnovációs ökoszisztéma tudományos háttérintézményei is kulcsszerepet töltenek be. A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE) az ország legjelentősebb agrár-felsőoktatási és kutatóintézménye, amely egyszerre biztosít képzett humán erőforrást, generál új tudományos eredményeket és szolgál innovációs katalizátorként az ágazat számára. A MATE kutatóhálózata – beleértve a precíziós mezőgazdasági központokat, agrárdigitalizációs kutatócsoportokat és terepi kísérleti állomásokat – aktív szerepet vállal az új technológiák tesztelésében, adaptálásában és a gyakorlatba való átültetésében. Emellett egyre nagyobb hangsúlyt fektet a termelők, agrárszakemberek és vállalati partnerek képzésére, hozzájárulva ezzel ahhoz, hogy a digitális megoldások ne csak elérhetővé váljanak, hanem ténylegesen be is épüljenek a mindennapi termelési gyakorlatba.

A MATE tudományos szerepét kiegészítve az Agrárközgazdasági Intézet (AKI) elsősorban adatalapú háttérelmzéseivel, monitoring-rendszereivel és szakpolitikai támogató tevékenységével járul hozzá az ökoszisztéma működéséhez. Az AKI végzi többek között a mezőgazdasági vállalkozások gazdasági teljesítményének, digitalizációs felkészültségének és technológiai adaptációjának rendszeres felmérését, amelyek alapvető információt szolgáltatnak a döntéshozók, a kutatók és a piaci szereplők számára. A digitális felmérések eredményei kiemelten fontosak a technológiai fejlesztések irányainak kijelöléséhez, hiszen pontos képet adnak a gazdálkodók kompetenciaszintjéről, beruházási hajlandóságáról és az innovációs akadályokról. Az AKI így olyan adatokkal és elemzésekkel támogatja a hazai agrárinnovációs ökoszisztémát, amelyek nélkülözhetetlenek a tudományos kutatás és a gyakorlati fejlesztések összehangolásához.

6.4. Befektetők és inkubátorok

A befektetők és inkubátorok kockázati tőkét és mentorálást nyújtanak a startupok számára, elősegítve a technológiák piaci bevezetését, a pilot projektek finanszírozását és a kockázatok csökkentését.

6.5. Nagyvállalatok

A mezőgazdasági nagyvállalatok (pl. AXIÁL Kft. és KITE Zrt.) a technológiai fejlesztések gyakorlati bevezetésében játszanak kiemelt szerepet, támogatják a kisebb gazdaságokat, átadják a know-how-t, részt vesznek pilot projektekben, és biztosítják a digitalizációs megoldások skálázhatóságát.

7. Hazai és nemzetközi jó gyakorlatok bemutatása

7.1. Hazai példák

Az agrárinnovációs ökoszisztéma szereplőinek áttekintése után néhány nemzetközi és hazai jó gyakorlaton keresztül bemutatjuk, hogyan válhat a technológia a fenntarthatóság és hatékonyság eszközévé.

Az Agrovir Magyarország egyik legismertebb digitális farmmenedzsment rendszere, amely immár több mint 500 gazdaságban működik. A platform egyesíti az összes gazdálkodási adatot, összekapcsolható a gépmonitoring rendszerekkel, automatizálja a pénzügyi és költség-számítást, valamint a precíziós adatelemzést. Ennek köszönhetően a gazdák képesek optimalizálni az inputanyag-felhasználást, ami akár 20–30%-os műtrágya-megtakarítást, hatékonyabb vízgazdálkodást, valamint jobb pénzügyi tervezést és kevesebb felesleges beszerzést eredményez. Az Agrovir így az adatvezérelt gazdálkodás révén a kisebb gazdaságok számára is elérhetővé teszi a precíziós és fenntartható módszereket.

A TerraStrip talajerózió- és lefolyásmodellező szoftver a talajvédelmet helyezi a középpontba. A térinformatikai elemzések segítségével előre jelzi a kritikus területeket, megmutatja, hol keletkezhet felszíni lefolyás, mely táblarészek veszélyeztetettek erózió szempontjából, és javaslatot ad a művelési irányok átalakítására. Az eszköz alkalmazása javítja a talajszerkezetet, csökkenti a tápanyag-kimosódást és támogatja a fenntartható vízgazdálkodást, így a termőföld hosszú távú megőrzését segíti elő.

