

# ÁLLATTENYÉSZTÉS és TAKARMÁNYOZÁS

2019. 68. 3

Alapítás éve: 1952

ÁLLATTENYÉSZTÉS – TARTÁS – TAKARMÁNYOZÁS



Precíziós gazdálkodás és informatika az állattenyésztésben  
Precision farming and informatics in animal breeding  
*Tudományos konferencia a Magyar Tudományos Akadémián*  
*Scientific conference at the Hungarian Academy of Sciences*

**SCIENTIFIC DAY ON ANIMAL BREEDING**  
**„Precision farming and informatics in animal breeding„**

CONFERENCE AT THE  
HUNGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

25<sup>th</sup> November 2019

Organiser:

**Animal Breeding, Nutrition and Grassland Management  
Committee of the Section of Agricultural Sciences of the HAS**

*Papers included in this issue are the edited and peer-reviewed  
version of the oral presentations at the Animal Breeding Scientific  
Day at the Hungarian Academy of Sciences on 25<sup>th</sup> November 2019*

**ÁLLATTENYÉSZTÉSI TUDOMÁNYOS NAP**  
**“Precíziós gazdálkodás és informatika az állattenyésztésben”**

TUDOMÁNYOS KONFERENCIA  
A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA SZÉKHÁZÁBAN

2019. NOVEMBER 25.

Rendező:

**MTA Agrártudományok Osztály Állatnemesítési,  
Állattenyésztési, Takarmányozási és  
Gyepgazdálkodási Bizottsága**

*Az e számban található cikkek a Magyar Tudományos Akadémián  
2019. november 25-én rendezett Állattenyésztési Tudományos  
Napon elhangzott előadások szerkesztett és lektorált változatai*

## TARTALOM - CONTENTS

<i>Szabó István: Az agrárinformatika helyzete, fejlődési irányai hazánkban és nemzetközi kitekintésben (Overview of the state of the art in agroinformatics in Hungary and in international contexts) .....</i>	185
<i>Molnár Sándor: A mesterséges intelligenciára épülő eljárások elméleti alapjai (Theoretical background of artificial intelligence based processes) .....</i>	195
<i>Pajor Gábor: A Mezőgazdaság 4.0 kihívása az állattenyésztésben, avagy mit jelent a szakmai adatanalízis? (The challenge of Agriculture 4.0 in animal husbandry, or what does it mean the professional data analysis?) .....</i>	211
<i>Alföldi László - Tarr Zoltán: Digitális mikroklíma mérés a tejhozam optimalizálás szolgálatában (Optimizing dairy milk production with digital microclimate measurement technology) ....</i>	221
<i>Húth Balázs - Zubor Tibor - Tóth Tamás - Holló Gabriella: A tejelő szarvasmarha tenyésztésének és tartásának új kihívásai az automatizált technológiai rendszerek tükrében (New challenges in dairy cattle breeding and keeping with respect of automatic technology systems) .....</i>	237
<i>Tóth László - Kovács Levente - Póti Péter - Alföldi László - Tarr Zoltán - Szenci Ottó - Tózsér János: Korszerű információ technika (IT) a tejelő szarvasmarha tartásban (Modern information technology in dairy farming systems) .....</i>	253
<i>Maros Katalin - Kristina Hinz - Konstanze Krüger: Az aktív istálló és annak etológiai vonatkozásai (The active stable and its ethological consequences) .....</i>	270
<i>Gregosits Balázs - Nagy Edina: A precíziós állattartás tapasztalatai és kihívásai a sertés-tenyésztésben (Experiences and challenges of precision livestock farming in the swine industry) .....</i>	280

### **Címlap kép (Frontpage picture)**

Digitalizált szarvasmarhatenyésztés a gyakorlatban  
(Digitalised cattle breeding in the practice)

<https://www.shutterstock.com/image-photo/animal-tracking-monitoring-smartfarm-internet-things-576703303?src=OUjoggCJD76fOn7zDzho4Q-1-0>

# AZ AGRÁRINFORMATIKA HELYZETE, FEJLŐDÉSI IRÁNYAI HAZÁNKBAN ÉS NEMZETKÖZI KITEKINTÉSBEN

SZABÓ ISTVÁN

## ÖSSZEFOGLALÁS

Az agrárinformatika, a mezőgazdasági és élelmiszeripari termelési folyamatok digitalizációja egyre jelentősebb, és ez komoly kihívások elé állítja a mezőgazdasági szakembereket. Az informatika térhódítását a termelési folyamatok hatékonyságának növelése motiválja, amely a gazdasági racionalitáson túl ökológiai előnyökkel is jár. A korszerű – ún. mezőgazdaság 4.0 – technológiák alapeleme az érzékelőkkel és beavatkozókkel felszerelt kommunikációra képes munkaeszköz, amely a termelési körülményekről nagymennyiségű adatot képes összegyűjteni és továbbítani. A munkafolyamatokkal kapcsolatos döntések egyre inkább ezen adatok elemzésére épülnek és előrevetítik az információ-vezérelt farmmenedzsment rendszereket. A cikk beazonosítja és ismerteti azokat a digitális technológiákat, amelyek az élelmiszeripar számára a legnagyobb hatástényezővel bírnak, beleértve a robotizációt, a dolgok internetjét (Internet of Thing, IOT), a mesterséges intelligenciát és az ún. „big data” elemzéseket. A magyar kormány elfogadta a Digitális Agrárstratégiáról szóló határozatát, amelynek révén a mezőgazdaság digitalizációjával kapcsolatos törekvések a korábbinál erősebb jogi és pénzügyi támogatást kaphatnak. A cikk ismerteti a stratégia fontosabb elemeit, valamint áttekinti a Szent István Egyetemen működő, egyedülálló infrastruktúrát kialakító, Agrárinformatikai Felsőoktatási és Egyetemi Együttműködési Központ kutatási programját.

## SUMMARY

*Szabó, I.:* OVERVIEW OF THE STATE OF THE ART IN AGROINFORMATICS IN HUNGARY AND IN INTERNATIONAL CONTEXTS

Agroinformatics, the extensive use of digital technologies in agriculture and food industry is becoming an increasingly challenging task for farmers, especially in terms of applying new tools in collecting and analysing complex data. The driving force beyond this phenomenon is the general need for more effective and efficient production of agricultural products while minimizing ecological impact. Advanced – agriculture 4.0 – technologies are based on modern farm equipment featuring multiple sensors, actuators and on-board controllers (computers) which is able to collect and transfer (communicate) large amount of data. Decisions on agricultural production can be based on analysing these data, anticipating a more information-driven farm management system. This paper identifies and presents digital solutions having the highest impact on agro-food value chain, including robotization, internet of things (IoT), artificial intelligence and big data analyses. Due to its importance legal initiatives on data protection are also introduced. Since in Hungary the government decree on Digital Strategy for Agriculture has been accepted legal and financial support is provided for a more intensive deployment of IT solutions in farms. Details of this program are introduced together with a perspective research program based on the activities of the newly established “AgIT University Industry Cooperation Centre” at Szent István University, Gödöllő.

## BEVEZETÉS

Az informatika az elmúlt években jelentős átalakuláson ment keresztül, és olyan területeken is elérhetővé vált, ahol ez korábban elképzelhetetlen volt. Egyfelől jelentősen csökkent az alkalmazott hardverek és szoftveres megoldások bekerülési költsége, másfelől lényegesen megnőtt az eszközök teljesítménye és az elérhető szolgáltatások köre. Ez jelentette és jelenti jelenleg is az egyik meghatározó hajtóerőt az informatikai rendszerek legkülönbözőbb mezőgazdasági alkalmazásaiban is. Az agrárinformatikának nevezett terminológia szélesebb értelmezésében felöleli valamennyi, a mezőgazdasági folyamatokban fellelhető, informatikai megoldást és szolgáltatást (FAO, 2017). Jelen cikk ennek szűkített értelmezési tartományában kizárólag a termelési folyamatokat közvetlenül támogató elemeivel foglalkozik, külön hangsúlyt helyezve a megoldások mérnöki aspektusaira.

### AZ AGRÁRINFORMATIKA HATÁSA A MEZŐGAZDASÁGI FOLYAMATOKRA

Az agrárinformatika, vagy más megfogalmazásban a mezőgazdaság digitalizációjának széleskörű elterjedése alapvetően a következő technológiai megoldásokra épít (Annosi és mtsai, 2019):

- szenzortechnológia, érzékelőkkel történő adatgyűjtés;
- aktuátorok, beavatkozók;
- mikroszámítógépek, „fedélzeti” kontrollerek;
- telekommunikációs rendszerek, adatátviteli hálózatok;
- távoli-, vagy felhőalapú szolgáltatások, adatbázisok, szervertechnológiák;
- kliens oldali megoldások, applikációk, mobil és irodai számítógépek, eszközök.

A gazdasági racionalitást és hajtóerőt az informatikai rendszerek mezőgazdasági integrációjában a hatékonyság növelésének egyértelmű igénye jelenti. Közismert és általánosan elfogadott tény, hogy a világ élelmiszerigénye 2050-ig több, mint 50%-kal fog emelkedni. Ehhez a ma alkalmazott gazdálkodási modellek alapján 600 millió hektárral több művelt területre lenne szükség úgy, hogy a környezetterhelést ezzel párhuzamosan a prognosztizált éves 15 Gt CO<sub>2</sub> ekvivalens üvegházhatású gáz (GHG) kibocsátásról 4 Gt mértékűre kívánjuk csökkenteni a klímavédelmi tervek teljesülésével összhangban (World Resources Institute, 2019). Ezeknek az egymásnak látszólag ellentmondó céloknak az elérése a mezőgazdaságban jelentős hatékonyságnövekedést feltételez, amelyben - egyéb megoldások mellett - a digitalizáció, az információtechnológiai (IT) eszközök széleskörű alkalmazása alapvető erőforrásként jelenik meg. Az információtechnológia a hatékonyság növelésén túl egyéb hatásokkal is jár: megváltoztatja a munkavállalói kör felkészültségével kapcsolatos elvárásokat és egy jelentős adatvagyon is létrehoz. A farm szintjén az új IT megoldások csökkentik az élőmunka ráfordítást, részben automatizálják az adminisztrációs feladatokat, nagyobb precizitás mellett kevesebb inputanyag-felhasználást tesznek szükségessé és jelentős – egyes kalkulációk alapján (Accenture Digital, 2017) – akár 80-100 EUR/ha nyereségnövekedést is eredményezhetnek. A szakirodalom ipari

folyamatokhoz hasonlóan a mezőgazdasággal összefüggésben is definiálja a 4.0-nak nevezett fejlettségi szintet, amely információtechnológiai megoldásai-ban meghaladja a klasszikus, precíziós gazdálkodásként is azonosított korábbi 3.0 szintű, megoldásokat. A két, ma korszerűnek számító technológiai szint közötti alapvető különbség, az alkalmazott gépek hálózati kommunikációjában, a technológiából kinyerhető adatok feldolgozási módszertanában és a döntéshozatal mechanizmusában található. A precíziós gazdálkodás szemlélete a klasszikus gazdálkodási modellek automatizálására, a számítógépes rendszerek és a helymeghatározás (egyedazonosítás) kínálta hatékonyságnövekedésre, a korábbi „tábla- (vagy állomány-) szintű” megoldások helyett kisebb gazdálkodási egységekre optimalizált technológiákra épít. A „smart farming” ezen túlhaladva az egyes gépek hálózati kommunikációját feltételezi és a működés során nyert adatok újszerű (pl. mesterséges intelligencia, „bigdata” stb.) feldolgozására, a döntéshozatal automatizálására helyezi a hangsúlyt (1. ábra).

1. ábra A mezőgazdaság alapvető technológiai váltásai






Agriculture 1.0	Agriculture 2.0	Agriculture 3.0	Agriculture 4.0	Agriculture 5.0
				
<p>„Munka-intenzív”</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kézi munkaerő igény nagy</li> <li>• Alacsony termelékenység</li> <li>• Magas foglalkoztatottság</li> </ul>	<p>„Zöld forradalom”</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Őnjáráó erő és munkagépek</li> <li>• Vegyszerek, műtrágyák</li> <li>• Viszonylag olcsó input anyagok</li> <li>• Jelentős hatékonyságnövekedés</li> </ul>	<p>„Precíziós gazdálkodás”</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• VRT – változtatható kijuttatási technológia</li> <li>• Az „átlagos” helyett az „egyedi” alkalmazása</li> <li>• Automata kormányzás, helymeghatározás,</li> <li>• Telemetria</li> <li>• „Isobus” szabvány</li> </ul>	<p>„Smart farming”</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hálózatba kapcsolt mg. gépek, eszközök, IOT</li> <li>• Felhő-technológia</li> <li>• Intenzív adatfeldolgozás</li> <li>• Fejlett algoritmusok</li> <li>• Mesterséges intelligencia</li> <li>• „BigData” elemzések</li> </ul>	<p>„Robot farming”</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesterséges intelligencia alapú, digitálisan vezérelt gazdálkodás</li> <li>• Digitális termelési rendszerek</li> </ul> <p style="text-align: center;">?</p>

Figure 1. Changes of technologies in agriculture

Nem véletlen, hogy az Európai Parlament Mezőgazdaság és Vidékfejlesztés Bizottsága egy most készült tanulmányában a digitalizációval és annak mezőgazdaságra gyakorolt hatásaival foglalkozik (EP-AGRI, 2019). Ez a kutatás is alátámasztja, hogy a következő években a mezőgazdaságra és élelmiszeriparra az információtechnológián belül legnagyobb hatással a robotizáció, a „dolgok internete” (Internet of Things, IoT), a mesterséges intelligencia (Artificial Intelligence, AI), illetve a nyomon követhetőséget biztosító algoritmusok és a „big data” típusú adattudományi elemzések lesznek (2. ábra).

A „dolgok internete” azt a folyamatot jelzi, amelyben a számítógépek központi szerepe csökken és helyüket átveszik az intelligens eszközök, berendezések, amelyek képesek a környezetüket érzékelni és egymással is tudnak kommunikálni. A technológia potenciálja abban rejlik, hogy ilyen egységből elérhetőségük miatt nagyszámú telepítés válik lehetővé, azaz szinte mindent tudunk mérni a szenzorokkal, érzékelőkkel (pl. hőmérséklet, páratartalom, talajnedvesség, élettani funkciók stb.). Az adatokat pedig akár vezeték nélküli hálózatokon ke-

2. ábra Különböző IT eszközök prognosztizált hatástényezője

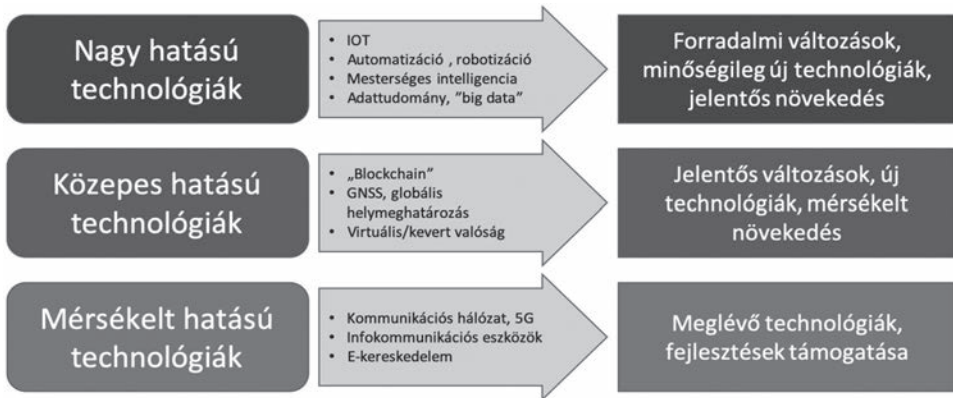


Figure 2. Impact of different information technologies on agricultural production

resztül is lehetséges továbbítani és elemezni, majd vezérelni beavatkozó egységeket (pl. motorokat, szelepeket stb.). Az IoT nagy mennyiségű, erősen heterogén (hely, idő, típus) adatstruktúrák előállítására képes. A rendszer modellje három rétegre épül: az eszköz (vagy érzékelő, beavatkozó) szintje, a hálózati kapcsolat rétege, valamint a felhasználói (adattárolás és adatfeldolgozás) architektúrája. Ezek együttese az agrárgazdaságban megteremti az eseménydetektálást, a folyamatkövetés és az eseménymenedzsment lehetőségét.

Az IoT technológiára jó példa az állattartás esetében az istállók mikroklímájának folyamatos monitorozása és az adatok elemzésén alapuló beavatkozások. Az egyik Horizon 2020 projekt, amelyben a Szent István Egyetem is szerepet kapott, a „Smartagrihubs”, több mezőgazdasági területen – köztük az állattartásban is – ilyen technológiák fejlesztését vállalja (Smartagrihubs, 2019). Az egyik programjuk részeként sertésstelepeken folyamatosan detektálják az istálló hőmérsékletét, páratartalmát, zajszintjét, az állatok víz- és takarmány fogyasztását, valamint a levegő NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S összetételét és összevetik az állomány egészségi állapotával. Az elemzések alapján, prediktív módon, előre jelzik a megbetegedések előfordulásának valószínűségét és így a prevenció jelentősen csökkenti a kezelés várható költségét.

Az IoT rendszerek mellett – azokhoz kapcsolódóan - a legnagyobb fejlődési potenciállal a mezőgazdaságban is a robotizáció és automatizáció rendelkezik. A korszerű robottechnológia jellemzően 4 sajátossággal rendelkezik:

- kommunikációs képesség (a robot képes információhoz jutni és adatokat feldolgozni, továbbítani);
- autonómia (a feladatokat önállóan képes elvégezni, bizonyos döntéseket hozni);
- interaktivitás (képes a környezettel való interakcióra, érzékelésre, beavatkozásra);
- mobilitás (helyváltoztatás képessége, az egész szerkezet vagy annak egy része vonatkozásában).



Az állattartásban a fejőrobotok tipikus alkalmazási lehetőségei a technológiának, de ezt a megoldást jelenítik meg az automata takarmánykiosztó egységek, vagy a szántóföldön az autonóm traktorok. Ez utóbbiak esetében érdekes megoldást jelentenek a jelenleginél lényegesen kisebb méretű, elektromos hajtású szántóföldi robotok (3. ábra), amelyek csoportosan (rajban) képesek működni és a jövőben átvehetik a talajvédelmi szempontokból károsabb hatású nagyteljesítményű erőgépek feladatainak egy részét. A robottechnika egyik speciális mezőgazdasági felhasználása a drónok (vezető nélküli légi járművek, UAV) alkalmazása, jellemzően adatgyűjtési és elemzési feladatokra.

**3. ábra** Mobil mezőgazdasági robotok  
(balra: Fendt Mars projekt, jobbra: SZIE projekt)

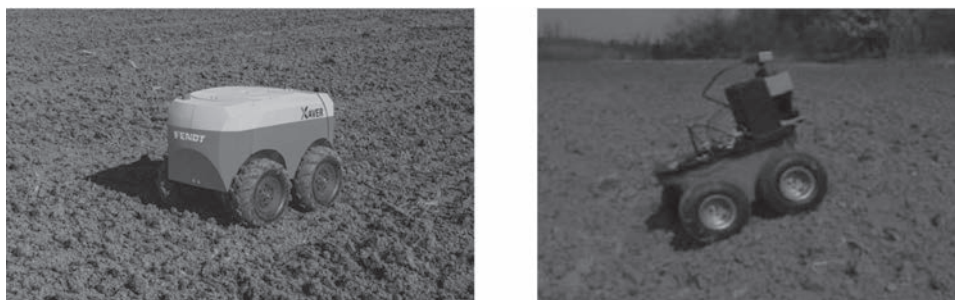


Figure 3. Use of mobile robots in agriculture

(Left: Fendt Mars project, Right: SZIE project)

A mezőgazdaság vonatkozásában legnagyobb hatású IT megoldások harmadik csoportját a mesterséges intelligencia (artificial intelligence, AI) alkalmazása jelenti. Az AI olyan rendszert jelent, amely környezetének elemzését követően képes intelligens viselkedésre, így bizonyos célfeladatok önálló elvégzésére. A mesterséges intelligencia lehet teljesen szoftveres implementáció, de hardveres (pl. robot) környezetbe is integrálható. A technológia egyik speciális – a mezőgazdaságban komoly jelentőséggel bíró - területe a gépi tanulás (machine learning, ML), amely alkalmas az összegyűjtött adatok alapján a rendszer képes-

**4. ábra** A gépi tanulás rendszermodellje

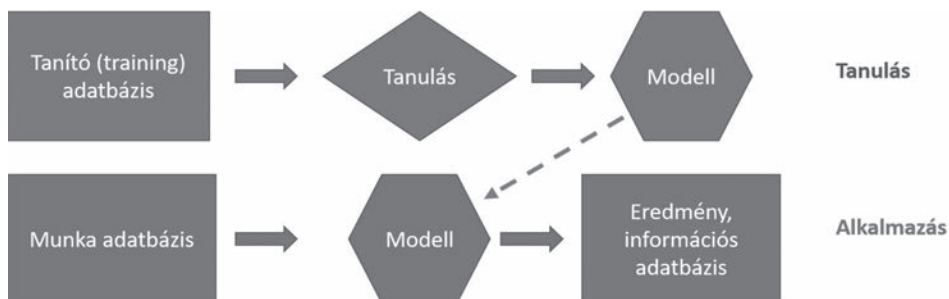


Figure 4. System model of machine learning

ségeinek fejlesztésére (4. ábra). Az ún. training adatok segítségével adatmintákat lehet beazonosítani és ezek alapján automatikus felismerő/osztályozó és egyéb algoritmusok hozhatók létre. Így működnek többek között a különböző növény és állatfelismerő rendszerek (pl. gyomnövény azonosítás, fertőzőtség kimutatása stb.) csakúgy, mint a hozam előrejelző, vagy egyedi állatminősítő megoldások. Komoly potenciállal rendelkezik a technológia a növényvédelem területén (betegségek felismerése és automatikus vegyszerkijuttatás), vagy a légi felvételek (műholdképek) feldolgozásában.

Az eddig jelzett technológiákhoz viszonyítva is jelentősebb hatás várható a mezőgazdaságban keletkező adatok kezelésével, menedzsmentjével összefüggésben. A ma korszerűnek számító műszaki/informatikai eszközök (erőgépek, munkagépek, alkalmazástechnikai berendezések stb.) alkalmasak a működésükkel és üzemelésükkel kapcsolatos nagy mennyiségű adat rögzítésére, valamint továbbítására és ez minőségileg megváltoztatja az adatkezelési és feldolgozási feladatokat, a klasszikus statisztikai elemzéseket túlhaladja. A gépekről (szenzorokról) szerzett adatok kiegészülhetnek különböző adatbázisokból kinyerhető térbeli és időbeli változatosságot mutató adatsorokkal is (pl. időjárás, talajjellemzők, termésátlagok, piaci árak, foglalkoztatottság stb.). Az ún. „big data” („nagy adat”) rendszerek definíciószerűen olyan komplex technológiai környezetet (hardver, szoftver, kommunikációs platform) jelentenek, amelyekre jellemző a rendkívüli nagyméretű és összetett (nem homogén) adatstruktúrák generálása és elemzése. A szakirodalom a „big data” koncepciót jellemzően négy ismérvel párosítja („4 V” elv):

- nagy mennyiség (**Volume**), a rögzített és feldolgozott adatok rendkívül magas száma;
- nagy sebesség (**Velocity**), az adatok beáramlási sebessége, mintavételezés gyakorisága magas (on-line rendszerek);
- nagy változatosság (**Variability**), az adatok eltérő struktúrájúak, formátumúak, jellemzőikben eltérhetnek;
- nagy heterogenitás a pontosságban (**Veracity**), az adatok megbízhatóságának és precizitásának különbözősége.

Az adatok és elemzések megosztása az élelmiszerelőállítás lánc szereplői között különösen hatásos lehet a termékek gazdaságosabb és jobb minőségű előállítása érdekében. Farm szinten lehetővé teszi az alapanyagok hatékonyabb (és olcsóbb) termelését, az ellátási láncban pedig erősíti a nyomon követhetőséget. Összefoglalóan az „adativágyon” az alábbi területeken járulhat hozzá a mezőgazdasági folyamatok fejlődéséhez:

- farm működés, termelési input-, output optimalizáció;
- döntéstámogatási és szakértői rendszerek fejlesztése;
- termelési folyamatok ellenőrzése, összehangolása, hatékonyságnövelés;
- adatcsere a termelési lánc szereplőivel, integrált felhasználóspecifikus fejlesztések;
- új-adatalapú – termelési technológiák fejlesztése (pl. hely-, egyedspecifikus input adagolás megvalósítása).

A mezőgazdasági „big data” típusú megoldások egyik legnagyobb kihívását a nyers adatok heterogenitása jelenti. Minden új technológia problémája, hogy még az azonos fizikai jellemzők vonatkozásában sem alakultak ki azok a

szabványok, vagy iparági megállapodások, amelyek rögzítenék az adatok formátumának sajátosságait, így azok rendszerezése, „tisztítása”, értelmezése és konvertálása problémába ütközhet. Az egyik átfogó kezdeményezés a mezőgazdaság területén az ún. ISOBUS (ISO 11783) szabvány alkalmazása, amely a mobil eszközök (erőgépek, munkagépek) közötti kommunikáció alapvető – de nem teljeskörű - funkcióinak egységes adat- és kommunikációs formátumát rögzíti. A szabvány gondozását az AEF (Agricultural Industry Electronic Foundation) non-profit szervezet végzi jelentős vállalati (eszkögyártói) és kutatói (köztük a Szent István Egyetem, Felsőoktatási és Ipari Együttműködési Központja) támogatással. Hasonlóan fontos az AgGateway konzorcium munkája, amely több, mint kétszáz iparági szereplő (beleértve az input anyagok előállítóit is) együttműködésére építve fejleszti az egységes mezőgazdasági adatformátum és kommunikáció rendszerét. A különböző informatikai eszközök közötti adatcsere egyik jellemző megoldása lehet az ún. „agro xml” adatformátum átfogó alkalmazása, amely lehetőséget teremt a kliens oldali felhasználás egységesítésére (5. ábra).

Az adat alapú mezőgazdasági technológiák elterjedésének egy további – jelentős aktualitással bíró - problémája az adattulajdonnal kapcsolatos jogi értelmezések bizonytalansága. Bár az Európai Unió az adatvédelem vonatkozásában komoly szigorító intézkedéseket tett (General Data Protection Regulation, GDPR ), ezek a lépések meghatározóan a személyes adatokra vonatkoznak. Bár a mezőgazdasági adatok egy része értelmezhető személyes adatnak (pl. helykoordináták és a gépkezelő beazonosítása) az adatmennyiség túlnyomó hányada mentesül a szigorú értelmezések alól. Ezért is fontos 9 – a mezőgazdasági termelést átfogóan reprezentáló - kiemelkedő jelentőségű európai mezőgazdasági szervezet által megfogalmazott és elfogadott „EU megállapodás a mezőgazdasági adatkezelés szerződéseiben rögzített módjáról” („EU Code of conduct on agricultural data sharing by contractual agreement”) c. dokumentum. Az egyezmény (EU, 2018) kimondja, hogy az adat előállító – pl. az intelligens gépeket alkalmazó farmer) – a tulajdonosa a keletkezett adatoknak és ezek későbbi felhasználása kizárólag az előzetes - szerződésben rögzített – beleegyezésével és az abban specifikált feltételekkel – adott esetben külön díjazás ellenében - lehetséges. Bár ez a megállapodás önkéntes alapon jött létre és alkalmazása is ezen a megközelítésen alapul, a vállalatot aláíró szervezetek súlya

5. ábra A fedélzeti informatikai eszközök adatkommunikációs sémája

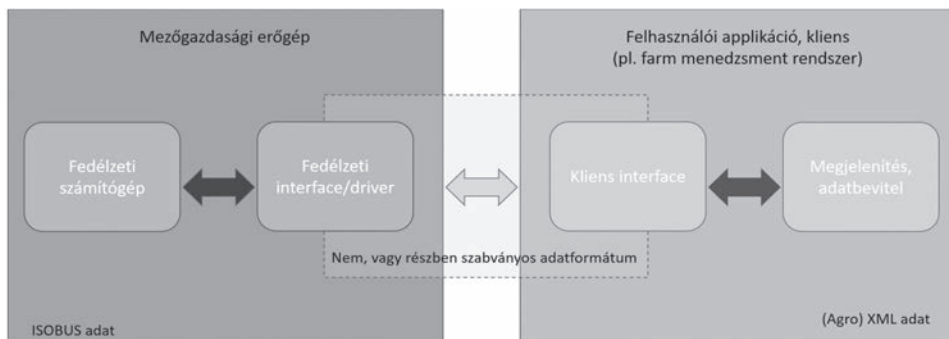


Figure 5. Scheme of on-board data communication

komoly jelentőséggel bír a mezőgazdasági adatok biztonságos megosztásával és a felhasználás transzparenciájával összefüggésben.

## MAGYARORSZÁGI HELYZETKÉP

Hazánkban a mezőgazdasággal kapcsolatos digitalizációs folyamatok európai összevetésben is kiemelkedő prioritással bírnak. A korszerű technológiákat alkalmazó gazdálkodók száma nő, az igény az alkalmazásokhoz kapcsolódó oktatás és kutatás iránt erősödik. Egyértelműen pozitív fejlemény, hogy a Kormány a Digitális Jólétprogram (DJP) részeként a közelmúltban elfogadta a korábban kidolgozott és széles körben egyeztetett „Digitális Agrárstratégia” (DAS) koncepciót (1470/2019. VIII.1 Korm. határozat), amely a hazai mezőgazdaság és élelmiszeripar átfogó informatikai fejlesztését irányozza elő. A részletes program több pilléren áll és az alábbi területeket érinti:

- termelők, mezőgazdasági vállalkozók digitális kompetenciájának fejlesztése (pl. „Okosgazda” programok, Digitális Agrárakadémia);
- a meteorológiai adatok és a Parcella Azonosító Rendszer térítésmentes hozzáféréseinek biztosítása;
- „Okos Tesztüzem Rendszer”, a digitalizáció versenyképességével kapcsolatos vizsgálatok rendszerének kialakítása a NAIK keretében;
- élelmiszeripari termékek digitális nyomon követhetőségének (blockchain technológia) támogatása, a Nemzeti Élelmiszerlánc Adatszolgáltatási Központ létrehozása;
- Digitális Élelmiszerlánc Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Központ létrehozása az Állatorvostudományi Egyetemen;
- ún. „sharing economy” módszerek fejlesztése a mezőgazdasági környezet-terhelés csökkentése érdekében;
- műholdas helymeghatározási szolgáltatások (Global Navigation Satellite System, GNSS) és földi referencia állomások rendszerének fejlesztése és ingyenessé tétele;
- Digitális Agrárinnovációs Központ létrehozása a Szent István Egyetemen a Felsőoktatási és Ipari Együttműködési Központ bevonásával;
- A Nemzeti Ménesbirtok és Tangazdaság Zrt. digitális mintagazdasággá történő fejlesztése;
- Digitális Élelmiszeripari Stratégia (DÉS) kidolgozása.

A DAS-sal összefüggő széleskörű szakmai egyeztetések egyik előzményeként, annak részbeni megalapozására, korábban a Szent István Egyetem intenzív agrárdigitalizációs programot indított el. Ezen belül kiemelkedő jelentőségű volt az AgIT FIEK – Agrárinformatikai Felsőoktatási és Ipari Együttműködési Központ - programjának beindítása.

A 1500 mFt pályázati támogatás keretében megvalósuló fejlesztések egyik eredménye, hogy a Szent István Egyetem módosította Szervezeti Működési Rendjét, és jogilag is megalapította az Agrár Felsőoktatási Ipari Együttműködési Központot. A központ a rektornak közvetlenül alárendelt, funkcionálisan független, karközi szervezeti egységként működik.

Az AgIT FIEK munkáját konzorciumi formában látja el. A konzorcium vezetője a Szent István Egyetem, a konzorcium tagjai:

- SKC-Consulting Korlátolt Felelősségű Társaság;
- Axiál Javító, Kereskedelmi és Szolgáltató Korlátolt Felelősségű Társaság;
- Asseco Central Europe Magyarország Zártkörűen Működő Részvénytársaság;
- Energotest Diagnosztikai és Automatizálási Korlátolt Felelősségű Társaság.

Az együttműködése négy kutatási területen valósul meg:

1. Fedélzeti informatika: a kutatócsoport az ISO 11783 (ISOBUS) kommunikációs szabvány alapú erőgép, munkagép és szenzorfejlesztéseket végez. Az erőgépek fedélzeti informatikai rendszerét az ENERGETEST, a munkagép és szenzor fejlesztéseket a SZIE irányítja. Míg az SKC virtuális erőgép – munkagép szimulátor kifejlesztését vállalta.

2. Digitális Termelési Rendszer (DPS) létrehozása: döntéstámogató rendszer, melynek rendszerleírását, a termőhely és növénykultúra alapú modellezését a SZIE, a talaj-növény tápanyag hasznosítási támogató szoftver elkészítését az ASSECO végzi el. A terepi vizsgálatokat az AXIÁL támogatja.

3. Big Data elemzések: óriás adathalmazok kezelése minden konzorciumi tag esetében felmerül. A bigdata típusú adatfeldolgozás lehetővé teszi a mezőgazdaságban keletkező nagymennyiségű adathalmaz reprezentációját, mintázatok, összefüggések keresését, és ez alapján új típusú döntéshozatali mechanizmusok kialakítását. A program keretében módszertani (eljárás) fejlesztések és hardver kompetenciák kiépítése valósul meg.

4. FIEK infrastruktúrafejlesztés: az Agrárinformatikai Központ laboratóriumainak kialakítása 700 m<sup>2</sup> területen a szükséges eszközpark létrehozásával.

- Mérnöki Iroda (tervezés, gyártáselőkészítés);
- Prototípusműhely (rapid prototípus készítés);
- ISOBUS vizsgáló és konformitás tesztelőlaboratórium;
- Elektronikai műhely;
- 300 m<sup>2</sup>-es gépcsarnok
- Két tantermes továbbképzési centrum.

Bár a program még a megvalósulási szakaszában jár, eredményként – prototípus formájában – többi között elkészült egy átfogó informatikai farmmenedzs-

**6. ábra** AgIT FIEK prototípusfejlesztések

(balra: ISOBUS adatgyűjtő, jobbra: farmmenedzsment rendszer szoftveres implementációja)



Figure 6. AgIT FIEK prototypes development

(left: ISOBUS Datalogger, right: farm management system implementation)

ment rendszer (farm management system, FMS), de perspektivikusak egy új típusú talajszondával, illetve egy fedélzeti ISOBUS kompatibilis adatrögzítő egységgel kapcsolatos fejlesztések is (6. ábra).

## KÖVETKEZTETÉSEK

Az informatikai megoldások a mezőgazdasági és élelmiszeripari termelési folyamatokban a következő években megkerülhetetlen tényezővé válnak. Ez jelentősen hozzájárulhat a mezőgazdasági alapanyagelőállítás hatékonyságának növeléséhez, illetve a környezet-védelemmel kapcsolatos elvárások teljesítéséhez. Magyarországon a Digitális Agrárstratégia megvalósítása komoly potenciált jelent a nemzetközi trendekhez történő közeledésben, a digitalizáció szintjének emelésével.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerző köszönetét fejezi ki a "FIEK\_16-1-2016-0008 Agrárinformatikai Felsőoktatási és Ipari Együttműködési Központ létrehozása" c. kutatási programnak a cikk elkészítéséhez nyújtott támogatásért.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Accenture Digital* (2017): Improving profitability. Accenture Digital Agriculture Service. [https://www.accenture.com/\\_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Digital\\_3/Accenture-Digital-Agriculture-Point-of-View.pdf](https://www.accenture.com/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Digital_3/Accenture-Digital-Agriculture-Point-of-View.pdf)
- Annosi, M.C. - Brunetta, F. - Monti, A. - Nat, F.* (2019): Is the trend your friend? An analysis of technology 4.0 investment decisions in agricultural SMEs, *Computers in Industry*, 109. 59-71.
- EP-AGRI* (2019): Impacts of the digital technology on the food chain and the CAP. European Parliament, AGRI Committee, Bruxelles.
- EU* (2018): EU Code of conduct on agricultural data sharing by contractual agreement. Bruxelles. <https://www.fefac.eu/our-publications/good-practices/25459/>
- FAO* (2017): Information and Communication Technology (ICT) in Agriculture, FAO Report, Rome.
- Smartagrihubs* (2019): SmartAgriHubs Horizon 2020 projekt. [www.smartagrihubs.eu](http://www.smartagrihubs.eu)
- World Resources Institute* (2019): Creating a sustainable food future. World Resources Report, World Resources Institute, 564.

[https://wrr-food.wri.org/sites/default/files/2019-07/WRR\\_Food\\_Full\\_Report\\_0.pdf](https://wrr-food.wri.org/sites/default/files/2019-07/WRR_Food_Full_Report_0.pdf)

Érkezett: 2019. július

*Szerző címe:* Szabó I.  
Szent István Egyetem, Felsőoktatási és Ipari Együttműködési Központ  
*Author's address:* Szent István University, University Industry Cooperation Center  
H-2100 Gödöllő, Páter Károly út 1.  
szabo.istvan@gek.szie.hu

# A MESTERSÉGES INTELLIGENCIÁRA ÉPÜLŐ ELJÁRÁSOK ELMÉLETI ALAPJAI

MOLNÁR SÁNDOR

## ÖSSZEFOGLALÁS

A közlemény a mesterséges intelligenciával, gépi tanulással, egyéb osztályozási eljárásokkal kapcsolatos főbb eljárásokat tekinti át, amelyeket a precíziós mezőgazdaság területén is alkalmazhatnak. Bemutatja a gépi tanulás és adatbányászat alapvető fogalmait, kitérve a mély tanulás kérdésére. A neurális hálózatok elméleti felépítését és alapelemeit áttekintve kitér néhány, a főáramú gyakorlatban alkalmazott megközelítésre, így többek között az általános regressziós neurális hálózatokra (GRNN) a többrétegű perceptron (MLPNN) hálózatokra és a radiális bázisfüggvényes neurális hálózatokra (RBFNN) sor. Emellett foglalkozik az adatbányászatban használható néhány osztályozási eljárással, bemutatva a wavelet elemzés alkalmazási lehetőségeit, továbbá egy új eljárást, a hierarchikus klaszteranalízist is.

## SUMMARY

*Molnár, S:* THEORETICAL BACKGROUND OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE BASED PROCESSES

This article provides a review of the mainstream methods of artificial intelligence, machine learning and classification algorithms which are applicable in precision agriculture. The basic concepts of data mining, machine learning and deep learning are presented. The theoretical structure and building elements of artificial neural networks are then introduced and some mainstream approaches are reviewed, including general regression neural networks (GRNN), multilayer perceptron networks (MLPNN) and radial base function neural networks (RBFNN). Following these some classification methods used in data mining are presented in the article including wavelet analysis and the new method of hierarchical cluster analysis.

## BEVEZETÉS

A precíziós mezőgazdaság megvalósításával bizonyítottan sokszorosával növelhető a termelés hatékonysága. Mindez természetesen jelentős gazdasági előnyökkel is jár, emellett nem kevésbé fontos a természetvédelmi-, környezetvédelmi- és általában pozitív hatása.

A precíziós mezőgazdaság bevezetéséhez elengedhetetlenül fontos a gazdálkodási tevékenység körülményeinek mélyreható ismerete. Ezen a területen is számos esetben alkalmazhatóak a gépi intelligenciára alapozódó eljárások és megoldások, amelyek jövőbeli jelentőségét nehéz túlbecsülni. Az ún. mesterséges intelligencia olyan gyűjtőfogalom, amely számos eltérő megközelítést ölel fel, többek között a gépi tanulás, a mély tanulás, az adatbányászat, a big data témaköreit, amelyek az iparban, a mezőgazdaságban, a gyógyászatban, a reklámparban, és az élet szinte minden területén egyre elterjedtebbek. Mivel ezek a területek szorosan kapcsolódnak egymáshoz, átfedik egymást, épp ezért érdemes áttekinteni, mit is takarnak ezek az elnevezések, még ha nincsenek is kiforrott, a szakma által egységesen és következetesen használt definíciók.

## ALAPFOGALMAK

A modern számítógépes hálózati eszközök segítségével ma már a korszerű termelőeszközök nagyszámú adatot mérnek, és az olcsó háttértároló eszközöknek köszönhetően ezeket az adatokat rögzítik és tárolják is. Gyakran olcsóbb, gyorsabb és egyszerűbb új, nagyobb kapacitású tárolóeszközöket beszerezni, mint a meglévő adatokat átvizsgálni és a szükségteleneket törölni. Szigorúan véve a sok adat elnevezésére szolgál a *big data* kifejezés. Az adatokon túl ide lehet érteni a hozzájuk kapcsolódó feladatokat; a méréssel, rögzítéssel, továbbítással, tárolással, feldolgozással, vizualizációval, és nem utolsósorban az értelmezéssel, előrejelzésekkel kapcsolatos technikákat, eljárásokat.

A számítógépek képesek tanulásra, vagyis a megismert adatok alapján helyes előrejelzéseket képesek adni. A *gépi tanulást* olyan esetekben használják, amikor explicit algoritmusok programozása nem nyújt megfelelő megoldást, például az adatok nagy mennyisége miatt, vagy azért mert nehéz egyértelműen megfogalmazni az adott problémát (például képfelismerés). Néhány jellemző alkalmazási terület lehet például az email-szűrés, az optikai karakterfelismerés, a számítógépes biztonság területe (vírusok, támadások) és a számítógépes látás.

A mély tanulás (deep learning) olyan gépi tanulási módszer, amelynek során sok példával tanítanak egy sok rétegből álló neuronhálózatot. Tipikus példa erre a képfelismerés: a rendszernek rengeteg képet mutatnak meg, amin például kutya, vagy egy fontosabb alkalmazási területen rákos daganat, van, majd rengeteg olyat is, amelyeken nem kutya van. Ezek után a rendszer képes lesz eldönteni, hogy egy újonnan látott képen kutya van-e vagy sem. Nem adja meg viszont a "kutyaság" definícióját, tehát amolyan fekete dobozként működik, amibe nem látunk bele. Ez a működés közel áll az emberi látás, a felismerés, az intelligencia működéséhez. A módszer nagyon hatékony, rendkívül számolásigényes, és nagyon-nagyon sok adatra van szüksége. Ahhoz, hogy az ilyen típusú tanulási eljárások hatékonyak legyenek nagy teljesítményű grafikus processzorra (GPU) van szükség. A 2017-



es év nagy szenzációját jelentő AlphaGo és AlphaZero programok is ilyen mély tanulást használnak.

Az adatbányászat fő területe jellemzően az adatokban levő mintázatok, struktúrák és adatok közötti összefüggések keresése, az adatokból érdekes, értékes és értelmes információ kinyerése. Az elnevezés némileg megtévesztő, mert az adatbányászat célja nem az adatok előállítása (kibányászása), nem is az adatokban való keresgélés, hogy megtaláljuk a néhány fontos adatot; hanem a szerkezet, a szabályszerűség feltárása (Molnár, 2019).

A továbbiakban elsősorban erre, az összefüggések keresésére, koncentrálunk a gépi tanulás fő eszköztárának bemutatása során.

## NEURÁLIS HÁLÓZATOK ÉS GÉPI TANULÁS

A neurális hálózatokat a természettudományi, gazdasági és a műszaki tudományok területén egyaránt gyakran alkalmazzák különböző feladatokra, mint például beszéd-, alak- és karakterfelismerésre, kép- és jelfeldolgozásra, adatbányászatban csoportosításokra, robottechnikában szabályozásokra, a meteorológia területén időjárás-előrejelzésekre, ipari, gazdasági, és pénzügyi folyamatok időbeli előrejelzéseinek készítésére stb. Ezeket az összetett feladatokat két típusfeladatra lehet bontani, amely az osztályozás (szeparálás) és függvényközelítés (approximáció).

A mesterséges neurális hálózat az emberi idegrendszer alapján ihletett gépi tanuló architektúra, amely a biológia rendszerek olyan tulajdonságait vette alapul, mint a nagyszámú, alapegységekből (neuron) való felépítés, valamint ezen egységek között lévő nagyszámú kapcsolatok (szinapszisok). A neurális hálózat nem kívánja az adott jelenséget modellezni, arra törvényszerűséget megállapítani, hanem azt fekete dobozként kezeli, csak a bemenő és kimenő adatokat tekinti. Emiatt szokták ezeket a modelleket „adatvezérelt modellnek” (data-driven model) is nevezni.

