

# Animal welfare, etológia és tartástechnológia



## Animal welfare, ethology and housing systems

Volume 16

Issue 2

Gödöllő  
2020

## DIGITÁLIS MIKROKLÍMA MÉRÉS A TEJTERMELŐ FARMON

*Alföldi László<sup>1</sup>, Tarr Zoltán<sup>2</sup>, Tőzsér János<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Holstein Genetika Kft, H-2100 Gödöllő, Pattantyús Ábrahám krt. 11.

<sup>2</sup>Quinto Solutions Kft., H-1054 Budapest Báthory utca 20. II. emelet 2.

<sup>3</sup> Szent István Egyetem, H-2103 Gödöllő, Egyetem tér 1.  
alföldi@holstein-genetika.hu

Received – Érkezett: 14.05.2020.

Accepted – Elfogadva: 07.15.2020.

### ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmányban 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 a helyspecifikus adatgyűjtés előnyeit a tejhozam optimalizálása érdekében. Gyakorlati tapasztalatok alapján ismertetik a kialakított technológiai megoldás képességeit, többek között az egyszerű tovább-fejleszthetőséget 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.

**Kulcsszavak:** digitális mérés, mikroklíma, tejelő szarvasmarha

### Digital microclimate measurement on the dairy farm

#### Abstract

In this article we present a 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 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.

**Keywords:** digital measurement, microclimate, dairy cattle

## Bevezetés

### *Automatizáció és a digitalizáció tendenciái*

A megnövekedett világnépesség megbízhatóbb minőségű állattartási termékeket igényel, a gazdaságok száma csökken, ugyanakkor a farmonkénti állatok száma és az állattenyésztés termelése növekszik. Ezen tendencia mellett az állattenyésztési problémák növekedését is várhatjuk Thornton (2010).

A gazdaságok automatizálási rendszereinek száma 1980 óta gyorsan növekszik. Szinte minden közepes és nagyméretű gazdálkodó részesülhet a fokozott automatizálás előnyeiből Thornton (2010). Az automatizálási technológiákban és rendszerekben sok lehetőség van a gyakorlatban. Manapság az állattenyésztők egyre inkább robotokat használnak termelésben vagy algoritmusokat alkalmaznak ezért, hogy optimalizálják gazdaságuk vezetési döntéseit. A technológiai fejlesztések, új automatizálási rendszert hoznak létre, amelyben intelligens és rugalmasabb munkalehetőségek állnak rendelkezésre az állattenyésztés területén (Kearney, 2017).

Az új technológia előnyei magukban foglalják a megnövekedett költséghatékonyságot, a jobb állatjólétet, a jobb munkakörülményeket, a jobb termelési megfigyelést (például távoli megfigyelés, a valós idejű adatokhoz való hozzáférés) és a fontos termelési adatok jobb szolgáltatását. Az új technológia azt jelenti, hogy a termelők könnyebben dolgozhatnak, és javíthatják a szarvasmarha-jólétet, a termelési hatékonyságot és a jövedelmezőséget. A technológiai fejlesztések hatékonyabb, jövedelmezőbb és gyorsabb megoldásokat kínálnak a gazdák számára, és ezáltal jobb menedzsmentet és a közvetlen beavatkozási lehetőségeket valósíthatnak meg a gyakorlatukban. A betegségek folyamatos monitorozása és gondos kezelése elengedhetetlen a jólétet figyelembe vevő állatkezelésekhez (Sordillo és mtsai, 1997, Rainard és Riollot 2006).

Az automatizálás manapság nagyon kifinomult technológiát és szoftvert, valamint bonyolult gépeket jelent. Számos számítógépes képanalízis-alkalmazást fejlesztenek ki a kényelmesebb állattenyésztés érdekében. A legújabb számítógépes programok képesek az állati hangok azonosítására és osztályozására egy adott helyzetben. Számos kutatás arra a következtetésre jutott, hogy ezek az alkalmazások felhasználhatók az állatok jólétének megfigyelésére, valamint a betegség, élettani állapot és rendellenességek korai azonosítására (Exadaktylos és mtsai. 2008, Ferrari és mtsai. 2010).

### *Precíziós gazdálkodás folyamata*

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) (Rutter, 2011). A technológia, egyebek mellett, abban is segít, hogy a gazdálkodási folyamat egyre több elemről 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.