Az Okosfarm telepi szenzoros monitoring rendszere valós időben követi az állatok mozgását, ivási és etetési mintáit, testhőmérsékletét, valamint a mikroklímát (hőmérséklet, páratartalom, gázkoncentrációk). Az így nyert adatok alapján optimalizálható a takarmányozás, csökkenthető az elhullás és nő az energiahatékonyság az istállókban. Ezzel párhuzamosan javul az állatjólét, és a gazdák fenntarthatóbb működést valósíthatnak meg anélkül, hogy csökkenne a termelési hatékonyság.

Amint azt a korábbi fejezetben említettük, a hazai agrárinnovációs ökoszisztéma fontos szereplői a hazai nagyvállalatok. Az AXIÁL Kft. kiemelkedő szereplő a hazai agrárinnovációs ökoszisztémában, amely nem csupán mezőgazdasági gépek forgalmazására koncentrálnak, hanem a precíziós gazdálkodás és az agrárdigitalizáció széleskörű elterjesztését is támogatja. A cég AXIÁL-NEXT platformja lehetővé teszi a gazdálkodók számára, hogy modern, szenzorokra, drónokra és automatizált rendszerekre épülő technológiákat alkalmazzanak, amelyek révén optimalizálható a tápanyag- és vízfelhasználás, csökkenthető a vegyszerigény, valamint növelhető a hozam. Ezen túlmenően az AXIÁL a NAK TechLab és hasonló nagyvállalati-startup együttműködések révén támogatja a hazai startupok innovatív fejlesztéseinek mezőgazdasági adaptációját, így hidat képez a technológiai fejlesztések és a gyakorlati gazdálkodás között.

A vállalat szerepe nem korlátozódik pusztán a technológia bevezetésére: a duális képzési programokban való aktív részvétellel hozzájárul a szakember-utánpótlás biztosításához, ezáltal

hosszú távon is erősítve az agrárinnováció ökoszisztémáját. Az AXIÁL Kft. tevékenysége tehát komplex módon segíti a hazai mezőgazdasági termelés modernizációját, a fenntartható gazdálkodási gyakorlatok elterjedését és az új technológiák gyakorlati hasznosulását, miközben a nagyvállalati jelenlét biztosítja a szükséges erőforrásokat, szervizt és oktatási háttérrel.

Az AXIÁL Kft. mellett a hazai agrárinnovációs ökoszisztéma másik meghatározó szereplője a KITE Zrt., amely integrátori működésével és technológiai fejlesztéseivel szintén érdemi hatást gyakorol a termelők digitális felkészültségére és technológiai alkalmazkodóképességére. A több mint fél évszázados múlttal rendelkező vállalat komplex szolgáltatási rendszerével – inputanyag-ellátással, gépforgalmazással, logisztikai és szaktanácsadói háttérrel – országos szinten támogatja a szántóföldi termelést. Kiemelt jelentőségű a KITE saját fejlesztésű Precíziós Gazdálkodási Rendszere (PGR), amely agrometeorológiai hálózatot, digitális adatgyűjtést és döntéstámogató eszközöket integrál, és ma már több mint 650 000 hektáron segíti a gazdálkodók munkáját. Ennek köszönhetően a KITE nem csupán input- és gépkereskedőként jelenik meg, hanem aktív innovációközvetítőként is.

7.2. Nemzetközi szintér

A digitális mezőgazdaság nemzetközi szinten már évek óta dinamikusan fejlődik. Számos megoldás bizonyította fenntarthatósági előnyeit, amelyek inspirációt nyújthatnak a hazai agrárinnováció számára.

A John Deere See&Spray Select / Ultimate rendszere mesterséges intelligenciát használva valós időben különbözteti meg a kultúrnövényt és a gyomot, így a növényvédőszer csak a gyomokra juttatja ki. Ennek eredményeként 60–80%-os gyomirtószer-megtakarítás érhető el, csökken a környezeti terhelés, javul a növényegészség, és mérséklődnek a költségek.