A bemenő adatokat az  $\mathbf{x}$  vektor, a mért kimeneti értékeket a  $\mathbf{v}$  vektor, a becsült, számított értékeket pedig az  $\mathbf{y}$  vektor jelöli. A jelenséget az adatok írják le, ezen input-output adatokat a statisztikában mintáknak, a természettudományokban pedig mérési, megfigyelési eredményeknek nevezik. A neurális hálózatok irodalmában ezek a minták a tanítópontok, amelyek a tanítóhalmazt alkotják. A létrehozott neurális hálózatot minden esetben tesztelni szükséges, ehhez szükségesek a

1. ábra A perceptron felépítése, ahol  $b$  a torzítás értéke (bias)

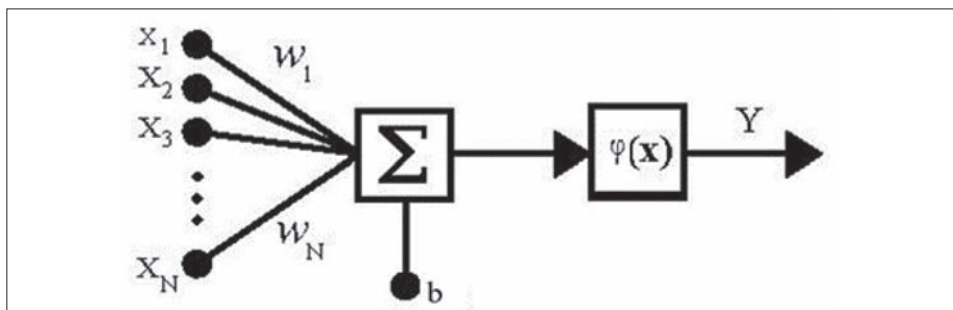


Figure 1. Structure of a perceptron, where  $b$  is the extent of bias

tesztpontok, azaz a teszhalmaz. E halmazok meghatározása alapjaiban befolyásolja a később létrehozott neurális hálózat hatékonyságát (*Jang mtsai, 1997*).

A neuron egy információ-feldolgozó egység, a neurális hálózat alapegysége, amelyek irányított kapcsolatokkal (szinapszisokkal) vannak összekötve egymással. Ezeket a szinapszisokat számszerűsített súlyokkal (weight) tudjuk kifejezni ( $w_{ji}$ ), amelyek meghatározzák a kapcsolat erősségét és előjelét, illetve kifejezik, hogy a  $j$ -edik egységtől az  $i$ -edik egység felé vezető kapcsolatról van szó (*1. ábra*). Az egy neuronból álló egységet perceptronnak nevezzük.

Tanítás során minden egyes perceptron a bemeneteinek egy súlyozott összegét számítjuk ki (*Russell és Norvig, 2005*), majd a kimenet meghatározására a  $\phi$  aktivációs (transzfer) függvényt alkalmazzuk a kapott összegre:

$$y_i = \phi \left( \sum_{i=1}^N w_{ij} x_i + b \right)$$

Aktivációs függvényként leggyakrabban szigmoid, tehát S alakú, függvényt használunk, amelyek közül a logisztikus függvény képlete a következő:

$$\phi(x) = \frac{1}{1 + e^{-ax}} \quad x \in \mathfrak{R}$$

A neurális hálózatok adaptív, tanuló rendszerek, amelyek jellemzője, hogy nem rögzített képességgel rendelkeznek, amelyek csak egy adott feladat elvégzésére teszi azokat alkalmassá, hanem képességeiket fejleszteni tudják, tehát alkalmazkodni tudnak a változó körülményekhez.

## TÖBBRÉTEGŰ PERCEPTRON (MLPNN) HÁLÓZATOK

Az MLPNN modellben a neuronok, perceptronok rétegekbe szerveződnek, amely rétegek neuronjai csak a szomszédos rétegek neuronjaival vannak kapcsolatban, viszont a rétegen belül, illetve a távolabbi rétegek között nincs kapcsolat. A két szomszédos réteg között teljes kapcsolat van, vagyis minden neuron a rétegen belül össze van kötve a szomszédos réteg összes neuronjával. Az MLPNN modellnek általában három rétege van: a bemeneti réteg, a rejtett réteg, illetve a kimeneti réteg (*2. ábra*). A modell a hiba visszaterjesztéses iterációs algoritmuson alapszik. A hiba visszaterjesztéses algoritmust többféle eljárás is megvalósíthatja, például a Levenberg-Marquardt eljárás (*Marquardt, 1963*).

## RADIÁLIS BÁZISFÜGGVÉNYES NEURÁLIS HÁLÓZATOK (RBFNN)

Az RBFNN modell egy ellenőrzött tanítást megvalósító előrecsatolt neurális hálózat, amely három réteget tartalmaz: egy bemenő, egy rejtett és egy kimenő réteget. Az RBFNN nagy előnye az MLPNN-hez képest, hogy nem egy lokális minimum környezetébe koncentrálódik, hanem a globális minimumot keresi. Az RBFNN modell tanító szakasza két különálló, egymástól független, részre bontható (*3. ábra*). Az első, a  $k$ -közép módszer, ami a klaszterezés standard eljárása, melyet a bemenő adatokra alkalmazunk azért, hogy meghatározzuk a rejtett réteg radiális bázis függvényeinek középpontjait, vagyis a modell rejtett rétege önszerveződő réteg. Az RBFNN rejtett rétegében mindig radiális bázis

2. ábra A többrétegű perceptron neurális hálózat sematikus ábrája

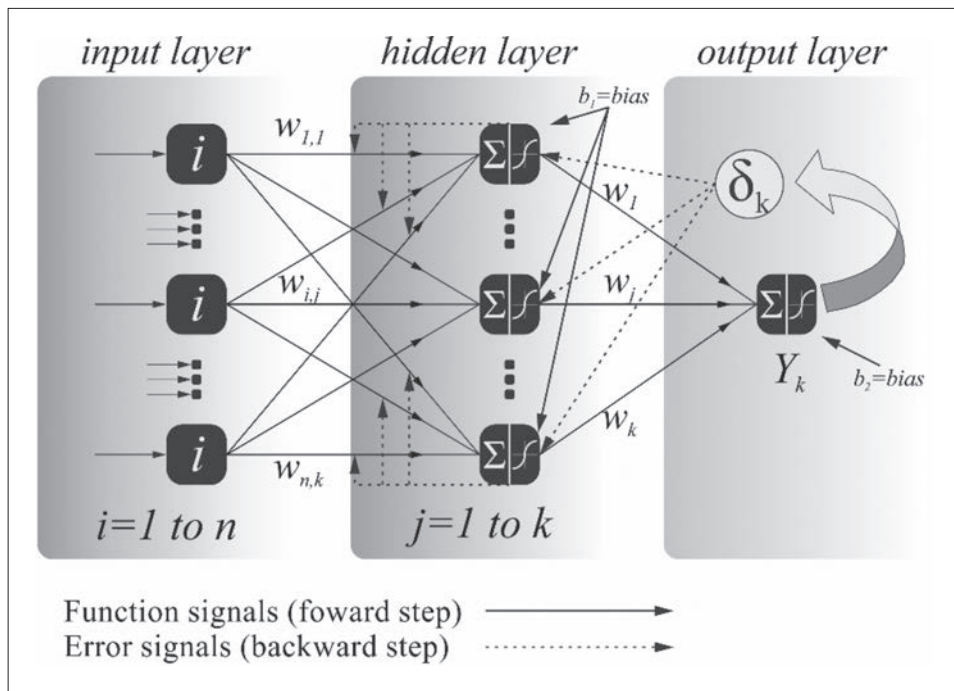


Figure 2. The scheme of a multilayer perceptron neural network

függvények lesznek az aktivációs függvények. A második szakasz már ellenőrzött tanítást valósít meg, hiszen a kimeneti réteg és a rejtett réteg közötti súlyokat, illetve a torzítás értékét úgy határozza meg a tanító eljárás, hogy minél kisebb legyen az átlagos négyzetes hiba.

## ÁLTALÁNOS REGRESSZIÓS NEURÁLIS HÁLÓZATOK (GRNN)

Az általános regressziós neurális hálózatot először Specht vezette be 1991-ben az MLPNN modell egy lehetséges alternatívájaként. A GRNN modell az RBFNN egy módosított formája. A GRNN modell ellenőrzött tanítást végrehajtó „egy utas” neurális háló, azaz a modell tanító folyamatához nincs szükség iterációs eljárásra, a bemeneti adatok csak egyszer áramolnak végig a rendszeren, emiatt a modell tréningezési ideje meglehetősen rövid. A GRNN modell egy négyrétegű, előre-csatolt neurális hálózat, amely egy bemeneti réteggel, egy mintaréteggel, egy összegző réteggel és egy kimeneti réteggel rendelkezik. A bemeneti rétegben lévő egységek száma megegyezik a független paraméterek számával, a mintarétegben lévő neuronok száma pedig azonos a tréningező mintaszámmal. A bemeneti és a mintaréteg közötti tanítás megegyezik az RBFNN modell bemeneti és rejtett réteg közötti tréningezéssel, hiszen a GRNN modellnél is a Gauss-féle radiális bázis függvény a mintaréteg aktivációs függvénye. A GRNN modell használata során csupán a szigma-faktor értékét szükséges megadni (4. ábra).

3. ábra A radiális bázis függvényes neurális hálózatok sematikus ábrája

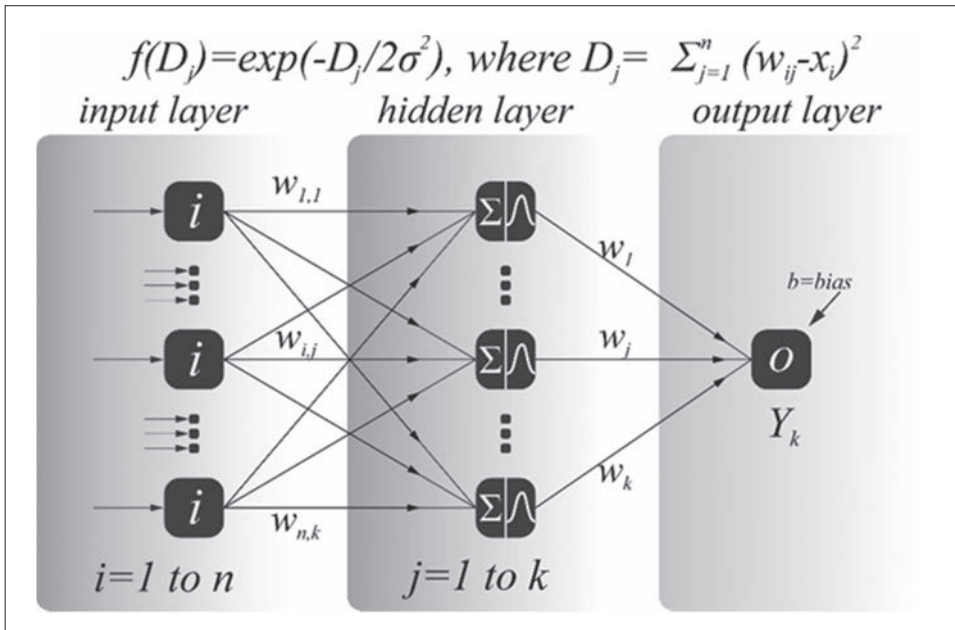


Figure 3. The scheme of radial base function neural networks

### EGYÉB KÖVETKEZETÉSELMÉLETI MEGKÖZELÍTÉSEK

Bizonyos objektumok csoportosításának (klasszifikációjának) igénye gyakran felmerülő probléma a különböző tudományterületeken. Egy általánosan használt módszer a modern kutatásokban a klaszteranalízis (CA; *Everitt és mtsai*, 2011). Alkalmazható többek között különböző fajokra a biológiában, azonosan viselkedő területek kijelölésére a távérzékelésben és mintavételi pontok csoportosítására a föld- és környezettudományokban. A CA során az egyik legfontosabb kérdés, hogy hogyan lehet meghatározni a legnagyobb csoportokat, azaz azon objektumok körét, melyek hasonló tulajdonságokkal rendelkeznek. Mindez lehetővé teheti például a mintavételi pontok számának csökkentését minimális információvesztés mellett, vagy akár anélkül.

Az klaszteranalízis egyik leggyakoribb típusa a hierarchikus klaszterezés (HCA). Alkalmazása során a kiindulópontban minden objektum külön csoportba tartozik, majd a további lépések során minden esetben összevonjuk a két legközelebbi csoportot. A csoportok összevonását egészen addig folytatjuk, amíg az összes objektum egyetlen csoportba nem kerül. A létrehozott klaszter alapvető módon attól függ, hogy az egyes objektumok közötti távolságot milyen módszerrel határozzuk meg. A földtudományi kutatásokban például gyakori a négyzetes euklideszi távolság alkalmazása, illetve a Ward-módszerrel létrehozott HCA, mert a csoportokon belüli variancia így minimalizálható (*Hatvani és mtsai*, 2011; *Kovács és mtsai*, 2012a, 2012b). A klaszteranalízis eredménye dendrogramon ábrázolható. Attól függően, hogy mely távolságon belül tartoznak az egyes objektumok

4. ábra Az általános regressziós neurális hálózatok sematikus ábrája

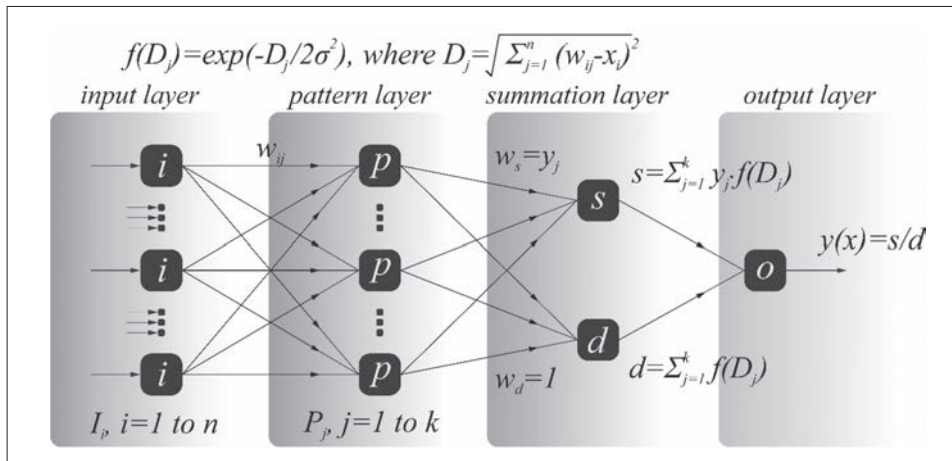


Figure 4. The scheme of general regression neural networks

azonos csoportba különböző csoportosításokat határozhatunk meg, azaz a csoportosítás attól függ, hogy a dendrogramot milyen transzformált távolságnál „vágjuk el” (5. ábra).

Klaszterezés során mindig nehéz eldönteni, hogy az egyes csoportokat mely távolságon belül szükséges összevonni, mindazonáltal e döntés az adott csoportosítás alapját képezi.

Számos kutatás foglalkozott a különböző csoportosítási technikák javításával. Az ökológiában McKenna (2003) adott erre jó példát, amikor ökológiai közösségeket tanulmányozott. Rowan és mtsai, (2012) pedig kockázatbecslésen alapuló módszert dolgozott ki Anglia, Skócia és Észak-Írország tavainak csoportosítására.

5. ábra Példa a hierarchikus klaszteranalízis eredményére

A szaggatott vonal öt csoportnál „vágja el” a dendrogramot

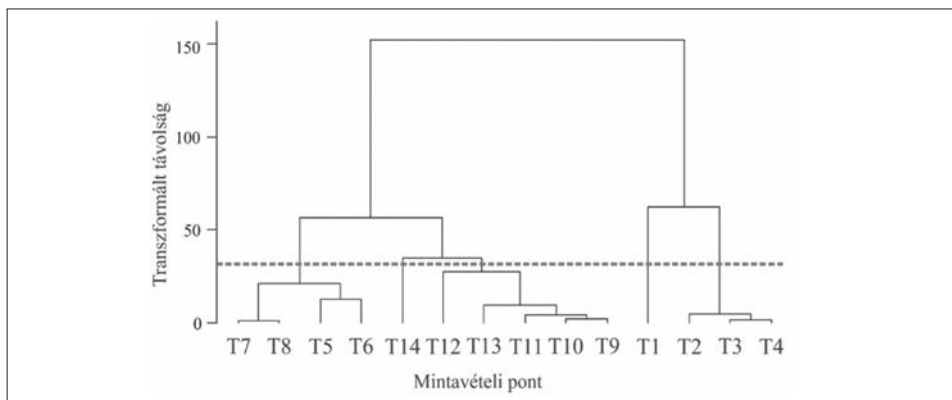


Figure 5. Example of hierarchical cluster analysis

the dotted line cuts the dendrogram at 5 groups

Yang (2012) pedig többjelölős csoportosításon (multi-label classification) alapuló modellt alkotott a fenntartható ártérmenedzsment érdekében.

Fontos kérdés továbbá, hogy az egyes paraméterek milyen mértékben befolyásolják az adott csoportok létrejöttét. E kérdés megválaszolásában jelentős segítséget nyújt a Wilks'  $\lambda$  statisztika (Wilks, 1932), ami az adott paraméterre vonatkozóan a csoportokon belüli és a teljes eltérések négyzetösszegeinek hányadosa:

$$\lambda = \frac{\sum_i \sum_j (x_{ij} - \bar{x}_i)^2}{\sum_i \sum_j (x_{ij} - \bar{x})^2}$$

ahol az  $x_{ij}$  az  $i$ -edik csoport  $j$ -edik eleme,  $\bar{x}_i$  az  $i$ -edik csoport és  $\bar{x}$  az összes adat átlaga.

Ha a kapott  $\lambda$  érték egyenlő 1-gyel ( $\lambda=1$ ), akkor a csoportok átlagai nem különböznek, tehát a vizsgált paraméter nem befolyásolta a csoportok alakulását. Ha a kapott  $\lambda$  érték egyenlő 0-val ( $\lambda=0$ ) akkor a paraméter maximálisan befolyásolta a csoportok alakulását (Hatvani és mtsai, 2011; Kovács és mtsai, 2012a, 2012b). Eredményként felállítható a paramétereknek egy Wilks'  $\lambda$  statisztika szerinti sorrendje, amiből az adott paraméter csoportosításban betöltött szerepe eldönthető.

Bármely kapott csoportosítás azonban validálásra szorul, mert azok létezését valamilyen hipotézisvizsgálati eljárással is igazolni kell. Erre a célra megfelelő módszer a diszkriminancia analízis. A Fischer-féle lineáris diszkriminancia analízis során (LDA) az eredeti adatok olyan lineáris kombinációját alkotjuk meg, ahol a csoportokon belüli változékonyság minimális, míg a csoportok közötti különbségek maximálisak.

Matematikai értelemben azokat az  $a_i$  vektorokat keressük, ahol az maximálisan eleget tesz a normalitás és a korrelálatlanság feltételének a transzformált térben.

$$\frac{a_i^T S_K a_i}{a_i^T S_B a_i}$$

A képletben az  $S_K$  a csoportok közötti, az  $S_B$  pedig a csoporton belüli kovariancia mátrix:

$$S_K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k n_i (\bar{x}_i - \bar{x})(\bar{x}_i - \bar{x})^T,$$

$$S_B = \frac{1}{(n-k)} \sum_{i=1}^k n_i \hat{\Sigma}_i,$$

ahol  $k$  a csoportok száma,  $n_i$  a megfigyelések száma az  $i$ -edik csoportban,  $n$  a csoportonkénti megfigyelések számának összege,  $\bar{x}_i$  a mintaátlag az  $i$ -edik csoportban,  $\bar{x}$  az összes megfigyelés átlaga és  $\hat{\Sigma}_i$  az  $i$ -edik csoport kovariancia mátrixa.

Az  $a_i$  vektorok alapján számított lineáris diszkrimináló síkokkal a megfigyeléseket  $k$  csoportba soroljuk. A diszkriminancia analízis által készített és az eredeti csoportbeosztás alapján a helyesen kategorizált esetek százalékos aránya kiszámítható (Kovács és Erős, 2017). A diszkriminancia analízis a klaszteranalízissel készített csoportbeosztás ellenőrzésére is hatékonyan használható (Kovács és mtsai, 2012a, Hatvani és mtsai, 2014). Amennyiben azonban a csoportok egymást átfedik, az

egyes megfigyelések több csoportba osztása nehezebb. Ennek következménye, hogy az LDA általában nagyobb százalékban csoportosít helyesen, ha a csoportok száma kisebb. Ezt a tényt a validálási folyamat során szem előtt kell tartani.

Különböző objektumok csoportosítása esetén általában a cél egy optimális csoportosítás meghatározása. A legtöbb esetben azonban nehéz kiválasztani a lehetséges csoportosítások közül, hogy melyik az optimális. *Davis és Bouldin* (1979) vagy *Dunn* (1973) módszere ennek a feladatnak a meghatározását célozzák. Az említett megoldásoktól azonban eltér a kombinált klaszter- és diszkriminancia analízis (CCDA, *Kovács és mtsai*, 2014), mert – amint látható lesz a későbbiekben – az optimális csoportszámot objektív módon határozza meg. Az optimálisnak tekintett csoportok hasonló objektumokat tartalmazhatnak, de ez nem feltétlenül jelenti azt, hogy homogének is. A CCDA további tulajdonsága, hogy nem csupán egy optimális csoportosítás meghatározását teszi lehetővé (*Kovács és mtsai*, 2012b, 2015; *Kovács és Erőss*, 2017), hanem homogén csoportok keresését is.

A CCDA tehát két korábban bemutatott módszert kapcsol össze, a HCA-t és LDA-t. Az előbbi létrehozza a csoportokat, illetve azok hierarchiáját, ahol a legelemibb szinten minden mintavételi pont saját csoportot alkot, míg a legdurvább felosztásban minden mintavételi pont egyetlen csoporthoz tartozik. Az LDA pedig olyan síkokat ad meg, amelyek a megjelölt csoportokat optimálisan választják el és eredményként a síkok által helyesen klasszifikált megfigyelések százalékos arányát adja.

A CCDA 3 fő lépésből áll:

I. Az alapcsoportosítás létrehozása HCA-val.

II. Magciklus, amelyben az előzetes (alapcsoportosítás) és  $k$  darab véletlenszerű csoportosítás helyessége kerül meghatározásra LDA segítségével.

III. Az eredmények kiértékelése a magciklus alapján, ahol a csoportok további alcsoportokra történő bontásáról kell döntést hozni a homogén csoportok elérése érdekében.

Az I-III lépések ismétlése mindaddig szükséges, amíg további bontás már nem javasolt a harmadik lépésben.

A CCDA használata előtt természetesen szükséges az adatok előkészítése. Fontos megjegyezni, hogy a CCDA nemcsak normális eloszlás esetén biztosít kielégítő eredményeket, hanem másféle eloszlások esetén is, mindaddig, amíg az adatoknak a normális eloszlástól való eltérését az eloszlás ferdesége, és nem a kiugró értékek okozzák. Mindezek mellett fontos megjegyezni, hogy nem lehetnek hiányzó adatok.

Legyen például  $N$  a mintavételi helyek száma. Első lépésként a mintavételi helyek  $SL_1, \dots, SL_N$  alapcsoportosítása szükséges. Egy ilyen alapcsoportosítás  $N$  különböző csoportosításból áll  $GR_1, \dots, GR_N$ . Ezek rekurzívan következőképpen nyerhetők:

$GR_N = \{\{SL_1\}, \dots, \{SL_N\}\}$  jelentse, hogy az  $N$  különböző mintavételi hely  $N$  különféle csoportot alkosson. Az  $i$  ( $N-1$ -től, ...,  $1$ -ig) esetén, a  $GR_i$  csoportosítás a  $GR_{i+1}$  csoportosításból úgy nyerhető, hogy pontosan két csoportot olvaszt egybe a  $GR_{i+1}$  csoportosításból, míg a többi csoport megmarad  $GR_i$  csoportosításban is. Természetesen a két egybeolvasztott csoport az adott lépésben egymáshoz a lehető „legközelebbi” kell, hogy legyen.

Így a  $GR_i$  csoportosítás mindig  $i$  csoportot tartalmaz. A  $GR_i$  csoportban minden mintavételi hely egy csoporthoz tartozik, azaz  $GR_i = \{SL_1, \dots, SL_N\}$ . Egy ilyen csoportosítást hoz létre a HCA a mért paraméterek mintavételi pontonkénti átlagaira. A távolságszámítás során Ward (1963) módszerét alkalmaztuk, de természetesen valamely más módszer is alkalmazható. HCA használata esetén,  $GR_1, \dots, GR_N$  csoportosítások az így kapott dendrogram különféle távolságoknál történő elvágásával kaphatók.

A II. lépésben, minden így kapott csoportosításra  $GR_2, \dots, GR_N$ -re az úgynevezett magciklust kell futtatni. A  $GR_1$ -es csoportosításra a magciklust nincs értelme futtatni, mivel minden mintavételi hely egy csoporthoz tartozik. A magciklus alapvető ötlete azon alapul, hogy összehasonlíttja, hogy a csoportokhoz tartozó megfigyelések milyen mértékben különíthetők el LDA segítségével egy véletlenszerű beosztáshoz képest, illetve, hogy az előbbi szignifikánsan jobb-e az utóbbinál. Mindez azonban a nem homogén csoportok jelenlétére utal a vizsgált csoportosításban.

A III. lépésben az eredményeket értékelve, a csoportok tovább bontásáról kell döntést hoznunk. Jelölje például  $i^*$  azt a csoportosítást, amelyre  $d_i$  maximális. Az ehhez tartozó  $GR_{i^*}$  csoportosítás tekintendő optimálisnak. Mindez azonban nem jelenti azt, hogy a  $GR_{i^*}$  csoportosítás homogén. Csak ha  $i^*=1$ , azaz  $GR_{i^*} = GR_1 = \{SL_1, \dots, SL_N\}$  az optimális csoportosítás az  $SL_1, \dots, SL_N$  mintavételi helyeken, és ez tekinthető homogénnek. Ebben az esetben a  $GR_{i^*}$  csoportosítás csoportjait alcsoportoknak nevezzük (sub-groups,  $SG_1, \dots, SG_{j^*}$ ). Ezen alcsoportok iteratív vizsgálata szükséges a fenti három lépés segítségével, mindaddig, amíg homogén csoportokat nem találunk. Ez azt jelenti, hogy először az  $SG_1$  alcsoporthoz keresünk egy alapcsoportosítást, majd ennek csoportosításait vizsgáljuk a magciklus segítségével, melynek eredményei alapján további bontásról dönthetünk a harmadik lépésben, ha ez szükséges.  $SG_2, \dots, SG_{j^*}$  alcsoportokat hasonlóképpen vizsgáljuk (CCDA, 2014).

A Combined Cluster and Discriminant Analysis (CCDA; Kovács és mtsai, 2014) során tehát nem csupán hasonló csoportokat kerestünk, hanem homogéneket is, amelyek elemei azonos tulajdonságokkal rendelkeznek. A CCDA módszer ennek alapján lehetővé teszi, hogy objektív alapon dönthessünk a csoportok homogenitásáról.

A periodicitás vizsgálatra az átlagképzésnél kifinomultabb eljárás a Lomb-Scargle-módszer (L-S; Lomb, 1976; Scargle, 1982; 6. ábra). Az L-S-módszer szignifikancia szintet rendel egy adott periódus meglétéhez, így pontosabb képet ad esetünkben például az éves periodicitásról is. Az L-S-módszer azonban, miután azonosította az éves periódussal rendelkező komponenseket egy adott idősorban, arról már nem ad felvilágosítást, hogy az adott periódus az egész vizsgált időszakban jelen volt-e vagy sem. Ennek oka, hogy az L-S módszer időben nem lokalizált.

A periodicitás vizsgálat wavelet-traszformációval is lehetséges. A waveletspektrum-bebecslés legnagyobb előnye az, hogy idő-frekvencia felbontást tesz lehetővé. A módszer lényege egy dekomponálási eljárás (Fourier-traszformációval), amelynek során a vizsgált jelet trigonometrikus (szinusz és koszinusz) függvényekre bontjuk. Az oszcilláló komponensek állandó változékonysága megköveteli a spektrumbecslő eljárás nagyfokú adaptivitását, ezt a követelményt



**6. ábra** Példa a periodicitás vizsgálat módszereihez

A havi alapstatisztikák segítségével megjelenített éves periodicitás

A) A Lomb-Scargle-módszer grafikus eredménye; B) Amely szerint a kiválasztott idősorban az éves periodicitás jelenléte szignifikáns.

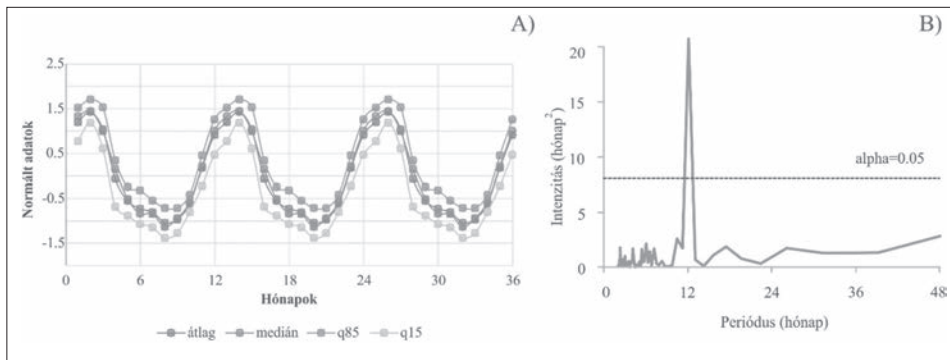


Figure 6. Example for periodicity assessment

Annual periodicity displayed on the basis of monthly periodicity.

A) Graphical results of the Lomb-Scargle method, B) Shows that the presence of annual periodicity is significant in the examined time series.

elégíti ki az alkalmazott wavelet-transzformáció. A wavelet-módszer tehát időben és frekvenciában lokalizált, azaz idő-frekvencia felbontást eredményez, így ezzel lehetővé válik, hogy a jelnek időben változó periodikus jellegzetességeit megragadjuk.

A wavelet analízis alkalmazkodóképességét a hosszú szinusz hullámok alkalmazása helyett, sok rövid "wavelet" használata eredményezi. A wavelet-transzformáció definícióját, az adatok és a wavelet függvények konvolúciójaként ként értelmezhetjük:

$$W_n^x(s) = \frac{\delta t}{s} \sum_{n=1}^N X_n \Psi_0^* \left[ \frac{(n' - n)\delta t}{s} \right]$$

ahol a csillag ( $\Psi^*$ ) a komplex konjugáltat jelöli,  $X_n$  az eredeti idősor, és a skála,  $\Psi$  a waveletfüggvény és  $\delta t$  a felbontás mértéke.

Az adaptivitás a skálázási eljárásban jelentkezik: a fő waveletből (mother wavelet) sorozatos skálázással, azaz nyújtással és összenomással származtatja az eljárás a daughter waveleteket. A transzformáció dilatációs függvényét felül és alul áteresztő szűrők hierarchiájával reprezentálhatjuk. Ezeknek a szűréseknek a sorozatán keresztül a jel egyre nagyobb felbontású komponensekre bomlik. Eredetileg a wavelet-transzformáció éppen az ilyen többszörös felbontást szolgálta, vagyis a jeleknek a skálatartományban (scaling space) történő dekomponálását annak érdekében, hogy feltárható legyen a jelek esetleges önhasznós struktúrája (self-similarity structure). Ebben az esetben éppen a skálaegyütthatók szolgáltatják a felbontás végeredményét (Kovács, 2015).

Annak érdekében, hogy PSD becslést lehessen végezni a wavelet-transzformációval, speciális waveletet (pl. Morlet-wavelet) célszerű választani és megfelelő transzformációkkal származtatni kell a skálából a frekvenciatengelyt.

A Morlet-wavelet egyesíti a trigonometrikus függvényeknek azt az előnyét, hogy oszcillálnak az exponenciális függvény gyors lefutásával, ami a lokalizáltságot biztosítja. (Kovács és mtsai, 2010)

Ahhoz, hogy a spektrális összetevők szignifikanciájának kérdését felvehessük, a nullhipotézishez tartozó "háttér-spektrum"-ot kell megválasztanunk. A legtöbb természeti folyamatban a háttér jól reprezentálható fehér vagy vörös zajjal (a fehér zaj spektruma teljes, minden frekvencia-összetevőt tartalmaz, a vörös zajban az alacsony frekvenciás komponensek vannak hangsúlyozva). Földtani folyamatokra reális választás a vörös zaj, ekkor a Fourier-teljesítményspektrum eloszlása  $\chi^2$ , és mivel a lokális wavelet spektrum megegyezik az átlagos Fourier-spektrummal, a lokális wavelet spektrum konfidencia intervalluma ebből számítható (Kovács, 2007).

A módszer alkalmazása az R szoftverben, a dplR csomag ad lehetőséget. Mivel a wavelet spektrum két független változó függvénye (idő és frekvencia), általában valamilyen háromdimenziós vizualizálási technika alkalmazásával mutatható be az eredménye. A különböző programok izovonalas ábrát használnak erre a célra (7. ábra). A színskála a periodicitás meglétének valószínűségét jelöli: a meleg színek felé növekszik az adott periódus valószínűsége, illetve 5%-os szignifikancia szinten a vastagított, fekete vonallal lehatárolt terület fogadható el periodikusnak.

Az ábrán az A) A Morlet-anyawavelet sematikus ábrája; B) A wavelet spektrum-analízis (WSA) kimeneti eredménye Szolnokon, az  $\text{NO}_3\text{-N}$  változó esetében; C). A panel felső ábrája az adott változó újramintavételezett adatsorát ábrázolja. Az alsó, izovonalas ábra maga PSD grafikon 5%-os szignifikancia szinten, vörös zajhoz hasonlítva a vastag fekete kontúrral határolt terület. A sraffozott terület a COI-t jelöli, míg a vízszintes vonal jelöli az éves periódus szintjét.

**7. ábra** Éves, 12 hónapos periódus, azonosítása Lomb-Scargle-periodogram segítségével a  $\text{NO}_3\text{-N}$  paraméter esetében

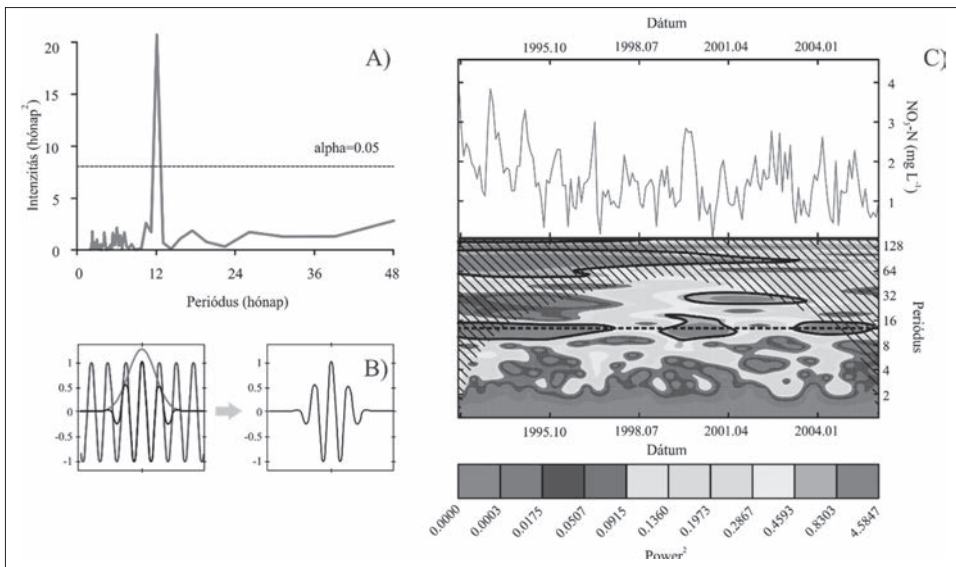


Figure 7. Identification of annual periodicity using a Lomb-Scargle periodogram for  $\text{NO}_3\text{-N}$  parameter

8. ábra Példa a harmadfokú spline interpolációra egy megfelelő (A) és egy hibás (B) illesztés esetében

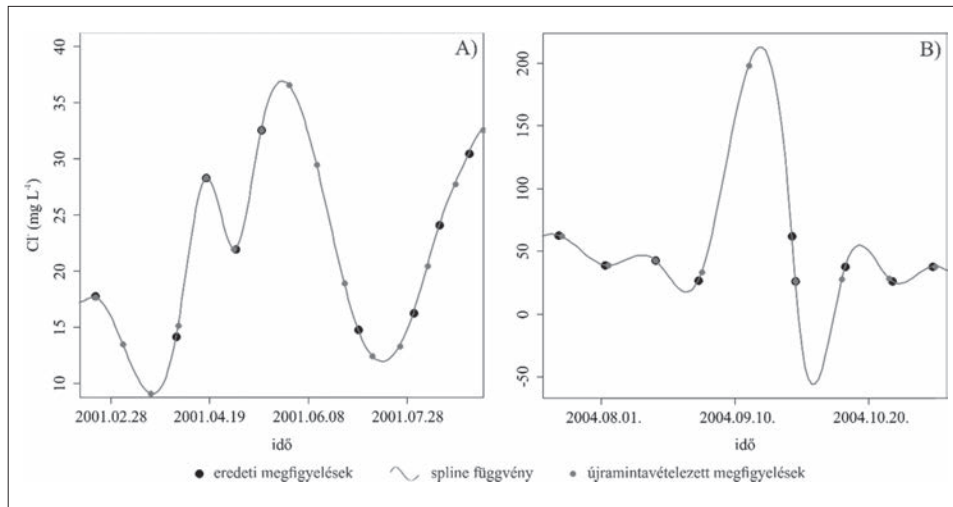


Figure 8. Example for a third degree spline interpolation for a correct (A) and incorrect (B) fit

Számos periodicitás vizsgálat megköveteli az időben ekvidisztáns idősort, azonban a leggyakrabban a rendelkezésre álló adatok ezt a feltételt nem teljesítik. Emiatt tehát legtöbbször szükséges az idősorok ekvidisztáns újrámintavételezése. Ilyen esetekben különböző interpolációs módszerek alkalmazhatóak, amelyek segítségével minden időpillanatra becsülhetőek értékek, például harmadfokú spline interpoláció segítségével (8. ábra).

Bizonyos esetekben azonban az újrámintavételezéssel, illetve az adatpótlás során, torzíthatjuk az adatokat, például abban az esetben, ha az eredeti megfigyelések között jelentős adathiány van. Ekkor az illesztett polinom „elhagyhatja” a mért adatok nagyságrendjét és az újrámintavételezett megfigyelés kiugró értéket fog eredményezni. Ezért a spline illesztést minden mintavételi ponton, az összes változó esetében ellenőrizni kell. Az újrámintavételezés általában kevesebb hibával terhelt abban az esetben, ha az eredeti megfigyelések átlagos időközzei közel vannak az újrámintavételezett ekvidisztáns adatsor időközéhez.

A főkomponens-analízis (PCA) egy általánosan elterjedt többváltozós dimenziócsökkentő eljárás. Vízhíminőségi idősorok elemzése során is gyakran használt, amely alkalmas az adatokat alakító háttér folyamatok azonosítására is (Tabachnick mtsai, 2001). A többváltozós adatelemző módszerek többségének, így a főkomponens-analízisnek is alkalmazhatósági feltétele, hogy a megfigyelések száma legyen nagyobb, mint a változók száma (Füstös és mtsai, 1986).

A PCA során a megfigyelt, korreláló változóinkon ortogonális transzformációt hajtunk végre, amelynek eredményeképpen korrelálatlan, új változókat kapunk. Ezen új változók (főkomponensek,  $PC_i$ ) az eredeti változók ( $x$ ) lineáris kombinációjaként számíthatók:

- $a_1, \dots, a_k$  vektorok normáltak:  $\|a_i\|_2 = 1 \forall i \in \{1, \dots, k\}$
- $PC_1 = Xa_1$  legnagyobb mintavariációval rendelkező változó.

- $PC_2 = Xa_2$  legnagyobb mintavariációval rendelkező változó, amely az első főkomponenssel ( $PC_1$ ) korrelálatlan.
- $PC_3 = Xa_3$  legnagyobb mintavariációval rendelkező változó, amely az első két főkomponenssel ( $PC_1, PC_2$ ) korrelálatlan.
- stb.

A probléma megoldására létrehozhatunk egy  $A$ , ortonormált mátrixot, amelynek oszlopai a kovariancia mátrix normált sajátérték vektorait tartalmazza. Például, ha  $A = [a_1, \dots, a_k]$  akkor  $a_i$  az  $i$ -edik legnagyobb sajátértékhez tartozó sajátérték vektor.  $XA$  oszlopai tartalmazzák a főkomponenseket ( $XA = [Xa_1, \dots, Xa_k] = [PC_1, \dots, PC_k]$ ).

Mivel az  $A$  mátrixban a sajátérték vektorok csökkenő sorrendben követik egymást, ezért a főkomponensek rendre a variancia egyre kisebb hányadát magyarázzák. A számított főkomponensek közül az első néhányat megtartva a változók száma csökkenthető viszonylag kis információvesztés mellett. Mivel az egyes változók gyakran különböző nagyságrendűek, ezért normált adatok használata javasolt. Az eredeti  $X_1, \dots, X_p$  változók és a  $PC_1, \dots, PC_p$  főkomponensek közötti  $a_1, \dots, a_p$  korrelációs együtthatók a főkomponens súlyok.

Amennyiben nem ismerjük a kovariancia mátrixot (és az esetek döntő részében nem ismerjük), akkor a tapasztalati szórás mátrix (vagy normált esetben a tapasztalati korrelációs mátrix) sajátértékeit és sajátvektorait használjuk fel. Ezeknek a becsült sajátvektoroknak a segítségével számoljuk ki a mintaelemek (becsült) főkomponenseit.

A kapott súlyok klaszteranalízissel csoportosíthatók (Xu és mtsai, 2009), de ebben az esetben minden főkomponens azonos súllyal kerül felhasználásra. Amennyiben csak az első néhány főkomponens alapján osztályozunk, akkor az adatok teljes varianciájának csupán egy részét vesszük figyelembe (Vega és mtsai, 1998).

A félvariogram a geostatistika alapfüggvénye, mely a következőképpen írható le (Füst, 2004; Molnár és Füst, 2002; Molnár és mtsai, 2010). Jelölje  $Z(x)$  valamely paraméter egy adott  $x$  helyen,  $Z(x+h)$  pedig-től  $h$  (térbeli vagy időbeli) távolságra lévő értékét. A  $Z(x)$  és  $Z(x+h)$  értékek különbségének szórásnégyzete:

$$D^2[Z(x) - Z(x+h)] = D^2[Z(x)] + D^2[Z(x+h)] - 2COV[Z(x), Z(x+h)]$$

Azonos populációba (stacionárius idősorból vagy mezőből származó) tartozó minták esetén a fenti szórásnégyzet nem függ  $x$ -től, így

$$D^2[Z(x) - Z(x+h)] = 2D^2[Z(x)] - 2COV[Z(x), Z(x+h)] = 2\gamma(h)$$

A függvényt a paraméter variogramjának, a  $\gamma(h)$  függvényt pedig félvariogramjának nevezzük.

Diszkrét minták esetén, ha az adatpárok száma  $N$ , az empirikus félvariogram számítására a Matheron-féle összefüggés szolgál:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i+h)]^2$$

Röghatásnak ( $C_0$ ) nevezzük a félvariogram  $\gamma(h)$  határértékét 0-ban. Ennek nagysága egyrészt a vizsgált paraméter  $h$  távolságon bekövetkezett, mérhető nagyságú változásával, másrészt azzal magyarázható, hogy a mérés, illetve az elemzés során a mérési mód és műszer pontatlansága miatt véletlen jellegű hibát követünk el.

Hatástávolság ( $a$ ) alatt azt a távolságot értjük, amelyen belül a minta még

hatást gyakorol környezetére. Ezen a távolságon túl a minták korrelálatlanok. A félvariogramon a hatástávolságot annak a pontnak az abszcisszája jelenti, amelynél a félvariogram függvény értéke állandósul. Ehhez a ponthoz tartozó érték az ordinátán a küszöbszint, amely végeredményben a röghatás ( $C_0$ ) és a redukált küszöbszint ( $C_0$ ) összege (Kovács és mtsai, 2012a). A variogram vizsgálatok eredményei felhasználhatók a térbeli és időbeli mintavételezés gyakoriság becsléséhez (Füst, 1997; Füst, 2011; Füst és Geiger, 2010; Hatvani és mtsai, 2012; 2014; Kovács és mtsai, 2005; 2011; 2012a).