1. ábra: A precíziós gazdálkodás komponensei

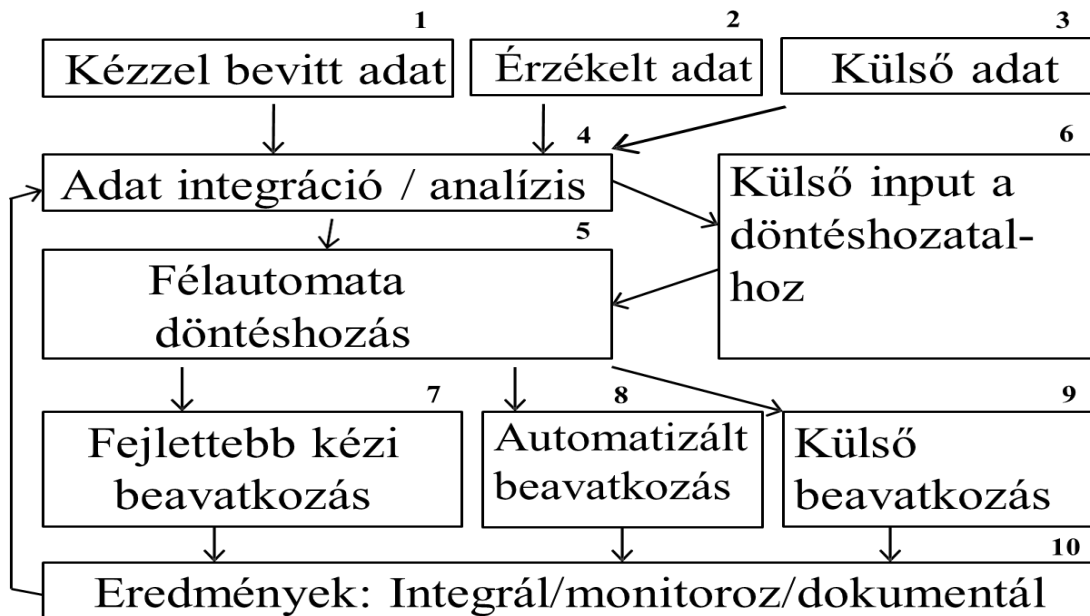


Figure 1: Precision farming

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)

Kézzel bevitt adatokon a gazdaság működése során folyamatosan, vagy alkalmanként, esetleg egy nagyobb adatfeltöltés részeként, más helyen, vagy nem 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 elektronikus (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 adatolható fizikai eszközök és környezet válik elektronikusan befoghatóvá.

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.

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 bevált, mondható és fenntartható technológiai megoldás. A mezőgazdaságot illetően a szántóföldi gazdálkodásban alkalmazott gépek, eszközök a leginkább előre haladtak, 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 eszközből 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

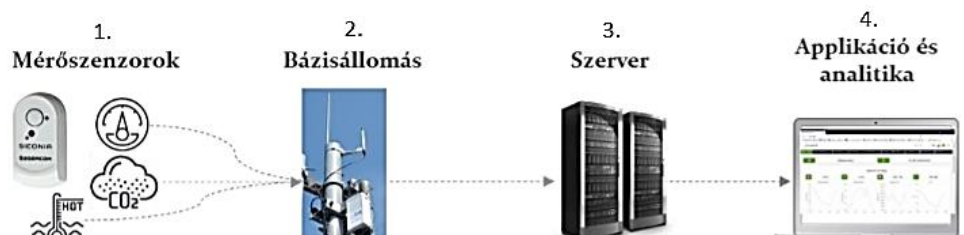


Figure 2: The process of sensory data collection  
sensors (1); base station / gateway (2); server (3); display data rating (4)  
(Szerkesztette Tarr Z.)

### 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 befolyásolja a minőséget:

- 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 (Mekkia és mtsai, 2019) 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.