A Climate FieldView a Bayer globális digitális platformja, amely több millió hektáron gyűjt adatokat, integrálja a hozamtérképezést, talajanalitikát, inputanyag-optimalizációt és döntéstámogatást. Használatával csökken az inputanyag-felhasználás, mérséklődik a CO₂-lábnyom, és nő a termelés stabilitása, ami jelentős fenntarthatósági előnyt biztosít.

Az xFarm platform Európában gyorsan terjed, és integrálja a gépadatokat, szenzoradatokat, térinformatikai információkat, valamint növényvédelmi előrejelzéseket. A rendszer lehetővé teszi akár 30%-os vízmegtakarítást, jobb talajnedvesség-kezelést, és optimalizált trágyázási terveket biztosít.

A CNH Industrial autonóm traktorai és betakarító robotjai önálló útvonaltervezést, üzemanyag-optimalizációt és precíz munkavégzést tesznek lehetővé, ami alacsonyabb talajtaposási kárt, kevesebb üzemanyag-fogyasztást és hosszabb gépélettartamot eredményez.

A nemzetközi trendek tanulsága, hogy a fejlett digitális rendszerek közös jellemzői az adatközpontúság, az automatizálás, a környezeti terhelés csökkentése, valamint a szakemberek közötti szoros együttműködés. Ezek az eszközök Magyarországon is adaptálhatók, különösen a nagyobb üzemi méretekben, ahol a precíziós inputoptimalizáció gyors megtérülést hozhat, miközben a fenntarthatósági szempontok teljesülnek.

A hazánkban is tapasztalt kihívásokra tehát az agrárdigitalizációs megoldások hatékony választ jelentenek (3. táblázat).

3. táblázat: A fenntarthatósági kihívásokra adott digitális válaszok

Fenntarthatósági kihívás	Digitális megoldás
Műtrágya túlhasználat	Precíziós műtrágyaszórás (VRA), talajszkennelés
Növényvédőszer-pazarlás	Drónos célzott permetezés, MI-alapú permetezés
Aszály és vízhiány	Talajnedvesség-szenzorok, döntéstámogató öntözési modellek
Talajerózió	Térinformatikai modellezés (TerraStrip), drónos topográfia

Fenntarthatósági kihívás	Digitális megoldás
Munkaerőhiány	Robotizáció, autonóm gépek
CO ₂ -kibocsátás	Optimalizált gépüzemeltetés, autonóm navigáció
Terméskiesés kártevők miatt	MI-alapú előrejelzés, távérzékelés

Forrás: Saját szerkesztés, a korábban bemutatott szakirodalom összefoglalása

8. Összefoglalás

Tanulmányunk végén térjünk vissza a kezdetben megfogalmazott három hipotézis értékeléséhez:

H1: Az agrár startupok növelik a gazdaságosságot és a fenntarthatóságot.

A hazai startupok, mint az Agrovir vagy a TerraStrip, valamint nemzetközi példák (pl. xFarm, Climate FieldView) elemzése megerősíti, hogy a digitális innovációk jelentős hatással vannak a gazdasági és környezeti mutatókra. Az inputanyagok optimalizálása, a precíziós kijuttatás, a drónos növénydiagnosztika és az adatalapú döntéshozatal révén a gazdaságok költsége csökkenthető, a hozamok növelhetők, miközben a műtrágya-, víz- és vegyszerfelhasználás jelentősen mérsékelhető. Így a H1 hipotézis a vizsgált esetek alapján teljes mértékben megerősítést nyert.

H2: Egy erős innovációs ökoszisztéma elősegíti az ágazat technológiai fejlődését.

A tanulmány részletesen bemutatta a hazai ökoszisztéma szereplőit: startupok, kutatóintézetek, szakmai szervezetek, integrátorok és állami intézmények együttműködése biztosítja a tudástranszfert, a fejlesztések valós üzemi tesztelését és a technológiák gyors adaptációját. A NAK TechLab példája jól szemlélteti, hogy a szoros együttműködés a gazdák, fejlesztők és kutatók között közvetlenül gyorsítja a digitalizációt és az innováció terjedését. A H2 hipotézis szintén megerősítést nyert.

H3: Az integrátorok kiemelt szerepet játszanak a magyar agrárium digitalizációjában.