## IRODALOMJEGYZÉK

- CCDA (2014): A CCDA szoftver 1.1 verziója és dokumentációja elérhető a <http://cran.r-project.org/web/packages/ccda/> címen. Programozási nyelv: R, a program mérete: 9.11 KB
- Davies, D.L. - Boulidin, D.W. (1979): A cluster separation measure. *Pattern Analysis and Machine Intelligence*, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1. 224-227.
- Dunn, J.C. (1973): A fuzzy relative of the ISODATA process and its use in detecting compact well-separated clusters. *Journal of Cybernetics*, 3. 32-57.
- Everitt, B.S. – Landau, S. – Leese, M. – Stahl, D. (2011): *Cluster Analysis*, Fifth Edition, Wiley, UK, 346
- Füst, A. (1997): *Geostatistika*. Eötvös Kiadó, Budapest.
- Füst, A. (2004): Short Course of Geostatistics (manuscript in Hungarian). Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Informatika Tanszék, Gödöllő.
- Füst, A. (2011): A természeti folyamatok monitoring hálózatának tervezése és működtetése. *Bányászati Kohászati Lapok* 144. 19-25.
- Füst, A. - Geiger, J. (2010): Monitoringtervezés és -értékelés geostatistikai módszerekkel I. Szakértői véleményen alapuló, „igazoló” mintázás geostatistikai támogatása. *Földtani Közlöny*, 140. 303-312.
- Füstös, L. – Meszéna, G. – Simonné, M.N. (1986): *Többváltozós adatelemzés*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Hatvani, I.G. - Clement, A. - Kovács, J. - Székely Kovács, I. - Korponai, J. (2014): Assessing water quality data: The relationship between the water quality amelioration of Lake Balaton and the construction of its mitigation wetland. *J. Great Lakes Res.*, 40. 115-125.
- Hatvani, I.G. - Kovács, J. - Korponai, J. (2012): Mintavételezési gyakoriság optimalizálása variogram függvénnyel a Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer példáján. *Természetvédelmi Közlemények* 18. 202-210.
- Hatvani, I.G. - Kovács, J. - Székely Kovács, I. – Jakusch, P. – Korponai, J. (2011): Analysis of long-term water quality changes in the Kis-Balaton Water Protection System with time series- cluster analysis and Wilks' lambda distribution. *Ecological Engineering*, 37. 629-635.
- Jang, J.S.R.- Sun, C.T.- Mizutani, E. (1997): *Neuro-Fuzzy and soft computing. A computational approach to learning and machine intelligence*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Kovács, J. (2007): *Modern geomatematikai módszerek alkalmazása hidrogeológiai feladatok megoldására*. Doktori (PhD) értekezés, Szegedi Tudományegyetem, Szeged.
- Kovács, J. (2015): *Habilitációs dolgozat*. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest
- Kovács, J. – Erőss, A. (2017): Statistically optimal grouping using combined cluster and discriminant analysis (CCDA) on a geochemical database of thermal karst waters in Budapest. *Appl. Geochem.*, 84. 76-86.
- Kovács, J. - Hatvani, I.G. - Korponai, J. - Székely Kovács, I. (2010): Morlet wavelet and autocorrelation analysis of long-term data series of the Kis-Balaton water protection system (KBWPS). *Ecological Engineering*, 36. 1469-1477.

- Kovács, J. - Hatvani, I.G. - Kovács, I.S. - Jakusch, P. - Tanos, P. - Korponai, J. (2011): Key question of sampling frequency estimation during system calibration, on the example of the Kis-Balaton Water Protection System's data series. *Georgikon for Agriculture: A Multidisciplinary J. Agricult. Sci.*, 14. 53-67.
- Kovács, J. - Kovács, S. - Hatvani, I.G. - Magyar, N. - Tanos, P. - Korponai, J. - Blaschke, A. (2015): Spatial optimization of monitoring networks on the examples of a river, a lake-wetland system and a sub-surface water system. *Water Res. Manag.*, 29. 5275-5294.
- Kovács, J. - Kovács, S. - Magyar, N. - Tanos, P. - Hatvani, I.G. - Anda, A. (2014): Classification into homogeneous groups using combined cluster and discriminant analysis. *Environ. Modelling and Software*, 57. 52-59.
- Kovács, J. - Nagy, M. - Czauner, B. - Székely Kovács, I. - Borsodi, A.K. - Hatvani, I.G. (2012b): Delimiting sub-areas in water bodies using multivariate data analysis on the example of Lake Balaton (W Hungary). *J. Environ. Manag.*, 110. 151-158.
- Kovács, J. - Reskóné Nagy, M. - Kovácsné Székely, I. (2005): Mintavételezés gyakoriságának vizsgálata tér-statisztikai függvénnyel a Velencei-tó példáján. *Hidrológiai Közöny* 85. 68-71.
- Kovács, J. - Tanos, P. - Korponai, J. - Székely Kovács, I. - Godár, K. - Godár-Sőregi, K. - Hatvani, I. G. (2012a): Analysis of water quality data for scientists. In: Voudouris, K., Voutsas, D. (Eds.), *Water quality monitoring and assessment*. InTech, Rijeka, 65-94.
- Lomb, N.R. (1976): Least-squares frequency analysis of unequally spaced data. *Astrophysics and Space Science*, 39. 447-462.
- Marquardt, D. (1963): An Algorithm for Least-Squares Estimation of Nonlinear Parameters. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 11. 431-441.
- McKenna Jr, J.E. (2003): An enhanced cluster analysis program with bootstrap significance testing for ecological community analysis. *Environmental Modelling & Software*, 18. 205-220.
- Molnár, S. - Füst, A. (2002): Környezetinformatikai modellek I. Szent István Egyetem, Gödöllő.
- Molnár, S. - Füst, A. - Szidarovszky, F. - Molnár, M. (2010): Környezetinformatikai modellek II. Szent István Egyetem, Gödöllő.
- Molnár, M. (2019): Big Data in Geosciences –Challenges and Novelties, *GEOMates 2019*
- Rowan, J.- Greig, S.- Armstrong, C.- Smith, D.- Tierney, D. (2012): Development of a classification and decision-support tool for assessing lake hydromorphology. *Environmental Modelling & Software*, 36. 86-98.
- Russel, S. - Norvig, P. (2005): Mesterséges Intelligencia: Modern megközelítésben, Panem
- Scargle, J.D. (1982): Studies in astronomical time series analysis. II-Statistical aspects of spectral analysis of unevenly spaced data. *Astrophys. J.*, 263. 835-853.
- Tabachnick, B. G. - Fidell, L. S.- Osterlind, S. J. (2001): *Using multivariate statistics*. Allyn & Bacon.
- Vega, M. - Pardo, R. - Barrado, E. - Debán, L. (1998): Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. *Water Research* 32. 3581-3592.
- Wilks, S.S. (1932): Certain generalizations in the analysis of variance. *Biometrika*, 24. 471-494.
- Xu, H. - Yang, L. - Zhao, G. - Jiao, J. - Yin S. - Liu Z. (2009): Anthropogenic Impact on Surface Water Quality in Taihu Lake Region, China. *Pedosphere* 19. 765-778.
- Yang, Q.- Shao, J.- Scholz, M.- Boehm, C.- Plant, C. (2012): Multilabel classification models for sustainable flood retention basins. *Environ. Modelling & Software*, 32. 27-36.

Érkezett: 2019. július

Szerző címe: Molnár S.  
Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar

Author's address: Szent István University, Faculty of Mechanical Engineering  
H-2100 Gödöllő, Páter Károly utca 4.  
Molnar.Sandor@gek.szie.hu

## A MEZŐGAZDASÁG 4.0 KIHÍVÁSA AZ ÁLLATTENYÉSZTÉSBN, AVAGY MIT JELENT A SZAKMAI ADATANALÍZIS?

PAJOR GÁBOR

### ÖSSZEFOGLALÁS

A szerző kettős céllal írta meg cikkét. Az iparszerűen termelő gazdaságok és a közigazgatási adatgyűjtés már most is annyi és olyan minőségű digitális adatot szolgáltat a napi állattenyésztési termelés folyamatáról, amely alkalmas szakmai elemzések elvégzésére. A dolgozat másik célja, hogy a mezőgazdaságban elterjedt, tapasztalatokon és megérzéseken alapuló megközelítéseket adatalapú elemzésekkel egészítse ki. Ez a három pillér (tapasztalat, megérzés, adat) együtt, jelentős lökést adhat a mezőgazdasági termelés jelenlegi, 40%-s hatékonyságának (Magyarország Élelmiszergazdasági Konceptiója 2017-2050) emelésére. A cikkben a hazai sertéstartás mindennapi eredményességét és a sertéstartásban jelentkező sertés reprodukciós zavarokkal és légzőszervi tünetekkel járó szindrómájának (PRRS) hazai gazdasági kártételét vette górcső alá. A sertéstartás eredményességének vizsgálatakor az a tapasztalat, hogy a jelenlegi, hónapról-hónapra történő eredményességi elszámolások nem nyújtanak képet arról, hogy milyen jelenségek húzódnak meg a számok mögött. Sertéshízlalásban a havi bevételt és kiadást (3,5 - 4 hónapos átlagos hízlalási időszakot és hetente új termelési csoportok indulását alapul véve) hozzávetőlegesen 15 termelési csoport (rotáció) eredményei adják. Ezek összevonásával nincs kép arról, hogy valójában melyik rotáció miképpen járult hozzá az eredményességhez vagy éppen miképpen rontotta le azt. A szerzők elemzése alapján kiderült, hogy az egyes rotációk eredményei között jelentős, akár 50%-os eltérés is van. A PRRS gazdasági kártételével kapcsolatban a NÉBIH által gyűjtött 22 gazdaság kétéves adatait elemezte a 2017-2018-s évek vonatkozásában. Olyan gazdaságokat választott, amelyek mentes vagy vakcinázott stabil állapotból kerültek a PRRS akut fázisába. Elemzésében a PRRS fertőzöttség 4 fázisát állította be: akut befertőződés, masszív vakcinázás, megnyugodott krónikus és mentes szint. Masszív vakcinázás időszakában az állomány valamennyi egyedét oltották került PRRS elleni vakcinával, 3 hetes időközzel. Megnyugodott krónikus szint esetén a szaporodásbiológiai ciklusnak megfelelően a kocák és az utódállományok csak egyszer voltak oltva. Elemzése szerint PRRS hatására nagy a fluktuáció a tenyész kocák esetében, nő a selejtezés. Jelentősen emelkedik a kiesett/fialt kocák aránya. Megnyúlik a hízlalási idő, emiatt összetorlódnak a hízlalási csoportok. Nő a leadási veszteség, hullámszik az elhullás mértéke. Egy PRRS járványkitörés még fél évvel később is érezteti hatását. Ugyanakkor már a járványkitörés előtt hónapokkal megjelenhetnek olyan jelek, melyek a fertőzöttség megjelenésére utalhatnak.

### SUMMARY

*Pajor, G.: THE CHALLENGE OF AGRICULTURE 4.0 IN ANIMAL HUSBANDRY, OR WHAT DOES IT MEAN THE PROFESSIONAL DATA ANALYSIS?*

This paper has a dual purpose. First, it is demonstrated that farms with high-level production and public data collection already provide a large amount of digital data about the quality of daily livestock production processes, which is suitable for carrying out professional analyses. There are important, so far unexplored, hidden information in digital data, which can only be discovered with mathematical-statistical analysis driven by professional competence. Data collection, data management and mathematical-statistical tools are also presented. According to the analyses, these methods and approaches can be successfully applied in the digital data processing in producing farms. Second, the experience- and intuition-based approaches that are common in agriculture, are targeted to be supplemented with the data-based analyses. These three pillars (experience, intuition and data analysis) can provide a significant boost to the current 40% efficiency of the agricultural production. The daily effectiveness of pig keeping and the economic damage of porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) in pigs are presented in the current studies. The reality through

the lens of the data are examined, thus one can discover the real reasons and factors behind the results. Results regarding the effectiveness of pig keeping suggest that current, monthly-to-month performance reports do not explain the nature of phenomena behind the numbers. In pig fattening, monthly income and expenditure (from 3.5 to 4 months average fattening period and weekly start of new production groups) are the results of approximately 15 production groups (rotations). The combination of these data do not explain whether a group increases or decreases production. Comparing the indicators of effectiveness, the effects on the given group (keeping, feeding, animal health, environmental parameters, animal movements, etc.) already show which factors increase and which reduce the production of the given farm and barn. Based on our analysis, the results of each rotation showed significant differences of 50-80%. Reducing such discrepancies in production results increases average production results, improves financial efficiency and makes production more predictable. In relation to the economic damage of the PRRS, data of 22 farms collected by the NFCSO (National Food Chain Safety Office) were analysed for 2017 and 2018. Farms free or vaccinated in the stable state of the PRRS before the outbreak of disease were chosen for analysis. Four stages of the PRRS infection were established (acute infection, massive vaccination, sedated chronic and free levels). According to our analyses, PRRS has a high fluctuation in breeding sows, culling rate is growing, which mainly affects animals older in age. There is a significant increase in the percentage of rejected and farrowing sows. Fattening times delay, fattening groups clash. There is an increase in release loss, mortality rates are fluctuating. A PRRS outbreak has an impact on production following a half a year after appearance. Nevertheless, certain signs can be detected months before the outbreak, indicating the appearance of a possible infection. It seems that there are direct losses that occur during the first 5 months of the outbreak and there are indirect losses associated with the fluctuation of the sow population and changes in the length of fattening periods and they have a prolonged effect for up to a year. It is generally agreed that the agricultural production is highly unpredictable. However, results suggest that it is highly predictable, and the developments forwarded by the world's digital transformation, the development of Agriculture 4.0 will lead to significant improvement of computability and predictability than today. Technical developments in the everyday practice, complemented by professional data analysis, can provide leaps in the results. Deep analyses methods can also be used appropriately for data collected in public administrations, helping to ensure timely state actions and long-term planning.

## BEVEZETÉS

A világ digitális átalakulásának korában naponta  $10^{18}$  byte digitális információ keletkezik (*Desjardins, 2019*). Ez a szám napról napra, exponenciálisan nő. Az iparszerűen termelő állattartó üzemekben már évek óta digitális adatgyűjtés folyik mind a termelési, mind a pénzügyi adatok tekintetében. Mindez az IT eszközök olcsóságának, a termelést támogató szoftverek elterjedésének köszönhető. A precíziós állattenyésztés, az Internet of Food and Farms (IoF) (*Európai Unió 2020 Horizont program*) eszközök megjelenése a napi termelési gyakorlatban tovább növeli a digitális adatmennyiséget. Ilyen adattömeget már Big Data-nak neveznek, mivel a 4V (volume, variability, velocity, veracity) ismérveivel rendelkeznek: azaz mennyiség, változatosság, sebesség és hitelesség. A hitelesség a használt IoF megoldásokkal kapcsolatos, ahol objektív mérőeszköz és nem az ember rögzít adatokat. A 4V eredményeként pedig megjelenik az 5.V, a value, az érték, amelyet jelen dolgozatunk tárgyal. Az értéket az jelenti, hogy a digitális adatokból üzleti információt lehet előállítani megfelelő informatikai, matematikai-statisztikai eszközök és állattenyésztési szakértelem ötvözésével. Van a BD jelzőnek más értelmezése is: Black Data. Ha nem is akkora az adatmennyiség, hogy ne lehetne relációs adatbázisokkal feldolgozni, nagy valószínűséggel nem tudjuk, hogy milyen üzleti információt rejt. Innen ered a Black, azaz fekete, ismeretlen adat fogalma.



Olyan mennyiségű digitális adathalmaz, amely ma a mezőgazdaságban nap, mint nap újratermelődik, egyszerű, mindennapi módszerekkel, valós időben nem dolgozható fel, így Excel táblázatokkal sem. Ez igen nagy feladat elé állítja mind az adatokat előállítókat, mint az azokat felhasználni kívánókat.

Jelenleg az adatok operatív felhasználása folyik, mint adatszigetek összekapcsolása, működési jelentések készítése, riasztások generálása. Ugyanakkor nagyon hiányzik az adatokban rejlő információk alaposabb feltárása adatbányászati és data science megoldások segítségével.

Az adatbányászati, matematikai-statisztikai és data science megoldások bevezetése az állattenyésztési gyakorlatba olyan kérdésekre is választ adhatnak, mint „vajon mi történik holnap?“, vagy „milyen más tényezők lehetnek még fontosak?“, „mit kellene tennem ahhoz, hogy a jelenlegi termelési eredményeimet jelentősen javítani tudjam?“. Segítségükkel megnyílhat az út olyan, élőszóban megfogalmazott szakmai tanácsok előtt, melyeket a gazdálkodók a napi termelési gyakorlatban hatékonyan tudnak felhasználni.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A gazdaságossági elemzések elvégzéséhez bekértük a vizsgálatba vont sertéshizlaldák digitális adatait több évre visszamenőleg. Az adatok üzleti tartalmát és az adatkapcsolatokat a telepi dolgozókkal egyeztetjük, majd adattisztítást követően az adatokat SQL adatbázisba töltöttük, ahol további műveleteket (például adattisztítás, csoportosítás) végeztünk. Az adatbázis struktúrájában a sorok jelentették a rotációkat, az oszlopok pedig a termelés eredményességi mutatóit (Key Performance Indicator, KPI). A statisztikai elemzéseket SPSS (v.25) programmal végeztük el. Az elemzés során leíró statisztikákat és többszörös korrelációkat alkalmaztunk. A kapott eredményeket  $p = 0,01$  érték alatt vettük szignifikánsnak. Adatelemzésünk során átlagok és szórás helyett mediánokkal, illetve Q1 és Q3 (Obádovics, 2016) értékekkel dolgoztunk, mivel nagy adatmennyiségek és nagy szórású adathalmazok esetén pontosabb képet adnak (Falus és mtsai, 2008).

Az elemzés az egyik legsúlyosabb sertésbetegség a sertés reprodukciós zavarokkal és légzőszervi tünetekkel járó szindrómájára (PRRS) vonatkozott.

A PRRS gazdasági kártételeinek vizsgálata során 2017. és 2018. évekre kértük be a NÉBIH-tól (Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal) - az érintett gazdaságok írásos beleegyezését követően - az adatokat 22 olyan sertéstelepről, amelyek esetében előfordult PRRS fellángolás. A telepeken DanBred, Topigs és Hypor genotípusú sertéseket tartottak. A bekért adatok: fialások, elhullások, tenyészkoca selejtezések, hízóleadások. Elemzésünk során az ugyanazon telepről származó adatok esetében azt vizsgáltuk, hogy a PRRS különböző fázisai között a szaporodásbiológiai, az elhullási és selejtezési, valamint a termelési mutatók tekintetében vannak-e eltérések, és ezek az eltérések szignifikáns mértékűek-e. Szignifikáns eltérés esetén szakmailag is értelmeztük az eredményeket, majd azokból következtetéseket vontunk le a kapott eltérések és az eltérésekkel kapcsolatos gazdasági eredmények, kártételek vonatkozásában. Az eltérés elemzéshez a független, nem normál eloszlású minták esetén is alkalmazható Kruskal-Wallis tesztet használtunk, és a szignifikanciát  $p = 0,01$ , vagy az alatti, értéken állapítottunk meg.

## EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

### A gazdálkodás eredményességének vizsgálata

A vizsgálatok célja az volt, hogy megállapítsuk a termelési mutatók eltéréseit az egyes rotációk között, így rávilágítsunk a termelésben megmutatkozó nagyfokú szórásra, amelyet a havi pénzügyi elszámolások szinte teljesen elfednek.

**1. ábra** Termelési ciklusok és pénzügyi elszámolás az állattenyésztésben  
(Szerkesztette Pajor G.)

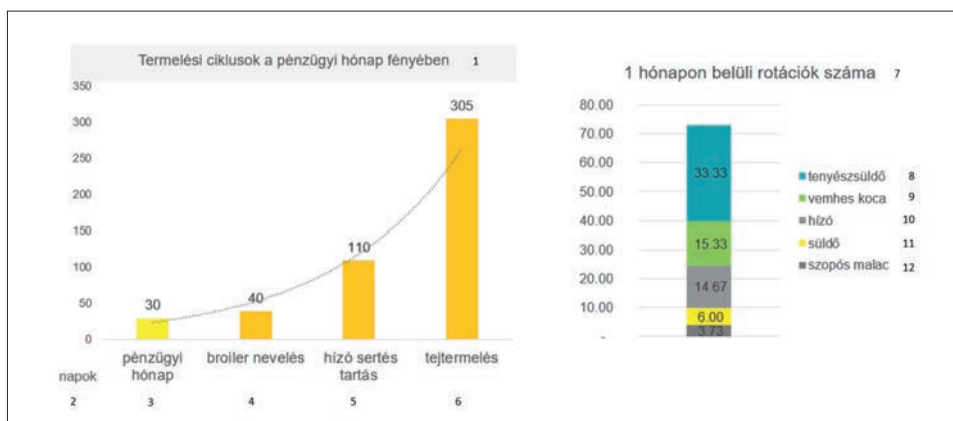


Figure 1. Production cycles and financial accounting in animal husbandry (Pajor G. editing)

production cycles for the financial month (1); days (2); financial month (3); broiler (4); fattening pigs (5); milk production (6); number of rotations within one month (7); gilt (8); sow (9); fattening pig (10); pig (11); suckling pig (12)

**2. ábra** Az elmúlt 3 év hizlalási rotációinak adatait előállítva és feldolgozva  
(Szerkesztette Pajor G.)

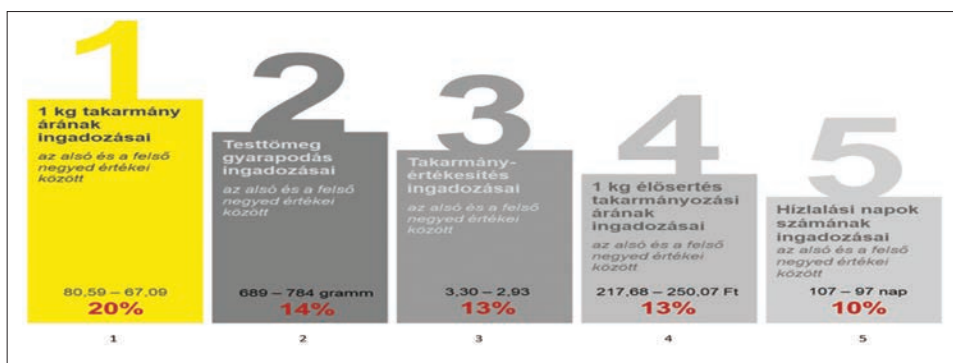


Figure 2. Data from past 3 years of fattening rotation have been produced and processed (Pajor G. editing)

fluctuations in the price of 1 kg of feed (1); ADG fluctuations (2); FCR fluctuations (3); fluctuations in the feed price of 1 kg of live pig in HUF (4); fluctuations in fattening days (5)

**3. ábra** A termelési érték éves ingadozása  
(Szerkesztette Pajor G.)

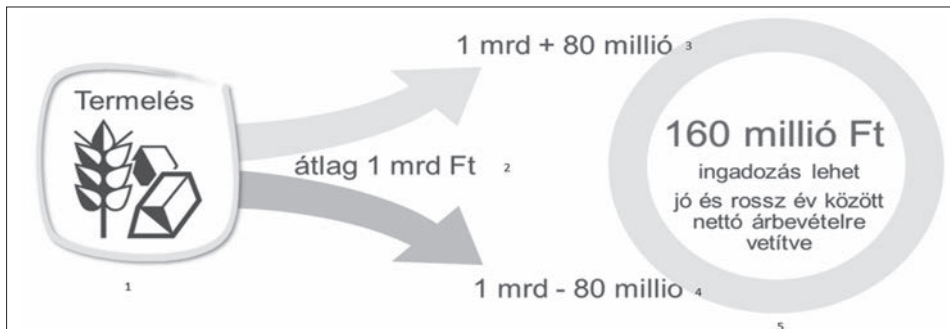


Figure 3. Annual fluctuations in production value (Pajor G. editing)

production (1); average production about 3 million EUR (2); 3 million plus 248.000 EUR (3); 3 million minus 248.000 EUR (4); 500.000 EUR fluctuations between the production value of a good and a bad year (5)

A jelenleg elterjedt pénzügyi szemlélet szerint a termelési költségek és nyereség elszámolása havi ciklusokban történik, míg a termelési ciklusok, a rotációk ettől lényegesen eltérő periódusokat mutatnak (1. ábra). Ennek eredménye, hogy a havi elszámolások bevétel és kiadás oldalát más és más termelési csoportok alkotják, így nem állapítható meg, hogy az egyes csoportok milyen hatásokkal bírnak a végeredményre, azaz mely csoportok emelik és melyek fogják vissza az eredményességet. A havi kimutatások mellett tehát a rotációs csoportok eredményeinek összehasonlítása adhat reális támpontot a termelés kiegyenlítettségéről.

Vizsgálatunk során (Q1-Q3 értékek között) a 2. ábrán látható, jelentős eltéréseket tapasztaltuk. Ugyanez a gazdaság p10 – p90 értékei között (amikor az eredmények alsó és a felső 10%-ba eső értékeit nem vesszük figyelembe) a fenti eltérések dupláját mutatja, ami még mindig az adatszolgáltatási hibahatáron belül lehet.

A fenti hatások eredményeként a vizsgált gazdaságban - 25-30 ezer hízó/év kibocsátású, hozzávetőleg 1 milliárd forint/év bevétel esetén - a termelés 1. táblázatban látható Q1-Q3 értékek között ingadozik, aminek mértéke eléri a 16%-t a nettó árbevételre vetítve. Ez a gazdaság számára óriási tétel.

1. táblázat

**A termelési mutatók ingadozásai p10 és p90 között**

(Pajor G. saját adata)

	1 kg élőtömeg előállítási ára, Ft (1)	Átlagos napi súlygyarapodás, g (2)	Átlagos takarmányfelvétel kg/állat (3)
p10	161,44	746,57	212,34
p90	256,94	806,25	333,23
	59%	8%	57%

Table 1. Production values fluctuations between p10 and p90 (Pajor G. own data)

cost of producing 1 kg live weight (1); average daily weight gain in gram (2); average feed intake kg/pig (3)

Az eltérések rotációnként meghaladhatják az 50%-t is.

A gazdaság természetesen tisztában volt vele, hogy vannak ingadozások, de ez volt az első olyan megoldás, amelyik ezt számszerűen és objektíven ki is mutatta számukra. Ennek eredményeképpen átálltak a pénzügyi bevétel-kiadás szemlélet mellett a rotációnkénti kimutatások elkészítésére is, amelyhez módosítaniuk kellett meglévő szoftvereiket a megfelelő adatkapcsolatok kialakításához.

A gazdaság már régóta érezte, hogy több hízó kibocsátására is képes lenne a kocalétszám, illetve a nem teljes mértékben kihasznált kocaszállások miatt, de a hízóférőhelyek korlátozott volta ebben gátolta, banki kölcsönt ugyanakkor nem akart felvenni. A 3. ábrán kimutatott évi 160 millió forintos ingadozás a csoportok termelésében rámutatott arra, hogy a gazdaságban jelentős tartalékok vannak, amelyeket ki lehetne használni csupán azáltal, ha megismételnék a már korábban elért, a felső negyedbe eső termelési eredményeiket. Ezáltal nemcsak az eredményesség, de a tervezhetőség is javulna, mivel vélhetően csökkennének a termelési ingadozások is.

A rotációs szemlélet abban is segíti a termelőket, hogy a termelést érintő tudatos és kényszerű módosítások hatásait számszerűen követni tudják.

#### *A PRRS hazai gazdasági kártételével kapcsolatos elemzések*

A PRRS gazdasági kártételének gyakorlati elemzéséről nemzetközi viszonylatban már megjelent publikáció (*Holtkamp és mtsai, 2013*), de hazai viszonylatban még csak kevésbé ismertek a gazdasági kártételek.

Kiesett tenyészkocák és a fialt kocák százalékos arányait tekintve valamennyi

**4. ábra** Kiesett tenyészkocák / fialt kocák százaléka  
(Szerkesztette Pajor G.)

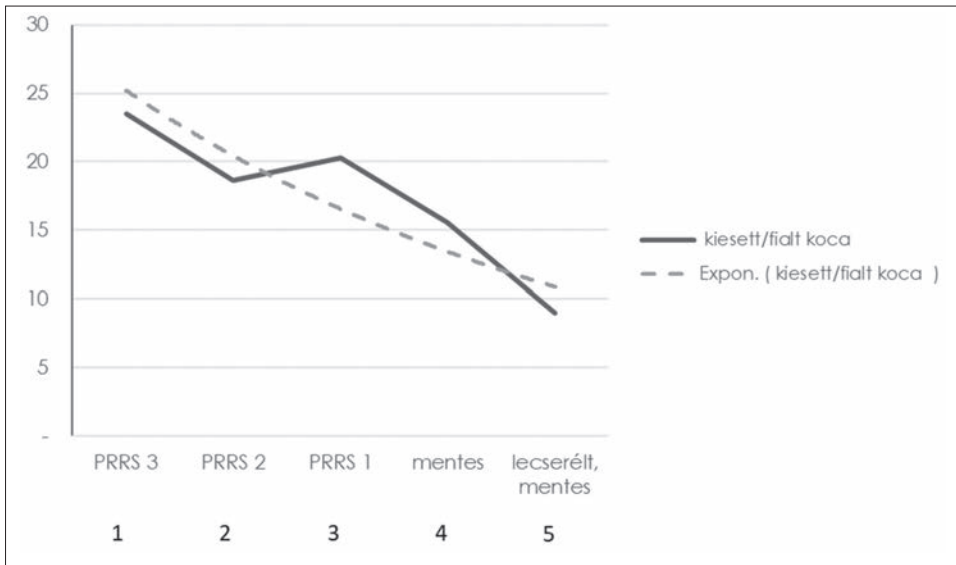


Figure 4. Percentage of rejected and farrowing sows (Pajor G. editing)

sedated chronic (1); massive vaccination (2); acute infection (3); free from PRRS (4); new livestock, free from PRRS (5)

5. ábra Kocánkénti malacszám alakulása genotípus szerint  
(Szerkesztette Pajor G.)

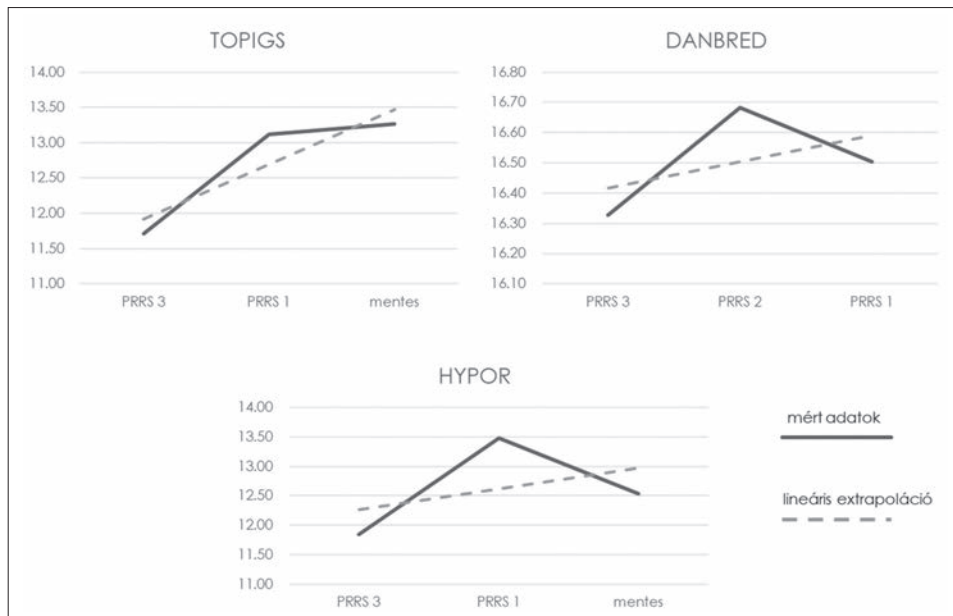


Figure 5. Nursery pigs per sow (Pajor G. editing)

“mentes” – free from PRRS, “PRRS 1” – acute infection, “PRRS 2” – massive vaccination, “PRRS 3” – sedated chronic

genotípusnál hasonló eredményeket kaptunk, így a 4. ábrán a kapott összefüggést genotípustól függetlenül ábrázoltuk.

Ha - a mai MFSE (Magyar Fajtatiszta Sertést Tenyésztők Egyesülete) becslést alapul véve - átlagosan 200 000 Ft áron tartunk nyilván egy tenyészkocát, akkor egy 1000 kocás gazdaságban a PRRS-sel összefüggésbe hozható, az ábrán látható hozzávetőlegesen 10%-s plusz selejtezés 20 millió Ft azonnali veszteséget jelent.

Az 5. ábrán a kocánkénti malacszám látható genotípusok szerint a vizsgált PRRS szakaszokban. Érdekes, hogy a PRRS köztes fázisaiban minden esetben emelkedik az élve született malacszám! Így a görbék lefutásában egy „könyök” keletkezik. Mivel minden genotípus esetében látható ez a könyök, ezért nem feltételezzük, hogy ez fajtajelleg. A gazdaságra, a tartási és takarmányozási módra sem tudjuk visszavezetni, hiszen 22 (egymástól eltérő tartási, takarmányozási móddal rendelkező) gazdaság adataiból hasonló tendencia rajzolódik ki.

Mi lehet tehát az oka? Statisztikai megközelítést használva tudjuk, hogy a statisztikai módszerek csupán összefüggéseket és nem ok-okozati kapcsolatot tárnak fel, így annak okát nem ismerjük. Ugyanakkor úgy gondoljuk, hogy a súlyos PRRS fertőzöttség, majd ezt követő jelentős gazdasági veszteségek, hatására a menedzsment és a telepi dolgozók lényegesen jobban odafigyelnek az állatokra, a termelési folyamatokra, aminek meg is lehet a pozitív eredménye. Ennek bizonyítása azonban további vizsgálatokat igényel.

6. ábra Hízóleadások alakulása a fialások függvényében  
(Szerkesztette Pajor G.)

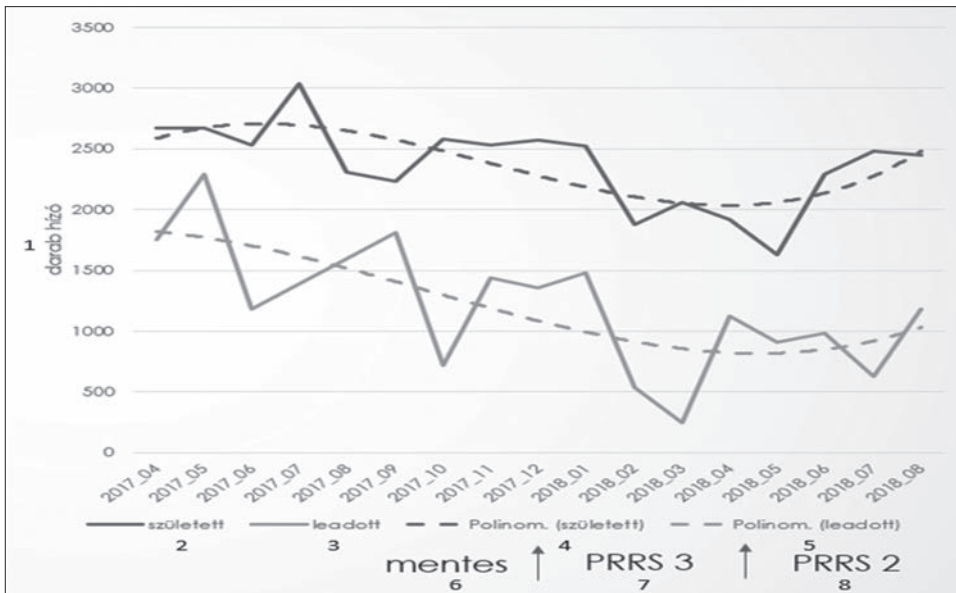


Figure 6. Farrowings and sales of fattening pigs (Pajor G. editing)

fattening pigs (1); piglet born (2); sold fattening (3); polynom born (4); polynom fattening pig (5); free from PRRS (6); sedated chronic (7); massive vaccination (8)

A 6. ábrán a hízóleadások alakulása látható a fialások függvényében azonos gazdaságon belül, különböző PRRS fázisokban. Az alsó, vízszintes dátumskála a fialások dátumát és az akkor érvényes PRRS fázist mutatja. A hízóleadások kiszámítása során a fialási dátumokhoz hozzáadtunk 6-7 hónapot és ennek megfelelően kapcsoltuk össze a fialási és leadási eredményeket. Az ábrából látható, hogy a PRRS akut fellángolása előtt már hónapokkal előbb csökkenni kezd a fialások száma, majd elérve mélypontját, lassan javuló tendenciát jelez. A hízóleadás ehhez hasonló görbét mutat.

A 7. ábrán bemutatott esetben azt vizsgáltuk, hogy fix 6 hónapot alapul véve a fialás és leadás között, miképpen alakulnak a hízlalási veszteségek. Látható, hogy jelentős eltérések mutatkoznak a hízlalási veszteségek tekintetében. Mit jelenthet az, ha több hízót adok le 6 hónappal később, mint amennyi malac született, miközben malacvásárlás nem történt? Erre a kérdésre egy lehetséges magyarázat, hogy a PRRS akut fázisában lévő állomány esetében a teljes termelési folyamatban jelentkeznek negatív hatások, amelyek az állatok hízekonyságában és a napi testtömeg gyarapodásában egyaránt kedvezőtlen változásokat okoznak, így megnyújtják a hízlalási időt. Adott testsúly alatt nem érdemes hízót leadni, így szükséges azokat tovább tartani, ami több problémát is okoz: egyrészt növeli a takarmányozási napok számát (jelentősen drágítja a termelést), másrészt pedig foglalja a helyet a battériáról kikerülő malacok elől.

**7. ábra** A hizlalási veszteségek alakulása  
(Szerkesztette Pajor G.)

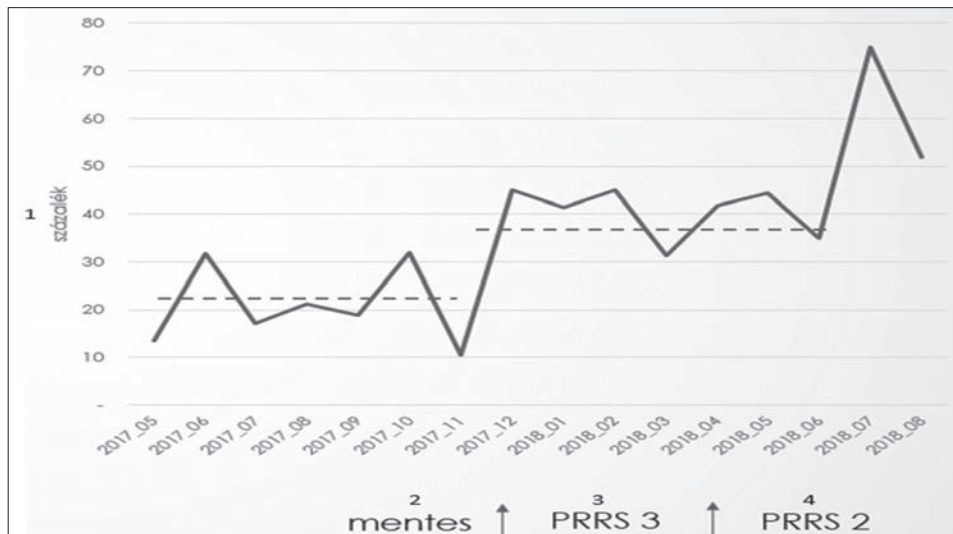


Figure 7. Pig fattening losses (Pajor G. editing)

percent (1); free from PRRS (2); sedated chronic (3); massive vaccination (4)

*PRRS vizsgálatunk során tapasztalt gazdasági hatások az alábbiak:*

- Feltételezhető, hogy a PRRS hatására nagy a fluktuáció a tenyészkocák esetében, így megnő a selejtezés aránya, ami főleg az idősebb kocákat érinti.
- Jelentősen emelkedik a kiesett/fialt kocák aránya, tehát újabb kocákat kell bevonni a termelésbe és hamarabb kell selejtezni az idősebbeket.
- Megnyúlik a hizlalási idő, emiatt összetorlódnak a csoportok.
- Nő a hízók elhullási és selejtezési vesztesége, hullámszik az elhullás. A koca létszám hullámszása és a hizlalási idő megnyúlása férőhely problémákat okoz: vagy nem megfelelő a kihasználtság, vagy éppen túlságosan sok az állat.
- A fenti okok miatt egy PRRS járványkitörés még fél év múlva is érezteti hatását.
- Már a PRRS akut fázisának hivatalos megállapítása előtt kimutatható a termelési mutatók kedvezőtlen alakulása. Ennek további vizsgálata segíthetne a betegség korai felismerésében, a veszteségek csökkentésében.
- Lehetnek direkt veszteségek, amelyek a fellángolás első 5 hónapjában jelentkeznek és vannak indirekt, azaz következményes, veszteségek is, amelyek a fertőzött tenyészkoca állomány és a hizlalási idők rendjében bekövetkezett változásokkal kapcsolatosak.

**KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS**

A PRRS-el kapcsolatos vizsgálatok megírásához köszönöm *Búza László*, *Szabó István* és *Molnár Tamás* állatorvosok, valamint *Marlok Péter* Mezőgazdasági

Genetikai Erőforrások Igazgatóság, Állattenyésztés Felügyeleti Osztályvezető, NÉBIH segítségével.

## IRODALOMJEGYZÉK

*Desjardins, J. (2019): How Much Data is Generated Each Day? <https://www.visualcapitalist.com/how-much-data-is-generated-each-day/>, letöltés ideje: 2019. július 06.*

*Európai Unió 2020 Horizont program. <https://www.iof2020.eu/communication-materials/iof2020-booklet-2019-highres.pdf>, letöltés ideje: 2019. július 06*

*Falus, I. – Ollé, J. (2008): Az empirikus kutatások gyakorlata. Nemzeti Tankönyvkiadó Zrt. Budapest, 154 – 157.*

*Holtkamp, D.J. - Kliebenstein, J.B. - Neumann, E.J. - Zimmerman, J.J. - Rotto, H.F. - Yoder, T.K. - Wang, C. - Yeske, P.E. - Mowrer, C.L. - Haley, C.L. (2013): Assessment of the economic impact of porcine reproductive and respiratory syndrome virus on United States pork producers. J. Swine Health Prod., 21. 72-84.*

*Magyarország Élelmiszergazdasági Konceptiója 2017-2050 - <https://www.kormany.hu/download/0/07/11000/%C3%89lelmiszergazdas%C3%A1gi%20Program%202017-2050.pdf>, letöltés ideje: 2019. július 6.*

*Obádovics, J.Gy. (2016): Valószínűségszámítás és matematikai statisztika. Scolar Kiadó, Budapest*

Érkezett: 2019. július

*Szerző címe:* Pajor G.  
TE-FOOD International GmbH

*Author's address:* TE-FOOD International GmbH  
H-1042 Budapest, Stubnyai utca 4.  
gabor.pajor@pagrian.cloud



## DIGITÁLIS MIKROKLÍMA MÉRÉS A TEJHOZAM OPTIMALIZÁLÁS SZOLGÁLTATÁBAN

ALFÖLDI LÁSZLÓ – TARR ZOLTÁN

### ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők a precíziós gazdálkodás, ezen belül különösen is a tejelő szarvasmarhatartásban az istállóklíma mérésében és felügyeletében alkalmazott szenzoros adatgyűjtés technológiáját (IoT) és alkalmazásának előnyeit mutatják be. Ismertetik az adatgyűjtés során használt átviteli technológiákat, ezek közül részletezve a mezőgazdasági felhasználásban több előnyös tulajdonsága miatt jól alkalmazható nagy hatótávolságú és alacsony energiaigényű LoRa hálózatot. Bemutatják, hogy a helyspecifikus adatgyűjtés része lehet a tejelő szarvasmarha életkörülményei, és így tejhozama, optimalizálásának. Gyakorlati tapasztalatok alapján ismertetik a kialakított technológiai megoldás képességeit, többek között az egyszerű továbbfejleszthetőséget és az idővel, az adatok halmozódása nyomán mind pontosabbá váló előrejelzési funkciót. Az adatgyűjtésen és -elemzésen alapuló, folyamatosan fejlődő és hazánkban is fokozatosan terjedő, technológia alkalmazása nagyban hozzájárulhat a gazdálkodás minőségének, hatékonyságának növeléséhez.

### SUMMARY

*Alföldi, L. – Tarr, Z.:* OPTIMIZING DAIRY MILK PRODUCTION WITH DIGITAL MICROCLIMATE MEASUREMENT TECHNOLOGY

In this article we present the sensor-based data acquisition technology (IoT) and the benefits of its use in precision, especially in dairy, farming, to measure and monitor the climate of the barn. The article describes the transmission technologies used in data collection, detailing the long range and low power LoRa network, which is well suited for use in agriculture. Site-specific data collection can be part of optimizing the living conditions of dairy cattle and thus milk yield. Based on practical experiences, we present the capabilities of the technology developed, including simple upgradeability and more accurate forecasting over time as data accumulates. The continuous development of technology based on data collection and analysis, which is gradually spreading in Hungary, can greatly contribute to the improvement of the quality and efficiency of farming.

## BEVEZETÉS

Az állatok viselkedésének nyomonkövetése, helyzetük meghatározása, többnyire az ún. viselhető, az állatokra helyezett, illesztett szenzorokkal történik. Az így gyűjthető, és az egyes egyedre vonatkozó információk mellett a modern és hatékony állattartás elengedhetetlen része a tartási körülményeket (pl. hőmérséklet, fény, levegőtisztaság stb.) monitorozó megoldások alkalmazása is. Az istállók környezeti paraméterei egy telepen belül is jelentősen eltérhetnek egymástól az épület kialakításától, tájolásától, valamint az alkalmazott tartástechnológiától függően. Az istállók klímájának, környezeti paramétereinek vizsgálata és az ezen alapuló beavatkozások jelentősen hozzájárulnak a termelési hatékonyság alakulásához és az állategészségügyi-, állatjóléti szempontok érvényesüléséhez.

Az adatgyűjtésen és az adatok értelmezésén alapuló, ún. precíziós gazdálkodás több adatforrásból, részben automatikusan, állít elő információt és végez beavatkozást, valamint támogatja a gazdaság működésével kapcsolatos döntési folyamatokat (1. ábra). A technológia, egyebek mellett, abban is segít, hogy a gazdálkodási folyamat egyre több eleméről keletkezzen adat, ami a folyamatok megértését és optimalizálását segítheti. A cél, hogy az adatgyűjtés és -felhasználás segítségével a hatékonyságot növelő, a gazdaság működését jobban megértő, a környezeti szempontokat is figyelembe vevő, hatékony gazdálkodás valósulhasson meg.