**3. ábra: A rádiós kommunikációs technológiák a szükséges adatátviteli sebesség és kapacitás összehasonlításában: az LPWAN pozicionálása.**

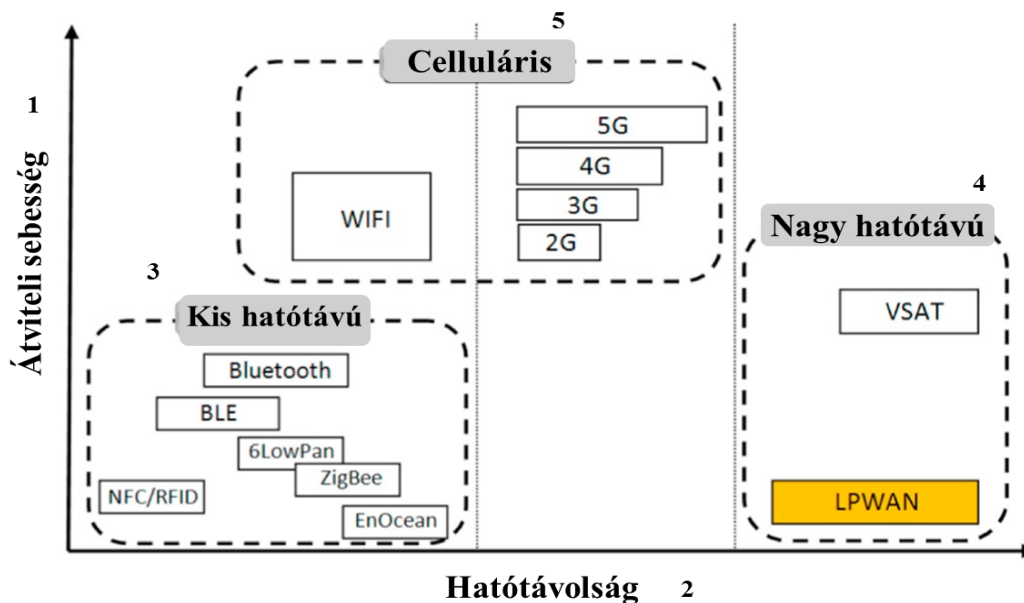


Figure 3: Required data rate vs. range capacity of radio communication technologies: LPWAN positioning  
data rate (1); range (2); short range (3); long range (4); cellular (5)

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. licenszelt és szabadfrekvenciás megoldásokat. Míg a celluláris technológiák a mobil szolgáltatók által megvásárolt, engedélyköteles, azaz licenszelt, frekvenciákat használják, addig az LPWAN technológiák a nem-licenszköteles, 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) (de Carvalho Silva és mtsai, 2017).

#### 4. ábra: Az energiaigény és hatótávolság összevetése: Bluetooth/LE, mobil, LoRaWan, és Wi-Fi technológiák

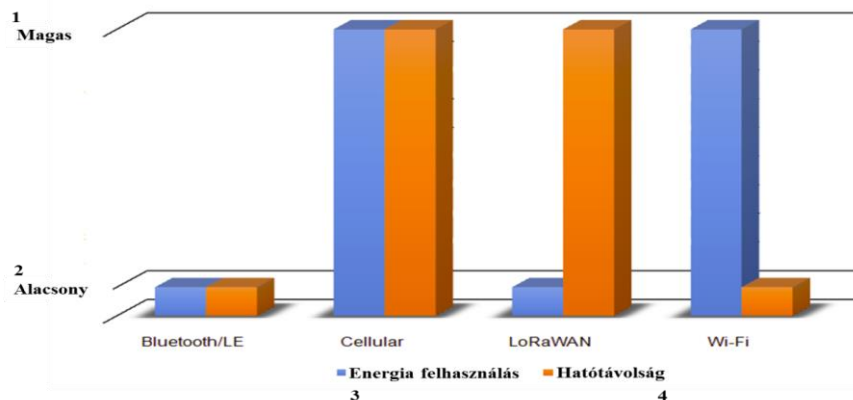


Figure 4: Power consumption vs range for Bluetooth/LE, Cellular, LoRaWan, and Wi-Fi technologies

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, reálisan 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](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. Ebbe 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 valósídejűsége, 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 (Sigfox, LoRa és NB-IoT) bővebb ismertetésére jelen közleményben nincs módunk. Kiemeljük, azonban, hogy részben műszaki okokra visszavezetethető, 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 tejelő szarvasmarha istállók mikroklimájának vizsgálatára, monitorozására létrehozott megoldásra, a fent bemutatott előnyei alapján, a LoRa technológiát választottuk.

A LoRa ún. kiterjesztett csillag topológiával épül (5. ábra) (Depuyd, 2016). 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.

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](#)).



