



ORSZÁGOS TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

2025. április 24-26.

**VEZETÉK NÉLKÜLI ADATGYŰJTÉSEN ALAPULÓ
NYOMON KÖVETÉSI RENDSZER TERVEZÉSE ÉS
ÖSSZEÁLLÍTÁSA ÉLELMISZERIPARI CÉLOKRA.**

**Design and development of a monitoring system based on wireless data
collection for food industry purposes**

Készítette:

Rédey Ágnes

A25AO0

Élelmiszermérnök, MSc

Nappali

Budai Campus

Témavezetők: **Dr. Kertész István**, egyetemi adjunktus, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Budai Campus Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás Tanszék

Tóth Fruzsina Bettina, PhD hallgató, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Budai Campus Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás Tanszék

Lehetséges OTDK szekció: Agrár szekció

**Budapest
2024.**

TARTALOM

1	Bevezetés	1
2	A munka célja	2
2.1	Jelölési módszer elméleti háttere	2
2.2	Megvalósítás és célkitűzés.....	2
3	Irodalmi áttekintés	4
3.1	Technológiai szükséglet	4
3.2	Szabályozás alapjai	5
3.3	RFID technológia	7
3.3.1	Az adatrögzítés gyakorlata	8
3.3.2	Frekvencia, hatótáv és csatolás	8
3.4	RFID összekapcsolása a szabályozó rendszerekkel - PLC.....	10
3.5	Ipar 4.0.....	10
3.5.1	Ipar 4.0 definíciója, lehetőségei és sikerfaktorai.....	10
3.5.2	RFID fejlődése a logisztikában	11
3.5.3	Az ellátási lánc teljesítményének javítása RFID technológia segítségével.....	11
3.6	Internet of Things	12
3.7	Az alkalmazás fejlesztése	13
3.7.1	A Visual Basic programozási nyelv	13
3.7.2	Unix idő.....	13
3.8	Élelmiszerekre vonatkozó előírások.....	13
4	Anyagok és módszerek	15
4.1	CAEN RFID qLogTEMPERATURE (RT0013).....	15
4.1.1	Praktikussági szempontok:	15
4.1.2	Memória leírása.....	16
4.2	CAEN RFID eszközök specifikációja	17
4.2.1	CAEN RT0013 Dual Frequency Rain/NFC Data Logger Tag	17
4.2.2	CAEN R1250IEB -TILE-Compact UHF RFID Desktop Reader	18
4.2.3	További lehetőségek: TN-UHF-Q300-EU-CDS UHF Reader.....	21
4.3	Tejtermékek szállításának és árusításának körülményei	21
4.3.1	Szállításhoz és árusításhoz használt eszközök – Termoláda	22
4.3.2	Szállításhoz és árusításhoz használt eszközök – Látványhűtő	23
5	Kísérleti/ tervezési eredmények és értékelésük	24
5.1	A program bemutatása.....	24
5.2	Kísérlettervezés	25
5.3	Mérési eredmények.....	26
5.3.1	Szállítás és árusítás közben hőmérsékletmérés	26

5.3.2	Értékelés	29
6	Összefoglalás	30
7	Irodalmi hivatkozás.....	31
8	Köszönetnyilvánítás	33

Rédey Ágnes - OTDK

1 BEVEZETÉS

Az élelmiszeripar fontos feladata az élelmiszerbiztonság biztosítása, vagyis az élelmiszerek korai romlása, esetleg azok által okozott betegségek kiküszöbölése. Számos szabályozás és ajánlás vonatkozik erre a témakörre, aminek az egyik részterülete a nyomon követés.

Előfordulnak olyan helyzetek, amikor nehéz megoldani a vezetékes hőmérséklet mérést és szabályozást, ami kockázatot jelenthet a hűtve vagy fagyasztva tárolandó termékek esetében. Ez a probléma gyakran felmerül a kis- és középvállalkozásoknál. Dolgozatomban egy rendszert terveztem, ami megoldást jelenthet erre a helyzetre, egy programmal kiegészítve és RFID technológiát alkalmazva.

Az RFID technológia (Radio Frequency IDentification – rádiófrekvenciás azonosítás), ahogy a neve is mutatja, rádióhullámok segítségével működő azonosító módszer. Találkozhatunk vele áruk megjelölésénél. Egyes eszközökhöz érzékelőket kapcsolva adatokat tudnak rögzíteni a memóriájukban – például hőmérséklet vagy akár páratartalom értékeket, és mivel vezetékesség nélküli adatrögzítést és kiolvasást tesznek lehetővé, egyértelműen helye van egy nyomon követési rendszer felépítésében.

Egyetemünk jelentős részt vállalt az ún. Digitális Élelmiszeripari Stratégia kidolgozásában (Friedrich, 2021), ami szerint a magyar élelmiszeripar csökkenő versenyképességén, és az emberi erőforráshiány gondjain javítani kellene digitalizációs eszközök fejlesztésével, népszerűsítésével és integrálásával. Ebbe a projektbe is bekapcsolódva merült fel a téma jött létre ez a dolgozat.

2 A MUNKA CÉLJA

2.1 JELÖLÉSI MÓDSZER ELMÉLETI HÁTTERE

Az élelmiszeripari minőségbiztosításban az egyik legfontosabb tényező és egyben nagy kihívás a nyomonkövethetőség. Ez leginkább az érzékeny, hűtendő vagy fagyasztva tárolt élelmiszerekre vonatkozik, egyes termékeknél a páratartalom megfelelő beállítása is fontos szempont lehet.