Kézzel bevitt adatokon a gazdaság működése során folyamatosan, vagy alkalmanként, esetleg egy nagyobb adatfeltöltés részeként, más helyen, vagy nem

1. ábra A precíziós gazdálkodás folyamata  
(Rutter, 2011)

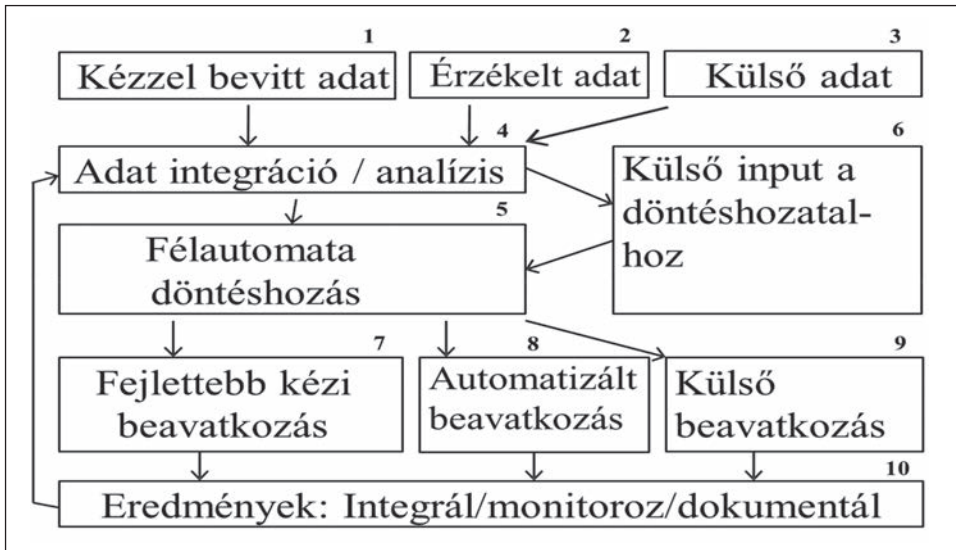


Figure 1. Precision farming

manual data (1); sensed data (2); external data (3); data integration/analysis (4); semi-automated decision making (5); external input to decision making (6); improved manual control (7); automated control (8); external control (9); integrate/monitor/document outcomes (10)

elektronikus rendszerben keletkezett adatok bevitelét értjük. Az érzékelővel gyűjtött adatok pedig azok, amelyek valamilyen új, ún. digitális, megoldáson, érzékelőn keresztül, gyakorlatilag automatikusan érkeznek. Külső adatok alatt azokat értjük, amelyek más, jórészt elektronikus rendszerben (pl. könyvelő szoftverben), vagy más eszközben (pl. munkagépben, vagy munkaeszközben) keletkeznek, és kész adatként érkeznek a rendszerbe

### *Szenzoros adatgyűjtés*

A különböző gazdálkodási, termelési folyamatok során manapság már számtalan adat elektronikusan (is) keletkezik. A különböző gépek, eszközök működése során, illetve a gazdálkodás menedzselésével összefüggésben (számítógépes adatrögzítés) keletkező elektronikus adatok – különböző mértékben és mélységben – már hosszú évek óta elérhetőek és használhatók. Az utóbbi években felgyorsult technológiai fejlődésnek köszönhetően, az ún. dolgok internete (Internet of Things, IoT) megoldások által, az eddigi kevésbé, vagy nem mindenki számára elérhető módon érzékelhető és adathozható fizikai eszközök és környezet válik elektronikusan befoghatóvá.

A különböző ágazatokban alkalmazott IoT megoldások viszonylag újak, és folyamatosan fejlődnek. Nem beszélhetünk több tízéves adatolt tapasztalatról sem a technológiák, sem az azokra épített megoldások tekintetében. Jóllehet egyre több azoknak a megoldásoknak a száma, amelyek már messze nem kísérleti szakaszban vannak, de még mindig viszonylag kevés a jól beváltnak mondható és fenntartható technológiai megoldás. A mezőgazdaságot illetően a szántóföldi gazdálkodásban alkalmazott gépek, eszközök a leginkább előre haladottak, de már egyre több, a művelt területet monitorozó, technológiai megoldás létezik – elsősorban talaj- és időjárás érzékelők valamint, részben az ezekhez kapcsolódó öntözésvezérlők. Jelentős fejlődés megy végbe az üvegházi zöldségtermesztés területén is a technológia alkalmazását illetően, és már Magyarországon is elterjedtek a baromfi tartáshoz kapcsolódó IoT megoldások. A sertés- és szarvasmarhatartás területén vegyes, de inkább fejletlennek mondható, az IoT megoldások alkalmazása. Iparági szereplőkkel egyetértésben elmondható, hogy a technológiai kihívásokon túl elsősorban a megfelelő üzleti modell kidolgozása okoz gondot, ami jórészt a még mindig viszonylag magas alkatrész- és eszközáraknak tudható be.

A szenzoros adatgyűjtés általános topológiáját a 2. ábra mutatja. Az adatok egy szenzor segítségével olyan eszközökből érkeznek, amely kialakítása szerint képes egy adott paraméter (hőmérséklet, páratartalom, valamiféle gáz-sűrűség stb.) érzékelésére és az érzékelést elektronikus jellé alakítani. A jel valamilyen kommunikációs technológia segítségével – ezeket alább részletezzük – jut el egy bázisállomáshoz, majd onnan valamely adatkapcsolaton (vezeték nélküli: 3G / 4 G, illetve vezetékes: ethernet) keresztül a szerverhez. Olyan megoldás is létezik, amikor a többféle érzékelő eszköz vezetékes kapcsolatban van egy ún. koncentrátorral, amely szintén valamilyen adatkapcsolatot használva továbbítja az eszközökből összegyűjtött információkat egy bázisállomáson keresztül. A szerverből az összegyűjtött adat általában egy felhőben üzemelő adatfeldolgozó és -megjelenítő felületre kerül, ahol a felhasználó számára értelmezhető információvá válik.

**2. ábra** A szenzoros adatgyűjtés topológiája  
(Szerkesztette Tarr Z.)

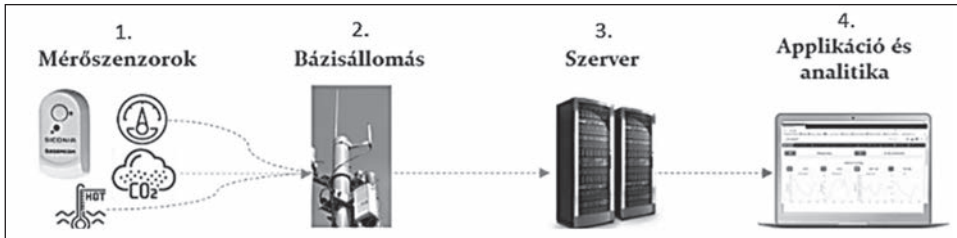


Figure 2. The process of sensory data collection

sensors (1); base station / gateway (2); server (3); display data rating (4)

### Adatgyűjtést támogató átviteli technológiák

A különböző üzleti igények támogatására sokféle adatátviteli technológia érhető el. Az eszközök, mérőszensorok felőli adatkommunikáció megvalósítására az elmúlt években speciális technológiákat is kifejlesztettek. A rádiós átvitel-technológiában alapvetően háromféle tulajdonság szerint írhatjuk le magát az átviteli hálózatot:

- a hatótávolság,
- az adattovábbítás sebessége, és
- az energiafelhasználás.

Meglehetősen nehéz mindhárom jellemzőt egyformán előnyben részesíteni – vagyis, nem tudunk (még) olyan hálózatot létrehozni, amely mindhárom paraméter tekintetében a „legjobb” (*http\_1*). Általában az említett háromból két tulajdonság az, amelyeket egymással összefüggésben is optimalizálni lehet. Ennek megfelelően el kell, hogy döntsük, melyik két tulajdonság az, ami igazán fontos az adott felhasználás szempontjából.

A 3. ábra az eszközök adatkommunikációjában leggyakrabban alkalmazott átviteli technológiák összehasonlítását mutatja be. Az összehasonlítás a hatótávolság és az adatátviteli képesség szerint veti össze az egyes technológiákat. Az összevetés az adott technológia bázisállomása és az eszközben, szenzorban lévő rádiómodul közötti kommunikációt vizsgálja. Az alkalmazás adatátviteli igényei alapján választható ki a megfelelő technológia.

Az egyes technológiák között a fenti műszaki paraméterek mellett különbség van az elérhetőség, a hozzáférhetőség, és részben ezzel összefüggésben a szolgáltatási ár tekintetében is. A hozzáférhetőség egyik eleme az adott technológia használatának jogszabályi és költségvonzata. Ebben a tekintetben az adatátviteli technológiák között megkülönböztetünk ún. licenzelt és szabadfrekvenciás megoldásokat. Míg a celluláris technológiák a mobil szolgáltatók által megvásárolt, engedélyköteles, azaz licenzelt, frekvenciákat használják, addig az LPWAN technológiák a nem-licenzköteles, azaz ingyenes sávban sugároznak.

A leginkább ismert és elterjedt celluláris technológiák széleskörű alkalmazhatósága közismert, ugyanakkor vannak olyan szempontok, amelyeknek nem, vagy csak erős korlátozásokkal, felelnek meg. Ezek közül a legfontosabb a technológia viszonylag magas energiaigénye (4. ábra).

**3. ábra** A rádiós kommunikációs technológiák a szükséges adatátviteli sebesség és kapacitás összehasonlításában: az LPWAN pozicionálása. (Mekkie és mtsai, 2019)

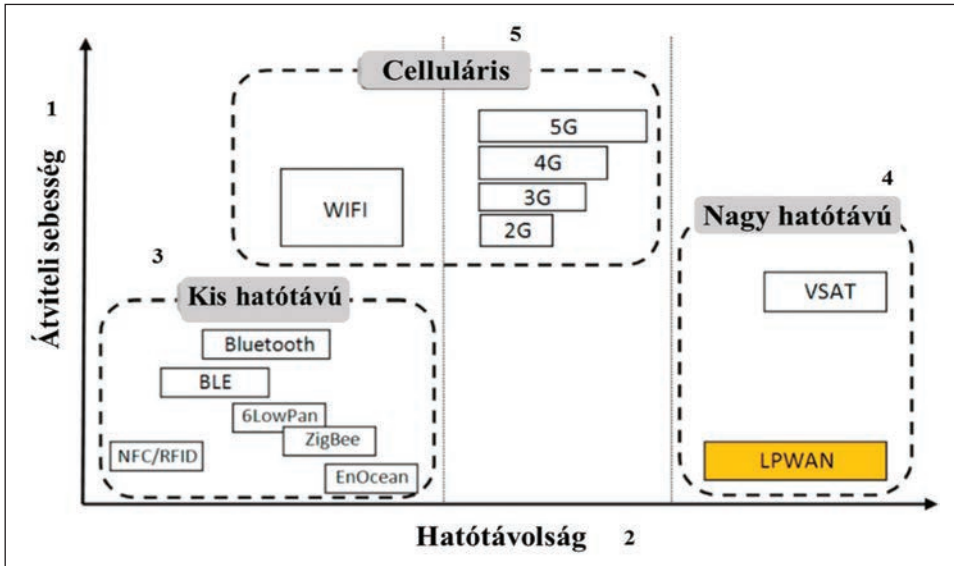


Figure 3. Required data rate vs. range capacity of radio communication technologies: LPWAN positioning

data rate (1); range (2); short range (3); long range (4); cellular (5)

**4. ábra** Az energiaigény és hatótávolság összevetése: Bluetooth/LE, mobil, LoRaWAN, és Wi-Fi technológiák (de Carvalho Silva és mtsai, 2017)

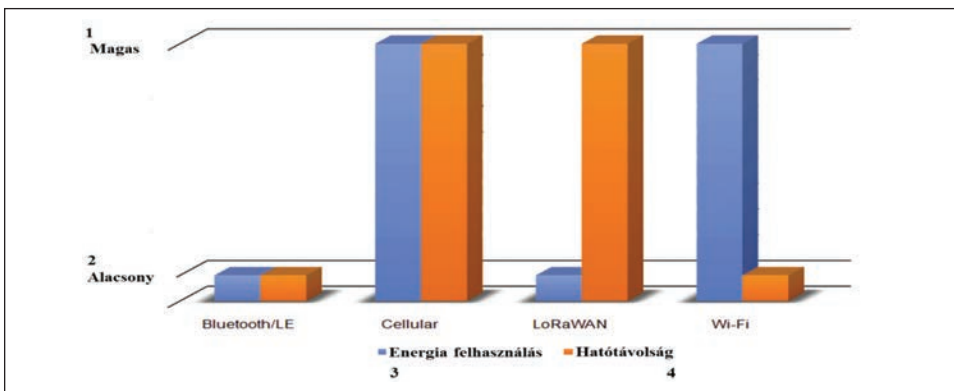


Figure 4. Power consumption vs range for Bluetooth/LE, Cellular, LoRaWAN, and Wi-Fi technologies high (1); low (2); power consumption (3); range (4)

Az energiafogyasztás ebben az esetben az adatot keletkeztető és továbbító eszközben, a szenzorban, elhelyezett rádiómodul energiaigényére vonatkozik. Az energiaigény alapján állapítható meg, hogy az adott kommunikációs technológiát alkalmazva, valójában milyen elektromos tápforrásra van szükségünk.

Az egyes technológiák felhasználási terület szerint is különböznek. Egyre több tanulmány lát napvilágot, amelyek egy-egy konkrét alkalmazás, vagy technológia szempontjából vizsgálják a használhatóságot. Így például egy rövid, irányadó összefoglaló is megjelent az egyes technológiák tipikus felhasználási területeiről ([http\\_2](#))

A jelenleg használt vezeték nélküli technológiák a következők:

- GSM (Telemetria, SMART City, távvezérlés, közepes mennyiségű adatgyűjtés)
- LTE (Telemetria, SMART City, távvezérlés, nagyobb mennyiségű adatgyűjtés)
- Bluetooth (Automatizált otthon – SMART Home)
- WiFi (Automatizált otthon – SMART Home)
- Lora/LoRaWAN (Telemetria, fogyasztásmérők, érzékelők adattovábbítása, SMART City)
- SigFox (Telemetria, fogyasztásmérők, érzékelők adattovábbítása)”

### *Az LPWAN technológiák előnyei*

A 3. ábrán feltüntetett vezeték nélküli adatátviteli technológiák közül az ún. LPWAN (alacsony energiaigényű nagy hatótávolságú hálózat) technológia a kevés adatot továbbító, alacsony energiaigényű IoT megoldások számára került kifejlesztésre. Ebben a technológiai csoportba tartozik például a LoRa ([http\\_3](#)), a Sigfox ([http\\_4](#)), valamint a NB-IoT (Narrow Band IoT; [http\\_5](#)). Az LPWAN technológiák energiaigényének különbségei a tapasztalatok, mérések alapján meglehetősen eltérő. Naumann (2018) szerint további gyakorlati tapasztalatokra van szükség az idetartozó technológiák tényleges energiafogyasztásának megismeréséhez, amivel együtt jár az is, hogy megtaláljuk az adott alkalmazási helyzethez leginkább megfelelő átviteli technológiát.

A technológia, és ezen belül konkrétan a LoRa, azokban az esetekben használható jól, ahol nem számít az adatok tényleges valósidejűsége, azaz nem okoz gondot az esetleges adatkiesés, és jellemzően kis mennyiségű adat továbbítására van szükség. A 4. ábra jól mutatja, hogy a LoRa technológiának különösen jó az energiahatékonysága, miközben hatótávolsága meglehetősen nagy. Egyes tanulmányok és gyakorlati tapasztalatok alapján nem városi, kevésbé akadályozott területeken a hatótávolság kb. 15 km, városi és domborzatilag tagoltabb területen 2-10 km ([http\\_6](#)).

Az egyes LPWAN technológiák bővebb ismertetésére jelen közleményben nincs mód. Az 1. táblázat a legfontosabb szempontok szerint hasonlítja össze a Sigfox, LoRa és NB-IoT technológiákat. Kiemeljük, hogy részben műszaki okokra visszavezethető, jelentős különbség, hogy a három technológia közül egyedül a LoRa az, amely privát hálózatként is működik, vagyis bárki (pl. egy termelő üzem) – a szükséges eszközök birtokában – létrehozhat magának saját hálózatot, amennyiben rendelkezik a megfelelő ismeretekkel. A Sigfox és az NB-IoT esetében, mint például egy mobiltelefon szolgáltatás létrehozásakor, az adott szolgáltató rendelkezik azokkal az eszközökkel, technológiákkal, amelyek használatára szükség van, így azok nem kihagyhatóak.

1. táblázat

**Az LPWAN technológiák áttekintése: Sigfox, LoRa, és NB-IoT**

(Mekia és mtsai, 2019)

	Sigfox	LoRaWAN	NB-IoT
<b>Moduláció (1)</b>	BPSK	CSS	QPSK
<b>Frekvencia (2)</b>	Nem engedély köteles ISM-sávok (868 MHz Európában, 915 MHz Észak-Amerikában és 433 MHz Ázsiában) (16)	Nem engedély köteles ISM-sávok (868 MHz Európában, 915 MHz Észak-Amerikában és 433 MHz Ázsiában) (16)	Licencelt LTE frekvenciasávok (31)
<b>Sávszélesség (3)</b>	100 Hz	250 kHz és 125 kHz	200 kHz
<b>Maximális adatsebesség (4)</b>	100 bps	50 kbps	200 kbps
<b>Kétirányúság (5)</b>	Korlátozott / félduplex (17)	Igen / félduplex (25)	Igen / félduplex (25)
<b>Maximális üzenetek/nap (6)</b>	140 (UL), 4 (DL)	Korlátlan (26)	Korlátlan (26)
<b>Maximális hasznos adat (7)</b>	12 byte (UL), 8 byte (DL)	243 byte	1600 byte
<b>Hatótávolság (8)</b>	10 km (városi), 40 km (vidéki) (18)	5 km (városi), 20 km (vidéki) (27)	1 km (városi), 10 km (vidéki) (32)
<b>Interferencia tűrés (9)</b>	Nagyon magas (19)	Nagyon magas (19)	Alacsony (33)
<b>Hitelesítés és titkosítás (10)</b>	Nem támogatott (20)	Igen (AES 128b) (28)	Igen (LTE titkosítás) (34)
<b>Adaptív adatsebesség (11)</b>	Nem (21)	Igen (29)	Nem (21)
<b>Adat-továbbítás (12)</b>	A végberendezések nem csatlakoznak egyetlen bázisállomáshoz (22)	A végberendezések nem csatlakoznak egyetlen bázisállomáshoz (22)	A végberendezések egyetlen bázisállomáshoz csatlakoznak (35)
<b>Lokalizáció (13)</b>	Igen (RSSI) (23)	Igen (TDOA) (30)	Nem (specifikáció szerint) (36)
<b>Privát hálózat engedélyezése (14)</b>	Nem (21)	Igen (29)	Nem (21)
<b>Szabványosítás (15)</b>	A Sigfox cég együttműködik az ETSI-vel a Sigfox-alapú hálózat szabványosításában (24)	Lora-Alliance	3GPP

Table 1. Overview of LPWAN technologies: Sigfox, LoRa, and NB-IoT

modulation (1); frequency (2); bandwidth (3); maximum data rate (4); bidirectional (5); maximum messages/day (6); maximum payload length (7); range (8); interference immunity (9); authentication & encryption (10); adaptive data rate (11); handover (12); localization (13); allow private network (14); standardization (15); unlicensed ISM bands (868 MHz in Europe, 915 MHz in North America, and 433 MHz in Asia) (16); limited / half-duplex (17); 10 km (urban), 40 km (rural) (18); very high (19); not supported (20); No (21); end-devices do not join a single base station (22); Yes (RSSI) (23); Sigfox company is collaborating with ETSI on the standardization of Sigfox-based network (24); yes / half-duplex (25); unlimited (26); 5 km (urban), 20 km (rural) (27); yes (AES 128b) (28); yes (29); yes (TDOA) (30); licensed LTE frequency bands (31); 1 km (urban), 10 km (rural) (32); low (33); yes (LTE encryption) (34); end-devices join a single base station (35); no (under specification) (36)

A tejelő szarvasmarha istálló mikroklímájának vizsgálatára, monitorozására létrehozott megoldásra, a fent bemutatott előnyei alapján, a LoRa technológiát választottuk.

A LoRa ún. kiterjesztett csillag topológiával épül (5. ábra). Ez azt jelenti, hogy a végberendezések (az intelligens mérők, hőmérséklet mérők stb.) egy átjáróval kommunikálnak, amely egyszerűen hídként működik és a központi szerverhez továbbítja a jelet, információt. Ezért, abban az esetben, ha egy végponti eszköz (végberendezés) vagy csatorna meghibásodik, a hálózat változatlan marad, ami azt is jelenti, hogy lehetőség van a végponti eszközök hozzáadására vagy kivonására a hálózat zavarása nélkül. Egy-egy átjáró (gateway) akár húszezer, maga a hálózat pedig akár egymillió eszközt is képes fogadni.

5. ábra Tipikus LoRa hálózati architektúra

(Depuyd, 2016)

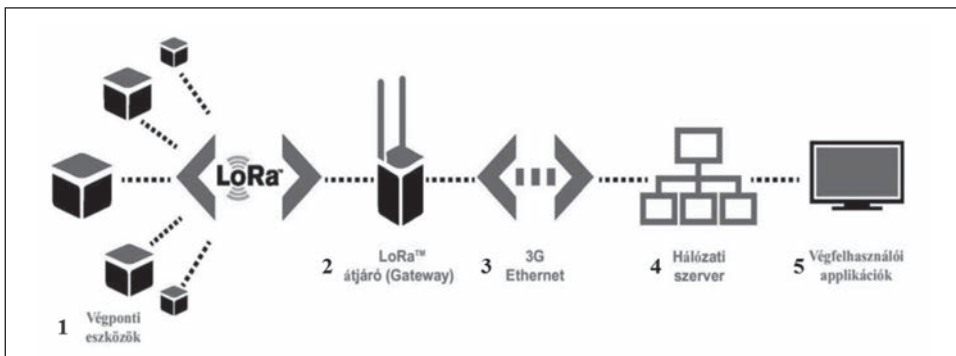


Figure 5. Typical LoRa network architecture

devices (1); gateway (2); 3G/Ethernet (3); network server (4); application (5)

A LoRa a szabadalmaztatott modulációs folyamatainak köszönhetően is megbízható. Képes például jobban kezelni az interferenciát, miközben az energiafogyasztást alacsonyan tartja, köszönhetően az alkalmazott kiterjesztett spektrumú technikának ([http\\_7](http://7)).

### Távadók

A szenzorok egy ún. node-ba kerülnek beépítésre – egy node-ba akár többféle is. Ez a végponti eszköz a szenzoron kívül tartalmazza az adott rádiós technológiához tartozó chipkészletet, egy alaplapot és a tápellátásért felelős csatlakozást vagy akkumulátort. Az eszközhöz egy antenna is csatlakozik, amely gondoskodik az adatok és jelek megfelelő továbbításáról és vételéről. Az így elkészült eszközt távadónak is nevezzük (6. ábra), amely IP 65-ös, vagy magasabb fokozatú, védettségű műanyag házat kap, amely lehetővé teszi, hogy nagy fizikai igénybevételű helyzetekben is alkalmazzuk.



6. ábra IoT modul, szenzor felépítése. Többféle átviteli technológiát alkalmazó és különböző paramétereket érzékelő teszteszköz  
(http\_8)

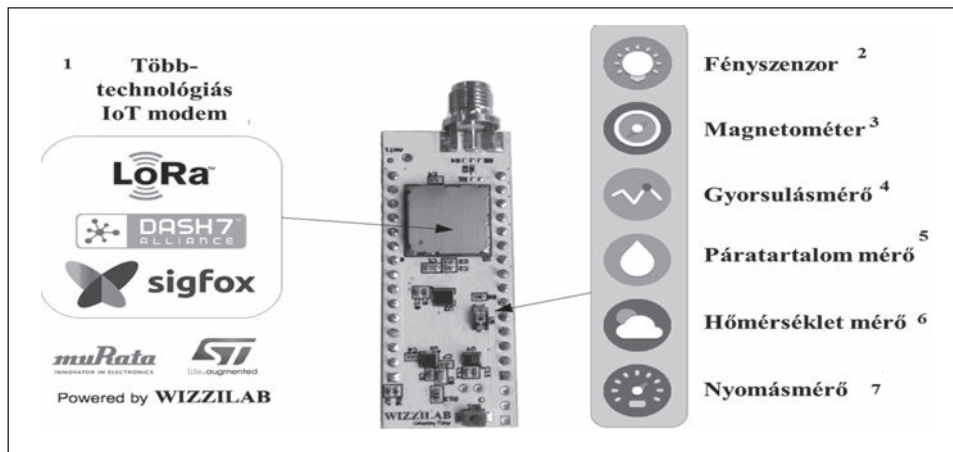


Figure 6. Exemplary IoT development modul (wizzilab) with multi-mode IoT technology

multimode IoT modem (1); light sensor (2); magnetometer (3); accelerometer (4); humidity sensor (5); temperature sensor (6); pressure sensor (7)

### Biztonság

Manapság egyre több szó esik az ún. IoT technológiák és eszközök (adat) védelméről. A fizikai védelem mellett ezek a megoldások különböző egyéb, folyamatosan fejlődő, tökéletesedő biztonsági protokollokat is alkalmaznak. A LoRa technológia a végpontok közötti teljes titkosítással dolgozik.

Az egyes LoRa kommunikációt használó érzékelőket, a bevett protokoll szerint, biztonsági és követhetőségi szempontból többféle azonosítóval látják el. Az egyik az ún. DevEUI, amely a IEEE EUI64 címtartományban azonosítja a konkrét eszközt – ebből adódóan minden eszköz esetében egyedi, és jellemzően azt a szenzor gyártója „állítja elő”. Az ún. AppEUI szintén a IEEE EUI64 címtartományban használatos és célja, hogy azonosítsa az üzenetek feldolgozását végző ún. join szervert, amely egy adott hálózaton használt szenzor esetében gyakran ugyanaz. Az ún. AppKey szintén egyedi azonosító, amely az érzékelő által küldött adatüzenet titkosító kulcsa. Az üzenet olvasására csak ezt a kulcsot ismerő szerver képes. A DevEUI és az AppKey minden eszköz esetében egyedi. A szenzorok regisztrálása során kézzel kerül rögzítésre az alkalmazásban a szenzorra vonatkozó minden információ, ezáltal biztosítva az egyediséget és a biztonságot.

### A mikroklima mérés szerepe a tejelő szarvasmarha tartásban

A hőstressz nyomán fellépő tejvesztesség egyre nagyobb gazdasági kiesést okoz a termelőknek. Az elmúlt évtizedekben, hazánkban is sokat romlott a helyzet, amelynek egyik oka a klímaváltozás. A környezeti hatások nyomán kialakuló hőstressz mellett még nagyobb jelentősége van a tejtermelés mennyiségi növekedésével

járó hőtermelés kezelésének. Napjaink tejtermelő tehenei ugyanis lényegesen több hőt termelnek, mint 20 évvel ezelőtt.

A hőstressz mértékét az úgynevezett TH (hőmérséklet és páratartalom) indexszel lehet jellemezni (7. ábra). A XX. század derekán még a 72-es THI értéket tartották határértéknek, ma viszont már viszonylag alacsony hőmérséklet vagy alacsony légnedvesség mellett is kialakulhat hőstressz. Ez azt jelenti, hogy akár már 68-as indexértéknél is előfordulhat probléma, és ez a nemkívánatos jelenség akár 20 °C-on is tapasztalható. A hőstressz jelei a csökkenő étvágy, csökkenő tejtermelés, romló beltartalom, továbbá látható jelei a lihegés és a nyálcsorgás, amelyek mögött mélyebb élettani összefüggések húzódnak.

7. ábra **Hőstressz kategóriák**  
(Solymosi és mtsai, 2010)

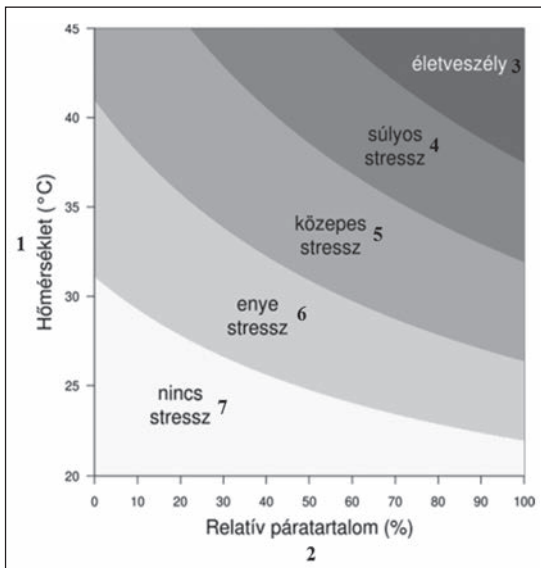


Figure 7. Heat stress categories

temperature (1); humidity (2); fatal (3); severe stress (4); medium stress (5); mild stress (6); no stress (7)

temperature (1); humidity (2); fatal (3); severe stress (4); medium stress (5); mild stress (6); no stress (7)

A fokozott mértékű hőleadás miatt a test teljes vérmennyiségének jelentős hányada a bőr alatti kötőszövetbe áramlik, emiatt a belső szervek vérellátása csökken. Ennek hatására nő a légzésszám, ezzel együtt azonban a vér oxigénszállítása romlik. A test hőmérséklete megemelkedik, olykor akár lázas állapotnak megfelelő 39 °C fölé. A tejtermelés és a tej beltartalmi értékek csökkennek, ezzel együtt a metabolikus betegségek, például acidózis, gyakorisága nő. A bélhámsejtek is sérülnek, emiatt pedig romlik a táplálóanyagok felszívódása.

A tehének közvetlen környezetének vizsgálata és elemzése azonban segíthet abban, hogy célzott megoldásokkal állataink állapotán és termelékenységén javítani tudjunk.

A hőstressz hatásai ellen az istállóklíma javításával, párasítással, locsolással, ventilátorokkal történő légcseré biztosításával lehet védekezni. A külső körülmények befolyásolásán túl lényeges az optimális takarmányozás is, például a takarmány adalékanyagok és elektrolitok alkalmazása. A kellő mennyiségű, tiszta, hűvös ivóvíz biztosítása szintén lényeges előfeltétel.

### Digitális mikroklíma mérés az istállóban

A mikroklíma mérésére létrehozott megoldás szenzoros technológián alapul. Az eszközök rögzítése – a felülettől függően – dübellel, hiltiszalaggal, gyorskötőzővel, vagy facsavarral történhet (1. kép).

Az istállóban, a tartástechnológiához illeszkedő magasságban, kihelyezett távadók a hőmérsékletet, a páratartalmat, a légnyomást és a levegő mozgását mérik. A távadókat, minden esetben a gazdával való egyeztetést követően, az istálló különböző funkciójú tereibe helyezzük el, a terület igényei által meghatározott számban. Az eszközök nagy segítségre lehetnek az egyes istálló területek speciális mikroklimatikus viszonyainak felderítésében, így az állatok viselkedésének megértésében is.

A Holstein Genetika és a Quinto Solutions Kft.-k megoldásában alkalmazott érzékelők a fentebb részletezett LoRa technológiával kommunikálnak és továbbítják az adatokat. Ennek a megoldásnak az előnye, hogy a szenzorok elhelyezése, tekintetel az akkumulátoros működésre,

gyors és egyszerű, hátránya viszont, hogy – a még nem elérhető országos lefedés hiányában – alkalmazási telepenként egy-egy bázisállomás kihelyezését is igényli. A gyakorlati alkalmazás során már több esetben volt példa az érzékelők időszakos, vagy végleges, áthelyezésére a mérési szempontok alapján, ami a vezeték nélküli kialakításnak köszönhetően egyszerű, különösebb szakmai tudást nem igénylő művelet. Az akkumulátorok várható élettartama 2-3 év, de optimális esetben, megfelelő beállítások mellett, akár ennél jóval hosszabb, 5-8 év, is lehet. Saját gyakorlati tapasztalatunk 2017 második felétől van. Az első néhány hónapban, alapvetően a nem helyes beállítások és a nem megfelelő eszközök használata miatt voltak meghibásodások, akkumulátor lemerülések, de ezek mára megszűntek. A jelenleg használt távadók 2018 januárjától megfelelően működnek.

### *A szenzoros adatgyűjtés menete*

A kihelyezett és előzetesen a LoRa hálózaton keresztül az alkalmazásba regisztrált páratartalom-, hőmérséklet-, légnyomás- és légmozgás érzékelők folyamatosan figyelik az állattartóhely belső környezetét és előre meghatározott (esetünkben 15 perc), távolról változtatható, gyakorisággal elküldik a mért adatokat a legközelebbi LoRa bázisállomásnak. Az adatok innen ethernet vagy gsm kapcsolaton keresztül magyarországi szerverre jutnak. Az érzékelő által küldött hexadecimális számsor az alkalmazás rétegben kerül kibontásra. A feldolgozott információk innen egyrésztől egy megjelenítő felületre kerülnek (esetünkben ez az Insights Platform),

**1. kép** Istálló fa-tartóelemre csavarozott hőmérséklet és páratartalom távadó (Tarr Z.)



*Picture 1. Temperature and humidity transponder mounted on stable wooden support*

ahol láthatóvá válnak az aktuális környezeti paraméterek (8. ábra). Az adatok a szerverről részben egy üzleti elemző alkalmazásba is eljutnak, amely képes különböző algoritmusok szerint feldolgozni és megjeleníteni az adatokat – az igények szerint alakítható módon – így például ezen adatok különböző összefüggéseit, grafikonok, ábrák használatával. Az így létrejövő információkat számítógépen és mobilkészülökön is meg lehet tekinteni, sőt az adatok más rendszerekbe (pl. könyvelés) is átvihetők.

**8. ábra** Környezeti adatok megjelenítése az Insights Platformon  
(képernyőkép, Tarr Z., 2019.07.27.)

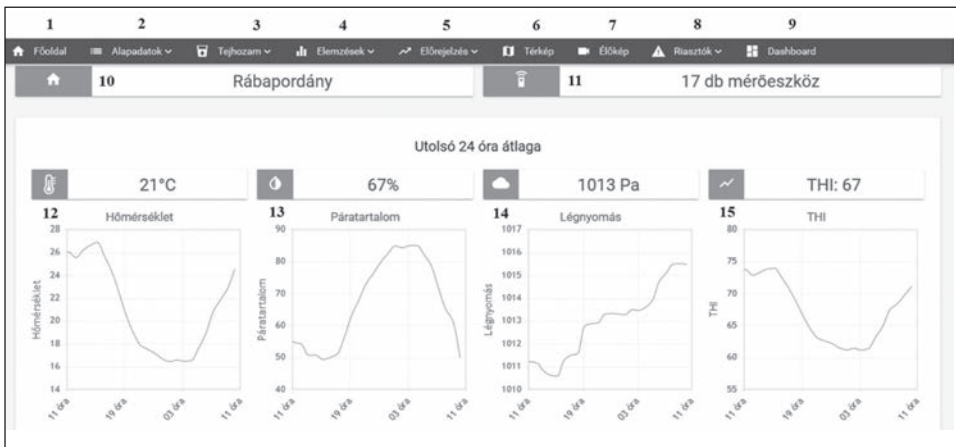


Figure 8. Screenshot of the microclimate data on the Insights Platform

home (1); basic data (2); milk yield (3); analytics (4); prediction (5); map (6); live cam (7); alerts (8); dashboard (9); farm location: Rábapordány (10); number of nodes (11); temperature (12); humidity (13); air pressure (14); THI (temperature / humidity index) (15)

A rendszer lehetővé teszi a hőmérséklet/páratartalom index (TH index) kimutatását is, folyamatosan, illetve bizonyos időintervallumok szerint. Az indexszám növekedését tapasztalva pedig időben megtehető a szükséges intézkedések. Az alkalmazásban állítható értesítési lehetőségnek köszönhetően a gazdaság illetékes munkatársai mobiltelefonjukra vagy számítógépükre valósidejű figyelmeztetést kaphatnak, amennyiben beavatkozásra van szükség. Az egyes egyedi helyzetekre, a rendelkezésre álló megoldásokat kihasználva, lehetőség van távolról, akár automatikusan vezérelhető beavatkozó rendszerek, irányítására is (pl. ventilátorok, párologtató vezérlése).

A különböző rendszerek és megoldások összekapcsolása azonban nem pusztán technológiai feladat. A megoldásokat fejlesztő és üzemeltető vállalkozások a hosszas kutatás-fejlesztés nyomán létrehozott termékeiket egyelőre nem minden esetben nyitják meg más fejlesztők felé, mert féltik – sokszor okkal – ötleteiket, technológiai fejlesztéseiket. Felhasználói szempontból azonban már most látszik, hogy a viszonylagos elszigeteltségben működő, önmagukban ötletes és hasznos technológiák összehangolására és adott esetben integrációjára van szükség, amihez még ki kellene alakítani a fejlesztő vállalatok számára is megfelelő üzleti modellt.

Az érzékelők további típusai (pl. áramlás- és fogyasztásmérők, fénymérők, különböző gázok mérésére szolgáló mérők) is elérhetőek, ezáltal újabb paraméterek vonhatók ellenőrzés alá. Így lehetőség van a fogyasztott víz mennyiségének meghatározására okos mérő felszerelésével, vagy bizonyos gázok (pl. ammónia, széndioxid) mérésére is.

Teszthelyszínünkön, a Rábapordányi Mezőgazdasági Zrt. istállójában, egy állandó, független adatkapcsolattal rendelkező kamerát is felszereltünk. Ennek segítségével folyamatosan nyomon követhető az állatok mozgása és az etető asztalra kihelyezett takarmány mennyisége is (9. ábra). Jelenleg már fejlesztés alatt van a kamerakép alapján a takarmány mennyiségére riasztani képes megoldás is, így lehetőség lesz arra, hogy a videó folyam segítségével is a termelés és működés számára további fontos adatok jöjjenek létre.

**9. ábra** Élőkép részlete a rábapordányi gazdaságból az Insights Platformon (képernyőkép, Tarr Z., 2019.07.27.)

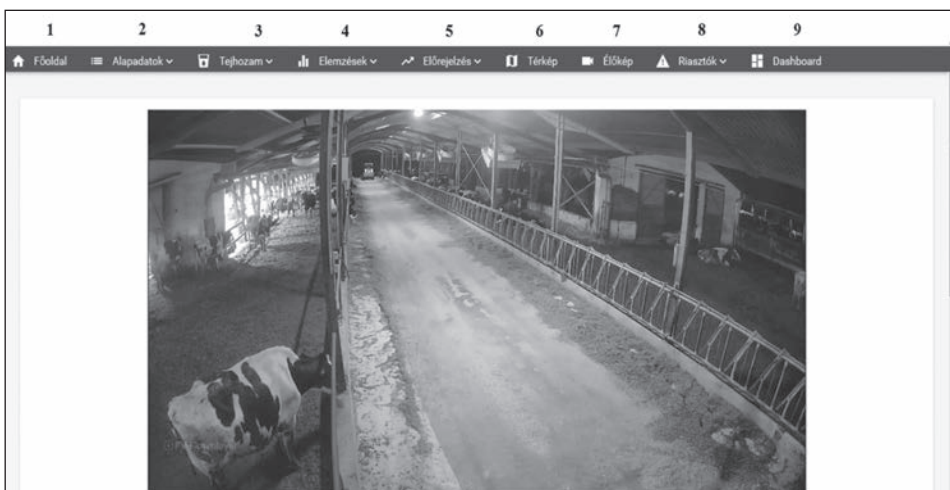


Figure 9. Screenshot of Insights Platform showing live cam image from dairy farm in Rábapordány home (1); basic data (2); milk yield (3); analytics (4); prediction (5); map (6); live cam (7); alerts (8); dashboard (9)

### *Több adat a gazdaság működéséről – megalapozottabb döntések*

Az érzékelők mellett a rendszerhez illeszthetők más, már digitálisan létező, adatforrások is, amelyek az adott gazdaság működése során, más rendszerekben keletkeznek, így pl. a tejhozam és állomány adatok, vagy a takarmányozásra, a gépek működésére vonatkozó adatok, információk, amelynek elvi leírását már korábban megadtuk (1. ábra). A gazdálkodásra vonatkozó egyéb adatok illesztésével további értékes információkhoz juthatunk az üzleti elemzések során, illetve a többféle formában létező adatokat egy felületen érhetjük el. Az adatgyűjtés és -feldolgozás további előnye, hogy tetszőleges variációk szerint össze is vethetjük az adatokat.

Megoldásunkban erre példa a tejhozam adat beolvasása. Az adatok jelenleg, a felhasználói igényektől és lehetőségektől függően, kétféle formában érkehetnek: a gazdaság munkatársai által egy felhőalapú táblázatba rögzített adatbázisból, vagy a fejőgép által gyűjtött adatok időszakos (online) letöltésével.

Az összefüggések feltárása segítségünkre lehet a gazdaságban, az állományban zajló folyamatok jobb megértésében, a problémák felismerésében, megragadásában és különösen is abban, hogy döntési helyzetekben a lehető legtöbb és leginkább hasznos információ birtokában lépünk tovább (10. ábra). A gazdákkal való egyeztetések során gyakori igényként merül föl a mérések alkalmazása a különböző telepfejlesztési elképzelések megalapozásánál, tervezésénél is. A rendszer a helyspecifikus mérések biztosításával és ezek, szükség szerint, historikus összeállításával segítheti a tartási körülmények optimalizálását.

A felmérés és beavatkozás vezérlésén túl a megoldás további képessége, hogy a begyűjtött információk alapján a rendszer az adott istállóra, sőt, annak egy-egy kisebb területére vonatkozó, előrejelzésre is képes, így támogatva a felkészülést a várható klimatikus változásokra (11. ábra). Az előrejelzés pontossága a gyűjtött és feldolgozott adatok mennyiségével növekszik. A rendszer lényege ugyanis, hogy

### 10. ábra Összetettebb elemzés a gyűjtött adatok alapján

Az istállóban egy adott időszakban mért páratartalom és légnyomás viszonya a tejhozam szempontjából. Látható, hogy a viszonylag magas légnyomás melletti magas páratartalom jótékonyan hat a tejhozamra. Alacsonyabb páratartalom mellett a magas légnyomás alacsony hozamhoz vezet

(Egyedi, hőtérképes elemzés az Insights Platform adatai alapján)

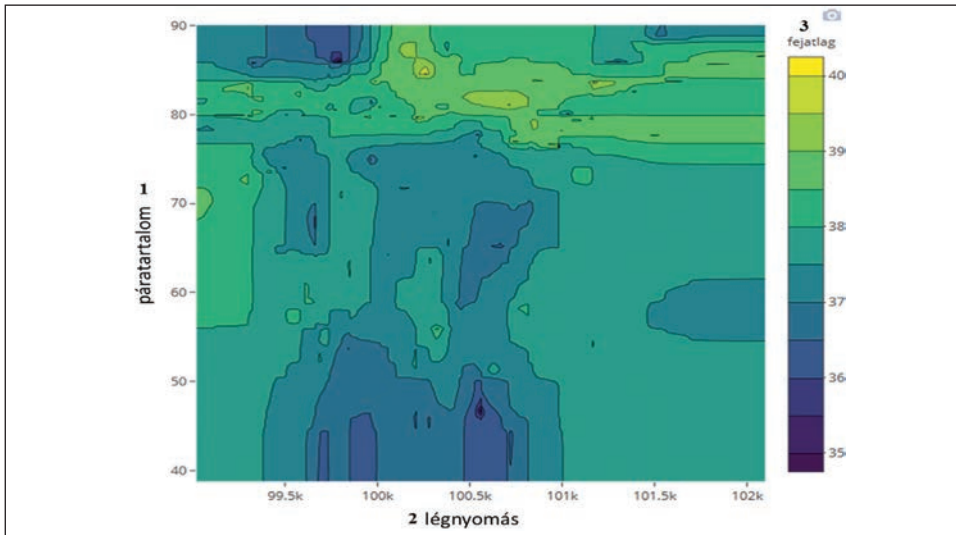


Figure 10. More complex analysis based on the data collected

Relationship between humidity and barometric pressure in milk production over a period of time. It can be seen that high humidity at relatively high air pressure has a beneficial effect on milk yield. At lower humidity, high air pressure leads to low yields.

humidity (1); air pressure (2); average milk production (3)

**11. ábra** Képernyőkép a várható páratartalom előrejelzéséről az Insights Platformon meteorológiai és a helyszínen gyűjtött adatok alapján  
A szürke terület az előrejelzés valószínűségét mutatja.  
(képernyőkép, Tarr Z., 2019.08.03.)