5. ábra: Tipikus LoRa hálózati architektúra

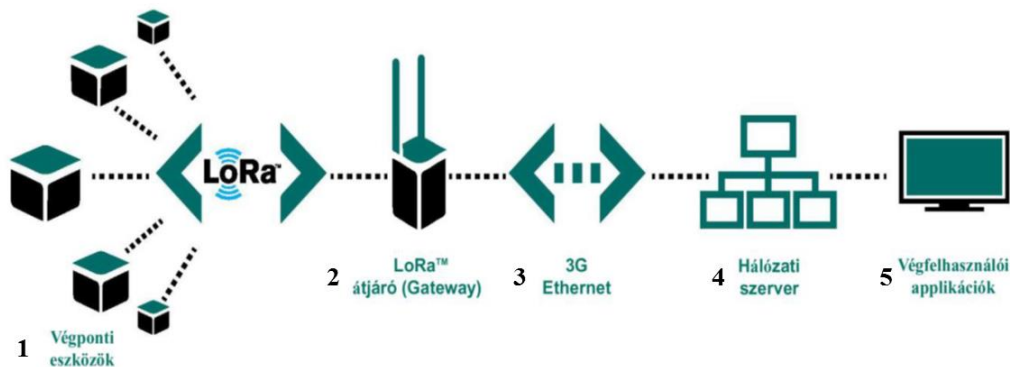


Figure 5: Typical LoRa network architecture

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

### 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) ([http\\_8](#)), amely IP 65-ös, vagy magasabb fokozatú, védettségű műanyag házba kerül, 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

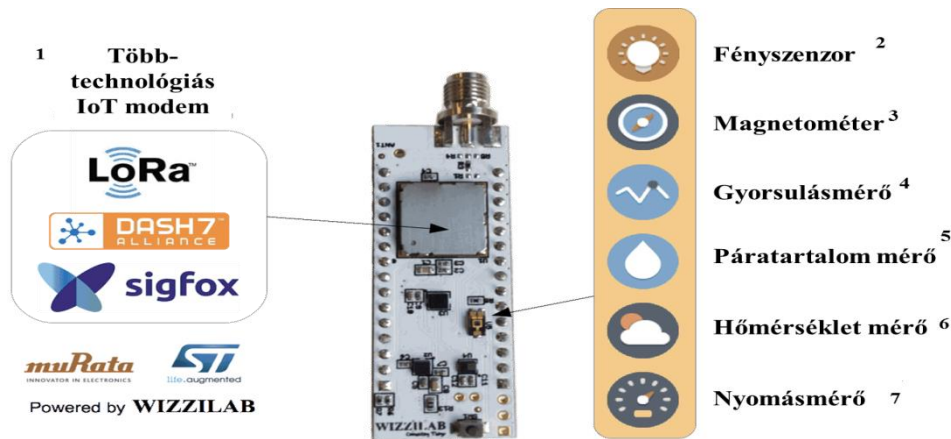


Figure 6: Exemplary IoT development modul (wizzilab) with multi-mode IoT technology

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 tejveszteség 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) (Solymosi és mtsai, 2010). 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.

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.