Az integrátorok, mint a nagy mezőgazdasági vállalatok, kulcsszereplőként jelennek meg a technológiák bevezetésében, pilot projekteken való részvételben és a kisebb gazdaságok támogatásában. Ezzel biztosítják, hogy az új eszközök és módszerek skálázhatóak legyenek, és a gyakorlatban is mérhető hatást fejtsenek ki. A tanulmány esettanulmányai és a hazai ökoszisztéma elemzése alapján a H3 hipotézis teljes mértékben megerősítést nyert.

9. Szakpolitikai javaslat

A tanulmány eredményei alapján világos, hogy a digitális technológiák elterjedése és a fenntartható agrárgazdálkodás közötti szinergiák kiaknázása érdekében a döntéshozóknak több területen is aktívan támogatniuk kell a fejlődést. Elsősorban a gazdálkodók digitális kompetenciáinak erősítése kulcsfontosságú, hiszen a precíziós eszközök és az adatvezérelt rendszerek csak megfelelő tudás birtokában képesek fenntarthatósági és gazdasági előnyöket biztosítani. Ehhez célszerű képzési programokat, gyakorlati workshopokat és mentorálási lehetőségeket biztosítani, amelyek a legújabb technológiák használatát és a döntéstámogató rendszerek integrációját célozzák.

Másodsorban a megbízható adatinfrastruktúra és az interoperábilis rendszerek kiépítése elengedhetetlen. A talaj-, időjárás-, hozam- és gépadatok integrálása, valamint az agrárstartupok, kutatóintézetek és nagyvállalatok közötti hatékony adatmegosztás elősegíti a technológiák valós üzemi tesztelését és adaptációját. A döntéshozóknak érdemes ösztönző programokat kialakítani a startupok, inkubátorok és integrátorok számára, hogy a fejlesztések gyorsan eljuthassanak a gazdákhoz, csökkentve a kísérletezési kockázatot.

Továbbá a szabályozási környezet folyamatos korszerűsítése és a pénzügyi ösztönzők biztosítása a digitális eszközök, robotizáció és MI-alapú megoldások bevezetéséhez lehetővé

teszi a fenntartható, gazdaságilag versenyképes működést. Nemzetközi tapasztalatok adaptálása, például a gyomfelismerő robotok, autonóm gépek és digitális farmirányítási platformok bevezetése, különösen a nagyobb üzemi méreteknél, gyors megtérülést és mérhető környezeti előnyöket biztosíthat.

Összességében a digitális agrárinnováció támogatása nem csupán technológiai kérdés, hanem stratégiai eszköz a fenntartható, klímaadaptív és versenyképes magyar mezőgazdaság kialakításában. A döntéshozók szerepe abban rejlik, hogy a képzési, szabályozási és finanszírozási eszközökkel ösztönözzék a technológiák adaptációját, erősítsék az innovációs ökoszisztémát, és biztosítsák, hogy a modern agrártechnológiák a hagyományos szakmai tudással ötvözve a lehető legnagyobb fenntarthatósági és gazdasági hatást érjék el.

Etikai nyilatkozat

A szerző korábban a NAK TechLab-nál dolgozott, jelenleg az AXIÁL Kft.-nél tevékenykedik. Mindkét szervezet szerepel az elemzésben, és a szerző személyes tapasztalatai is beépültek a tanulmányba. A szerző véleménye és elemzése objektív szándékkal készült.

Irodalomjegyzék

- Bechar, A., & Vigneault, C. (2016). Agricultural robots for field operations: Concepts and components. *Biosystems Engineering*, 149, 94–111.
<https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.06.014>
- Bendig, J., Bolten, A., & Bareth, G. (2012). Introducing a low-cost Mini-uav for thermal- and multispectral-imaging. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXIX-B1, 345–349.
<https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXIX-B1-345-2012>
- Bongiovanni, R., & Lowenberg-Deboer, J. (2004). Precision agriculture and sustainability. *Precision Agriculture*, 5(4), 359–387.
<https://doi.org/10.1023/B:PRAG.0000040806.39604.aa>
- European Commission. (2019). *The European Green Deal*.
https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- European Commission. (2020). *Farm to Fork strategy*.
https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en
- European Parliament. (2020). *The European Green Deal*.
https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2020-0005_EN.html
- Eurostat. (2022). *Agricultural statistics*. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/agriculture>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2009). *How to feed the world in 2050*.
https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2016). *Climate-smart agriculture sourcebook*. <https://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/en/>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). *The state of food and agriculture 2023 – Revealing the true cost of food to transform agrifood systems*.
<https://doi.org/10.4060/cc7724en>