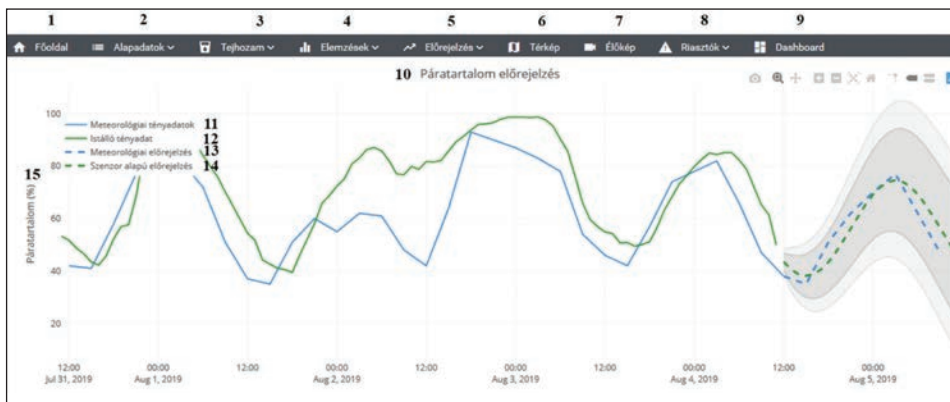


Figure 11. Screenshot of predicted humidity on Insights Platform - based on meteorological data and data collected on site

The gray area indicates the probability of the forecast.

home (1); basic data (2); milk yield (3); analytics (4); prediction (5); map (6); live cam (7); alerts (8); dashboard (9); humidity prediction (10); actual meteorological data (11); actual on site data (12); forecasted meteorological data (13); sensor based on site forecasted data (14); humidity (15)

az egyszer begyűjtött adatokat „nem felejtí”, azokat a későbbi számításokhoz is felhasználja és számítási módszereit folyamatosan finomítja.

Összegésként tehát megállapítható, hogy a tehének közvetlen környezetének vizsgálata és elemzése segíthet abban, hogy célzott megoldásokkal tudjunk állataink állapotán javítani, és az állatjóléti szempontok érvényesítésével a nagyüzemi állattartás termelékenységét tovább emelni. Adatgyűjtő és –elemző megoldásunk télen-nyáron segítheti az állatok tartási körülményeinek pontosabb megismerését, a megfelelő beavatkozások végrehajtását és a rendelkezésre álló információk alapján a gazdálkodással összefüggő döntések meghozatalát. A bemutatott kezdeményezés ígéretes eredményekkel kecsegtet már a megvalósítás jelenlegi szakaszában is.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Cheong, P.S. - Bergs, J. - Hawinkel, C. - Famaey, J. (2017): Comparison of LoRaWAN Classes and their Power Consumption. 10.1109/SCVT.2017.8240313.
- de Carvalho Silva, J. - Rodrigues, J. - Alberti, A. - Šolić, P. - Aquino, A. (2017): LoRaWAN - A Low Power WAN Protocol for Internet of Things: a Review and Opportunities. Proc. Internat. Multidisciplinary Conf. Computer and Energy Science (SpliTech 2017), Split, Croatia.
- Depuyd, J. (2016): LoRaWAN simply explained, in Jensd’s I/O buffer, <http://jensd.be/755/network/lorawan-simply-explained> (letöltve: 2019. 06.30.)
- Mekkia, K. - Bajica, E. - Chaxela, F. - Meyerb, F. (2019): A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment., ICT Express 5. 1-7.

Naumann, H. (2018): NB-IoT versus SIGFOX, LoRaWAN, and Weightless – power / energy the inconvenient truth. <http://www.gsm-modem.de/M2M/iot-university/nb-iot-power-consumption/> (letöltve: 2019.07.12.)

Rutter, M. (2011): What sensors work for livestock now and where might we go? Harper Adams University, The National Centre for Precision Farming. <http://www.nrn-lcee.ac.uk/documents/8.MarkRutterLivestockSensors.pdf> (letöltve 2019.06.27.)

Solymosi, N. - Torma, C. - Kern, A. - Maróti-Agóts, Á. - Barcza, Z. - Könyves, L. - Reiczigel, J. (2010): Az évenkénti hőstresszes napok számának változása Magyarországon a klímaváltozás függvényében. In 36. Meteorológiai Tudományos napok: Változó éghajlat és következményei a Kárpát-medencében, Budapest

*http\_1* <https://smartmakers.io/en/lorawan-range-part-1-the-most-important-factors-for-a-good-lorawan-signal-range/>

*http\_2* <https://www.soselectronic.hu/articles/sos-supplier-of-solution/internet-of-things-2-resz-vezetek-nekuli-adatatviteli-technologiak-2043>

*http\_3* <https://www.semtech.com/lora/what-is-lora> ; <https://lora-alliance.org/about-lorawan>

*http\_4* <https://www.sigfox.com/en/sigfox-iot-technology-overview>

*http\_5* [https://prohardver.hu/teszt/narrowband\\_iot/a\\_narrowband-iot.html](https://prohardver.hu/teszt/narrowband_iot/a_narrowband-iot.html)

*http\_6* <https://smartmakers.io/en/lorawan-range-part-2-range-and-coverage-of-lorawan-in-practice/>

*http\_7* <https://blog.st.com/lora-iot-network-nucleo-lrwan1/>

*http\_8* <http://wizzilab.com/product/sh2050-nucleo32-usb>

Érkezett: 2019. augusztus

*Szerzők címe:* Alföldi L.  
Holstein Genetika Kft.  
*Authors' address:* Holstein Genetika Ltd.  
H-2100 Gödöllő  
Pattantyús Ábrahám krt. 11.

Tarr Z.  
Quinto Solutions Kft.  
Quinto Solutions Ltd.  
H-1054 Budapest  
Báthory utca 20. II. emelet 2.



## **A TEJELŐ SZARVASMARHA TENYÉSZTÉSÉNEK ÉS TARTÁSÁNAK ÚJ KIHÍVÁSAI AZ AUTOMATIZÁLT TECHNOLÓGIAI RENDSZEREK TÜKRÉBEN**

HÚTH BALÁZS – ZUBOR TIBOR – TÓTH TAMÁS – HOLLÓ GABRIELLA

### **ÖSSZEFOGLALÁS**

A tejtermelés technológiai folyamatainak (fejés, takarmánykiosztás) részbeni vagy teljes automatizálása már nem a távoli jövő, hanem a jelen. A precíziós technológiai rendszerekhez nemcsak a szakembereknek, hanem tejtermelő teheneiknek is alkalmazkodnia kell. Kiemelt nemesítői feladat tehát olyan tenyészbika vonalak és tehéncsaládok kitenyésztése, amelyek a precíziós állattenyésztés és az automatizált technológiák térnyeréséhez alkalmazkodva képesek magas színvonalon hosszú ideig termelni. A rohamosan fejlődő technológiai rendszerek (fejés, tartás) mellett alapvető fontosságú a generációs intervallum csökkentése révén a genetikai előrehaladás növelése. Ennek legkézenfekvőbb módja a korszerű biotechnikai (embrió átültetés, ET) és biotechnológiai módszerek (ultrahangos petesejt kinyerés OPU, in vitro embrió-előállítás, IVP) alkalmazása a modern nemesítő munkában.

### **SUMMARY**

*Húth, B. - Zubor, T. - Tóth, T. - Holló, G.:* NEW CHALLENGES IN DAIRY CATTLE BREEDING AND KEEPING WITH RESPECT OF AUTOMATIC TECHNOLOGY SYSTEMS

Partial or complete automation of the technological processes in milk production (milking, feeding) is no longer the distant future, but the present. Precision technology systems should be adapted not only to professionals but also to their dairy cows. Our main breeding task is to breed sire lines and dams that are able to produce high quality for a long time, adapting to the rise of precision animal breeding and automated technologies. In addition to rapidly evolving technological systems (milking, keeping), it is essential to increase genetic progress by reducing the generation interval. The most obvious way to do this is to use modern biotechnical (embryo transfer) and biotechnological (ovum pick up, in vitro embryo production) methods in modern breeding process.

## BEVEZETÉS

A tejtermelés technológiai folyamatainak (fejés, takarmánykiosztás) részbeni vagy teljes automatizálása már nem a távoli jövő, hanem a jelen. A fejőrobotok alkalmazása Nyugat-Európa tejtermelő gazdaságaiban lassan már két évtizedes múltra tekint vissza. A kezdetekhez képest a berendezések sokat korszerűsödtek, egyre megbízhatóbbá váltak, és elterjedésükkel arányosan áruk is csökkent. A nagy tejtermelési múlttal rendelkező Franciaországban például a 2018-as esztendőben már több új fejőrobotot üzemeltetnek be, mint hagyományos (fejőházi) fejéstechnológiát, a tendencia tehát egyértelmű.

Hazánkban jelenleg még csak néhány üzem alkalmazza ezt a technológiát, és az üzemeltetésük során szerzett gyakorlati tapasztalataik is meglehetősen vegyes képet mutatnak. Ugyanakkor bármilyen legyen is ez a kép, jó eséllyel nálunk is növekedni fog a fejőrobotok aránya, amelyet az elmúlt időszak technológia fejlesztései, valamint a megvalósuló új beruházások is visszaigazolnak.

A precíziós technológiai rendszerekhez nemcsak a szakembereknek, hanem tejtermelő teheneiknek is alkalmazkodnia kell. Kiemelt nemesítői feladatunk tehát olyan tenyészbika vonalak és tehéncsaládok kitenyésztése, amelyek a precíziós állattenyésztés és az automatizált technológiák térnyeréséhez alkalmazkodva képesek magas színvonalon hosszú ideig termelni. A rohamosan fejlődő technológiai rendszerek (fejés, tartás) mellett alapvető fontosságú a generációs intervallum csökkentése révén a genetikai előrehaladás növelése. Ennek legkézenfekvőbb módja a korszerű biotechnikai (ET) és biotechnológiai módszerek (OPU, IVP) alkalmazása a modern nemesítő munkában.

## PRECÍZIÓS MONITORING RENDSZEREK A TEJELŐ SZARVASMARHA TENYÉSZTÉSBN

Az elmúlt évszázadban a tejtermelő farmok mérete egyre növekedett, ezzel párhuzamosan jelentősen megnőtt a fajlagos tejhozam, a minőségi követelmények is egyre szigorodtak emellett, hogy a szakképzett munkaerő egyre kevésbé állt rendelkezésre. Mindennek következtében világszerte egyre elterjedtebbé váltak az automata fejőrendszerek és a fenti tényezőknek köszönhetően az állatok egészségi állapotának és a termékenységének real-time monitorozása is egyre fontosabbá vált.

A tejelő szarvasmarha-tartásban napjainkban alkalmazott precíziós monitoring technológiák az egyed élettani paramétereinek, viselkedési és termelési jellemzőinek mérésére használhatók (*Hogeveen és mtsai, 2010*). A szenzorok alkalmazásával a menedzsment hatékonysága és a telep jövedelmezősége egyaránt növelhető (*EI-Osta és Morehart, 2000*). *De Koning (2010)* szerint azok a termelők, akik az automatizált technológiákat alkalmazzák 29% körüli munkabér megtakarítást könyvelhetnek el, ami jelentős tétel, különösen a nagy tejtermelő farmok esetében.

A precíziós monitoring során az alábbi jellemzőket értékelik:

- az állati jóllét (stressz faktorok és metabolikus betegségek),
- a mozgáson alapuló viselkedésváltozások (ivarzás és sántaság detektálása),

- hőmérséklet és pH mérése (az egészségi állapot jellemzésére, ivarzás, ellés előjelzésére és a bendő funkciók meghatározására),
- testsúly, kondíció alakulása,
- tejösszetétel meghatározása.

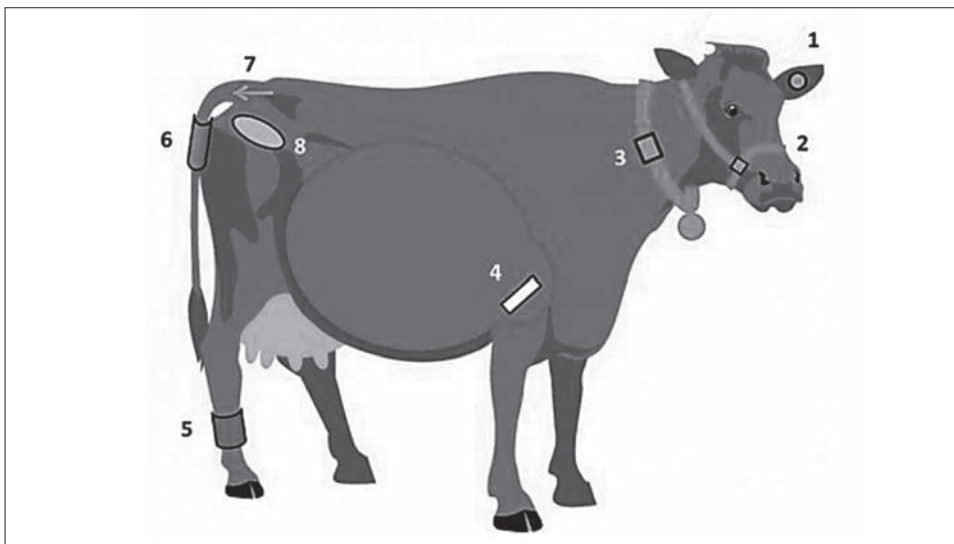
*Rutten és mtsai* (2013) szerint a szenzor rendszerek négy különböző fejlettségi kategóriákra különíthetők el:

- I. kategória: a viselkedés jellemzésére képes (pl. aktivitásmérők);
- II. kategória: az érzékelő által mért adatokat összesíti és magyarázza (pl. megnövekedett aktivitás) annak érdekében, hogy képet adjon a tehén állapotáról (pl. ivarzás detektálás);
- III. kategória: az információkat kombinálni képes (ökonómiai jellemzők) és ez alapján javaslatot ad (pl. inszenimálható az egyed vagy nem);
- IV. kategória: automatikusan döntést hoz (pl. jelez az inszeminátornak).

Egy másik megközelítésben a szenzorokat két csoportra osztják aszerint, hogy a tehénhez *rögzítettek* - testén hordható vagy testébe ültetett) - vagy az állathoz *nem közvetlenül rögzített* típusúak (1. ábra).

A tehén testén kívül elhelyezkedő szenzoroknál a mérés általában akkor történik, amikor az állat az érzékelő alatt, vagy azon keresztül áthalad. Az automata

1. ábra Az állatra rögzített eszközök helye  
(Caja és mtsai, 2016)



füljelző (1), kötőfék (2), nyak (3), bendő bólusz (4), hátsó láb pedométer (5), felső farokgyűrű (6), faroktó (7), hüvelyi bólusz (8)

Figure 1. Location of attached devices for data collection in animal

ear tag (1); halter (2); neck (3); rumen bolus (4); rear leg pedometer (5); upper tail ring (6); tail head (7); vaginal bolus (8)

fejőrendszerekben történő real-time és automata adatgyűjtés is ebbe a kategóriába sorolható, amikor az infravörös vagy lézer kamerák által rögzített adatok segítségével a tejjösszetételről (szomatikus sejtszám, OCC, DeLaval) és az állat kondíciójáról (3Dimaging- 'DeLaval BCS') is képet kapunk.

Az állatra rögzített szenzorokkal, az aktivitást (*Roelofs és mtsai*, 2005), a táplálkozást (*Kononoff és mtsai*, 2002), és a kérődzést (*Goldhawk és mtsai*, 2013) lehet detektálni. Az aktivitásmérők a nyakra rögzítettek; ilyen pl. az *Alpro* (DeLaval, Tumba, Svédország), *Heatime* (SCR Engineers Ltd., Netanya, Izrael), *HeatPhone* (Medria, Châteaubourg, Franciaország), és a *MooMonitor* (DairyMaster, Tralee, Írország). Az állás és a fekvési idő monitorozására a lábra erősített érzékelők alkalmasak: *IceTag3D* (IceRobotics Ltd, Edinburgh, Skócia), *AfiAct Pedometer Plus* (Afimilk, Izrael), *CowScout S Leg* (Gea Farm Technologies GmbH, Bönen, Németország), és *IceQube* (IceRobotics Ltd, Edinburgh, Skócia), hogy csak néhányat említsünk a ma használatos szenzorok közül (*Jónsson és mtsai*, 2011).

Az állat viselkedése alapján – vagyis a nem megfelelő táplálkozási, ivási és mozgási jellemzők megfigyelésével – több egészségügyi probléma is feltárható (*Weary és mtsai*, 2009). Így például a megnövekedett pihenési idő azt jelzi, hogy az állat beteg (*Hart*, 1988). A tehének viselkedési reakciói alapján az egyed energiaellátottságról is képet kaphatunk (*Hart*, 1988). A csökkent kérődzési (*Calamari és mtsai*, 2014), mozgási (*Titler és mtsai*, 2015), és táplálkozásra fordított idő (*Bikker és mtsai*, 2014), valamint a megnövekedett bendő hőmérséklet, (*AlZahal és mtsai*, 2009), továbbá a mozgás és fekvési idő arányának változása (*Sepulveda-Varas és mtsai*, 2014) metabolikus betegedések szignáljai lehetnek. A metabolikus betegségek viszont jelentős hatással lehetnek az állat későbbi teljesítményére, amelyek észlelése hagyományosan vizuálisan, illetve kiegészítő vér, vizelet és tejminták analízise alapján történik (*Sepulveda-Varas és mtsai*, 2014). Az automatikus szenzorok segítségével a beteg állatok átlagosan 4 nappal korábban elkülöníthetők, mint a hagyományos módszerekkel (*Quimby és mtsai*, 2001), ennek révén a tejhozam csökkenés és az állatorvosi kezelési költség mértéke is csökkenthető (*González és mtsai*, 2008).

A fekvés idejét leginkább a laktáció stádiuma befolyásolja, a tejelő napok számának növekedésével párhuzamosan ugyanis egyre hosszabb a fekvési idő (*Munksgaard és mtsai*, 2005, *Ito és mtsai*, 2014). Ezzel szemben rövidebb a fekvés ideje a nagy tejtermelésű teheneknél (*Fregonesi és Leaver*, 2001). Ezen túlmenően a fekvés idejét az állat egészségi állapota is befolyásolja, így például a sánta tehének hosszabb időt töltenek fekvéssel, mint egészséges társaik (*Chapinal és mtsai*, 2009). Az állás és a fekvés idejében történő változások a sántaság (*Proudfoot és mtsai*, 2010), a nehézellés (*Proudfoot és mtsai*, 2009) és a szubklinikai hipokalcémia (*Jawor és mtsai*, 2012) előrejelzésére egyaránt alkalmasak.

Korábban *Risco és mtsai* (2005) javasolták, a testhőmérséklet mérését, amelynek révén az állatok élettani állapota megítélhető, mivel a különböző betegségek (méhgyulladás, masztitisz, sántaság) esetén a testhőmérséklet megemelkedik (*Schutz és Bewley*, 2009). A gyakorlatban a legegyszerűbb és legelterjedtebb módszer a testhőmérséklet meghatározására a rektális hőmérséklet mérése (*Burfeind és mtsai*, 2010). Az ellés utáni 5-10 napban a rektális hőmérséklet rendszeres mérésével könnyen megítélhető, hogy melyik állat esetében szükséges beavatkozás, így a tejhozam csökkenése megelőzhető, kisebb lesz a kezelési költsége valamint a kiesés mértéke (*LeBlanc és mtsai*, 2002).

A bendő hőmérsékletének mérése közvetett módszer a tehén belső testhőmérsékletének mérésére. Az eljárás során a bendő bóluszt szájon át juttatják az állat bendőjébe, majd az folyamatosan méri a bendő hőmérsékletét (Adams és mtsai, 2013). Kutatási eredmények azt mutatták, hogy a rektális és a bendő hőmérséklete között pozitív kapcsolat van ( $r = 0,645$ ), és bendőben mért hőmérséklet mintegy  $0,45 \pm 0,33^{\circ}\text{C}$  nagyobb, mint a rektálisan mért hőmérséklet (Bewley és mtsai, 2008a). Ugyanakkor a bendő hőmérsékletét számos egyéb tényező: környezeti hőmérséklet, a laktáció stádiuma, az ivarzás, a takarmány és a vízfelvétel mértéke, valamint az állat általános egészségi állapota is befolyásolja (Bewley és mtsai, 2008b). Az újabb fejlesztésű bendőkapszulák segítségével a bendő pH, a hőmérséklet és a nyomás is mérhető, ennek révén az anyagcserebetegségek (pl. szubakut bendő acidózis, ketózis) és az állat aktivitása (víz és takarmányfogyasztás gyakorisága, mozgás) közötti kapcsolatok is felderíthetők.

A tejhozam folyamatos mérésével számos metabolikus betegség előre jelezhető. Goff (2008) szerint ketózis esetében napi 4-10 kg, míg szubklinikai ketózis esetén 1-3 kg tejmenyiség csökkenés figyelhető meg, ezért az ellés utáni hetekben a tejhozam változásának detektálása az egyed egészségügyi státuszának megítélésében rendkívül hasznos, ezt kombinálva az aktivitás mérésével a betegségek korán előre jelezhetők (Edwards és Tozer, 2004).

Az ivarzó állatok hatékony felismerése minden tejelő tehenészeti telepen fontos feladat, mert a nem megfelelő időben történő inszeminálás közismerten eredménytelen termékenyítéshez vezet, ami a fertilitási mutatók romlása mellett a vállalkozás jövedelmezőségére is hatással van. Az optimális termékenyítési időpont meghatározásához olyan ivarzás felismerő módszerre van szükség, ami akár a nap 24 órájában költséghatékonyan és megbízhatóan érzékeli az ivarzást minden egyes állat esetében. Számos módszer ismert az ivarzás detektálására a vizuális megfigyeléstől kezdve a különböző aktivitás- és hőmérsékletmérők (rektális hőmérő) mellett a vér és a tej progeszteron szintjének méréséig. Progeszteronszint mérése a tejből akár folyamatosan, teljesen automata módon (in line), is történhet, de számos fél-automata eljárás is elérhető a különböző cégek kínálatában.

A napi takarmányfelvételben és a táplálkozási viselkedésben (kérődzési idő) bekövetkező változások jó indikátorai az állat egészségi állapotának (Urton és mtsai, 2005). A kérődzés monitorozása vizuális (Couderc és mtsai, 2006) vagy videó felvételekkel (Lindström és mtsai, 2001) történő értékelése munka- és időigényes folyamat, emellett egyidejűleg csak kevés egyed megfigyelését teszi lehetővé. Napjainkban az állkapocshoz rögzített mozgás érzékelőkkel a rágás és a kérődzés monitoringja megoldható. Az eredmények alapján megállapították, hogy az ellést követő első 10 napban a kevesebb kérődzés általában valamilyen egészségügyi problémát jelez (Soriani és mtsai, 2012).

### *Fejhetőség és temperamentum*

Az elmúlt két évtizedben a tejtermelő szarvasmarhák tenyésztési programjaiban olyan – újabban funkcionálisnak nevezett - értékmérő tulajdonságok is megjelentek (Miglior és mtsai, (2005), mint például a fejés alatti temperamentumot vagy a fejési sebességet, amely tulajdonságokra a szelekcióban korábban csak

kevés figyelmet fordítottak. A fejés alatti temperamentum leírható a fejés alatti magatartással, a könnyű kezelhetőséggel vagy az agresszivitás meglétével (pl. a fejőkelyhek lerúgásával). A tehenek stresszes állapota a fejési folyamat során toporgó viselkedésükben (sokszori lábemelgetésben) jut kifejezésre (Bremner, 1997, Breuer és mtsai, 2000), amely viselkedési mintázatot leggyakrabban a féltős és ideges állatok mutatják (Wenzel és mtsai, 2003). Rúgás leggyakrabban az ember által végzett tőgyelőkészítés során tapasztalható (Hagen és mtsai, 2004). A fejés műveleteiből adódó stressz nagyobb hatással van az ideges egyedekre, mert azok kisebb hatékonysággal birkóznak meg vele, szemben a nyugodt egyedekkel. Egy ideges tehen fejése nemcsak több időt vesz igénybe (Rushen és mtsai, 1999), de toporgása és rugdosása révén megsebesítheti a fejt, illetve a fejőkelyhek is leeshetnek, ami növeli a nyerstej csíraszám emelkedésének kockázatát. Van Reenen és mtsai (2002) elsőlaktációs tehenek viselkedését (lépések és rúgások számát) és szívritmusát figyelték meg a fejések alkalmával, a laktáció 2-ik és 130-ik napja között. Egyes elsőborjas tehenek számára a fejés a laktáció elején nagyobb stresszel járt, ugyanakkor voltak olyan tehenek, amelyeket az új technológia egyáltalán nem zavart. Az elsőborjas tehenek fejés alatti lábmozgásait jegyezték fel a fejőkelyhek felrakásakor Sutherland és Dowling (2014). Negatív összefüggést mutattak ki a lábmozgások és a tejhozam között, a laktáció első ( $r = -0,26$ ) és hatodik hetében ( $r = -0,23$ ), ugyanakkor nem tapasztaltak kapcsolatot a lábmozgások és a fejés időtartama, illetve a fejési sebesség között. Svéd kutatók is arról számoltak be elsőborjas svéd vörös és holstein-fríz teheneket vizsgálva, hogy a fejés alatt végzett lábmozgások aránya negatív összefüggésben van ( $r = -0,32$ ) a leadott tejmennyiséggel (Hedlund és Lovlie, 2015). Gergovska és mtsai (2014) bolgár feketetarka tehenekkel végzett vizsgálataiban a fejés alatti temperamentum lényeges hatással volt a tejhozamra. Ugyanakkor feltevésükkel ellentétben a nyugtalanabb teheneknek volt magasabb az egész laktációra vonatkoztatott átlagos napi tejhozama (18,28 kg) a nyugodtabb tehenekéhez képest (16,73 kg). A nyugodt tehenek laktációs görbéje viszont kiegyenlítettebb volt nyugtalanabb társaikkal összehasonlítva, tejhozamuk ugyanakkor alacsonyabb volt a laktáció elején és csúcán 1,0, illetve 1,7 kg-mal.

A fejési sebesség szintén fontos jellemző, ugyanis egy lassú tejleadású tehen megszakíthatja a fejőházban a folyamatos állatforgalmat. A fejés alatti temperamentum értékelése szubjektív módon 5 pontos lineáris skálán történik (1 = nagyon ideges, 2 = ideges, 3 = átlag, 4 = nyugodt, és 5 = nagyon nyugodt); míg a fejési sebesség rögzítése a legtöbb fejőházi rendszerben ma már automatikus.

Kanadai holstein-fríz állományokban a fejés alatti temperamentum öröklődhetőségét 0,05-0,08 közötti értéknek találták (Hayes, 1998; Sewalem és mtsai, 2002), Cue és mtsai (1996) pedig új-zélandi holstein-fríz esetében 0,14-es  $h^2$  értékről számoltak be. A fejési sebesség genetikai paramétereire vonatkozóan Meyer és Burnside (1987) 0,21-es öröklődhetőségi értéket közöltek. Újabbán, Wiggans és mtsai (2007) amerikai brown swiss (svájci barna) esetében hasonló, 0,22-es, értékről tudósítottak, Sørensen és mtsai (2000) pedig 0,35, 0,27 és 0,17-es öröklődhetőségi értékeket állapítottak meg a dán vörös, a dán holstein és a dán jersey fajtákban. Dodenhoff és Emmerling (2009) szerint az átlagos fejési sebesség  $h^2$  értéke 0,21-0,40 változik a különböző laktációkban. Sewalem és mtsai (2011) eredményei szerint a pozitív genetikai korreláció a fejés alatti tem-

peramentum és a fejési sebesség között azt jelzi, hogy az átlagos vagy nyugodt temperamentumú tehenek tejleadása gyorsabb és rövidebb a fejési ideje, míg az ideges állat lassabban adja le a tejet, így a fejési idő is hosszabb.

A tejtermelés szempontjából tehát hátrányos az ideges vérmérséklet, ugyanis annak hatására nő a visszatartott tej mennyisége (*Van Reenen és mtsai, 2002*) és a fejési idő (*Rushen és mtsai, 1999*). Egyesek szerint emellett csökken a tej termelése is (*Lawstuen és mtsai, 1988*), továbbá romlik a tej összetétele is (*Gulyás és mtsai, 2013*). Mindezek tőgyegészségi problémákat idézhetnek elő, ami jövedelem kiesést eredményez. A fejési viselkedés megértésével, valamint a vérmérséklet és a tejtermelési mutatók közötti összefüggések részletes és pontos feltárásával a fejési művelet könnyebben és gyorsabban elvégezhető lenne, elkerülhetők lennének a gondozói sérülések, a rossz tejminőség, az alacsony tejmennyiség, így összességében a bevételkiesés. Ezen kívül az állatok fejési vérmérsékletének értékelése, az állati jóllét biztosításának egyik szempontja is lehet azáltal, hogy rávilágít a fejés során bekövetkező jólléti problémákra. Összességében tehát megállapítható, hogy a szarvasmarhák temperamentumának megismerésével, adott telepi körülmények között elősegíthetjük az állatok technológiákhoz, illetve kezelésekhez való alkalmazkodását, ezáltal lehetőség nyílik termelőképességük, kezelhetőségük és jóllétük javítására (*Kosztolányiné, 2018*).

Saját vizsgálataink során (*nem publikált adatok*) a fejés alatti temperamentumot a fejőkehelyek lerúgásának gyakoriságával jellemeztük. Összesen 56 magyartarka és 52 holstein-fríz tehen esetében szignifikáns eltérést állapítottunk meg fejőkehely lerúgásának gyakorisága és a laktációs szám között. Az első laktációban 82% illetve 71% volt a lerúgások aránya a holstein-fríz, illetve a magyartarka esetében. Az összes vizsgált fejésszámot tekintve (magyartarka:13568, holstein-fríz:13280) a magyartarka esetében 2,45% és a holstein-fríznél 4,38%-ban fordultak elő fejőkehely lerúgások. A magyartarkánál az állomány 42%-nál tapasztaltunk fejőkehely lerúgást, a holstein-fríz esetében ez az arány lényegesen nagyobb (80%) volt. A laktáció előrehaladtával a magyartarka esetében a lerúgások gyakorisága csökkent, míg holstein-fríznél a laktáció közepén is gyakoriak voltak a fejőkehely lerúgások.

## AUTOMATA FEJÉSI RENDSZEREK

Az automata fejési rendszerek hatékonyságának fejlesztése érdekében rendkívül fontos megérteni és értékelni a tehenek és a robot viszonyát. A hagyományos fejéssel szemben, amikor a tehenek azonos időben kerülnek fejésre, az automata rendszerben a tehenek fejési ideje naponta változik. Az automata fejőrendszerek hatékonyságát a napi tejhozam és a robot látogatások gyakorisága mellett az eredményes fejések száma, a visszautasított és téves fejések száma is befolyásolja. A legtöbb tehen önként meglátogatja a robotot, de vannak olyan egyedek az állományban, amelyeket a dolgozóknak kell a robothoz hajtani, annak ellenére, hogy rendelkeznek érvényes fejési engedéllyel. Ezeket az állatokat a robot szoftvere jelzi a gondozók számára. A tehenek nagyobb része (67%-a) 6 és 12 óra közötti gyakorisággal látogatja a robotot, míg a 11%-uk ennél rövidebb, 21,5%-uk pedig ezt meghaladó időintervallum alatt (*Gygax és mtsai, 2007*). Egy kanadai tanulmány szerint a tehenek 4 - 25%-t kell a robothoz terelni (*Rodenburg és House,*

2007). Összességében tehát a fejési gyakoriság növelésével és a robotot önként nem látogató tehenek számának csökkentésével érhető el a legjobb eredmény.

A rangsorban elől álló, domináns, tehenek kevesebb időt töltenek várakozással, mint alárendelt társaik (*Melin és mtsai*, 2005), így a rangsorban hátrébb álló tehenek fejési gyakorisága tipikusan kisebb, mint a domináns teheneké. Ennek oka, hogy az előváróban a negatív társas interakciók nagyobb száma miatt, a következő alkalommal, csökken motivációjuk a robot felkeresésére (*Jacobs és mtsai*, 2012).

*Jurkovich és mtsai* (2017) vizsgálatai szerint a hagyományos fejéssel szemben a robotfejés kevesebb stresszt okoz a tehenek számára, mint a hagyományos fejőházi fejés.

Azoknál a teheneknél, amelyek fejése megghiúsul – akár a berendezés akár a tehen hibája miatt – az tapasztalható, hogy ezt követően kevesebb tejet termel a következő fejési alkalommal (*Bach és Busto*, 2005), de hamarabb meglátogatja a robotot, így csökkentve annak hatékonyságát (*Stefanowska és mtsai*, 1999), valamint növeli a masztitisz előfordulásának gyakoriságát (*Stefanowska és mtsai*, 2000). A robot által visszautasított tehenek száma szintén csökkenti a rendszer hatékonyságát, hiszen a robotot azok a tehenek foglalják el, amelyek nem rendelkeznek érvényes fejési engedéllyel, szemben a várakozó, de érvényes fejési engedéllyel bíró egyedekkel.

*Tremblay és mtsai* (2016) azt tapasztalták, hogy a szabad tehen forgalmú rendszerben a tejmenyiség nagyobb volt az irányított forgalmú rendszerrel szemben. A szabad forgalmú rendszerben a tehenek szabadon mozoghatnak az etető-, a pihenőhely és a fejőrobot területén, míg az irányított forgalmú rendszerben a tehenek mozgása korlátozott, először a fejéshez irányított és csak ezt követően az etető illetve pihenőhelyre.

*Siewert és mtsai* (2019) eredményei rámutatnak arra, hogy az elsőborjas tehenek teljesítménye a robotfejés esetén elmarad a többször ellett tehenekétől. Az elsőborjas tehenek a szabad forgalmú robot fejőrendszerben a laktáció 210. napjáig kevesebb tejet termeltek, mint a többször ellett társaik, ezzel szemben az irányított forgalmú rendszerben csak a laktáció végén egyenlítődt ki a két csoport tejtermelése. Mindkét rendszerben kevesebb alkalommal látogatták a robotot az egyszer ellett tehenek és a megghiúsult fejések száma is nagyobb volt ebben a csoportban. A laktáció első hetében ugyanakkor jelentős eltéréseket tapasztaltak a két csoport között, az elsőborjas tehenek naponta több megghiúsult fejésszámot produkáltak, mint a többször ellett tehenek. A laktáció további időszakában viszont ez a különbség már csökkent. A visszautasított fejések száma kevésbé gyakori a laktáció első két hetében az egyszer elletteknél, megegyezik a 3. héten, de sokkal gyakoribb a laktáció későbbi stádiumaiban.

### *Takarmányozás automatikus fejési rendszerekben*

A hagyományos fejés esetén az állatok szervezett, állandó és csoportos fejési és takarmányozási (TMR-alapú) gyakorlatával szemben az automata fejőrendszerekben frakcionált táplálóanyag összetételű takarmányozás zajlik, ami kellően



csalogató a tehenek számára, a többi takarmányadagot pedig az etetőhelyen ún. PMR (partial mixed ratio) kapják meg. A takarmányozás megoldása az automata fejési rendszernél ezért új kihívást jelent, hiszen ennek révén kell biztosítani a minimális számú, de egyúttal megfelelő gyakoriságú robotlátogatást. A robot látogatásának gyakorisága természetesen nemcsak takarmányozásfüggő, hanem azt számos más tényező is befolyásolja, mint például a rangsorban elfoglalt hely (Melin és mtsai, 2006), a szabad vagy irányított tehénforgalmú rendszer (Hermans és mtsai, 2003), és az egészségi állapot, főképp a sántaság (Bach és mtsai, 2007b; Borderas és mtsai, 2008).

Másrésről viszont ez a takarmányozási forma a fejés gyakoriságának növelését és a sokkal pontosabb, egyedre szabott, táplálóanyag-ellátáshoz igazodó takarmányozást tesz lehetővé, összességében tehát fokozza a termelékenységet.

Egyes korai eredmények szerint az abrak biztosítása a fejés alatt megfelelő motivációt jelent a tehenek számára, így azzal kedvező gyakoriságú robotlátogatás érhető el (Ketelaar-de Lauwere és mtsai, 1999). Halachmi és mtsai (2005) összehasonlították a limitált és a maximális mennyiségű abraketetés hatását a fejési gyakoriságra és azt tapasztalták, hogy az önkéntes robotlátogatások számát az abrak mennyisége lényegesen nem befolyásolta. Hasonló következtetésre jutottak egy másik kísérletben Bach és mtsai (2007a) is. Úgy tűnik tehát, hogy a fejési szám növekedésére a nagyobb mennyiségű abrak etetése nincs hatással. Deming és mtsai (2013) eredményei szerint a napi kétszeri PMR fogyasztása esetén a robot látogatások gyakoribbak, és mintegy 2 órával rövidebb idejű a fejések közti intervallum, mint azoknál az állatoknál, amelyek naponta csak 1 alkalommal fogyasztottak PMR-t. Ennek alapján azt a következtetést vonták le, hogy a szabad forgalmú automata fejőrendszer esetében a PMR adagolás erős motivációs stimulus a tehenek számára.

A műszaki technológia fejlődésének köszönhetően a takarmányozás teljes automatizálása is megoldható ún. keverő-kiosztó robotokkal, amelyek kötött pályán haladva, előre programozott gyakorisággal egyenletesen osztják ki az általuk elkészített homogén keveréket a tehenek elé. A szakszerű „jászolmenedzsmennek” tehát a fejőrobottal üzemelő tehenészetekben különösen nagy jelentősége van. A „jászoltörténekek” száma ugyanis alapvetően befolyásolja a tehenek istállón belüli tartózkodását (etetőtér, pihenőtér, elővárakozó), emiatt növeli szárazanyag felvételüket és nagy szerepe van az optimális „tehenforgó” alakulásában. Az a cél, hogy a laktáció első harmadában (nagytejű szakasz) termelő tehenek naponta 3-4 alkalommal felkeressék a robotot. Nyugat-Európai és tengerentúli tapasztalatok azt mutatják, hogy ennek eléréséhez napi 9-12 jászoltörténeke az ideális, amelybe beleértjük a takarmány kiosztását és annak rendszeres feltolását is. A feltolási műveletet indukciós pályán mozgó, elektromos meghajtású robotok végzik, amelyek programozottan átmozgatják (átkeverik) és visszatolják a tehenek elé az etetőasztalra korábban kiosztott takarmányt. A keverék átmozgatásának különösen nagy jelentősége van, mert elsősorban a nyári hőségnapokon a takarmány felső része gyorsan kiszárad, ezért a tehenek azt már nem szívesen fogyasztják. A keverésének köszönhetően azonban javul a takarmány-felvételi kedv, amely kedvezően hat a bendőműködésre és ezen keresztül a tejtermelésre.

### Genetikai paraméterek

A fejés teljes automatizálásához nemcsak nekünk, szakembereknek, hanem teheneinknek is alkalmazkodniuk kell; nemcsak (tőgy)küllemben, hanem fejben is. Ezért fontos a tanulékonyág és a nyugodt vérmérséklet, hiszen az egyedeknek alkalmazkodniuk kell a teljesen automatizált környezethez. Az agresszív, társaikat folyamatosan zavaró, egyedeknek nincs helye ebben a termelési környezetben, selejtezésük alapvető tenyésztői érdek! Kiemelt nemesítési feladatunk tehát olyan tenyészbika vonalak és tehéncsaládok kitenyésztése, amelyek a precíziós állattenyésztés és az automatizált technológiák térnyeréséhez alkalmazkodva képesek hosszú ideig magas színvonalon termelni. A jó konstitúció (szervezeti szilárdság) és a nagy életteljesítmény elérése napjainkban is a tenyésztési programok részét képezi, ugyanakkor a nyugodt vérmérsékletre és a tanulékonyágra ez ideig nem végeztek közvetlen szelekciót. A korszerű telepírányítási rendszerek által objektíven rögzített számszerű paraméterek (pl. aktivitás) viszont lehetőséget nyújtanak számunkra néhány viselkedési tulajdonság szelekciós rendszerbe történő beépítésére is.

Az automata fejőrendszerekben objektív, megfelelő számú és pontos adat gyűjthető, amelyek révén a tenyésztési programokba új tulajdonságok vonhatóak be és ennek révén a robotfejésre alkalmas tehének szelektálhatók. *König és mtsai* (2006) véleménye szerint a fejési gyakoriság, mint potenciális tulajdonság a tenyésztési programokba bevonható. Néhány genetikai elemzés adatai is napvilágot láttak már, így például *Byskov és mtsai* (2012) a robotfejés során mért tulajdonságok, a tőgyalakulás (tőgybimbók koordinátái), és a fejési sebesség öröklődhetőségét jobbnak találták, mint a genetikai értékelésben eddig alkalmazott szubjektív pontozás öröklődhetőségét. *Rinell* (2013) közepes és szoros genetikai korrelációt tapasztalt a hagyományos temperamentum pontszám és a robotban a fejőkehely lerúgások száma között, ezzel azt jelezve, hogy a robot által gyűjtött adatok alkalmasak a temperamentum és a viselkedés objektív megítélésére. *Carlström és mtsai* (2013) szerint a fejési sebesség, a robotban eltöltött fejési idő, a fejési intervallum és a napi fejések száma egyaránt hasznos paraméterek a fejhetőség genetikai értékeléskor. A fejhetőség az automata fejési rendszerben nemcsak a fejési sebességet jelenti, hanem a tejmennyiséget és a robotban eltöltött időt is. A fejhetőséget így az átlagos tejhozam és a robotban eltöltött idő hányadosaként számítják ki. A fejhetőséget azonban számos tényező befolyásolja, így például a tejelő napok száma. Az ugyanis a laktáció kezdetén kisebb, ezt követően növekszik, majd a laktáció végén ismét csökken. *Húth* (2004) a napi tejmennyiség és az átlagos fejési sebesség között  $r=0,35$  összefüggést írt le. Megállapította továbbá, hogy az átlagos és maximális fejési sebesség értéke a laktáció 180. napja után csökkenő tendenciát mutat. A nagyobb tejhozam általában gyorsabb fejési sebességgel párosul, a robotban eltöltött időt pedig befolyásolja a tehén viselkedése, azaz rövidebb a fejési idő, ha a tehén nyugodtan áll a fejés alatt, míg hosszabb, ha a fejőkelyhet lerúgja. A robotban eltöltött időt befolyásolja az is, hogy a fejés után azt a tehén milyen gyorsan hagyja el.

## MODERN BIOTECHNIKAI ÉS BIOTECHNOLÓGIAI MÓDSZEREK ALKALMAZÁSA A SZARVASMARHA-TENYÉSZTÉSBEN

Napjainkban már közhelynek számít, hogy a szarvasmarha hosszú generációs intervallumú faj, tehát a tenyésztői döntés megszületésétől annak megvalósulásáig legalább 4-5 év telik el. A rohamosan fejlődő technológiai rendszerek (fejés, tartás) azonban nem engednek meg ennyi időt nekünk, tenyésztőknek. A genetikai előrehaladás csak úgy növelhető, ha csökkentjük a szarvasmarhára jellemző generációs intervallum hosszát. Ennek legkézenfekvőbb módja a korszerű biotechnikai (ET) és biotechnológiai (OPU, IVP) módszerek alkalmazása a modern nemesítési munkában.

Saját vizsgálataink során (Zubor és mtsai, 2019, publikálás alatt) első körben arra kerestük a választ, hogy a mesterséges termékenyítéssel szemben az embrió átültetés mennyire bizonyul eredményes eljárásnak a nyári időszakban nagy tejtermelésű állományokban, továbbá a rektális hőmérséklet milyen mértékben befolyásolja a tejhasznú szarvasmarha fertilitási mutatóit (vemhesülési százalék, termékenyítési index).

A 2. ábra adataiból jól látható, hogy a 39,1°C-os rektális hőmérséklet-kategóriáig az embrió-átültetéssel vemhesített üszőknél az egyedek több mint 92%-a vemhes lett, a mesterséges termékenyítésű üszőknél ez az arány 48%, míg teheneknél 16%. Ezen túlmenően az is megfigyelhető volt, hogy a mesterségesen termékenyített

2. ábra A termékenyítési index és a vemhesülési százalék alakulása a rektális hőmérséklet és az alkalmazott reprodukciós eljárás függvényében

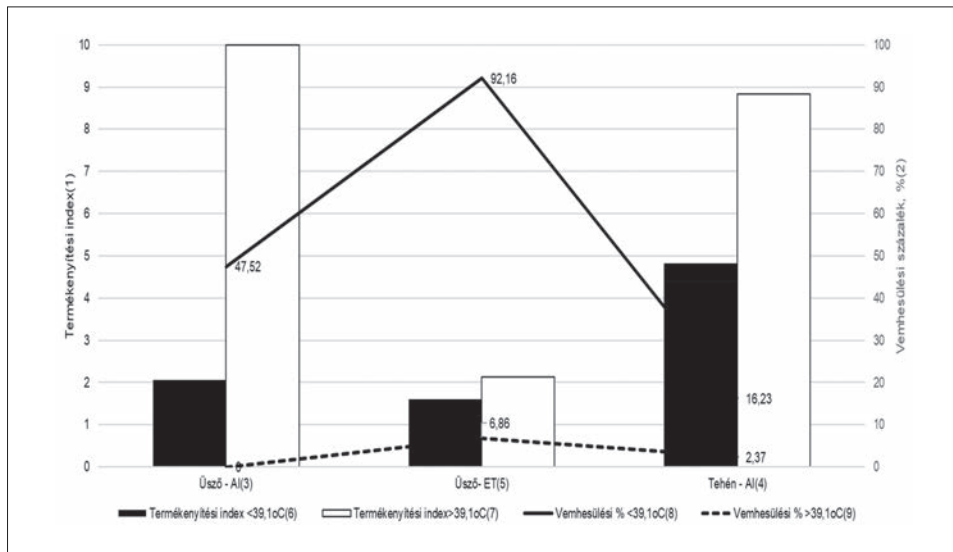


Figure 2. Alteration of service per conception and pregnancy rate according to rectal temperature and reproduction method

service per conception (1); pregnancy rate (2); heifer; artificially inseminated (3); cow; artificially inseminated (4); heifer; embryo-transferred (5); fertilization index <39.1°C (6); fertilization index >39.1°C (7); pregnancy rate <39.1°C (8); pregnancy rate >39.1°C (9)

üsző és tehén csoportoknál a 39,1°C feletti rektális hőmérséklet-kategóriákban a vemhesülési százalék számottevően már nem változik, míg az embrió-átültetéskor a vemhesülési százalék tovább javult (6,86%) még a 39,1°C feletti kategóriákban is, vagyis az egyes eljárások eredményessége hőmérséklet kategóriánként eltérő.