### 7. ábra: Hőstressz kategóriák

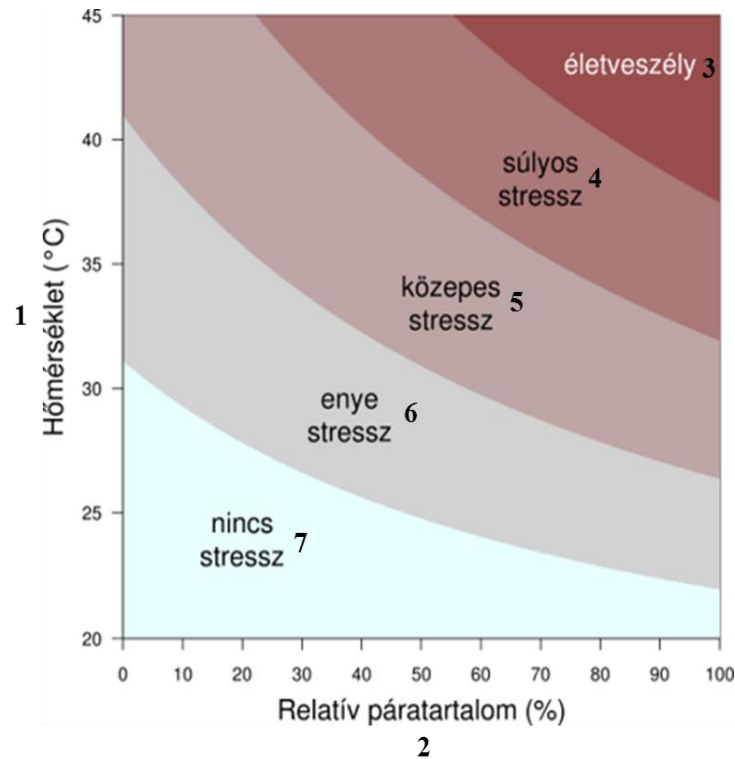


Figure 7: Heat stress categories  
temperature (1); humidity (2); fatal (3); severe stress (4); medium stress (5); mild stress (6); no stress (7)

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

A hőstressz hatásai ellen az istállóklíma javításával, párásítással, locsolással, ventilátorokkal történő légsere 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, gyorskötözővel, vagy facsavarral történhet (1. kép).

### **1. kép: Istálló fa-tartóelemre csavarozott hőmérséklet és páratartalom távadó**



(Foto: Tarr Z.)

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

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 istállóterületek 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, tekintettel 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 egyrészt egy megjelenítő felületre kerülnek, 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 mobil eszközökön is meg lehet tekinteni, sőt az adatok más rendszerekbe (pl. könyvelés) is átvihetők.

### 8. ábra: Környezeti adatok megjelenítése a Radar Platformon (képernyőkép, Tarr Z., 2019.07.27.)

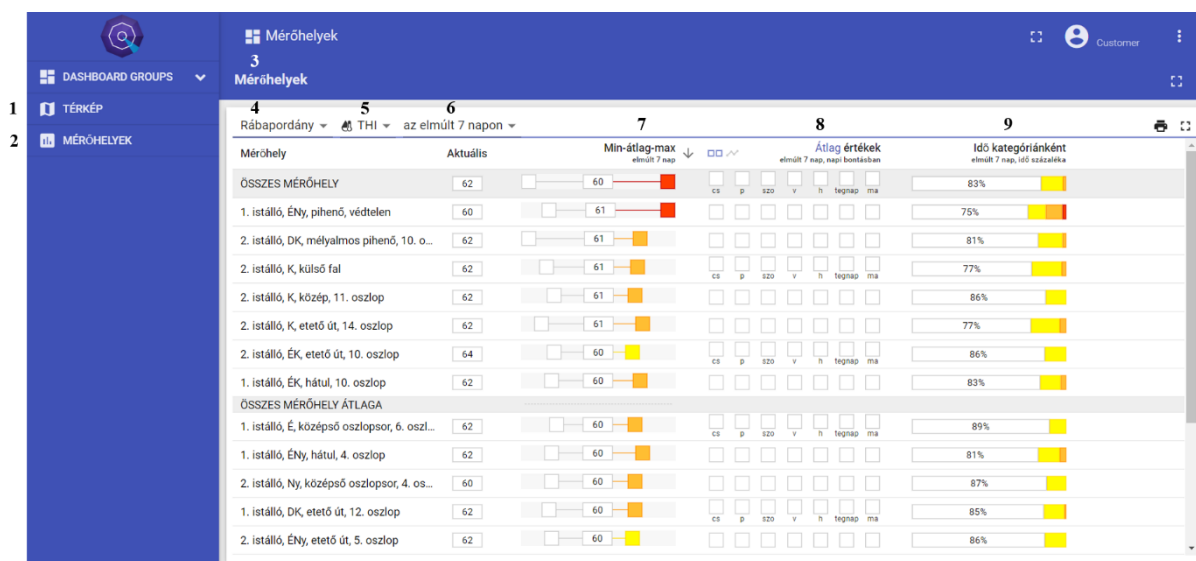


Figure 8: Screenshot of the microclimate data on the Radar Platform

map (1); measuring points (2); measuring points (3); site / Rábapordány (4); data type / THI (5); time interval / past 7 days (6); data sequence / minimum, average, maximum (7); average values (8); duration of time in percent of the chosen time interval (9)