- Föld Napja Alapítvány. (2016, January 7). *13+1 tény az élelmezés helyzetéről*.
<https://fna.hu/hir/vilagelelem>
- Gebbers, R., & Adamchuk, V. I. (2010). Precision agriculture and food security. *Science*, 327(5967), 828–831. <https://doi.org/10.1126/science.1183899>
- Gupta, N., Singh, Y., Jat, H. S., Singh, L. K., Choudhary, K. M., Sidhu, H. S., Gathala, M. K., & Jat, M. L. (2023). Precise irrigation water and nitrogen management improve water and nitrogen use efficiencies under conservation agriculture in the maize-wheat systems. *Scientific Reports*, 13(1), 12060. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38953-6>
- Kamilaris, A., Prenafeta-Boldú, F. X. (2017). Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 147, 70–90.
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.016>
- Központi Statisztikai Hivatal. (2023). *Magyar statisztikai évkönyv, 2023 – 5.1. Mezőgazdaság*.
https://www.ksh.hu/evkonyvek/2023/magyar-statisztikai-evkonyv-2023/pdf/sta-tevk2023_5_1.pdf
- Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2018). Machine learning in agriculture: A review. *Sensors*, 18(8), 2674. <https://doi.org/10.3390/s18082674>
- McFadden, J., Casalini, F., Griffin, T., & Antón, J. (2022). *The digitalisation of agriculture: A literature review and emerging policy issues* (OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers, No. 176). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/285cc27d-en>
- Mulla, D. J. (2013). Twenty-five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. *Biosystems Engineering*, 114(4), 358–371.
<https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2012.08.009>
- OECD. (2023). *OECD-FAO agricultural outlook 2023-2032*. OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/08801ab7-en>
- OECD & Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). *Environmental sustainability in agriculture 2023*. <https://doi.org/10.4060/cc9065en>
- Panotra, N., Deepika, R. B., Roy, P., Singh, Y., Sinha, S., Choudhary, N., Gangwar, A., Mohanty, L. K., & Gopal, R. (2025). Advances in precision agriculture: A review of technologies, applications and future prospects. *Advances in Precision Agriculture: A Review of Technologies, Applications and Future Prospects. Archives of Current Research International*, 25(8), 722–737. <https://doi.org/10.9734/acri/2025/v25i81454>
- Pisante, M., Stagnari, F., & Grant, C. A. (2012). Agricultural innovations for sustainable crop production intensification. *Italian Journal of Agronomy*, 7(4), e40.
<https://doi.org/10.4081/ija.2012.e40>
- Pretty, J. (1995). *Regenerating agriculture: Policies and practice for sustainability and self-reliance*. Earthscan.
- Saralegui, C. F. (2024). Az EU–Mercosur kereskedelmi megállapodás nehézségekbe ütközik az európai mezőgazdasági termelők részéről. *Világpolitika és a Közgazdaságtan*, 3(2), 140–141. <https://doi.org/10.14267/VILPOL2024.02.15>
- Szigethy-Ambrus, N. (2025). *Digitalisation in agriculture: Results in domestic and international agriculture*. Oeconomus Economic Research Foundation.
<https://www.oeconomus.hu/en/analyses/digitalisation-in-agriculture-results-in-domestic-and-international-agriculture/>
- Takács-György, K. (2010). Precíziós növénytermelés növényvédőszer-használatának gazdasági hatásai. *Gazdálkodás*, 54(4), 368–375. <https://doi.org/10.22004/AG.ECON.99133>

- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, *418*, 671–677.
<https://doi.org/10.1038/nature01014>
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M.-J. (2017). Big data in smart farming: A review. *Agricultural Systems*, *153*, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>
- World Bank Group. (2024). *Climate-smart agriculture*.
<https://www.worldbank.org/en/topic/climate-smart-agriculture>
- Zhang, N., Wang, M., & Wang, N. (2002). Precision agriculture: A worldwide overview. *Computers and Electronics in Agriculture*, *36*(2–3), 113–132.
[https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(02\)00096-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(02)00096-0)

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