Eredményeink szerint a 39,1°C feletti rektális hőmérséklet-kategóriákban szignifikánsan nagyobb értékek figyelhetők meg a mesterségesen termékenyített csoportokban, ugyanakkor nem tapasztaltunk lényeges eltérést az embrió-átültetéses üsző csoportban. A 39,1°C-nál kisebb rektális hőmérsékletű kategóriájú mesterségesen termékenyített üszők és tehenek vemhesítéséhez szükséges termékenyítések száma 2; 4,8 és 1,6 volt. Efőltt a vemhesítéshez szükséges kezelések száma jelentősen nagyobb volt a mesterségesen termékenyített teheneknél (8,8), míg az embrió-átültetésű üszőknél lényegében változatlan (2,1).

A transzvaginalis ultrahangos petesejt kinyeréssel (Ovum PickUp, OPU) és az in vitro embrió előállítás (In Vitro embryo Production, IVP) a szarvasmarha generációs intervalluma akár harmadára csökkenthető, amely a tenyészcélban rögzített érték mérők esetében növeli a genetikai előrehaladást. Az OPU és az IVP technológiákkal sokszorosára növelhető a legkiválóbb genetikai értékű donor egyedektől származó ivadék szám. Ennek köszönhetően a jövőben felértékelődik a családtenyésztés szerepe az eddig hímvarra fókuszáló vonaltenyésztés mellett. A leírtak az eddigi tenyésztési programok újragondolását teszik szükségessé.

## KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A jelenlegi tendenciák azt mutatják, hogy a fejés és a takarmányozás teljes automatizációja a jövőben egyre nagyobb teret nyer. Az okok között szerepel az ágazatban mutatkozó nyomasztó minőségi szakember-hiány, valamint az innovatív technológiák használatával realizálható termelés-, valamint élelmiszerbiztonság növekedés. A precíziós technológiákhoz a tejtermelő állományoknak is alkalmazkodniuk kell, ezért felértékelődtek a modern tenyésztési programokat szolgáló etológiai kutatások. A kitűzött tenyészcélok mielőbbi eléréséhez a szakembereknek alkalmazniuk kell azokat a modern biotechnológiai eszközöket (OPU, IVP), amelyekkel a tenyésztési célkitűzések mielőbbi realizálásán túlmenően egyidejűleg a szarvasmarha szaporodásbiológiai teljesítménye is javítható.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Adams, A. - Olea-Popelka, F. - Roman-Muniz, I. (2013): Using temperature-sensing reticular boluses to aid in the detection of production diseases in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 96. 1549-1555.
- Al Zahal, O. - Steele, M. - Valdes, E. - McBride, B. (2009): Technical note: The use of a telemetric system to continuously monitor ruminal temperature and to predict ruminal pH in cattle. *J. Dairy Sci.*, 92. 5697-5701.
- Bach, A. - Busto, J. (2005): Effects on milk yield of milking interval regularity and teat cup attachment failures with robotic milking systems. *J. Dairy Res.*, 72. 101-106.
- Bach, A. - Dinarés, M. - Devant, M. - Carré, X. (2007a): Associations between lameness and production, feeding and milking attendance of Holstein cows milked with an automatic milking system. *J. Dairy Res.*, 74. 40-46.

- Bach, A. – Iglesias, C. – Calsamiglia, S. – Devant, M. (2007b): Effect of amount of concentrate offered in automatic milking systems on milking frequency, feeding behavior, and milk production of dairy cattle consuming high amounts of corn silage. *J. Dairy Sci.*, 90. 5049–5055.
- Bewley, J. – Einstein, M. – Grott, M. – Schutz, M. (2008a): Comparison of reticular and rectal core body temperatures in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 91. 4661–4672.
- Bewley, J. – Grott, M. – Einstein, M. – Schutz, M. (2008b): Impact of intake water temperatures on reticular temperatures of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 91. 3880–3887.
- Bikker, J. – van Laar, H. – Rump, P. – Doorenbos, J. – van Meurs, K. – Griffioen, G. – Dijkstra, J. (2014): Technical note: Evaluation of an ear-attached movement sensor to record cow feeding behavior and activity. *J. Dairy Sci.*, 97. 2974–2979.
- Borderas, T.F. – Fournier, A. – Rushen, J. – de Passillé, A.M.B. (2008): Effect of lameness on dairy cows' visits to automatic milking systems. *Can. J. Anim. Sci.*, 88:1–8.
- Bremner, K.J. (1997): Behaviour of dairy heifers during adaptation to milking. *Proceedings of the New Zealand Soc. Anim. Prod.*, 57. 105–108.
- Breuer, K. – Hensworth, P.H. – Barnett, J.L. – Matthews, L.R. – Coleman, G.J. (2000): Behavioural response to humans and the productivity of commercial dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 66. 273–288.
- Burfeind, O. – Von Keyserlingk, M. – Weary, D. – Veira, D. – Heuwieser, W. (2010): Short communication: Repeatability of measures of rectal temperature in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 93.624–627.
- Byskov, K. – Buch, L.H. – Aamand, G.P. (2012): Possibilities of implementing measures from automatic milking systems in routine evaluations of udder conformation and milking speed. *Interbull Bulletin*. 46. 28–32.
- Caja, G. – Castro-Costa, A. – Knight, C. H. (2016): Engineering to support wellbeing of dairy animals. *J. Dairy Res.*, 83. 136–147.
- Calamari, L. – Soriani, N. – Panella, G. – Petrera, F. – Minuti, A. – Trevisi, E. (2014): Rumination time around calving: An early signal to detect cows at greater risk of disease. *J. Dairy Sci.*, 97.3635–3647.
- Carlström, C. – Pettersson, G. – Johansson, K. – Strandberg, E. – Stålhammar, H. – Philipsson, J. (2013): Feasibility of using milkability data from commercial automatic milking systems for genetic analysis. *J. Dairy Sci.*, 96. 5324–5332.
- Chapinal, N. – de Passillé, A.M. – Weary, D.M. – von Keyserlingk, M.A.G. – Rushen, J. (2009): Using gait score, walking speed, and lying behavior to detect hoof lesions in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 92. 4365–4374.
- Couderc, J. – Rearte, D. – Schroeder, G. – Ronchi, J. – Santini, F. (2006): Silage chop length and hay supplementation on milk yield, chewing activity, and ruminal digestion by dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 89. 3599–3608.
- Cue, R.I. – Harris, B.L. – Rendel, J.M. (1996): Genetic parameters for traits other than production in purebred and crossbred New Zealand dairy cattle. *Livest. Prod. Sci.*, 45. 123–135.
- De Koning, C. (2010): Automatic milking—common practice on dairy farms. In: *Proc. first North American conference on precision dairy management*, Toronto, Canada. 52–67.
- Deming, J.A. – Bergeron, R. – Leslie, K.E. – DeVries, T.J. (2013): Associations of cow-level factors, frequency of feed delivery, and standing and lying behaviour of dairy cows milked in an automatic system. *Can. J. Anim. Sci.*, 93. 427–433.
- Dodenhoff, J. – Emmerling, R. (2009): Genetic parameters for milkability from the first three lactations in Fleckvieh cows. *Animal*, 3. 329–335.
- Edwards, J. – Tozer, P. (2004): Using activity and milk yield as predictors of fresh cow disorders. *J. Dairy Sci.*, 87.524–531.
- El-Osta, H.S. – Morehart, M.J. (2000): Technology adoption and its impact on production performance of dairy operations. *Rev. Agr. Econ.*, 22. 477–498.
- Fregonesi, J.A. – Leaver, J.D. (2001): Behaviour, performance and health indicators of welfare for dairy cows housed in strawyard or cubicle systems. *Livest. Prod. Sci.*, 68. 205–216.

- Gergovska, Zh. – Marinov, I. – Penev, T. – Angelova, T. (2014): Effect of milking temperament on productive traits and SCC in Black-and-White cows. *Inter. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, 3. 1-11.
- Goff, J.P. (2008): The monitoring, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows. *Vet. J.*, 176. 50-57.
- Goldhawk, C. – Schwartzkopf-Genswein K. – Beauchemin, K. (2013): Technical note: Validation of rumination collars for beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 91. 2858-2862.
- González, L. – Tolkamp, B. – Coffey, M. – Ferret, A. – Kyriazakis, I. (2008): Changes in feeding behavior as possible indicators for the automatic monitoring of health disorders in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 91. 1017-1028.
- Gulyás, L. – Orbán, M. – Kovácsné Gaál, K. – Ari, M. – Tózsér, J. – Póti, P. – Pajor, F. (2013): A vérmérés-klet hatása holstein-fríz tehének tejtermelésére egy tenyészetben. *Állattenyésztés és takarmányozás*, 62. 273-280.
- Gygax, L. – Neuffer, I. – Kaufmann, C. – Hauser, R. – Wechsler, B. (2007): Comparison of functional aspects in two automatic milking systems and auto-tandem milking parlors. *J. Dairy Sci.*, 90. 4265-4274.
- Hagen, K. – Lexer, D. – Palme, R. – Troxler, J. – Waiblinger, S. (2004): Milking of Brown Swiss and Austrian Simmental cows in a herringbone parlour or an automatic milking unit. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 88. 209-225.
- Halachmi, I. – Ofir, S. – Miron, J. (2005): Comparing two concentrate allowances in an automatic milking system. *Anim. Sci.*, 80. 339-343.
- Hart, B.L. (1988): Biological basis of the behavior of sick animals. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 12.123-137.
- Hayes, J.F. (1998): Heritability of temperament in Canadian Holsteins. *Proc 6th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod. Armidale, Australia. Armidale, NSW, Australia.* 23. 391-394.
- Hedlund, L. – Løvlie, H. (2015): Personality and production: Nervous cows produce less milk. *J. Dairy Sci.*, 98. 5819-5828.
- Hermans, G.G.N. – Ipema A.H. – Stefanowska J. – Metz, J.H.M. (2003): The effect of two traffic situations on the behavior and performance of cows in an automatic milking system. *J. Dairy Sci.*, 86. 1997-2004.
- Hogeveen, H. – Kamphuis, C. – Steeneveld, W. – Mollenhorst, H. (2010): Sensors and Clinical Mastitis—The Quest for the Perfect Alert. *Sensors*. 10.7991.
- Húth, B. (2004): A gépi fejhetőség javítására irányuló szelekció lehetőségei a magyartarka fajtában. PhD értekezés, Kaposvár.
- Ito, K. – Chapinal, N. – Weary, D. – von Keyserlingk M. (2014): Associations between herd-level factors and lying behavior of freestall-housed dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 97. 2081-2089.
- Jacobs, J. A. – Ananyeva, K. – Siegford, J.M. (2012): Dairy cow behavior affects the availability of an automatic milking system. *J. Dairy Sci.*, 95. 2186-2194.
- Jawor, P. – Huzzey, J. – LeBlanc, S. – von Keyserlingk, M. (2012): Associations of subclinical hypocalcemia at calving with milk yield, and feeding, drinking, and standing behaviors around parturition in Holstein cows. *J. dairy Sci.*, 95. 1240-1248.
- Jónsson, R. – Blanke, M. – Poulsen, N.K. – Caponetti, F. – Højsgaard, S. (2011): Oestrus detection in dairy cows from activity and lying data using on-line individual models. *Comput. Electron. Agr.*, 76.6-15.
- Jurkovich, V. – Kézér, F.L. – Ruff, F. – Bakony, M. – Kulcsár, M. – Kovács, L. (2017): Heart rate, heart rate variability, faecal glucocorticoid metabolites and avoidance response of dairy cows before and after changeover to an automatic milking system. *Acta Vet. Hung.*, 65. 301-313.
- Ketelaar-de Lauwere, C.C.- Ipema, A.H. – Metz, J.H.M. – Noordhuizen, J.P.T.M. – Schouten, W.G.P. (1999): The influence of accessibility of concentrate on the behavior of cows milked in an automatic milking system. *Neth. J. Agric. Sci.*, 47. 1-16.
- Kononoff, P. – Lehman, H. – Heinrichs, A. (2002): Technical note—a comparison of methods used to measure eating and ruminating activity in confined dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 85.1801-1803.

- Kosztolányiné Szentléleki, A.* (2018): A vérmérséklet mint értékmérő tulajdonság jelentősége a hazai tejelő- és húsmarhatenyésztésben. PhD értekezés. Gödöllő.
- König, S. – Köhn, F. – Kuwan, K. – Simianer, H. – Gauly, M.* (2006): Use of repeated measures analysis for evaluation of genetic background of dairy cattle behavior in automatic milking systems. *J. Dairy Sci.*, 89. 3636–3644.
- Lawstuen, D.A. – Hansen, L.B. – Steuermagel, G.R.* (1988): Management traits scored linearly by dairy producers. *J. Dairy Sci.*, 71. 788–799.
- LeBlanc, S. – Duffield, T. – Leslie, K. – Bateman, K. – Keefe, G. P. – Walton, J. – Johnson, W.* (2002): Defining and diagnosing postpartum clinical endometritis and its impact on reproductive performance in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 85. 2223–2236.
- Lindström, T. – Redbo, I. – Uvnäs-Moberg, K.* (2001): Plasma oxytocin and cortisol concentrations in dairy cows in relation to feeding duration and rumen fill. *Physiol. Behav.* 72. 73–81.
- Melin, M. – Wiktorsson, H. – Norell, K.* (2005): Analysis of feeding and drinking patterns of dairy cows in two cow traffic situations in automatic milking systems. *J. Dairy Sci.*, 88. 71–85.
- Melin, M. – Hermans, G. – Pettersson, G. – Wiktorsson, H.* (2006): Cow traffic in relation to social rank and motivation of cows in an automatic milking system with control gates and an open waiting area. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 96. 201–214.
- Meyer, K. – Burnside, E.B.* (1987): Scope for a subjective assessment of milking speed. *J. Dairy Sci.*, 70. 1061–1068.
- Miglior, F. – Muir, B.L. – Van Doormaal, B.J.* (2005): Selection indices in Holstein cattle of various countries. *J. Dairy Sci.*, 88. 1255–1263.
- Munksgaard, L. – Jensen, M.B. – Pedersen, L.J. – Hansen, S.W. – Matthews, L.* (2005): Quantifying behavioural priorities - Effects of time constraints on behaviour of dairy cows, *Bos taurus*. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 92. 3–14.
- Proudfoot, K. – Huzzey, J. – Von Keyserlingk, M.* (2009): The effect of dystocia on the dry matter intake and behavior of Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 92. 4937–4944.
- Proudfoot, K. – Weary, D. – Von Keyserlingk, M.* (2010): Behavior during transition differs for cows diagnosed with claw horn lesions in mid lactation. *J. Dairy Sci.*, 93. 3970–3978.
- Quimby, W. – Sowell, B. – Bowman, J. – Branine, M. – Hubbert, M. – Sherwood, H.* (2001): Application of feeding behaviour to predict morbidity of newly received calves in a commercial feedlot. *Can. J. Anim. Sci.*, 81. 315–320.
- Rinell, E.* (2013): A genetic analysis of traits recorded by automatic milking systems - the possibility for a new method to evaluate temperament of dairy cows. Master thesis Swedish University of Agricultural Sciences and Norwegian University of Life Sciences.
- Risco, C. – Smith, B. – Benzaquen, M. – Melendez, P.* (2005): Monitoring health and looking for sick cows. In: Proc. 2th Florida Dairy Road Show, 7. 9.
- Rodenburg, J. – House, H.K.* (2007): Field observations on barn lay-out and design for robotic milking of dairy cows. In: Proc. 6th Int. Dairy Housing Conf., Publication Number: 701P057e.
- Roelofs, J. – Van Eerdenburg, F. – Soede, N. – Kemp, B.* (2005): Various behavioral signs of estrous and their relationship with time of ovulation in dairy cattle. *Theriogenology*, 63. 1366–1377.
- Rushen, J. – De Passillé, A.M. – Munksgaard L.* (1999): Fear of people by cows and effects on milk yield, behaviour and heart rate at milking. *J. Dairy Sci.*, 82. 720–727.
- Rutten, C. – Velthuis, A. – Steeneveld, W. – Hogeveen, H.* (2013): Invited review: Sensors to support health management on dairy farms. *J. Dairy Sci.*, 96. 1928–1952.
- Schutz, M.M. – Bewley, J.M.* (2009): Implications of changes in core body temperature. In: Proc. Tri-State Dairy Nutr. Conf., 39–50.
- Sepulveda-Varas, P. – Weary, D. – von Keyserlingk, M.* (2014): Lying behavior and postpartum health status in grazing dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 97. 6334–6343.
- Sewalem, A. – Kistemaker, G.J. – Van Doormaal, B.* (2002): Bayesian inferences for milking temperament in Canadian Holsteins. Communication no. 20–04. 7th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod., Montpellier, France.

- Sewalem, A., - Miglior, F., - Kistemaker, G. J. (2011): Short communication: Genetic parameters of milking temperament and milking speed in Canadian Holsteins, *J. Dairy Sci.*, 94. 512–516.
- Siewert, J.M. – Salfer, J.A. – Endres, M.I. (2019): Milk yield and milking station visits of primiparous versus multiparous cows on automatic milking system farms in the Upper Midwest United States. *J. Dairy Sci.*, 102. 1–8.
- Sørensen, M.K. – Jensen, J. – Christensen, L.G. (2000): Udder conformation and mastitis resistance in Danish first-lactation cows: Heritabilities, genetic and environmental correlations. *Acta Agric. Scand. Anim. Sci.*, 50. 72–82.
- Soriani, N. – Trevisi, E. – Calamari, L. (2012): Relationships between rumination time, metabolic conditions, and health status in dairy cows during the transition period. *J. Anim. Sci.*, 90. 4544-4554.
- Stefanowska, J. – Ipema, A.H. – Hendriks, M.M.W.B. (1999): The behavior of dairy cows in an automatic milking system where selection for milking takes place in the milking stalls. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 62. 99-114.
- Stefanowska, J. – Plavšić, M. – Ipema, A.H. - Hendriks, M.M.W.B. (2000): The effect of omitted milking on the behaviour of cows in the context of cluster attachment failure during automatic milking. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 67. 277-291.
- Sutherland, M.A. - Dowling, S.K. (2014): The relationship between responsiveness of first-lactation heifers to humans and the behavioral response to milking and milk production measures. *J. Vet. Behav.* 9. 30-33.
- Titler, M. – Maquivar, M. – Bas, S. - Rajala-Schultz, P.J. – Gordon, E. – McCullough, K. – Federico, P. – Schuenemann, G.M. (2015): Prediction of parturition in Holstein dairy cattle using electronic data loggers. *J. Dairy Sci.*, 98. 5304-5312.
- Tremblay, M. – Hess, J.P. – Christenson, B.M. – McIntyre, K.K. - Ben Smink, A.J. - van der Kamp, L. - de Jong, G. - Döpfer, D. (2016): Factors associated with increased milk production for automatic milking systems. *J. Dairy Sci.*, 99. 3824–3837.
- Urton, G. - Von Keyserlingk, M. – Weary, D. (2005): Feeding behavior identifies dairy cows at risk for metritis. *J. Dairy Sci.*, 88. 2843-2849.
- Van Reenen, G. - Werf van der, J.T.N. – Bruckmaier, R.M., - Hopster, H.- Engel, B. - Noordhuizen, J.P.T.M. - Blokhuis, H. J. (2002): Individual differences in behavioural and physiological responsiveness of primiparous dairy cows to machine milking. *J. Dairy Sci.*, 85. 2551-2561.
- Weary, D. - Huzzey, J. - Von Keyserlingk, M. (2009): Board-invited review: Using behavior to predict and identify ill health in animals. *J. Anim. Sci.*, 87. 770-777.
- Wenzel, C. - Schonreiter-Fischer, S. – Unshelm, J. (2003): Studies on step-kick behavior and stress of cows during milking in an automatic milking system. *Livest. Prod. Sci.*, 83. 237-246.
- Wiggans, G.R. – Thornton, L.L. – Neitzel, R.R. – Gengler, N. (2007): Genetic evaluation of milking speed for Brown Swiss dairy cattle in the United States. *J. Dairy Sci.*, 90. 1021–1023.
- Zubor, T. – Holló, G. – Pósa, R. - Nagy-Kiszlinger, H. – Vigh, Zs. – Húth, B. (2019): Effect of rectal temperature on artificial insemination and embryo transfer techniques in dairy cattle. *Acta Vet. Hung.* (közlésre benyújtva)

Érkezett: 2019. július

Szerzők címe: Húth B. - Tóth T. - Holló G.

Authors' address: Kaposvári Egyetem. Agrár- és Környezettudományi Kar  
Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences  
H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

Zubor T.

Kaposvári Egyetem. Embrió-átültető Központ  
Kaposvár University, Embryo-transfer Center  
H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.



## KORSZERŰ INFORMÁCIÓ TECHNIKA (IT) A TEJELŐ SZARVASMARHA TARTÁSBAN

TÓTH LÁSZLÓ - KOVÁCS LEVENTE - PÓTI PÉTER - ALFÖLDI LÁSZLÓ - TARR ZOLTÁN -  
SZENCI OTTÓ - TÓZSÉR JÁNOS

### ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők a szarvasmarhatartásban alkalmazott információ technikai (IT) megoldásokról mutatnak be példákat. Ismertetik az IT alkalmazását lehetővé tevő rádiófrekvenciás azonosító rendszert (*Radio Frequency Identification*, RFID) az alkalmazás alapegységeit. Szólnak a tejelő szarvasmarhatartásban alkalmazott azon egységekről, ahol teljeskörű az adatgyűjtés és az információáramlás. Az automata fejőállások mára gyakorlattá váltak és Magyarországon is tapasztalatokat szereztek az egy állásos és egy robot karral ellátott fejőberendezésekkel kapcsolatban. Irodalmi adatok alapján bemutatják a több manipuláló karral rendelkező karusszellet történő fejés, továbbá az ellés előrejelzés és az ivarzás detektálás lehetőségeit.

### SUMMARY

*Tóth, L. - Kovács, L. - Póti, P. - Alföldi, L. - Tarr, Z. - Szenci, O. - Tózsér, J.:* MODERN INFORMATION TECHNOLOGY IN DAIRY FARMING SYSTEMS

In this paper, examples for IT solutions applied in dairy cattle farming systems are reviewed. The basic elements of the RFID system are shown which enable the use of IT. Units where total data collection and information transfer are possible in dairy cattle farming systems are also presented. Automatic milking systems became common in Hungarian dairy farms, and there are experiences in one-stall and one-robot arm milking robots. Based on the existing literature, multi-arm rotary milking systems and multi-alert systems allowing prediction of calving and early detection of estrus are also presented.

## BEVEZETŐ

Az állattartásban a hatékony szelekció, a tenyészkiválasztás és a gazdaságos nevelés, az egyes állatcsoportok, valamint nagyállatoknál az egyedek ismerete nélkül nem valósítható meg. A megfelelő tenyésztési, tartási döntésekhez az egyes egyedek adatait gyorsan elérhető, naprakész adatbázisokban kell tárolni.

A termelés során kapott információk gépi összegyűjtését, az adattárolók (pl. PC), a vezérlők, valamint a szenzorok közötti kapcsolatok technikai megvalósítását az elektronikus egyedi azonosítók és ezek közül is legmegfelelőbbben a rádiófrekvenciás (RFID: *radio frequency identification*) rendszerek tették lehetővé.

## IRODALMI ÉS TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉS

Az állattartásban az információ technikát (IT) az első időszakában a kézi adatbevitel és a PC-hez tartozó folyamatvezérlő egységek manuális irányítása jellemezte. Az 1980-as évek közepétől, már a folyamatvezérlők érzékelőkkel és végrehajtó elemekkel rendelkeztek, és ezen egységek be- és kimenő jeleit (információk, parancsok) a PC-ek felügyelték, valamint megfelelő tárolókban rögzítették az egyes folyamatok adatait. A PC programja tehát a teljes termelési folyamatot ismerte, és végezte el a be-, illetve a kimenő adatok feldolgozása alapján a vezérlési funkciókat.

A PC rendszereket először a szarvasmarhatartásban a nagy értékű tehénál-

1. ábra A napjainkban alkalmazásban lévő azonosítási rendszerek  
(szerkesztette Tóth, 2018)

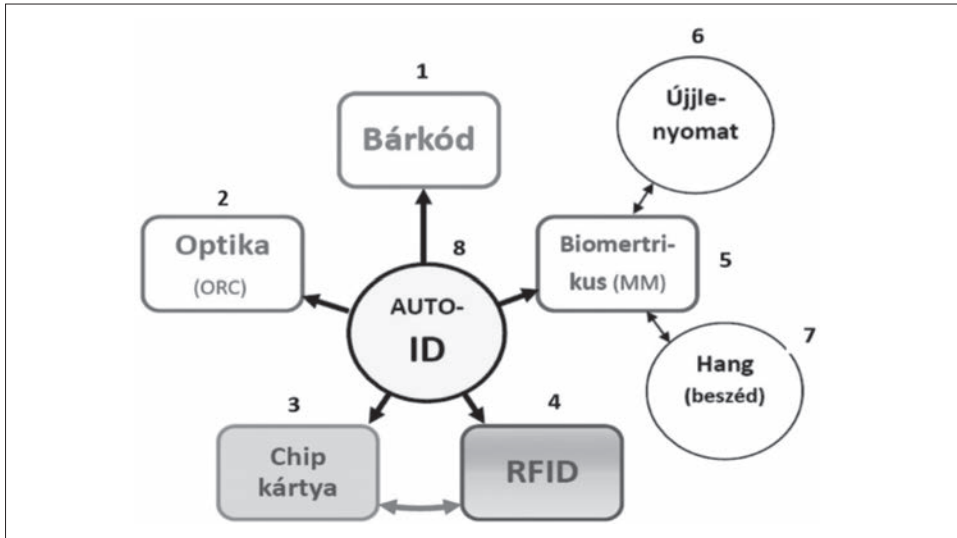


Figure 1. Identity systems nowadays

barcode (1); ORC: optical character recognition (2); chip card (3); RFID: radio frequency identification (4); biometric system (5); fingerprint (6); voice and speech (7); identity systems (8)

lomány egyes egyedeihez kapcsolódó adatok bevitelére, tárolására és szükség szerinti csoportosítására alkalmazták (Tóth és Czinkóczy, 1981).

Napjainkban, a nemzetközi gyakorlatban a 1. ábra szerinti azonosítási rendszereket alkalmazzák.

A Barcode rendszer európai szabványa az EAN (European Article Number), amely harmonizál a később fejlesztett és fejlettebb USA UPC rendszerrel (Universal Product Code). Ebben a rendszerben külön jelsor áll rendelkezésre az egyedi, a csomagolt és a nemzetközi szállítmányozási termékekre.

Az optikai rendszer (ORC: Optical Character Recognition) írások, jelek vizuális, ma már automatikus, felismerésére szolgál. Ezek megbízható rendszerei jelenleg még költségesek.

A biometrikus rendszert főként személyi jegyek megkülönböztetését szolgálja: az ujj-, kéz lenyomata, a beszéd rögzítő jelei és szem retinaformák alapján. A beszéd felismeréshez speciális szoftverre van szükség, amely valamely referenciával végez összehasonlítást.

A chipkártya vagy mikroprocesszor-kártya, megbízhatósága miatt, széles körben elterjedt. Kiolvasása viszont csak kontaktussal, vagy kisebb távolságon valósulhat meg. Nem költséges, de szennyeződésekre és sérülésekre érzékeny. Fejlettebbek az adattárolóval (EPROM: Erasable Programmable Read-Only Memory) és a lekérdező (ROM: Read-Only Memory) elemekkel is felszerelt berendezések.

A rádiófrekvenciás azonosító (RFID; Radio Frequency Identification) rendszer a chipkártyához hasonló, de nagyobb távolságból rádióhullámokkal kommunikál. Nemzetközi szinten pl. a raktározásban, áruelosztásban és szállítmányozásban nemzetközi egyezmények alapján elterjedt és megbízható rendszer.

Az állattartásban alkalmazott megoldás a barcode, de nem az állattest felületén, hanem pl. a fülkrotálián. Ennek leolvasása viszont külön munkát igényel a gyakorlatban.

2. ábra A rádiófrekvenciás azonosítás működési és felismerési rendszere (Tóth, 2013)

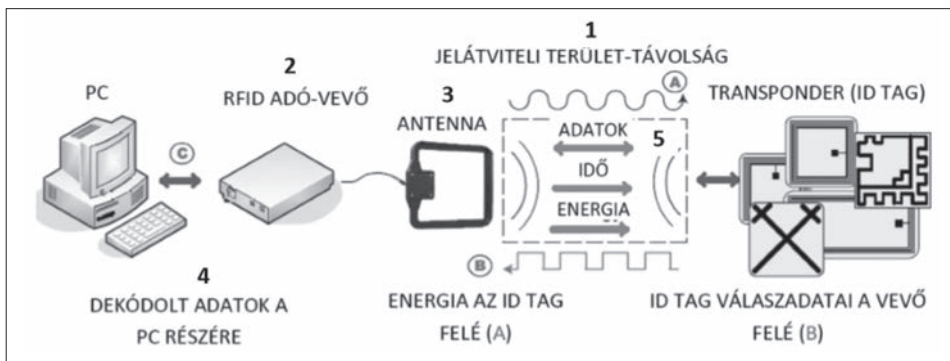
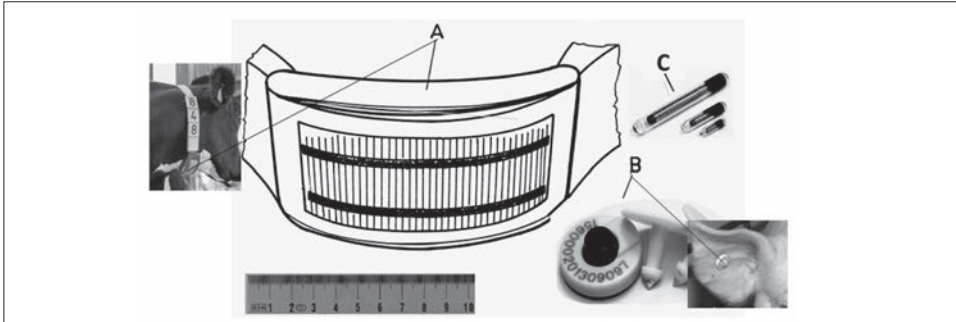


Figure 2. Operation and recognition system for radio frequency identification

signal transmission area and distance (1); RFID transmitter and receiver (2); antenna (3); decoded data for PC (4); data, time, energy (5); energy to the ID tag (A); ID TAG response data to the receiver (B); contact with PC (C)

**3.ábra** A transzponderek főbb kiviteli formái  
(Tóth, 2013)



A- hagyományos nyakszíjra szerelt -, B- fülkrotáliába szerelt (kisméretű) -, C- injektálható kivitelek, eltérő méretekben

Figure 3. Major embodiments of transponders

A- traditional neck strap; B- ear tagged (small); C- injectable versions in different sizes

A rádiófrekvenciás kiviteleknél az azonosítás helyén az aktivizáló tekercs olyan elektromágneses mezőt hoznak létre, amely a hatósugárba kerülő jelfogóban (válaszadóban, transponder) olyan feszültséget indukál, amely elegendő annak működtetéséhez. Ez egy modulált frekvenciájú vagy amplitúdójú jelsorozatot (pulzuskódokat) küld vissza a felismerő logikai egység vevőantennája felé, amely elégséges a jeladó pontos azonosítására (2-3. ábra).

A miniatürizált kivitelek elkészítése idején az EGK országaiban (1994. év) elkészült az ISO 11784 és ISO 11785 szabvány, amely az alapvető kódolási formát tartalmazta. Ezzel a transzponderek egyedi gyártási lehetősége is megmarad, azáltal, hogy az adatátvitelnél a kódolási rendszert egységesített normatívák írják elő. A „kiolvasó” eszközök (rendszerek) csak olyanok lehetnek, amelyek a transzpondereket, a műszaki kivitelüktől függetlenül, bármelyik rendszerben is kommunikálnak, képesek azonosítani (akár DUPLEX vagy FÉL-DUPLEX).

A transzponderek információs bitjei tartalmazzák – a rásugárzást követően – azt, hogy milyen transzponderről van szó. Tehát a startot követően, amikor a transzponder elektromágneses térbe kerül, első helyen megtörténik a transzponder azonosítása. Állattartásra orientáltan, ha állatról van szó, az azonosítási folyamat továbblép és következő szegmensben megnyitja a további adatelérés lehetőségét.

Az állatok testére szerelt, valamint a bőrfelület alá injektálható (beültethető) transzponderek mellett speciálisnak számít az ún. BOLUS transzponder, amely nagyobb méretű (átmérő: 1,3-2,0 cm, hossza 4-7 cm), amelyet a kérődző állatok recés gyomrába helyeznek be. E transzpondereknél a nagyobb méretre azért van szükség, mert szenzort is tartalmaz(hat), emellett nagyobb energiával kell vissza-sugározni, mert az állatok testtömege jelentős árnyékolást okoz. A beültetés a szájon át történik, a „lenyeletés” speciális eszközt igényel. Működési rendszere: fél-duplex (HDX), alacsony frekvenciájú (LF) kommunikációs rendszer, amely megfelel az ISO 11784 és ISO 11785 szabványoknak. E szabványok rendelkeznek, a transzponderek elhelyezéséről is (4. ábra).

4. ábra A transzponderek elhelyezése szarvasmarháknál  
(Kern és mtsai,1994)

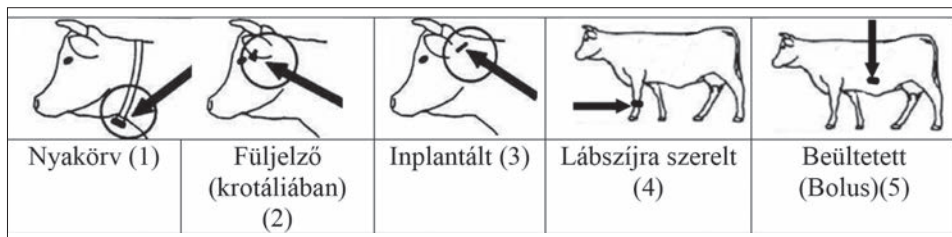


Figure 4. Place of transponders in cattle

neck strap (1); ear tags (2); implanted (3); on leg strap (4); implanted (bolus) (5)

Elektronikus állatazonosítás az EU-ban

Az EU az elektronikus azonosító egységek használatát szabványosította, ezért nem csak telepeken belül a termelésirányításra használhatók, hanem az ún. marhalevel szerepét is képesek ellátni. Az állatokat ezek elkísérik születésüktől egészen elhullásukig (ill. a vágóhídig).

Lényeges gazdasági szempont, hogy az RFID megoldások milyen biztonságot

5. ábra A szarvasmarhatartó telep információs rendszerének vázlatja  
(Tóth, 2013)

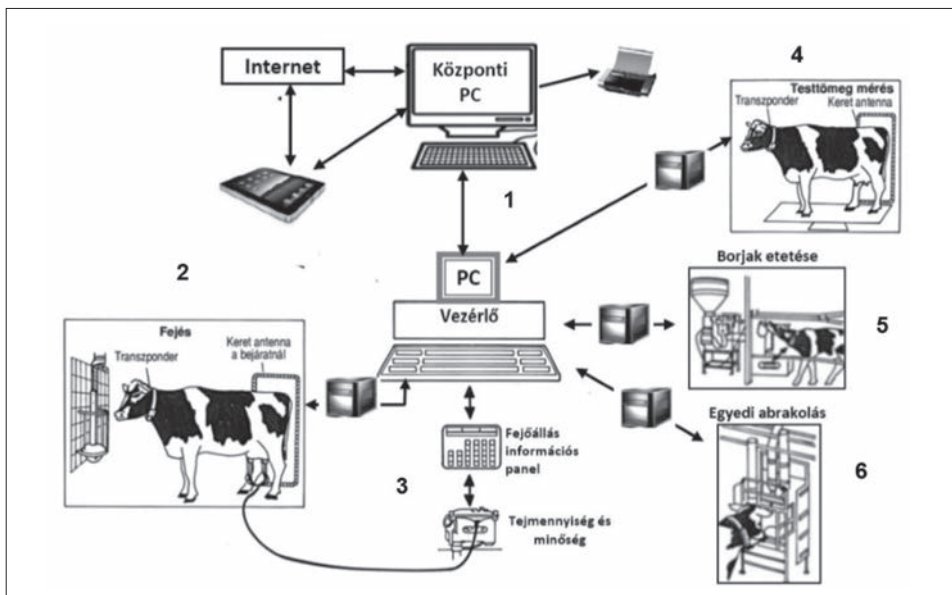


Figure 5. Outline of a cattle farm information system

controller (1); PC internet connection (2); milking equipment, extension of measured data (3); body weight measurement (4); calves feeding (5); unique feeding (6)

jelentenek a felhasználók részére. Meg kell oldani, hogy leolvasást illetéktelenek ne végezhesenek, ki kell zárni a jelek előállításának lehetőségét, a leutánzást, amely az adatokhoz jutást teszi lehetővé.

### A számítógéppel vezérelt tehenészeteti telepírányítás

A telepírányítást alapvetően a vezérlő PC végzi, amelyhez a rendszertechnikai részegységek vezérlői kapcsolódnak (5. ábra):

- a fejőház,
- az egyedi etető,
- a borjúnevelő-, és
- különféle egyéb feladatok, pl. mérlegelés, válogatás, aktivitásmérő (pl. pedométer) stb.

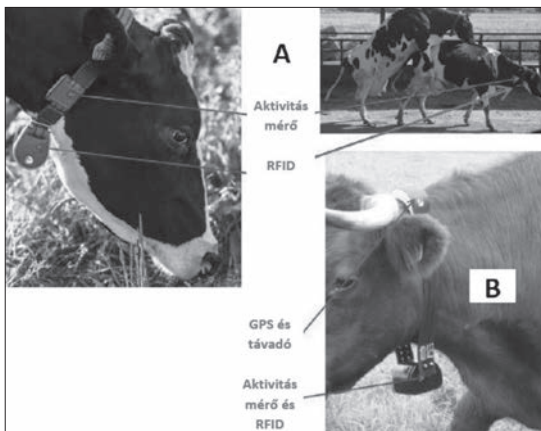
### Egyéb szenzorok működése és csatlakozása

Az ivarzó állatok nyugtalanabbak, mint a nem ivarzók. Ha a mozgásukat (lépésüket) meghatározott időtartam alatt mérjük, előfordul, hogy 30-200%-kal magasabb értékek adódnak, mint a normálállapotnál (6. ábra).

Az egész napos, folyamatos aktivitásmérés (viselkedés) jelzi pl. az ivarzás idejét, de a betegségekre is ismertek jellemző „formák”. A rendszer alapvetően a lépések (a mozgás) időegység alatti számolására épül.

Ha az állomány a kifutókban, vagy a legelőterületen tartózkodik az informá-

**6. ábra** Az ivarzás *in situ* jelzése, azonnali beavatkozást tesz lehetővé  
(<http://2.szerkesztette Tóth, 2018>)



A - helyi leolvasás –fejőház, B – távolsági leolvasás, helymeghatározás

Figure 6. *In situ* indication of estrus, allows immediate intervention

A - activity measurement + RFID, B - activity measurement + RFID and GPS transmitter

ció akkor is megkapható. Mivel a pedometer és az RF-ID kis hatósugárban (~0,5m) kommunikál, mellé helyezik el a nagyobb hatósugarú távolsági adót (100-200m) és a GPS egységet, amely a pontos tartózkodási koordinátákat adja meg. Legelőn tartózkodó állomány esetén közbenső erősítő adókat is elhelyeznek, amelyek akár 1000 m távolságra is sugároznak. A távolsági adó(k) a leolvasott aktivitási és GPS értékeket a telep központjában lévő vevőre sugározza, ahol megtörténik az egyeztetés az egyedre vonatkozó adatbázissal és jelzés készül pl. az azonnali beavatkozásra. A GPS adatai pontosan megjelölik az állat tartózkodási helyét.

Az ilyen rendszerek működése, az adatok leolvasása független a fejőháztól, mivel a tehen

7. ábra Az adatok nagyobb távolságú leolvasása  
([http\\_2](http_2))

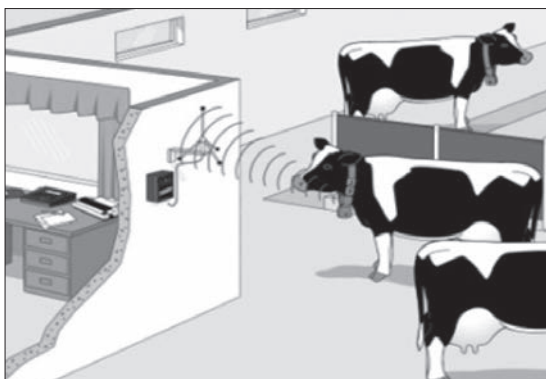


Figure 7. Reading data over a long distance

egyedi, pl. aktivitási adatait, a telepen felszerelt antennák közvetítik (7. ábra) a vezérlő PC felé. Ilyen felépítésű például a DeLaval Delpro rendszere.

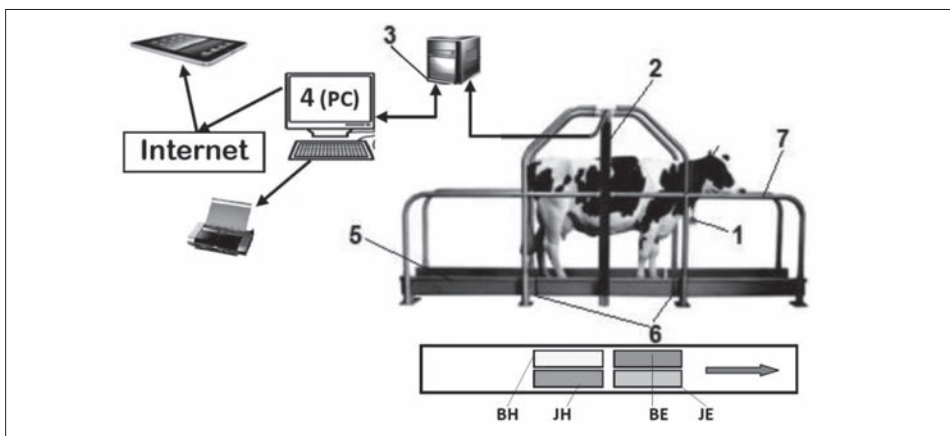
*Lábvégbetegségek előrejelzésének lehetősége*

A fejállások felhajtó folyosóiban, adott időpontban – a szélesség megfelelő megválasztása révén - csak egy tehén fér át (8. ábra). A vizsgáló egység ezen része 3 egységből áll, a két szélső csatornát fixen a talajra rögzített, a középső négy részegység pe-

dig különálló elektrotenzometrikus nyomásmérő cellákon nyugszik. Ezek érzékelik az állatok áthaladása során a lépésként a mérőegységre gyakorolt nyomást és nyomásváltozás frekvenciáját. A referencia szinthez viszonyítottan eltérő értékek esetén a lábak (pl. a csülkök) egészségi állapotára lehet következtetni.

A referencia érték rögzítése miatt alapvető kritérium, hogy az állat egészséges állapotában is áthaladjon a vizsgáló egységen. Az egészséges állat lépéseit több napon keresztül figyeli, rögzíti és az egészséges állatra jellemző algoritmust

8. ábra STEP Metrix (Bou Matic) rendszer elvi felépítése  
([http\\_1](http_1), szerkesztette Tóth, 2013)



1 - RFID TAG, 2-felismerő antenna, 3 - vezérlő interfész, 4 - központi PC, 5 - mérleg-csatorna, 6 - (JE, BE, JH, BH – lábak mérlegcellái), 7 - korlátok

Figure 8. Basic structure of STEP Metrix (Bou Matic) system

RFID TAG (1); antenna (2); control interface (3); central PC (4); scale channel (5); (JE, BE, JH, BH – scale balance cell of legs) (6); barrier (7)

9. ábra A jobb hátsó lábra sérülést jelző egyed  
(http\_1)

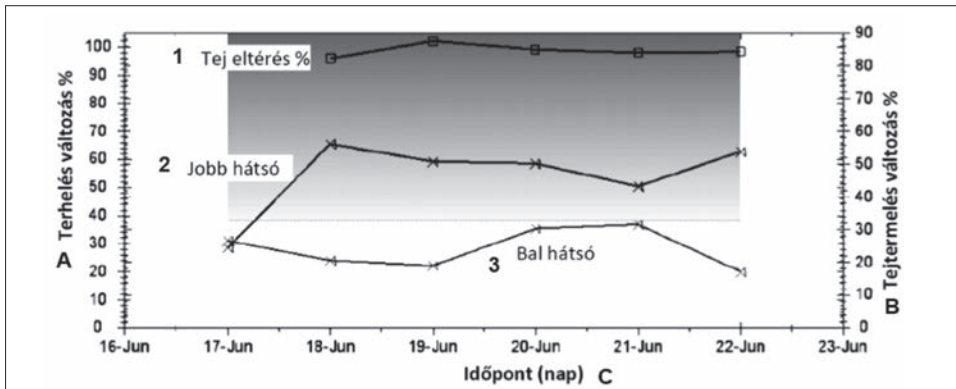


Figure 9. Injury sign of the right hind leg

milk difference (1); right hind leg (2); left hind leg (3); changing the load on leg (A); milk production change (B); measuring point (day) (C)

hoz létre. Az ettől való eltérés jelzi a sérülést, még korai állapotban, mielőtt pl. a lábvégen gyulladás bekövetkezne. Egy-egy állat áthaladásakor a PC képernyőn megjelenő képet a 9. ábra szemlélteti.