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

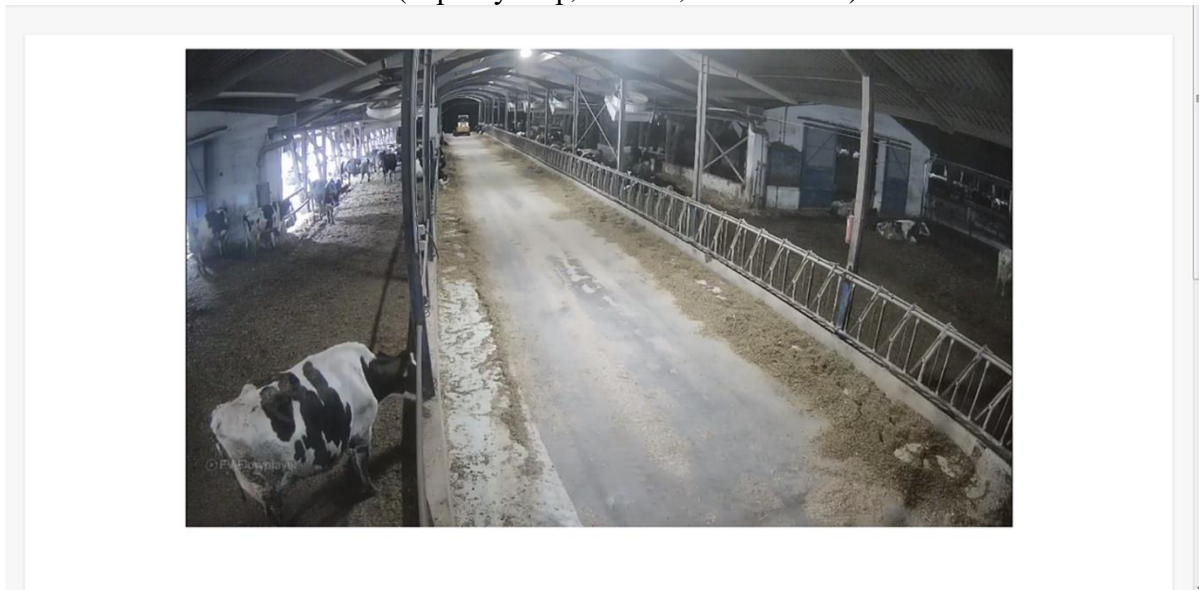


– sokszor okkal – ötleteiket, technológiai fejlesztéseiket. Felhasználói szempontból azonban már most látszik, hogy a viszonylagos elszigeteltségben működő, önmagukban ötletes és hasznos technológiák összehangolására és adott esetben integrációjára van szükség, amihez még ki kellene alakítani a fejlesztő 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 a Platformon**  
(képernyőkép, Tarr Z., 2019.07.27.)



*Figure 9. Screenshot of Platform showing live cam image from dairy farm in Rábapordány*

### **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 érkezhettek: 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. Például a hosszabb távú adatgyűjtés segíthet annak alátámasztásában, hogy a magas légnyomás tejhozamra gyakorolt negatív hatása, valóban ellensúlyozható-e a megfelelő páratartalom elérésével, amire az alábbi hőterképes ábra enged következtetni (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.

**10. ábra: Összetettebb elemzés a gyűjtött adatok alapján**  
(Egyedi, hőterképes elemzés az adatok alapján)

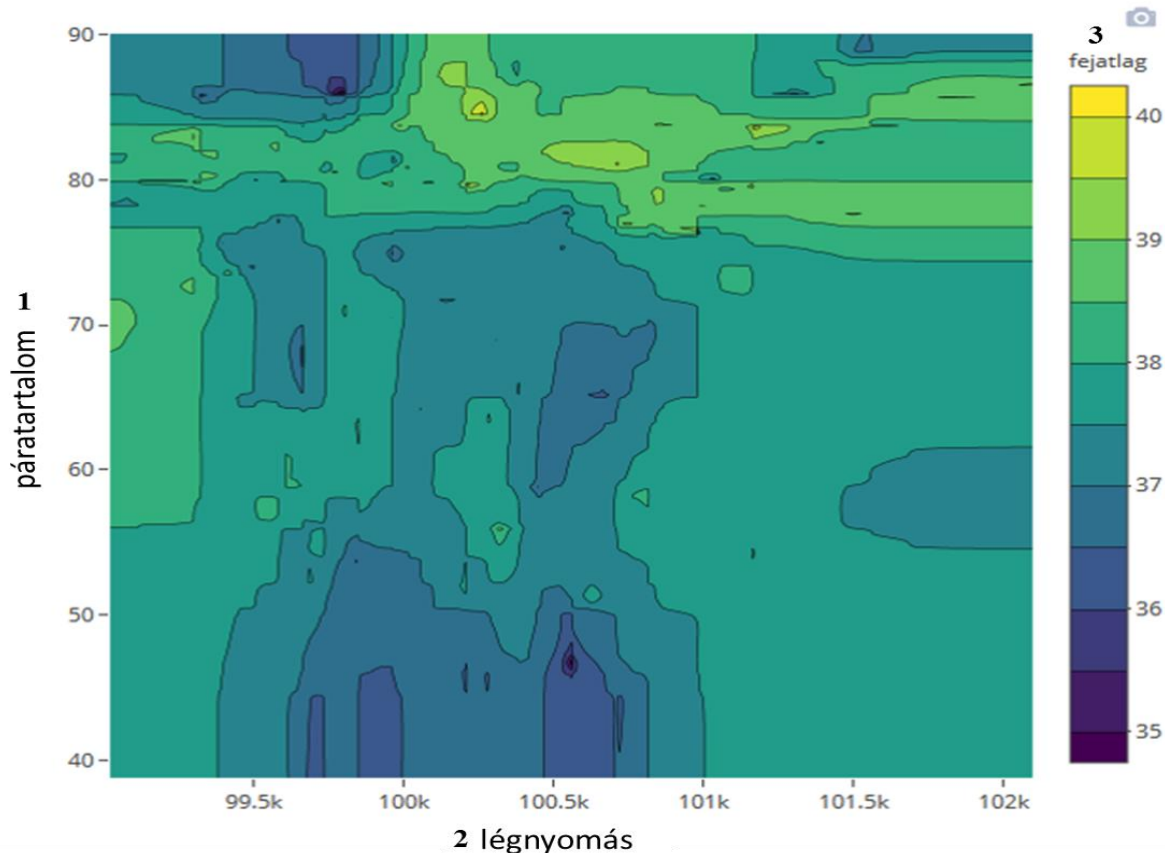


Figure 10. More complex analysis based on the data collected

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)

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. 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.

## Összegzés

Megállapítható, hogy a tehenek 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. Valószínűsíthető, hogy az adatgyűjtésen és -elemzésen alapuló, fokozatosan terjedő, technológia alkalmazása, jelentősen hozzájárul majd hazánkban is a gazdálkodás minőségének és hatékonyságának növeléséhez.

## 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.)
- Exadaktylos, V., Silva, M., Aerts, J.M., Taylor, C.J., Berckmans, D.* (2008): Real-time recognition of sick pig cough sounds. Computers and Electronics in Agriculture, 63. 207-214
- Ferrari S, Piccinini R, Silva M, Exadaktylos V, Berckmans D, Guarino M.* (2010): Cough sound description in relation to respiratory diseases in dairy calves. Preventive Veterinary Medicine, 96. 276-280.
- Kearney AT.* (2017): Technology and Innovation for the Future of Production: Accelerating Value Creation. [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_White\\_Paper\\_Technology\\_Innovation\\_Future\\_of\\_Production\\_2017.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_White_Paper_Technology_Innovation_Future_of_Production_2017.pdf)
- Mekkia, K. Bajica, E., Chaxela, F., Meyer, 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.)
- Rainard P, Riollot C.* (2006): Innate immunity of the bovine mammary gland. Veterinary Research, 37. 3. 369-400

- Rutter, M. (2011): What sensors work for livestock now and where might we go? Harper Adams University, The National Centre for Precision Farming.
- 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
- Sordillo LM, Shafer-Weaver K, DeRosa D. (1997): Immunobiology of the mammary gland. Journal of Dairy Science, 80. 1851-1865.
- Thornton PK. (2010): Livestock production: Recent trends, future prospects. Philosophical Transactions of the Royal Society, B: Biological Sciences, 365. 1554. 2853-2867.
- 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-nelkuli-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>
- <http://www.nrn-lcee.ac.uk/documents/8.MarkRutterLivestockSensors.pdf> (letöltve 2019.06.27.)