Látható, hogy a bal hátsó láb százalékos eltérése (SMX), valamint a jobb hátsó láb százalékos eltérése, a megnövekedett SMX trendje miatt, rendellenességre utal. A 9. ábra a tejtermelés alakulását is szemlélteti a vizsgált legutolsó 6 napon. A jobb hátsó láb valószínűleg nem súlyos állapotú, de vizsgálata indokolt.

#### Itató automata vezérlése

A tenyésztésre szánt borjak felnevelésénél a megfelelő ütemű tápszeradagolás tenyésztési igény. A tenyészborjak etetésénél ezért az itató automaták már RF egyedi azonosítással rendelkeznek és PC-vezérlésű üzemmódban működnek. A borjak az előre meghatározott program szerinti mennyiségben és napszaki elosztásban juthatnak a számukra szükséges mennyiségű- és összetételű tápszerhez (10. ábra).

Amikor a borjú a szópókás itatót megközelíti, a nyakában vagy a fülén lévő transzponder azonosítja. Ha az adott pillanatban az itatót felkereső borjú „jogosult” takarmány-felvételre, az automata bekeveri az adagot és a szópókás itató hozzáférhető helyzetbe mozdul el, vagyis a ketrec falán kiképzett nyíláson át egy elektromágnessel vezérelt kar átlendíti a borjú számára elérhető pozícióba. Ha a borjú „nem jogosult” akkor a szópóka hozzáférhetetlen helyzetben, rejtve marad.

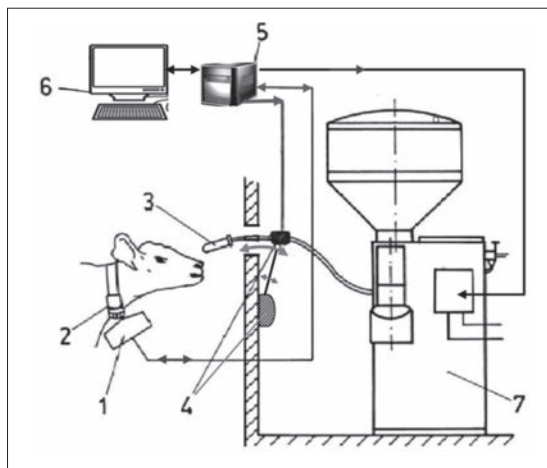
#### A fejés automatizálása, robotizálása

A fejés robotizálásának céljai:

- megszüntetni a nehéz és monoton fizikai munkát,
- nagyobb hatékonyság,
- jobb termékminőség.



**10. ábra** RFID egységgel aktivizált, PC-vezérelt itató automata elvi működési vázlatja (Tóth és mtsai, 2014)



1 - adó-vevő antenna, 2 - transzponder, 3 - szopóka, 4 - tápszeradagoló szelep, 5 - vezérlő egység, 6 - PC, 7 - tápszer keverő

Figure 10. Scheme of operation of RFID activated and PC-controlled drinking automatic system

transceiver (1); transponder (2); sucker (3); milk replacer supply valve (4); control unit (5); PC (6); milk replacer mixer (7)

A fejés automatizálásában a gyökeres változást az elektronikus azonosítása tette lehetővé.

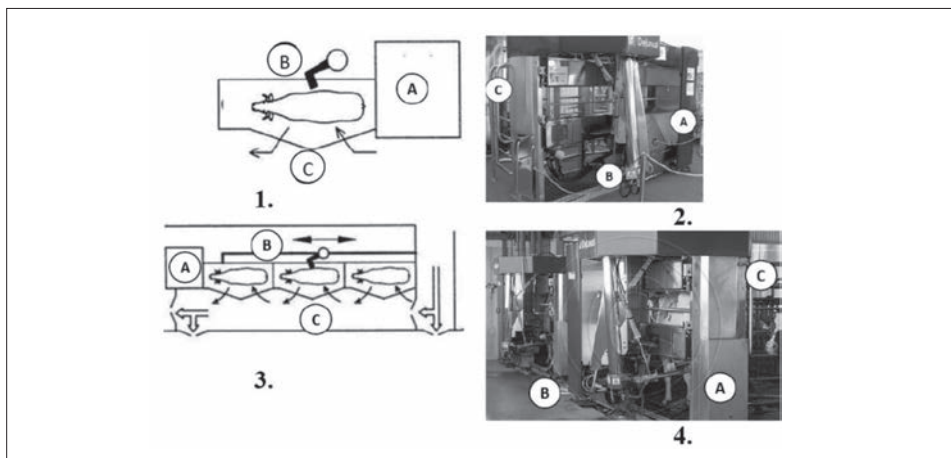
Amíg a fejésen belül a fejőkészülék felrakása nem volt automatizálva, a fejést csak felügyelettel és emberi közreműködéssel lehetett elvégezni.

A gyártók először széles körben az egy állásos ún. kompakt (konténeres) egységeket kezdték gyártani a hozzájuk tartozó teljes körű vezérlő egységgel (11. ábra 1. és 2. részlet), majd ezeket bővítették két-három álláshellyel (11. ábra 3. és 4. részlete).

*A fejés folyamata a robotban*

A fejőrobotban az összes fejéssel kapcsolatos műveletet el kell végezni. A művelet sor a tehén belépésével kezdődik, ami a tehén azonosítását jelenti (12. ábra). Ez a művelet egyes megoldásoknál már a válogató kapunál

**11. ábra** Az ún. kompakt fejőrobotok (http\_2, szerkesztette Tóth, 2013)



1 és 2 - 30-70 tehenet tartó gazdaságok részére, 3 és 4 - 70-nél több tehen részére (több állásos) A - vezérlő egység, B - robot kar, C - be és kijárat kapuk

Figure 11. The compact milking robots

1 and 2 - for 30-70 cows, 3- 4 - for more than 70 cows, A-control unit, B-manipulating arm, C-entrance and exit gates

**12. ábra** A fejés jellemző mozzanatai a kompakt fejőrobotban  
(a be- és kilépéshez a kapuknak a vezérlő ad parancsot)  
(szerkesztette Tóth)

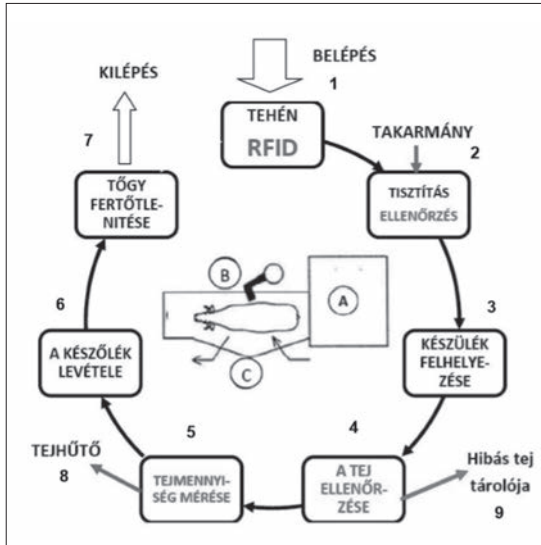


Figure 12. Typical milking moments in the compact milking robot (Tóth L. own editing)

cow entry and identification (1); feed and udder control (2); putting on a milking unit (3); milk control (4); measuring the quantity of milk (5); take off the milking unit (6); udder disinfection and exit (7); milk cooling tanks (8); defective milk storage (9); control unit (A); robot arm (B); gates (C)

A berendezés tőgynegyedenként méri a tejmennyiséget és a fejés sebességét, de ezen túlmenően mintát is vesz a tejből, amelyet azonnal elemez is. A sorrend:

- A tejfolyás mérése, tőgynegyedenként, a fejési jelleggörbe felrajzolása.
- Vezetőképesség mérése tőgynegyedenként.
- Vértartalom ellenőrzése tőgynegyedenként.

Sejtszámlálóval kiegészítve lehetővé válik a szubklinikai tőgygyulladás korai felismerése, és ezzel:

- a tőgygyulladás korai stádiumban kezelhető, ami
- a tőgygyulladás terjedését korlátozza,
- a magas sejtszámú tejet elkülöníti,
- a tejhűtő tárolóba csak megfelelő minőségű tej kerülhet (Rossing és mtsai, 1997, Pongrácz és mtsai, 2001, Tóth, 2013).

Mindezek alapján a kezelt tehenek állapotát is nyomon lehet követni és ezzel a napi telepi munka hatékonyabbá válik. Köztudott, hogy a fejés körüli stressz nem csak az állat jóllétét befolyásolja, hanem csökkentheti a leadott tej mennyiségét

megkezdődik, amikor is a nem fejhető egyed belépését a kapurendszer megtagadja (Tóth, 2018).

A bimbók térbeli elhelyezkedésének megállapítását ma leggyakoribban a robotkar végén lévő lézerdíódból kibocsátott pásztázó lézersugár segíti, amely a bimbók felületéről visszaverődik. A jelkibocsátás, valamint a visszaverődés időtartamának különbségéből ( $\Delta t$ ) a kar és a bimbók távolsága (Z koordináta) ismerté válik. A mellette lévő CCD kamera képpontjai alapján a (X-Y koordináták) a térbeli elhelyezkedésük in situ, pontosan meghatározható (13. ábra).

A fejőállásba belépő tehenél először a tőgyének a mosását, egyben stimulálását, majd az első tejsugarak kifejtését végzi a robotkar, majd 1,0 perc múlva a fejés (optimális időben) megkezdődik.

Az ezt követő összes műveleti idő közel azonos a bent tartózkodási idővel.

**13. ábra** Az egyenkénti kehelyfelrakás, a bimbók helyzetének mérése a pásztázó lézersugárral  
([http\\_2](http_2), 2016)

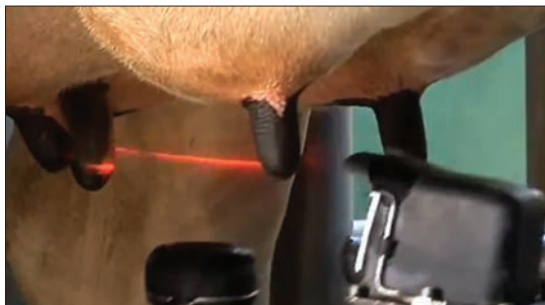


Figure 13. Measuring the position of the teats with the scanning laser beam

is, ami nemcsak gazdasági, de egészségügyi veszélyt is jelent. A gépi fejés okozta stressz-szint változásokat a szívfrekvencia-variabilitás (heart rate variability, HRV) paramétereivel robotizált (Hagen és mtsai, 2005; Neuffer, 2006; Gygax és mtsai, 2008), illetve hagyományos fejési rendszerekben, egyaránt értékelték (Hopster és mtsai, 1998; Kovács és mtsai, 2013). Fontos, hogy a robotizált és a hagyományos fejési technológiákat összehasonlító vizsgálatok nem találtak állatjóléti szempontból jelentős

különbségeket a különböző fejési rendszerek között (Neuffer, 2006; Gygax és mtsai, 2008).

### Nagyüzemi rendszerek

A kifejezetten nagyobb üzemek termelékenységi igényeit a kompakt megoldások már nem elégítik ki. Napjainkban a nagyüzemi technológiát leginkább a (második virágkorát élő) fejő karusszeles fejés képviseli. A korábbi rendszereket a fejők nem kedvelték a gép által diktált monoton és feszített munkatempó miatt. A 8 órás műszakok végére a fejők meglehetősen elfáradtak. Sok vizsgálatban igazolódott, hogy ebben az időszakban az un. fejési rutin miatt már romlott és növekedett a hibásan elvégzett műveletek száma.

A robotnak nem számít a monotonitás, nem fárad és az egyes műveleteket mindenkor azonos precizitással végzi.

Európában a tehenállomány egyre inkább koncentráldódik és ezzel egyre inkább növekszik az igény a robotizált fejőkarusszelek iránt.

A halszállás rendszerénél (pl. DE-LAVAL, 14. ábra) a fejőkészülék felrakása a tehének oldaláról történik, míg a radiális kiviteleknel a hátsó lábak között (pl. BAU-MATIC).

A belépőhöz legközelebbi első álláson, a már megfelelően elhelyezkedett tehenénél az első manipuláló kar elvégzi a tőgymosást, a második tehenénél lévő az első tejsugarak kifejését (ellenőrző próba-anyag), a harmadiknál és a negyediknél lévő manipuláló karok felhelyeznek két-két fejőkelyhet. Ezzel megkezdődik a fejés, ami a platform teljes körülfordulás során a kihajtó kapu előtt fejeződik be. A tejfolyás csökkenését érzékelve a vákuum megszűnik és a fejőkelyheket az automata levevő lehúzza a bimbókról. A kilépés előtti utolsó állásnál manipuláló kar elvégzi a tőgy fejés utáni fertőtlenítését. Az ilyen robotizált tehenészetekben a robot gyakorlatilag a fejők munkáját helyettesíti, mégpedig fáradhatatlanul. A fejőrobotoknál tartástechnológia alapvetően nem változik. A családi méretű gazdaságokban hagyományos értelemben vett reggeli és esti fejések helyett a tehének két fejés közötti idejét „saját maguk” határozzák meg. Általában a 2,5-2,8 fejés/nap a jellemző.

14. ábra A fejőkarusszalben lévő specializált manipuláló karok  
([http\\_2](http_2), 2016)

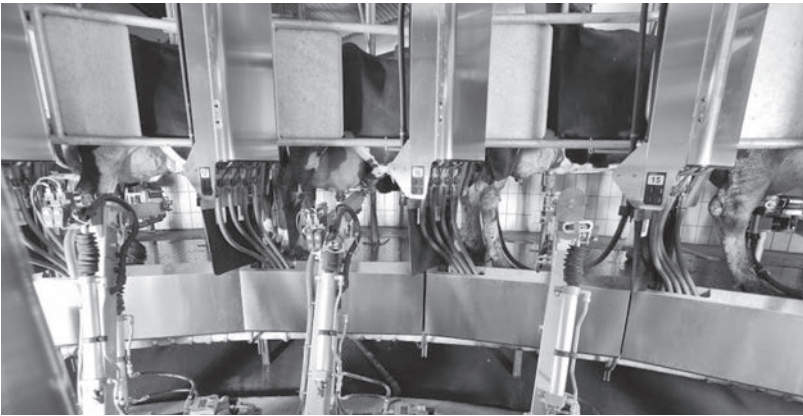


Figure 14. Specialized robot arms in the milking machine

### *Mit várunk el és mit érünk el az ilyen rendszerrel?*

Növekszik és stabil marad a tejtermelés, ezzel kifizetődik a nagyobb értékű beruházás. A robot pozitív szelekcióra orientál, amihez a szükséges adatokat folyamatosan szolgáltatja is, hiszen minden fejésnél automatikusan rögzítésre kerülnek a termelés alapvető és igen összetett egyéb adatai. Jelzi az adott időszakban várható és tényleges fejt tejmennyiséget. Eltérés esetén figyelmeztet, és azt számon tartja. A napot lezárva jelzi, hogy mennyi volt a várt és a kifejt tej, változott-e annak összetétele, a szomatikus sejtszám, jelentkezett-e fertőzés? A problémás tehénre, amelynek termelési adatai (jellemzői) a normálisan várttól eltérnek, külön kijelzi, s a fejés után elkülönítő helyre irányítja, de a programozástól függően. Így például, ha fejésre jelentkezik a tehén, azt nem engedi be a fejőállásba stb. Az adatok automatikus értékelésével a telep vezetőjét figyelmezteti (kényszeríti) a tennivalókra, és azt is megmutatja, ha azokat nem végezték el. Tehát megköveteli a minőségi munkát, a feladatok pontos elvégzését, aminek eredménye csak a termelés minőségi és mennyiségi javulása lehet. Elmarad az eredmény, ha a tulajdonos valamely területen nem működik együtt a robottal, például nem tartja be a takarmányozási igényeket, elmarad a lábápolás-, a tőgykezelés- vagy a szervizelés, továbbá ha nem tartja be a szelekciós igényeket stb.

Az előzőekben bemutattuk, hogy ma már a tejelő szarvasmarha ágazatban is megtaláljuk a szenzorokra épülő adatgyűjtést, a nagy adatbázisokat és az elemzések alkalmas programokat. A szenzoros mérések tekintetében két példát kívánunk bemutatni:

- a.) ellés műszeres előrejelzése,
- b.) istállóklíma szenzoros mérési lehetősége.

### *Az ellés műszeres előrejelezhetősége tejelőszarvasmarha-állományokban*

Az ellés előtti időszakot szemmel látható viselkedési és klinikai változások kísérik, ezek a változások azonban gyakran nem adnak pontos előrejelzést az ellés várható időpontját illetően. Számos, a precíziós szarvasmarhatartásban alkalmazható, eszköz elérhető már a gazdák számára, amelyekkel az ellés előre jelezhető. E rendszerek működése legtöbbször az állat viselkedésében (farok emelgetése, a testhelyzet változtatások gyakoribbá válása) vagy a kérődzéssel töltött időben bekövetkező változások elemzésén és továbbításán alapul. *Kovács és mtsai* (2015) vizsgálatukban a szívritmus és a szívritmus-változékonyság paraszimpatikus idegrendszeri aktivitást jelző paraméterének monitorozásával próbálták felmérni az ellés körüli stressz-szint változásait, spontán módon (segítség nélkül) ellett holstein-fríz teheneiben ( $n = 110$ ) és igyekeztek következtetni az ellés idejére is. Emellett a kérődzési időt és a bendő hőmérsékletet is nyomon követték kereskedelembe kapható eszközök segítségével spontán módon ( $n = 28$ ) és nem nehezen ellett ( $n = 34$ ) teheneiben. A vizsgálatokat 4 nappal az ellés előtt kezdték, és az ellés utáni 5. napig folytatták. A szívritmus nem változott számottevően az ellési nyugtalanság kezdete előtt ( $p = 0,546$  a nyugalmi értékhez viszonyítva), a paraszimpatikus tónus csökkenése azonban 30 perccel ezt megelőzően már mutatta az ellés közeledtét ( $p < 0,01$ ). A szívritmus legnagyobb értékét a kitolási szakasz utolsó 5 percében vette fel ( $p = 0,013$  a nyugalmi értékhez képest), amely jelentős stressz-szintnövekedést jelez. A paraszimpatikus tónus aktivitása az ellést követően ismét hirtelen csökkent (a nyugalmi értékhez képest:  $p = 0,008$ ), ami a fájdalomra utalhat, és a nyugalmi értékre csak az ellést követő 44. órában tért vissza.

Egy későbbi kísérletben azt találták (*Kovács és mtsai*, 2017), hogy a kérődzési idő az ellés előtt 28 órával az alapérték alá csökkent (spontán ellés:  $p = 0,023$ , nehéz ellés:  $p = 0,017$ ). Ez az érték az ellés előtti 20. órától tovább csökkent az ellés utáni 12. óráig. A spontán módon ellett teheneiben még 168 órával az ellés után is kisebb volt a kérődzési aktivitás, mint a nehezen ellett teheneiben ( $p = 0,002$ ). Nehezen ellett teheneinél a bendő hőmérséklet csökkenése 24 órával az ellés előtt jelentkezett ( $p = 0,012$ ), míg a spontán módon ellett teheneinél ez a csökkenés csak 18 órával az ellés előtt volt megfigyelhető ( $p < 0,01$ ). Eredményeik alapján a szívritmus-változékonyság paraszimpatikus jelzőszámának monitorozása a viselkedési változásoknál hamarabb jelzi a közeledő ellést. A kérődzési idő és a bendőhőmérséklet változásainak nyomon követése ígéretes módszer lehet azon teheneik korai felismerésében, amelyeknél nagyobb a nehézellés kockázata.

### *Digitális mikroklíma mérés a tejtermelés optimalizálás szolgálatában*

A mai modern állattenyésztésben a gazdaságos, hatékony termelés nem tartható fenn a termelő állataink homeosztázisának (belső egyensúlyának) megtartása nélkül. A növekvő hozamok valamint a környezetet és gazdaságot érintő folyamatok állandó kihívások elé állítják a termelőket, valamint tudományos munkát végző szakembereket egyaránt. Napjaink állattenyésztésére jellemző a modern technológiák valamint az automatizálás térnyerése. Ezen digitális rendszerek eddig jellemzően a zárt rendszerben tartott állatfajok esetében terjedtek el.

A kutatások egyik fő célja az istállók klímájának vizsgálata a termelésben bekövetkező változásokkal összefüggésben, valamint bizonyos etológiai történések megértése. A fő mérési helyszín az istálló ahol a termelő állataink az életük nagyrésztét töltik. Az istállók klímájának, környezeti paramétereinek, vizsgálata és az ezen alapuló beavatkozások jelentősen hozzájárulnak a termelési hatékonyság alakulásához, továbbá az állategészségügyi-, állatjóléti szempontok érvényesüléséhez. A hőstressz nyomán fellépő tejvesztesség például egyre nagyobb gazdasági kiesést okoz a termelőknek. Az elmúlt évtizedekben, hazánkban is sokat romlott a helyzet, amelynek egyik oka a klímaváltozás. A környezeti hatások nyomán kialakuló hőstressz mellett még nagyobb jelentőséggel bír a tejtermelés mennyiségi növekedésével járó hőtermelés kezelése. Napjainkban a tejtermelő tehének lényegesen több hőt termelnek, mint 20 évvel ezelőtt.

### *Digitális mikroklíma mérés az istállóban*

A mikroklíma mérésére létrehozott megoldás szenzoros technológián alapul. A szenzorok egy ún. node-ba kerülnek beépítésre. Esetünkben az érzékelők LoRa technológiával kommunikálnak és továbbítják az adatokat (15. ábra). Ennek a megoldásnak az előnye, hogy a szenzorok elhelyezése gyors és egyszerű, hátránya viszont, hogy – tekintettel a még nem elérhető országos lefedésre – alkalmazási telepenként egy-egy bázisállomás kihelyezését is igényli. Az érzékelők akkumulátorral üzemelnek, amelyek várható élettartama 2-3 év.

A kihelyezett, és előzetesen az alkalmazásba regisztrált, páratartalom-, hőmérséklet-, légnyomás- és légmozgás érzékelők folyamatosan figyelik az állattartóhely belső környezetét és előre meghatározott (esetünkben 15 perc), távolról változtatható, gyakorisággal elküldik a mért adatokat a legközelebbi LoRa bázisállomásnak. Az adatok innen ethernet vagy gsm kapcsolaton keresztül egy magyarországi szerveren gyűlnek. Az érzékelő által küldött hexadecimális számsor az alkalmazási rétegben kerül kibontásra. A feldolgozott információk innen egy megjelenítő felületre kerülnek, ahol láthatóvá válnak az aktuális környezeti paraméterek, valamint – igények szerint alakítható módon – ezen adatok különböző összefüggései. Az információkat számítógépen és mobilkészülökön is meg lehet tekinteni.

Az elkészült rendszer lehetővé teszi a hőmérséklet/páratartalom index (TH

**15. ábra** A szenzoros adatgyűjtés folyamata

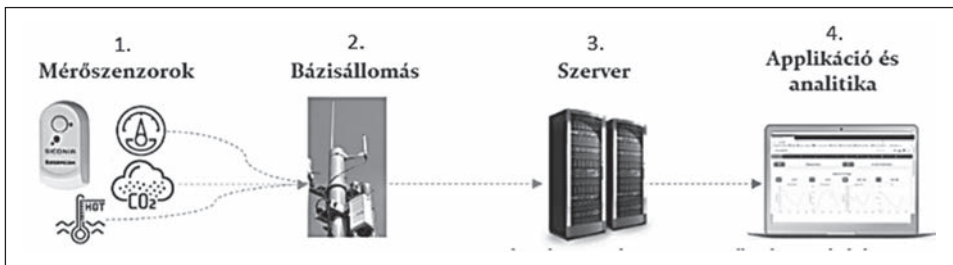


Figure 15. The process of sensory data collection

sensors (1); base station (2); server (3); display data rating (4)

16. ábra Környezeti adatok megjelenítése az Insights Platformon

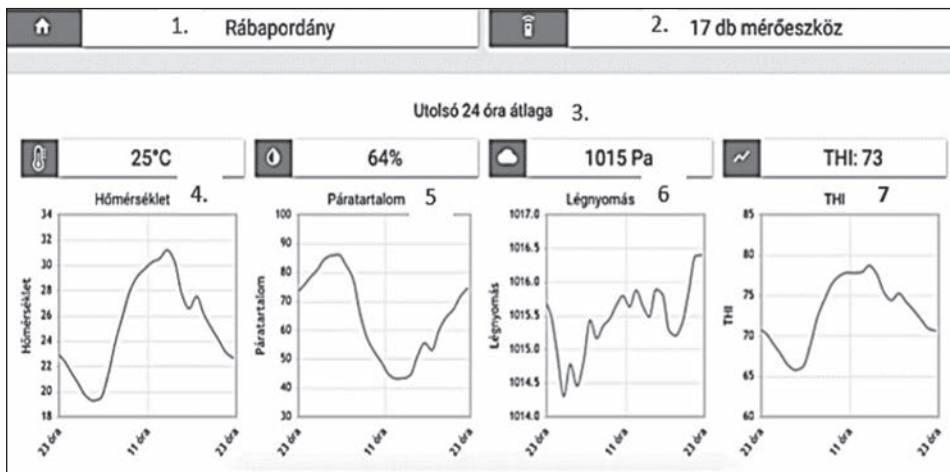


Figure 16. Display environmental information on the Insights Platform

place: Rábapordány (1); 17 sensors (2); average of the last 24 hours (3); temperature (4); humidity (5); air-pressure (6); temperature/humidity index (7)

index) kimutatását is, akár folyamatosan, akár bizonyos időintervallumok szerint (16. ábra). Az indexszám növekedését tapasztalva időben megtehetőek a szükséges intézkedések. Az állítható riasztási lehetőségnek köszönhetően a gazdaság illetékes munkatársai mobiltelefonjukra, számítógépükre valós idejű figyelmeztetéseket kaphatnak, amennyiben beavatkozásra van szükség. A rendelkezésre álló megoldásokat kihasználva, lehetőség van távolról, akár automatikusan vezérelhető, beavatkozó rendszerek irányítására is (pl. ventilátorok, párologtató vezérlése).

Az érzékelők további típusai (pl. áramlás és fogyasztásmérők, fénymérők, különböző gázok mérésére szolgáló mérők) is elérhetőek, ezáltal újabb paraméterek vonhatók ellenőrzés alá. Így lehetőség van az elfogyasztott víz mennyiségének meghatározására okos mérő felszerelésével, vagy bizonyos gázok (pl. ammónia, széndioxid) mérésére is.

A felmérés és beavatkozás vezérlésén túl a megoldás további képessége, hogy a begyűjtött információk alapján a rendszer istálló, sőt akár egy kisebb területre vonatkozó, előrejelzésre is képes, így támogatva a felkészülést a várható klimatikus változásokra. Az előrejelzés pontossága a gyűjtött és feldolgozott adatok mennyiségével növekszik. A rendszer lényege ugyanis, hogy az egyszer begyűjtött adatokat „nem felejtí”, azokat a későbbi számításokhoz is felhasználja és számítási módszereit folyamatosan finomítja.

A tehének közvetlen környezetének vizsgálata és elemzése segíthet abban, hogy célzott megoldásokkal javíthassunk állataink állapotán és emeljük a nagyüzemi állattartás termelékenységét. Adatgyűjtő és -elemző megoldásunk télenyáron egyaránt segítheti az állatok tartási körülményeinek pontosabb ismeretét, a megfelelő beavatkozások végrehajtását, és a rendelkezésre álló információk alapján a várható környezeti változások előrejelzését.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Gygax, L. – Neuffer, I. – Kaufmann, C. – Hauser, R. – Wechsler, B. (2008): Restlessness behaviour, heart rate and heart-rate variability of dairy cows milked in two types of automatic milking systems and auto-tandem milking parlours. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 109:167-179.
- Hagen, K. – Langbein, J. – Schmied, C. – Lexer, D. – Waiblinger, S. (2005): Heart rate variability in dairy cows – influences of breed and milking system. *Physiol and Behavior*, 85. 195-204.
- Hopster, H. – Joop, T. – Werf, van der J.T.N. – Blokhuis, H.J. (1998): Side preference of dairy cows in the milking parlour and its effects on behaviour and heart rate during milking. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 55. 213-229.
- Kern, C. – Pikkelman, H. – Schön, H. – Tóth, L. – Kovács, L. – Bak, J. (1994): Technology research on the application of digital code identifiers injectable into animals. *Hungarian Agricultural Engineering*, 7. 75-76.
- Kovács, L. – Kézér, L. – Tőzsér, J. (2013): Measuring stress level of dairy cows during milking using by geometric indices of heart rate variability. *Scientific Papers: Anim. Sci. Biotechnol.*, 46. 213-217.
- Kovács, L. – Kézér, F.L. – Ruf, F. – Szenci, O. (2017): Rumination time and reticulorumen temperature as possible predictors of dystocia in dairy cows, *J. Dairy Sci.*, 100. 1568–1579.
- Kovács, L. – Tőzsér, J. – Kézér, F.L. – Ruf, F. – Aubin-Wodala, M. – Albert, E. – Choukeir, A. – Szélnyi, Z. – Szenci, O. (2015): Heart rate and heart rate variability in multiparous dairy cows with unassisted calvings in the periparturient period. *Physiol and Behavior*, 139. 281–289.
- Neuffer, I. (2006): Influence of automatic milking systems on behaviour and health of dairy cows. Thesis PhD, University of Hohenheim, Germany.
- Pongrácz, L. – Tóth, L. – Iváncsics, J. (2001): Fejőrobotok a gyakorlatban. *Holstein Magazin*, 9. 8-12.
- Rossing, W. – Hogewerf, P.H. – Ipema, A.H. – Ketelaar-De Lauwere, C.C. – De Koning, C.J.A.M. (1997): Robotic milking in dairy farming. *Netherlands J. Agricult. Sci.*, 45. 15-31.
- Tóth, L. (1993): Result and further development of an automatic milking svstem, *Proceedings of the International Conference for Agricultural Machinery and Process Engineering*, Seoul, 779-790.
- Tóth, L. szerk. (1998): Állattartási technika, *Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó*, Budapest, 788.
- Tóth, L. (2013): A fejés robotizálása, *Mezőgazdasági Technika*, 54. 3-5.
- Tóth, L. (2018): Automatizálás az állattartásban, *Agrárium* 28. 42-48.
- Tóth, L. – Czinkóczy, A. (1981): Az egyedi abrakadagolás automatizálása kötetlen tartású tehenészeti telepeken. *A mezőgazdaság műszaki fejlesztésének tudományos kérdései* 43. *Akadémiai Kiadó*, Budapest, 88.
- Tóth, L. – Kovács, A. – Tóth, T. ( 2014): Korszerű fejéstechnika, termelést segítő irányítási rendszer *Mezőgazdasági Technika*, 55. 12-15.
- Tóth, L. – Schrempf, N. – Fogarasi, L. (2005): New results in the field of radio-frequency identification in Hungary. *Proceedings oof the 9<sup>th</sup> International Congress on Mechanization end Energy in Agriculture*, Ege University, Turkey, 295-301.

[http\\_1://www.dairyservice.hu/about.php](http_1://www.dairyservice.hu/about.php)

[http\\_2://www.delaval.ca/About-DeLaval/DeLaval-Newsroom/?nid=83080](http_2://www.delaval.ca/About-DeLaval/DeLaval-Newsroom/?nid=83080)

[http\\_3://www.milkproduction.com/Library/Scientific-articles/Milk-milking/The-realities-of-robotic-milking-technology-today/](http_3://www.milkproduction.com/Library/Scientific-articles/Milk-milking/The-realities-of-robotic-milking-technology-today/)



Érkezett: 2019. július

*Szerzők címe:* Tóth L.

Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar

*Authors' address:* Szent István University, Faculty of Mechanical Engineering  
H-2103 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

*Alföldi L.*

Holstein Genetika Kft.

Holstein Genetika Ltd.

H-2100 Gödöllő, Pattantyús Ábrahám krt. 11.

*Tarr Z.*

Quinto Solutions Kft.

Quinto Solutions Ltd.

H-1054 Budapest, Báthory utca 20. II.emelet 2.

*Tózsér J. - Kovács L. - Póti P.*

Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,

Állattenyésztés- tudományi Intézet

Szent István University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences,

Institute of Animal Husbandry

H-2103 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

*Szenci O.*

Állatorvostudományi Egyetem

University of Veterinary Science

H-1078 Budapest, István u. 2.

# AZ AKTÍV ISTÁLLÓ ÉS ANNAK ETOLÓGIAI VONATKOZÁSAI

MAROS KATALIN - KRISTINA HINZ - KONSTANZE KRÜGER

## ÖSSZEFOGLALÁS

A lovak csoportos elhelyezése egyre népszerűbbé válik az európai lótaratók körében. Ez állat-jóléti szempontból mindenképpen üdvözlendő, hiszen a lovak alapvetően társas lények. Az ún. aktív istállók egyik alapvető koncepciója az, hogy a karám funkcionális felosztásával a lovak minél többet mozoghassanak a rendelkezésükre álló területen belül, ezért a szénaetetőt, az abrakoltatót, az itatót vagy a pihenőtereket a lehető legtávolabb helyezik el egymástól. Egy másik fontos eleme a rendszernek az automatizált takarmánykiosztás. Ez túl azon, hogy lehetővé teszi az egyedi széna- és abrak felvétel folyamatos ellenőrzését és online nyomon követését, arra is készíti a lovakat, hogy többet járkáljanak az etetők között. A szerzők arra keresték a választ, hogy mennyiben jelent stresszt a lovak számára az etetők előtti várakozás, illetve az automata etetőben való táplálkozás? A feltett kérdésekre az egyedek szívűködésének (szívritmus és szívritmus-variáció) nyomon követésével próbálták választ keresni. Eredményeik azt mutatták, hogy az etetők előtti várakozás és az etetőkben való tartózkodás alatt a lovak szívritmusa és szívritmus variációja is szignifikánsan megemelkedett a nyugalmi állapotban mérhető értékekhez képest. Ennek egyik oka az lehet, hogy az etetők előtt várakozó állatok között versengés zajlott, ami idegesebbé tette az állatokat. Ez az állapot az etetőben való táplálkozás alatt is fennmaradt, bár ismert tény, hogy a takarmányfogyasztás önmagában is megemeli az állatok szívritmusát. Megfigyelhető volt továbbá az is, hogy az etetőkben (abrakoltató és szálastakarmány kiosztó egyaránt) való tartózkodás utolsó 30 másodpercében szignifikánsan magasabb volt a lovak szívritmusa, mint az etetőben tartózkodás kezdeti 30 másodpercében. Ennek oka az lehetett, hogy kb. fél perccel az etető lezárása előtt egy hang jelezte a lovaknak, hogy rövidesen el kell hagyniuk az etetőt. Elképzelhető tehát, hogy a lovak számára a táplálkozási lehetőség megvonása stresszt okozott. Különösen azok a lovak válhattak idegesebbé, amelyek még szerettek volna tovább táplálkozni. A fentiek alapján mindenképpen érdemes odafigyelni arra, hogy ne keletkezzen torlódás az automata etetők környékén, illetve azt is figyelembe kell venni az egyedi táplálkozási idők beállításakor (főként a szálastakarmány kiosztó automata esetében), hogy mi az az optimális időtartam, amely alatt egy ló jóllakottá válik, és nem, vagy csak kevésbé, stresszeli az a tény, hogy el kell hagynia a táplálékforrást.

## SUMMARY

*Maros, K. – Hinz, K. – Krüger, K.: THE ACTIVE STABLE AND ITS ETHOLOGICAL CONSEQUENCES*

Keeping horses in groups is becoming more and more popular among European horsemen, and as horses are highly social animals that is beneficial to the animals' welfare. The main concept on the so called active stables is to provide as much free roaming for the horses within the area as possible, by dividing the pen functionally: placing the hay nets, the forage containers, the water buckets and the stable for rest as far from each other as possible. Another important element of the system is automatizing the forage allocation, which – next to making the staff able to control and monitor online the individual hay- and forage consumption – makes the horses moving more among the feed containers. The aim of our study was to answer whether waiting in front of the feed containers and eating from automatized feeders are stressful to the animals and if yes, to what way. We have tried to answer that question by monitoring the heart function (heart rate and heart rate variability) of the individuals. According to our results, both the heart rate of the horses and the variance of the heart rate increased significantly when waiting in front of feeders and during being fed as well, compared to the values measured during rest. A possible explanation of it, that there was a competition among the waiting animals, which made them more nervous. This state also prolonged during feed consumption, however it is known that eating itself increases the heart rate of animals. We have also noticed, that in the last 30 seconds of the time spent in the feeder (both in the forage and the in the hay container) the heart rate of the horses was significantly higher

than during the first 30 seconds. The reason of this result can be, that there is a sound signal half a minute earlier of closing the feeder, for noticing the horses that they have to leave the feeder soon. Withdrawal of feed consumption possibility may cause a stress for horses; especially those could get nervous who wish to eat for a longer time. Based on our results we suggest to take care to avoid jam in front of the automatized feeders and also to consider the optimal time interval during which a horse becomes satiated – so leaving the feed source causes no or less stress – when setting individual feeding times (especially in case of the automatic hay container).

## BEVEZETÉS

Egy 2010-es statisztikai felmérés szerint Európában a felnőtt lovak 84%-át tartják egyedileg – általában bokszos – elhelyezésben és csak kb. 16% él csoportban (Rose-Meierhöfer és mtsai, 2010). A lovak csoportos elhelyezése ugyanakkor egyre népszerűbbé válik az európai lótaratók körében. Annak ellenére, hogy ez a tartásmód bizonyos egészségügyi kockázatokkal jár (pl. harapások, rúgásokból adódó sérülések), megfelelő nagyságú terület és összeszoktatott állomány esetén a sérülések száma általában alacsony és főképp csak apró szőrhányok keletkeznek a lovak testfelszínén (Jørgensen és mtsai, 2009). Állatjóléti szempontból azonban mindenképpen üdvözlendő, hiszen a lovak alapvetően társas lények. A csoportos tartás az állatok fizikai és etológiai igényeinek is jobban megfelel, mint az egyedi tartás (Hartmann és mtsai, 2012). A csoportban tartott lovak kevésbé reaktívak (LeSimple és mtsai, 2011), és a különböző abnormális sztereotip viselkedésformák is ritkábban jelennek meg náluk, mint egyedül tartott társaiknál (Visser és mtsai, 2008).

A lovak folyamatosan táplálkozó növényevők, természetes körülmények között napjuk 60-70%-át (14 -16 óra) a legelés teszi ki. A legelés is társas tevékenység, és mivel gyakorlatilag „táplálékszőnyegen” járnak, táplálkozás közben nem versengenek. Leginkább csak az itatók környékén fordulhat elő, hogy az erősebb lovak elzavarják a gyengébbeket (McGreevy, 2004).

Az intenzív lótaratásban a különböző szemestakarmányok alapvető kiegészítői a lovak takarmányozásának, az abrakoltatásnak ugyanakkor számos egészségügyi kockázata van. A hirtelen, nagymennyiségben felvett abrak ugyanis a tápcsatornába kerülve acidózist idézhet elő a vastagbélben, ami kedvez a fekélyek kialakulásának (Andrews és mtsai, 2015), a nagyobb mennyiségű emésztetlen keményítő pedig bomlásnak indulva akár patairhagyulladáshoz is vezethet (Rowe és mtsai, 2001). Ugyanakkor a több órán át tartó takarmánymegvonás szintén fekélyek kialakulását eredményezheti a ló emésztőrendszerében. A természetes körülmények között 14-16 órán át legelő lovak rágás közben folyamatosan nyálát termelnek, ami a táplálékkal a gyomorba kerülve lúgosítja annak savas közegét. Amennyiben viszont hosszabb időn keresztül nem jut nyál a gyomorba (mert a ló nem rág), a savas közeg nem pufferelemény a lúgos kémhatású nyál és a gyomor fala előbb-utóbb kimaródmény. A természetben a legelő ló folyamatos mozgása is segíti az emésztést azzal, hogy gyorsítja a táplálék továbbítását a gyomorból a belekbe (Luthersson és mtsai, 2009). A fentiek összegzéseként elmondható, hogy a modern kori intenzív lótaratás, amelyben az állatok bokszban állnak, keveset mozognak, takarmányozásuk sok abrak és kevés szálastakarmány etetésével jár, fokozott egészségügyi veszélyeknek vannak kitéve, különös tekintettel az emésztőrendszerük egészségi állapotára.

A csoportos lótarás egyik nagy kihívása az állatok egyedre szabott takarmányozásának megoldása, ami főként az abrakoltatáskor okoz többletmunkát. A természetben szinkronizáltan legelő lovaknál nincs vetélkedés a táplálékfelvétel közben, a karámban tartott állatoknál azonban gyakori a versengés az etetők környékén, ami főként a rangsorban lejjebb álló egyedeket érintheti hátrányosan (Ellard és Crowell-Davis, 1989; Hartmann és mtsai, 2012).

A hagyományos futóistállós tartásnál (méneseiben jellemző tartásmód) a lovakat az abrakvetés idejére egyesével lekötik a jászolhoz, így biztosítva, hogy minden ló hozzáférhessen az adagjához. Ez viszont munkaerő igényes tevékenység, hiszen minden lovat egyesével meg kell fogni és a kötőfékénél fogva rögzíteni kell a helyén. Egy változatos összetételű állományban az egyedek takarmányigénye is eltérő. A lovak korának, egészségi állapotának, kondíciójának, használatának, stb. függvényében könnyen elképzelhető, hogy bizonyos állatok egyáltalán nem igényelnek abrakot, míg mások (pl. intenzív munkát végző, vagy egy gyenge kondíciójú ló) az átlagosnál több abrakot kell, hogy kapjon. A folyamatos versengés főként a rangsorban lejjebb álló egyedeket érintheti hátrányosan (Ellard és Crowell-Davis, 1989).

Az ún. aktív istállók egyik alapvető koncepciója az, hogy a karám funkcionális felosztásával a lovak minél többet mozoghassanak a rendelkezésükre álló területen belül, ezért a szénaetetőt, az abrakoltatót, az itatót vagy a pihenőtereket a lehető legtávolabb helyezik el egymástól (Hartmann és mtsai, 2012). A strukturált elrendezésű aktív istállóokban a lovak kimutathatóan többet mozognak, mint a hasonló méretű karámokban tartott társaik (Rose-Meierhöfer és mtsai, 2010). Ez részben annak köszönhető, hogy a lovak nagyobb távolságokat járnak be a funkcionálisan eltérő karámrészek közötti távolság miatt.

Egy másik fontos eleme a rendszernek az automatizált takarmány kiosztás. Ez túl azon, hogy lehetővé teszi az egyedi széna- és abrakfelvétel folyamatos ellenőrzését és online nyomon követését, arra is készíti a lovakat, hogy többet járkáljanak az etetők között. Az általánosan elterjedt napi 2-3-szori abraketetéssel szemben az automata adagolóban lehetőség nyílik a szokásosnál lényegesen több és kisebb részletben kiosztani az egyed napi adagját ([http1](#), [http2](#)). Ez emésztés-élettani szempontból lényegesen kedvezőbb a lovak számára. Az aktív istállóokban a lovak egyedi azonosítóval, nyakörv, bőr alá ültetett vagy sörénybe font chip, vannak ellátva (1. kép). Így egyedre szabottan beprogramozható, hogy melyik ló milyen mennyiségű abrakot, vagy szénát, ehessen, és

1. kép A ló sörényébe font egyedi azonosító egy aktív istállóban  
(Maros K.)



Picture 1. Individual transponder to be woven into the mane

**2. kép** Két férőhelyes abraketető  
(Maros K.)



Picture 2. Concentrate feed station for two horses

azt hány alkalommal kapja meg a nap folyamán. Az abraketetőben egyidejűleg csak egy ló fér el, és számos esetben minden további ló bejutását egy lezáródó elektromos pálca akadályozza meg (2. kép).

Az egyedi etetők használata ugyanakkor új problémákat is felvet. Nem zavarják-e egymást az etetők előtt várakozó lovak? Okoz-e stresszt az automata etetőben éppen táplálkozó egyedeknek a kívülről várakozó társak? A kutatók úgy találták, hogy a különböző kialakítású etetők közül azok, amelyeknél a lovak folyamatosan, előre indulva juthatnak

ki az etetőből, állatjóléti szempontból kedvezőbbek, mint azok, amelyeknél az etetőkből kihátrálva kell kijönniük. Ez utóbbi elrendezésnél a lovak közötti konfliktusok (pl. sunyítás) száma magasabb volt az etető környékén (Zeitler-Fecht és mtsai, 2011).

A viselkedési megnyilvánulások mellett egyes élettani változók (pl. kortizolszint, szívritmus és szívritmus variancia) alakulásának monitorozása további fontos információkkal szolgálhat az állatokat érő stressz hatások mértékéről. A szívritmus már régóta a legszélesebb körben elterjedt „pszichofiziológiai paraméter”. Népszerűsége részben abból adódik, hogy regisztrálása technikailag aránylag könnyű, az orvostudományban régóta alkalmazott EKG, illetve az artériás pulzusmérés elvén alapszik (Tóthné Maros, 2009). A szívritmus variancia vizsgálatával további lehetőség nyílik a szervezetben zajló pszichés és kognitív folyamatok értékelésére, az aktuális vegetatív (szimpatikus és paraszimpatikus hatások) egyensúlyok változásainak nyomon követésével (von Borell és mtsai, 2007).

Vizsgálatainkban a következő kérdésekre kerestük a választ:

Mennyiben zavarja a lovakat

1. az etetők előtti várakozás, illetve
2. az automata etetőben való táplálkozás?

A feltett kérdésekre az egyedek szív működésének (szívritmus és szívritmus-variancia) nyomon követésével próbáltunk választ keresni.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

### *Helyszín és az állatok*

A vizsgálatok 2015 február és március hónapokban zajlottak egy Baden-Württemberg tartománybeli (Németország) aktív istállóban. A vizsgálatban 24 vegyes fajtájú ló (6 kanca: átlagosan 15,5 évesek, illetve 18 herélt: átlagosan 15,8 évesek) vettek részt. A telepen a lovakat csoportosan tartották és minden lovat egyedi azonosítóval láttak el.

Az állatok egy előre meghatározott rendszerben juthattak hozzá a napi szálaskarmány (széna vagy szilázs) és abrakadagjukhoz az automata etetőik révén. Minden ló kapott abrakot és 20 ló ad libitum fogyaszthatott szálaskarmányt. Az etetőkbe besétáló lovat a rendszer azonosította és csak azután juthatott a takarmányhoz. A szálaskarmány-etetőik lovanként változó (10-195 perc) időtartamon át voltak nyitva. Abban az esetben, ha a megadott idő lejártával a ló nem távozott önként az etetőből, a gép egy hangjelzéssel figyelmeztette erre, majd azt követően 30-90 másodperc múlva az etetőben lévő ajtó automatikusan lezárta a ló elől a szénát/szilázst. Az abraketetőik is hasonlóan működtek csak rövidebb időn át voltak nyitva. Az etető zárása előtt egy hangjelzés figyelmeztette a lovat, majd az automata lezárta azt a ló elől. A napi abrakadagot (256-2932 g/ló) 24 részletben osztották ki.

### *A vizsgálat menete és a műszerek*

A lovakra a megfigyelési idő alatt egy Polar Equine RS 800 CX (Polar Electro OY) szívritmus mérő műszert helyeztünk fel, amit egy speciális hevederrel (Polar Equine Belt) rögzítettünk az állatokon (3. kép). A vizsgálatokat megelőzően az állatokat hozzászoktattuk a heveder viseléséhez, így a méréskor már semmilyen jelét nem adták annak, hogy zavarná őket. Egy-egy lovon átlagosan 5 órán át volt fenn a műszer, de legalább annyi ideig, amíg legalább egyben be nem ment az abrak- és szálaskarmány etetőkbe. A lovak szabadon mozogtak, mozgásukat, tartózkodási helyüket a helyszínen működő kamerák segítségével rögzítettük.

### *Vizsgált változók és az adatok kiértékelése*

A vizsgálatokban arra voltunk kíváncsiak, hogyan alakul a lovak szívritmusa az automata etetőik előtti várakozás alatt, illetve amikor bejuthatnak az etetőkbe és esznek, ahhoz képest, hogy nyugodtan pihennek, azaz egyhelyben állnak pihenő helyükön, vagy bárhol a lovarda területén. Az analízishez részben az adott esemény első percének adatait használtuk fel, másrészt összehasonlítottuk az adott események kezdeti és utolsó 30 másodperces szakaszait. A következő helyzetekben vizsgáltuk a lovak szív ritmusát illetve a szívritmus variancia SDNN (standard deviation of normal to normal intervals) paraméterét:

1. „NYUGALMI”: nyugalmi állapot, a ló egy helyben áll az etetőtől távolabb, szeme nyitva, egyik hátulsó lábát pihenteti
2. „VÁRAKOZÁS”: a ló az automata etető előtt áll
3. „TÁPLÁLKOZIK (ABRAK)”: a ló az etetőállásban áll és abrakot fogyaszt
4. „TÁPLÁLKOZIK (TÖMEGTAK)”, a ló az etetőállásban áll és szénát vagy szilázst fogyaszt

A Polar elektródák és az óra az EKG QRS komplex R csúcsát érzékelve az R-R távolságokat mérik és tárolják azt milliszekundum pontossággal. A videó visszanezése után az elemzésre kiválasztott R-R szakaszokat egy szoftver (KUBIOS HRV 2.2-es verzió) segítségével elemeztük ki. A kiválasztott szakaszok normalitás vizsgálata után, ANOVA (SNK post-hoc teszt) ill. páros t-teszt segítségével GraphPad Instat statisztikai program segítségével hasonlítottuk össze az adatsorokat.

**3. kép** A műszer elhelyezése a lovon. A képen jelölt piros területen belül helyezkednek el az elektródák (Hinz K.)



Picture 3. Electrode belt attached on the horse. The red coloured area indicates the location of the electrodes

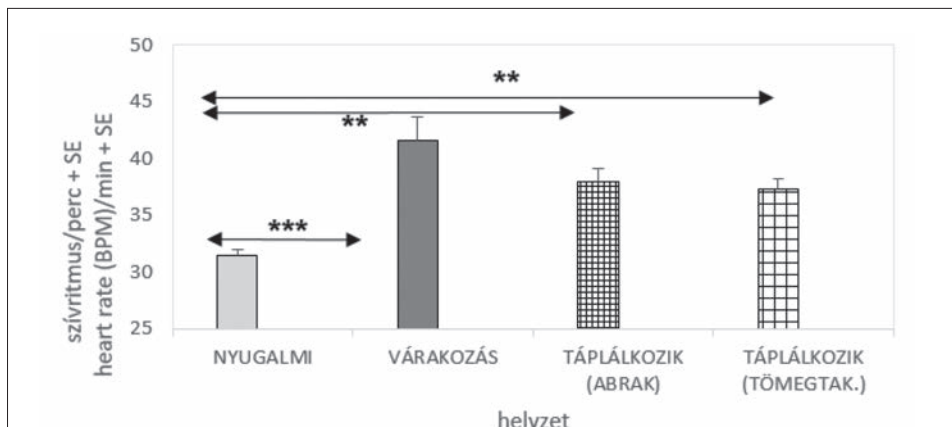
**EREDMÉNYEK**

Összesen 19 lótól tudtunk mind a négy-féle helyzetben legalább 1 perces adatot gyűjteni. A 24 ló közül 5 egyed esetén nem sikerült legalább 1 perc hosszúságú, egyhelyben való állással telt „VÁRAKOZÁS” szakaszt találni, így ezeknek a lovaknak az adatait nem tudtuk felhasználni az elemzések során. A négy vizsgált helyzet közül a lovak szívritmusa a nyugalmi állapotban volt a legalacsonyabb (NYUGALMI átlag: 32/perc, minimum: 29/perc, maximum: 38/perc). Ehhez képest mindhárom másik helyzetben (VÁRAKOZÁS: átlag: 42/

perc, minimum: 29/perc, maximum: 60/perc; TÁPLÁLKOZIK (ABRAK): átlag: 38/perc, minimum: 32/perc, maximum: 55/perc. TÁPLÁLKOZIK (TÖMEGTAK): átlag: 37/perc, minimum: 31/perc, maximum: 49/perc) szignifikánsan magasabb volt az átlagos szívritmusuk (ANOVA,  $F_{(3,18)} = 11,00$ ,  $p < 0,001$ ; 1. ábra).

A szívritmus variáciája (SDNN) hasonlóan alakult. A legalacsonyabb variancia értéket a nyugalmi helyzetben mértük. Ettől mindhárom további helyzetben mért SDNN érték szignifikánsan magasabb volt (ANOVA,  $F_{(3,18)} = 11,32$ ,  $p < 0,001$ ; 2. ábra).

**1. ábra** A szívritmus alakulása az aktív istállóban, automatizált takarmányozás esetén

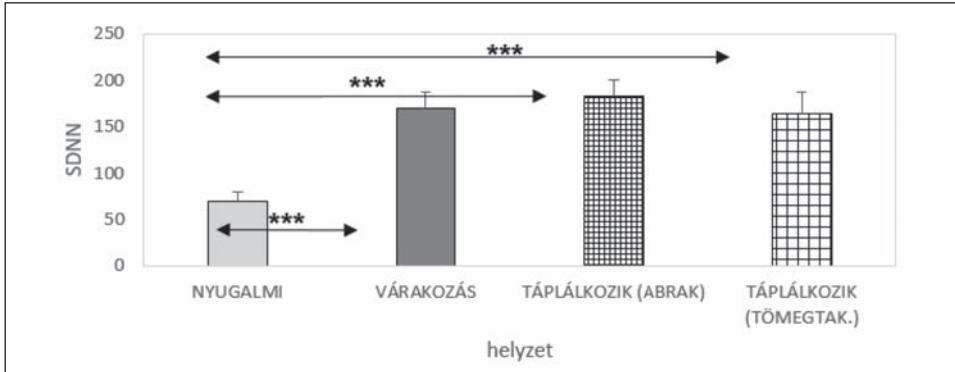


SNK post-hoc test: \*\*:  $p < 0,01$ ; \*\*\*:  $p < 0,001$

Figure 1. Average heart rates during the 4 situations: at rest (light grey), waiting at the feeder (dark grey), grain feeding (criss-cross small) and roughage feeding (criss-cross large) inside the feeder

SNK post-hoc test: \*\*:  $p < 0,01$ ; \*\*\*:  $p < 0,001$

**2. ábra** A szívritmus variancia (SDNN) alakulása az aktív istállóban, automatizált takarmányozás esetén



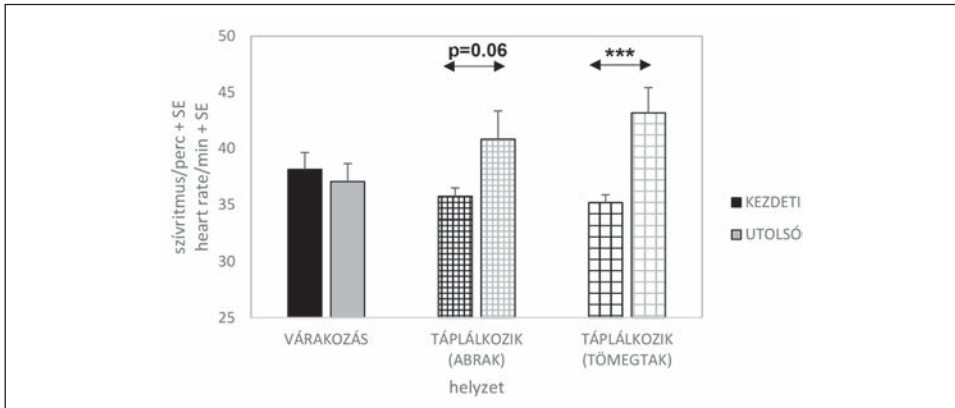
SNK post-hoc test: \*\*\*:  $p < 0,001$

Figure 2. Heart rate variability (SDNN) during the 4 situations: at rest (light grey), waiting at the feeder (dark grey), grain feeding (criss-cross small) and roughage feeding (criss-cross large) inside the feeder

SNK post-hoc test: \*\*\*:  $p < 0.001$

A továbbiakban összehasonlítottuk az etetőnél való várakozás, és a kétféle etetőben történő táplálkozás kezdeti és utolsó fél perces szakaszait. Arra voltunk kíváncsiak, hogy mennyiben befolyásolja a lovakat az, hogy „jelzést” kapnak (hangjelzés) arra, hogy lezáródik az etető és el kell azt hagyniuk (3. ábra). A várakozás eleje és vége között mérhető átlagos szívritmus nem különbözött ( $t_{(18)} = 0,39$ ; ns.), ebben az időszakban hangjelzés nem volt. Az abrakolásnál már marginálisan szignifikánsa

**3. ábra** A szívritmus alakulása az egyes helyzetek kezdeti és utolsó 30 mp-ében



\*\*\*:  $p < 0,001$

Figure 3. Heart rate of horses in the first and the last 30 seconds part of three different situations. Black colour: first 30 seconds., grey colour: last 30 seconds. Situation: waiting at the feeder (filled), grain feeding (criss-cross small) and roughage feeding (criss-cross large)

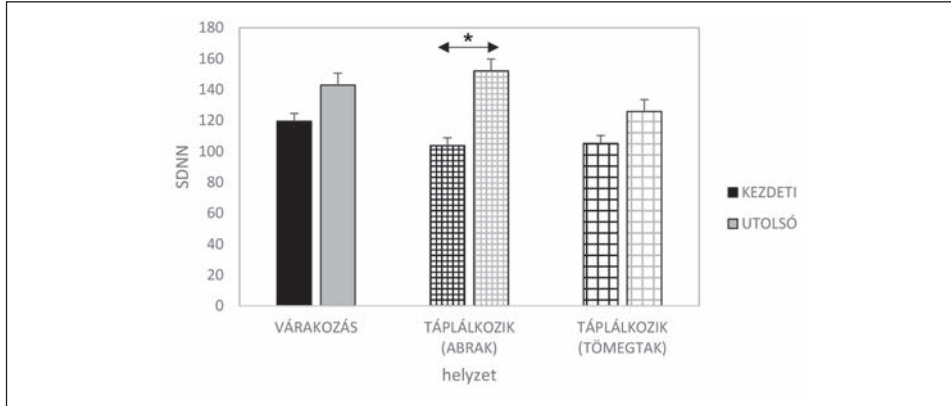
\*\*\*:  $p < 0.001$



mértékben magasabb volt a lovak szívritmusa az utolsó fél percben, mint az abrakolás kezdeténél ( $t_{(23)} = 1,95, p = 0,06$ ). A tömegtakarmány fogyasztása közben mért értékekkel kapcsolatban pedig azt tapasztaltuk, hogy a lovak szívritmusa jelentősen megnőtt az etető lezárása előtti fél percben ( $t_{(23)} = 2,74, p < 0,001$ ).

Az SDNN értékek változása kevésbé volt drasztikus. Az abraketetőben lévő lovaknál az etető lezárása előtti fél percben megemelkedett az átlagos SDNN a kezdeti fél perchez viszonyítva ( $t_{(23)} = 2,74, p = 0,02$ ; 4. ábra).

4. ábra A szívritmus variancia (SDNN) alakulása az egyes helyzetek kezdeti és utolsó 30 mp-ében



\*:  $p < 0,05$

Figure 4. Heart rate variability (SDNN) of horses in the first and the last 30 sec part of three different situations

Black colour: first 30 seconds, grey colour: last 30 seconds. Situation: waiting at the feeder (filled), grain feeding (criss-cross small) and roughage feeding (criss-cross large)

\*:  $p < 0,05$

## EREDMÉNYEK MEGBESZÉLÉSE

Az automata etetőkből álló és táplálkozó lovak szívritmusa a nyugalmi állapothoz viszonyítva jelentősen megemelkedett. *Zeitler-Feicht és mtsai* (2011) is hasonló eredményeket kaptak az automata etetőkből tartózkodó lovak szívritmus mérése során. A táplálkozás alatti szívritmus emelkedést több állatfajnál is kimutatták (*Tóthné Maros és mtsai*, 2010). A jelenség hátterében a táplálékfelvétel okozta izgalmi állapot állhat. Német kutatók ugyanakkor annak a lehetőségét is felvetették, hogy az etetőben álló lovakat stresszelheti a többiek közeli jelenléte, ami főként a rangsorban alacsonyabb pozícióban álló egyedeket érintheti (*Zeitler-Feicht és mtsai*, 2011).

Az etető előtti várakozás közben szintén jelentősen megemelkedett a lovak szívritmusa a nyugalmi állapothoz képest. Itt gyakran több ló is várakozik egy időben, így valószínű, hogy a szívritmus emelkedés egyik előidézője a versengésből adódó szociális stressz lehetett (*Tóthné Maros és mtsai*, 2010).

A szívritmus variancia SDNN értékeinek hasonló tendenciákat mutató emelkedése a várakozás és az etetőben tartózkodás idején (annak első percében),

a vegetatív aktivitás általános növekedését tükrözi a vizsgált időszakokban. Az, hogy ennek hátterében a szimpatikus vagy a paraszimpatikus hatások fokozottabb érvényesülése áll-e, nem dönthető el egyértelműen, de mivel a szívritmus és az SDNN emelkedése együtt járt, feltételezhető a szimpatikus aktivitás fokozódása.

Az etetők lezárása előtti fél percben a lovak szívritmusa mindkét fajta etetőnél jelentősen megemelkedett. Egyes lovak szívritmusa a kétszeresére nőtt, feltételezhetően annak hatására, hogy a hangjelzésből tudhatták, el kell hagyniuk az etetőt. Mivel a betanítás során egy elektromos pálcia is segíti kihajtásukat, a jelzés bekapcsolhatja náluk ennek a negatív, fájdalmat okozó ingernek az emlékét. Az sem kizárt, hogy a táplálkozás lehetőségének megszűnése frusztrálta őket, és okozott a pszichés stresszből adódó szívritmus emelkedést.

A szívritmus variancia adatok azt mutatták, hogy mind a várakozás, mind pedig a táplálkozás közben jelentősen megemelkedett a vegetatív idegrendszer aktivitása, azonban a szimpatikus és a paraszimpatikus hatások aktuális egyensúlyát, a mért szakaszok rövidege miatt nem tudtuk kiértékelni. A szívritmus emelkedéssel párhuzamos SDNN növekedés azonban azt sejteti, hogy a rendszer szimpatikus ágának hatása fokozódott a vizsgált helyzetekben.

Az automata etetők használatának számos előnye van a modern lótarásban. A napi abrakadagok több, kisebb részletben való kiosztása táplálkozás-életteni szempontból jóval kedvezőbb a lovak számára, mint a hagyományos, napi 2-3-szori etetés (Zeitler-Feicht, 2008). További előny, hogy az etetők gyakori felkeresése az állatokat több mozgásra készíti, ami szintén fontos szempont a lótaratok számára (Rose-Meierhöfer és mtsai, 2010). Ugyanakkor a takarmánykiosztó helyek környékén várakozó lovak között gyakoriak az agonisztikus interakciók (pl. sunyítás, harapás, rúgás), ami a sérülések kockázatát növeli ezeken a helyeken (Zeitler-Feicht és mtsai, 2011). A fentiek alapján a létesítmények megtervezésekor különösen fontos, hogy minél több szabad tér legyen az etetők előtti várakozó helyeken, és a lovak akadály nélkül mozoghassanak ki és be az etetőbe. Érdemes lenne továbbá arra is hangsúlyt fektetni, és további vizsgálatokat folytatni azzal kapcsolatban, hogy a szalastakarmány kiosztásának időtartamát hogyan lehetne oly módon optimalizálni, hogy a táplálkozási lehetőség megszakítása és az etető elhagyása ne okozzon frusztrációt a lovak számára.

## KÖVETKEZTETÉSEK

Az Európában egyre népszerűbbé váló aktív istállókban a lovak természetszerű, csoportos tartása mellett lehetővé válik a korszerű, egyedre szabott takarmányozás. Jelen vizsgálatban a szívritmus mérésével próbáltunk rávilágítani azokra a potenciális konfliktusforrásokra, amelyek az automata etetők használatakor jelentkezhetnek. Eredményeink azt mutatják, hogy az etetők előtti várakozás alatt a lovak szívritmusa és szívritmus varianciája egyaránt fokozódik, ami – részben – a várakozó lovak közötti versengésből adódhat. Egy másik kedvezőtlen helyzet az etetőkből való távozás előtti időszakban lép fel, amikor egy hanggal jelzik a lovaknak, hogy rövidesen el kell hagyniuk az etetőt. Ekkor különösen azok a lovak lehetnek frusztráltak (amit a megemelkedett szívritmus értékek jeleztek), amelyek még szeretnének tovább táplálkozni. Ez a probléma leginkább az adagolt szalastakarmány etetésnél jelentkezhet.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Andrews, F.M. - Larson, C. - Harris, P. (2015): Nutritional management of gastric ulceration. *Eq. Vet. Edu.*, 29. 45-55.
- Ellard, M.E. - Crowell-Davis, S.L. (1989): Evaluating equine dominance in draft mares. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 24. 55-75.
- Hartmann, E. - Sondergaard, E. - Keeling, L.J. (2012): Keeping horses in groups: A review. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 136. 77– 87.
- Jørgensen, G. H. M. - Borshheim, L. - Mejdell, C.M. - Søndergaard, E. – Bøe, K.E. (2009): Grouping horses according to gender—Effects on aggression, spacing and injuries. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 120. 94–99.
- Lesimple, C. - Fureix, C. - LeScolan, N. - Richard-Yris, M.-A. - Hausberger, M. (2011): Housing conditions and breed are associated with emotionality and cognitive abilities in riding school horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 129. 92–99.
- Luthersson, N. - Nielsen, H. - Harris, P. - Parkin, T.D.H. (2009): Risk factors associated with equine gastric ulcerations syndrome (EGUS) in 201 horses in Denmark. *Eq. Vet. J.*, 41. 625-630.
- McGreevy, P. (2004) *Horse behaviour: A Guide for Veterinarians and Equine Scientists*. Saunders, Philadelphia, 378.
- Rose-Meierhöfer, S. - Klaer, S. - Ammon, C. - Brunsch, R. – Hoffmann, G. (2010): Activity behaviour of horses housed in different open barn systems. *J. Eq. Vet. Sci.*, 30. 624-634.
- Rowe, J. - Brown, W. - Bird, S. (2001): Safe and effective grain feeding for horses. A report for the rural industries research and development corporation. RIRDC Publication No 01/148, Canberra
- Tóthné Maros, K. (2009). A kötődési és kommunikációs viselkedés és a szív működés közötti kapcsolat vizsgálata kutyákon. Doktori értekezés, ELTE, Budapest.
- Tóthné Maros, K. – Tóth, P. - Janan, J. (2010) A viselkedés hatása az állatok szív működésére. *MÁL*, 132. 285-294.
- Visser, E.K. - Ellis, A.D. - Van Reenen, C.G. (2008): The effect of two different housing conditions on the welfare of young horses stabled for the first time. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 114. 521–533.
- von Borell, E. - Langbein, J. - Després, G. - Hansen, S. - Leterrier, C. - Marchant-Forde, J. - Marchant-Forde, R. - Minero, M. - Mohr, E. - Prunier, A. - Valance, D. - Veissier, I. (2007): Heart rate variability as a measure of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals - A review. *Physiol. & Behav.*, 92. 293–316.
- Zeitler-Feicht, M.H. (2008): *Handbuch Pferdeverhalten; Ursachen, Therapie und Prophylaxe von Problemverhalten*. Ulmer Verlag, Stuttgart, 230.
- Zeitler-Feicht, M.H. - Streit, S. - Dempfle, L. (2011) Tiergerechtigkeit von Futterabrufstationen in der Gruppenhaltung von Pferden. Teil 2: Abrufautomaten im Vergleich. *Tierärztliche Praxis Großtiere* 1. 33-40.

http1: <https://www.active-horse.com/>

http2: <https://aktivstall.de>

Érkezett: 2019. július

Szerzők címe: Maros K.

Szent István Egyetem, Mezőgazdaság és Környezettudományi Kar  
 Authors' address: Szent István University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences,  
 Institute of Animal Husbandry  
 H-2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

Hinz K. - Krüger K.  
 Nürtingen – Geislingen University (NGU)  
 D-72622 Nürtingen, Neckarsteige 6-10.

# A PRECÍZIÓS ÁLLATTARTÁS TAPASZTALATAI ÉS KIHÍVÁSAI A SERTÉSTENYÉSZTÉSBEN

GREGOSITS BALÁZS – NAGY EDINA

## ÖSSZEFOGLALÁS

A „smart farming”, azaz az okos gazdálkodás, amit hazánkban precíziós gazdálkodásnak is neveznek, nemcsak a növénytermesztésre vonatkoztatható: létezik „precision livestock farming” (PLF), azaz precíziós állattartás is. Az állattartásban számos termelési nagyságról beszélhetünk: egyrészt a nagyüzemi, nagy állatlétszámmal, másrészt a kisebb létszámú, leginkább háztáji állattartásról. A precíziós állattartás hasonló a hagyományos állattartáshoz, a különbség mindössze annyi, hogy – mivel az állattartó telepeken általában az említett nagy állományokkal dolgoznak –, meg kell oldani az egyedek megfigyelését, illetve kezelését. A precíziós gazdálkodás során ma már olyan innovációkat, fejlesztéseket lehet alkalmazni a takarmányozás, a genetika vagy az etológia oldaláról is, amelyeket korábban nem. A tudományos eredményeket is felhasználó módszer az állattenyésztés oldaláról indult el, a takarmányozáson túl tartalmazza a tartástechnológiát, a genetikát és az etológiát is. A precíziós gazdálkodás eszközeit elsőként a növénytermesztés és a kertészet kezdte alkalmazni. Mostanára viszont az állattenyésztési ágazat is újításokat vezetett be. A termelési sajátosságokból adódóan szélesebb körben a kérődző (elsősorban nagytejű tejelő) állományokban kezdett elterjedni, de idővel a monogasztrikus gazdasági állatok esetében is egyre szélesebb a kínálat, így a sertés-tenyésztés is egyértelműen fókuszba került. Számos precíziós technika már elérhető a gyakorlatban a sertéstartók körében, viszont nagyon fontos üzenete ezeknek a rendszereknek – amelyek többnyire hatalmas adatbázisokon nyugszanak –, hogy az innováció révén összegyűjtött és rendszerezett adatokat megfelelő tapasztalattal rendelkező és azokat értően használni tudó szakember értékelje és következtetést vonjon le azokból. Csak így van ugyanis lehetőség jelentős hozzáadott érték megteremtésére és a piaci versenyhelyzet által generált igények hatékonyabb kielégítésére.

## SUMMARY

*Gregosits, B. – Nagy, E.: EXPERIENCES AND CHALLENGES OF PRECISION LIVESTOCK FARMING IN THE SWINE INDUSTRY*

The smart farming, or so called precision farming, in Hungary is not exclusively applies to plant production, precision livestock farming (PLF) has a significant share, as well. The several production volumes in animal husbandry can be divided into two main parts: the industrial scale farming with a large number of animals, and the small scale (backyard) farming with a smaller number of animals. Precision livestock farming is similar to conventional livestock farming, the main difference between them is that, due to the above mentioned larger animal number in the commercial farms, the individual monitoring and handling has to be solved on an industrial scale. In the frame of precision farming such innovations, developments can be implemented in the field of animal nutrition, genetics or ethology, which were not possible in the past. The method, which also uses scientific results, approached from the side of animal husbandry containing animal keeping technologies, genetics, and ethology, as well. The tools of precision farming were used first in plant production and horticulture. Recently the animal sector has also introduced such innovations. Due to the production characteristics, those started to spread in the ruminant industry (mainly in high producing dairy cows), however by the time the supply increased in the monogastric sector, as well. That undoubtedly put the swine industry into focus. Numerous precision technologies are available in the daily practice for the farmers. Although it is an important message that these systems are based on enormous databases, that only a professional with sufficient experience and ability to assess can synthesize a proper conclusion from the collected and structured data by innovation. Only this way is possible to create significant added value and to efficiently fulfil the demands generated by the competition in the market.

## BEVEZETÉS

Az ember és állat természetben élésekor – egészen a kezdetektől – az ember még meg tudta figyelni az állatot, hiszen együtt éltek és nem kellett nagyobb létszámú egyedeket számon tartania. Emiatt könnyebben érzékelhetők voltak az állategészségügyi problémák, például a sántaság jelei, légzőszervi problémák stb. Az empirikus alapú érzékelésből, akár a különböző hangokból, például a köhögésből, a nehézlégzésből is jobban lehetett következtetni például valamilyen légúti rendellenességre. Ez a nagyüzemi tartástechnológiákban nem, vagy csak komoly erőfeszítések és költségek árán lehetséges. Emiatt vált szükségessé olyan rendszerek kialakítása, amelyek egyedileg próbálják monitorozni, megfigyelni és nyomon követni az állatokat. Ez lehetséges is olyan módszerekkel – pl. chippel, füljelzővel –, amelyek használatával nagy adatbázis keletkezik. A precíziós állattartásnak pontosan az a lényege, hogy ezt a hatalmas, az informatikai forradalom hatására rendelkezésre álló adatbázist kezelni, s a minél sikeresebb állattartás érdekében, hasznosítani is tudja. Az állati fehérje iránti megnövekedett igény a népesség robbanásszerű növekedésével magával hozta az intenzív nagyüzemi termelés még gazdaságosabbá tételének szükségességét, amelyek egy bizonyos ponton túl már csak a technológiai és digitális újítások térnyerésével voltak kivitelezhetők. A megfelelő technológia kialakítása az adott ágazatban növeli a termelés hatékonyságát, okszerűbb, ezáltal csökkenti a befektetett energia mértékét, emellett környezetkímélőbb is. Mivel a Föld eltartó képessége korlátozott, fontos, hogy a megtermelt növényi és állati eredetű alapanyagok a szükségesnél nagyobb mértékben ne használják ki a környezeti adottságokat. Fontos szempont továbbá, hogy a precíziós gazdálkodás alkalmazásával az élelmiszeripar és a társadalom részéről érkező további elvárások is teljesüljenek, így biztosítva az élelmiszerbiztonságot, a nyomonkövethetőséget, az állatjólétet és a hatékony termelést, amellyel a káros anyag kibocsátás is csökkenthető. Gazdasági állataink esetében az adott állatfaj biológiájának, etológiájának és genetikai adottságainak ismeretében olyan tartástechnológia kialakítása válik lehetővé, amely az állat számára ideális, így a termelőképesége maximalizálható. A mezőgazdasági ágazatok korszerűsítését és fejlesztését tovább indokolja az ökológiai lábnyom csökkentése és a hatékony termelés, amellyel a piaci igényeket ki lehet elégíteni.

## AZ EGYEDI ADATGYŰJTÉS LEHETŐSÉGEI

Az egyedi adatgyűjtés és annak alapján a beavatkozás lehetősége a sertéságazatban, napjainkban már számos eszközzel lehetséges. Ezeknek az eszközöknek a használatával az egyedi igényeknek megfelelő takarmányozási receptúra kialakítása is megvalósulhat. Az intenzív állattenyésztésben az egyedi igények figyelembevétele nagy jelentőséggel bír, hiszen a nagy genetikai potenciállal rendelkező fajták csak így képesek a leghatékonyabban termelni. Fontos megjegyezni, hogy a megfelelő termelési szintek elérésében a takarmányozás mellett a tartástechnológia is fontos szerepet játszik, amelynek kialakításában segítséget nyújt a real-time monitoring használata. Amennyiben az állat természetes viselkedését ismerjük ennek az eszköznek az alkalmazásával információkat kapunk olyan stressz hatású tényezőkről, amelyek a termelést csökkentik. A real-time monitoring valós időben rögzíti, kép

és hang formájában az istállóban lévő állatok viselkedését, amelyek információkat adnak az istálló klímájáról, a telepítési sűrűségről, az itatók és etetők elhelyezéséről és számáról. Felhasználásával a humán munkaerő csökkenthető, amely aktuális probléma az állattenyésztésben. Az emberi tényezők csökkentésével az állatokra gyakorolt stressz is csökkenthető.

Sertések esetében a súlygyarapodás folyamatos nyomon követése a csoportos tartástechnológia miatt nehézkes. Emiatt egy olyan program került kifejlesztésre, amely az állatokról készült digitális képek segítségével megbecsüli azok testtömegét. A képek elemzése során a program figyelembe veszi az állatok testhosszát és az egyes testátmérőket (*Bánházi és mtsai*, 2009). Ennek a precíziós eszköznek a nehézségét a megfelelő szoftver kiválasztása okozza. Az állattenyésztésben gyorsan kell pontos döntéseket hozni, így olyan eszközök kialakítása és beszerzése célszerű, amely az adott telepen leginkább alkalmazhatók. Sertésletelepeken jelenleg főként a takarmányellátásban használják a precíziós technológiákat. Az egyedi azonosítás révén lehetőség van arra, hogy minden állat a számára megfelelő egyedi összetételű és mennyiségű takarmányt kapja. A rendszer nem csak a súlygyarapodást képes nyomon követni, de azonosítja az ivarzó vagy beteg egyedeket is, például a köhögés vizsgálatával. Megfigyelheti továbbá az állatok aktivitását is, amiből viselkedésükre és a jóléti körülményekre következtethetünk. A már említett súlygyarapodáson túl fontos a takarmányfogyasztás mennyiségének vizsgálata is, hiszen ebből is sok mindenre következtethetünk (*https-1*). A sertés-istálló online hanganalízise például alkalmas az állatok egészségének folyamatos monitorozására. A sertés reprodukciós és légzőszervi szindróma (PRRS) okozta köhögésnek például egészen más a hangspektruma, mint a sertés cirkovírus vagy a *Mycoplasma hyopneumoniae* (MH) okozta betegségnek, így a hangspektrum alapján azonnal pontos információhoz jut a gazda a malacok egészségi állapotával kapcsolatban (*https-2*).

A precíziós állattartás során megfelelő eszközök, szenzorok és informatika segítségével folyamatosan nagy mennyiségű adatot gyűjtenek. Ezen adatok egyrészt a termelést jellemző, a hagyományos állattartásban is vizsgált paraméterek (aktuális takarmányfelvétel, élősúly, környezeti hőmérséklet, páratartalom), másrészt olyan új tényezők, amelyeket eddig nem vizsgáltak, mint például az állatok viselkedése, hangja vagy a testhőmérséklet folyamatos kontrollja (*Könyves és mtsai*, 2015). Az így összegyűjtött információ számítógépes modellekkel kerül feldolgozásra, amely adott esetben közvetlen visszacsatolással változtat a technológiai elemeken (ventilláció, hőmérséklet, takarmány kiosztás szabályozása stb.), vagy figyelmezteti a gazdát a döntési helyzetre és a beavatkozás szükségességére (*Halas*, 2017).

A sertéstartó gazdaságokban számos olyan új és régi innovatív komplex rendszer ismert, amelyek alkalmasak videofelvételek rögzítésére, kiegészítve azt akár hangfelvételekkel és mindezt egy asszociatív algoritmus segítségével összhangba hozni az istállóban aktuálisan jelenlévő mikroklímával. Létezik például videokamera alapú (ez lehet akár infrakamera is) rendszer, amely számos sertésletelepen már ma is működik teszt/kísérleti jelleggel. Ennek lényege, hogy a szoftver/program viselkedési anomáliákat vizsgál, például vízfogyasztás, aktivitás, takarmányfelvétel ideje, vagy megfigyeli az esetleges rossz szokásokat, és ezekből von le következtetéseket, úgymint hőstressz, betegség, stressz, takarmány visszautasítás, takarmányfelvétel csökkenés, fülvéghalás és farokrágás előjelezése, testtömeggyarapodás figyelé-

se. A későbbiekben ennek használatával akár egyedi felismerés is lehetséges. Az adatok egy felhő alapon működő tárhelyen elérhetőek a felhasználóknak. Jelenleg az utónevelőben és a hizlalóban javasolt alkalmazása. Mindemellett másik fejlesztés is létezik, amely szintén a hizlalás időszakában nyújthat jelentős segítséget a gazdálkodónak: ez egy 3D-s kamerarendszer, továbbá egy fejlett mérlegrendszer, amely folyamatosan figyeli és regisztrálja az állatokat, így a számítógép pontosan kiszámíthatja azok súlyát, illetve folyamatosan ellenőrzi a takarmányfelvételt és a vízfogyasztás. A testhőmérséklet és az istálló mikroklíma értékek rendszerbe illesztése szintén lehetséges. Az élőszűly nyomkövetése hagyományosan egyedi mérlegeléssel történik, de a nagyüzemi sertéstartás során a csoportos elhelyezés ezt jelentősen megnehezíti. Emiatt ilyen körülmények között célszerű más megoldást keresni arra, hogy emberi beavatkozás nélkül folyamatosan nyomon követhessük az állatok súlyának alakulását. Az említett videorendszer ebben is segítséget ad.

Számos nagyüzem használja a hátszalonna vastagság mérését, amely módszer egy jellemző, a sertéstenyésztésben elterjedt vizsgálati protokoll. Segítségével jól követhető a koca kondíciójának alakulása, amelynek ismeretében meghatározható a vemhes- és szoptatókocák takarmányozási programja. Ezt a precíziós gazdálkodás egyik lényeges elemének tartjuk. A vizsgálat célja a kocák energiatartalékának felmérése a különböző szaporodásbiológiai stádiumokban a hátszalonna vastagságának mérésével. Lehetőség szerint ezt célszerű kiegészíteni az anyagcsereprofil vizsgálatokon átesett egyedek vizsgálati eredményeivel is. Ez utóbbi azonban nem kötelező eleme a vizsgálatnak, önállóan is alkalmazható, sőt általában a gyakorlat így is alkalmazza. A mérések célzottan arra irányulnak, hogy megvizsgálják a különböző szaporodásbiológiai stádiumban lévő tenyészállatok hátszalonna vastagságát és a kapott adatokból következtetéseket vonjanak le a kocaállomány energiatartalékának nagyságáról. Az elvégzett vizsgálat eredményei szoros korrelációt mutatnak a kocák szaporodásbiológiai, felnevelési és életteljesítményével. Kiemelten fontos adat a tenyész kocák első fialást követő hátszalonna vastagság csökkenésének mértéke, mivel ez az adat döntően befolyásolja a következő termékenyítés sikerességét. Kutatási eredmények szerint azoknál az egyszer fialt kocáknál, amelyeknél a szoptatási időszak alatt több mint 30%-kal csökkent a hátszalonna vastagság, az újravemhesülés aránya mintegy 20%-kal volt rosszabb, mint azoknál az egyedeknél, amelyeknél a csökkenés mértéke nem haladta meg a 10%-ot. Emellett a tenyésztésben tartási idő is átlagosan két fialással volt kevesebb ezeknél az állatoknál. Mindezek mellett hagyományosan az ultrahangos vemhességvizsgálat is a telepi gyakorlat megszokott része lehet, amelyek az úgynevezett a természetes, vagy termelési, mutatókkal együtt a gazdasági döntések megalapozottságát segítik elő szakmai alapon. Ilyen mutatók például a malacok esetében a választási testsúly, az utónevelés végi testsúly, a takarmányértékesülés, az elhullás, a gyógykezelések (egyedi vagy ráetetés), kocák esetében pedig az újravemhesülési arány, a születéskori malacszám, a választott malacok száma, valamint a kocaselejtezés mértéke.

A környezeti tényezők közül az alom/padozat állapotát (nedvesség), a hőmérsékletet, a levegő páratartalmát, a légsebességet, valamint a levegő minőségét (porszennyezés, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> koncentráció) óránként ellenőrzi a rendszer. Minden adat számítógépes modellek segítségével kerül feldolgozásra, probléma esetén a program jelzést küld, esetleg megoldást is javasol (Berckmans, 2004).

A takarmányvizsgálati nedves kémiai és NIR (közeli infravörös spektroszkópia) módszerek és ezekkel összefüggésben a különböző táplálóanyag tartalmi paraméterek (energiatartalom, aminosavszintek, emészthetőfehérje-tartalom, vitaminszintek, mikro-, és makroelem-szintek, nyersrost mennyisége) szakmailag megalapozott és optimalizált komplex takarmányozási rendszerek kidolgozását teszik lehetővé az egyre nagyobb genetikai potenciállal rendelkező, akár szuperintenzív hibridek növekedési erélyének kielégítésére. A fenti módszerek okszerű használatával a korábbi gyakorlattól eltérően akár többfázisú takarmányozás is kialakítható a termelési szinteknek megfelelően.

## A PRECÍZIÓS ÁLLATTARTÁS ELŐNYEI A SERTÉSTENYÉSZTÉSSEN

A felsorolt adatok napi gyűjtésében segítséget nyújtó különböző programok növelik a telep hatékonyságát. Időt és pénzt spórolnak meg a gazdálkodóknak, továbbá hozzájárulnak az állatok megfelelő életterének kialakításához. A programok az adatgyűjtés során modellezik a telepet és jelzik a problémát, így a megoldás is gyorsabb lehet. Összességében tehát elmondható, hogy a sertéstelepek esetében is indokolt a fent említett technológiák alkalmazása. A telepi munkát megkönnyítik, a beavatkozásokat okszerűvé és költséghatékonyabbá teszik, biztosítják a gyors döntések meghozatalát és a telep átláthatóságát. Segítik továbbá az állatjóléti szempontok kialakítását, ezáltal jobb körülményeket biztosítva gazdasági állataink részére. A programok fejlesztése a gyakorlati tapasztalatok gyűjtésével a jövő feladata.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Bánházi, T. - Babinszky, L. - Halas, V. - Tschärke, M. - Lewis, B. (2009): Precision nutrition and smart farming developments for sustainable agriculture production. In: Proceedings of the 14th International Symposium on Animal Nutrition, Kaposvár, 83-95.
- Berckmans, D. (2004): Automatic on-line monitoring of animals by precision livestock farming. In Proceedings of International Society for Animal Hygiene, Saint-Malo, 27-30.
- Halas, V. (2017): Precíziós állattartás és takarmányozás. *Állattenyésztés és Takarmányozás* 66. 24-43.
- Könyves, L. - Reibling, T. - Bodor, A. - Brydl, E. - Adorján, A. - Solymosi, N. (2015): Egy precíziós állattartási projekt tapasztalatai. *MÁL*, 137. 719-727.

<https-1://www.magro.hu/agrarhirek/precizios-sertestartas-rejtelmei/>

<https-2://www.agrarunio.hu/hirek/19-allattenyesztes/2808-a-joevo-elkezdodoett-precizios-technologiak-az-allattartasban>

Érkezett: 2019. július

Szerzők címe: Gregosits B. - Nagy E.  
Vitafort Első Takarmánygyártó Zrt.

Authors' address: Vitafort Ltd.  
H-2370 Dabas, Szabadság u. 3.  
gregosits.b@vitafort.hu





## Állattenyésztés és Takarmányozás

### A szerkesztőbizottság (Editorial board):

**Elnök (President):** SCHMIDT János (Mosonmagyaróvár)

**Főszerkesztő (Editor-in-chief):** Fébel Hedvig

**Társfőszerkesztő (Co-editor):** Mézes Miklós

**Technikai szerkesztő:** Sipiczki Bojana

MANABE, N. (Japán),

ROSATI, A. (EAAP, Olaszország),

ANTON István (Herceghalom),

BODÓ Imre (Szentendre),

FÉBEL Hedvig (Herceghalom),

HIDAS András (Gödöllő),

HOLLÓ István (Kaposvár),

HORN Péter (Kaposvár),

HULLÁR István (Budapest),

HUSVÉTH Ferenc (Keszthely),

KOMLÓSI István (Debrecen),

KOVÁCSNÉ Gaál Katalin (Mosonmagyaróvár),

MÉZES Miklós (Gödöllő),

MIHÓK Sándor (Debrecen),

RÁTKY József (Budapest),

RÓZSA László (Herceghalom),

SZABÓ Ferenc

(Mosonmagyaróvár),

TÓZSÉR János (Gödöllő),

URBÁNYI Béla (Gödöllő),

WAGENHOFFER Zsombor

(Budapest),

ZSARNÓCZAI Gabriella (Szeged)

### Szerkesztőség:

#### (Editorial office):

NAIK Állattenyésztési, Takarmányozási és Húsipari Kutatóintézet

NAIK Research Institute for Animal Breeding, Animal Nutrition and Meat Industry  
2053 Herceghalom, Gesztenyés út 1.

mobil: (+36) 30 714 87 65, e-mail: sipiczki.bojana@athk.naik.hu

A cikkeket kivonatolja a CAB International (UK) a CAB Abstracts c. kiadványban

The journal is abstracted by CAB International (UK) in CAB Abstracts

**Felelős kiadó (Publisher):** Dr. Béres András ügyvezető, HOI Nonprofit Kft.

HU ISSN: 0230 1614

A lap az Agrárminisztérium tudományos folyóirata

This is a scientific quarterly journal of the Ministry of Agriculture founded in 1952

(„Állattenyésztés”) by Prof. József Czakó

**A kiadást támogatja (sponsored by):** Agrárminisztérium

MTA Könyv- és Folyóiratkiadó Bizottsága

---

### Megjelenik évente négyszer

A folyóiratokra a kiadónál fizethet elő az alábbiak szerint.

Előfizetési szándékát kérjük, jelezze az [info@agrarlapok.hu](mailto:info@agrarlapok.hu) címen, vagy az alábbi postacímen:

Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft., 1223 Budapest, Park u. 2.

A borítékra kérjük, írja rá: „Folyóirat-rendelés”.

Az előfizetési díjat a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. 10032000-00286662-00000017 számlaszámára való utalással egyenlítheti ki. Az átutalás közlemény rovatában szíveskedjen a folyóirat és az előfizető nevét feltüntetni. Előfizetési díj: 8500Ft/év

Bármely más információért forduljon bizalommal kollégáinkhoz a lenti elérhetőségek bármelyikén:

e-mail: [info@agrarlapok.hu](mailto:info@agrarlapok.hu), telefon: 06-1/362-8100

Nyomta: OOK Press Kft.

8200 Veszprém, Pápai út 37/A