A hőmérséklet megbízható nyomon követése kihívást jelent többek között a szállítás közben, illetve a kereskedők közötti áruátadásnál. Ezeknél jogi szempontból sem mindegy, hogy melyik felet terheli a felelősség az esetleges hiba miatt.

Elképzelhető az is, hogy egy raktárhelyiségben a hűtendő áru többször áthelyezésre kerül, vagy hibás elrendezés miatt az állványzat vagy a ládák között nem áramlik megfelelően a hideg levegő, ezért elégtelen egyes pozíciókban a hűtés.

Erre jelenthet megoldást az RFID technológia. Kártya méretű, szenzorokkal és kommunikációs interfésszel ellátott eszközöket, úgynevezett tageket tudunk a ládákba helyezni, amiket így ugyanaz a hatás ér, mint az árut, és kis helyen elférnek. A felpasszív tagek rendelkeznek akkumulátorral, tehát folyamatosan tudják rögzíteni a bennük elhelyezett érzékelők jeleit. A jelek kiolvasása antennák segítségével történik, ahonnan az adatokat egy szoftver exportálja és rögzíti, hogy azok feldolgozhatóak legyenek. A tagek beprogramozhatóak úgy is, hogy a beállított határérték felett riasztást küldjenek.

2.2 MEGVALÓSÍTÁS ÉS CÉLKITŰZÉS

A munkám célja, hogy a nyomonkövethetőséget praktikusabbá, egyszerűbbé tegyem a technológia által. Ehhez a Tóth Fruzsina Bettina (2022) által diplomamunkájához készített programot használtam és közösen fejlesztettük tovább. Ezzel a hőmérséklet adatok egyszerűen kiolvashatóak a kártyákról, és a későbbiekben beállítható lesz, hogy folyamatos kommunikáció mellett milyen értéktől küldjön riasztást a rendszer.

Ez a lehetőség különösen a kis- és középvállalkozásoknak lehet nagy segítség, elsősorban a hűtve vagy fagyasztva tárolandó termékek hőmérsékletének igényes és pontos megfigyeléséhez és dokumentálásához. A kis létszám és volumen miatt itt kiemelten fontos, hogy egyszerű és praktikus legyen a nyomon követés. A diplomadolgozat folytatásaként

felmerül a lehetősége olyan programokba való csatlakozásnak, amik ezen gyártók technológiai felzárkóztatását, fejlesztését tűzték ki célul. A későbbiekben a mért adatok alapján szakmai tanácsadásra is kerülhet sor.

Rédey Ágnes - OTDK

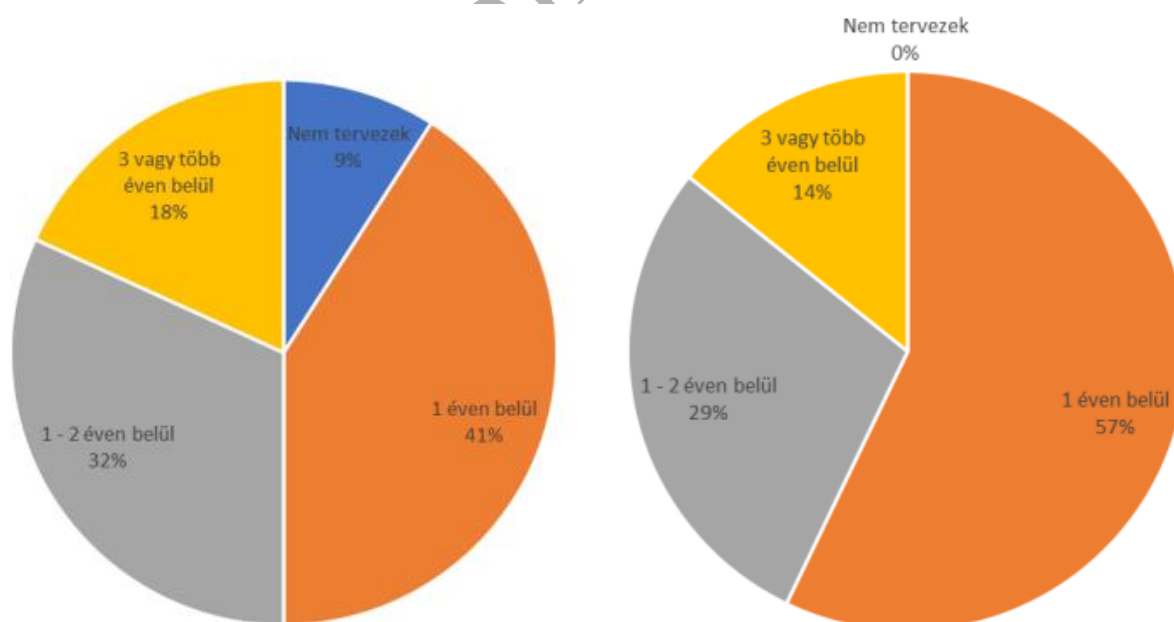
3 IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1 TECHNOLÓGIAI SZÜKSÉGLET

A magyar élelmiszeripar nemzetközi szinten egyre kevésbé számít versenyképesnek. A legnagyobb hiányosságok a nyomon követéssel és minőségmenedzsmenttel kapcsolatban fedezhetőek fel, melyek nagy részben kiküszöbölhetőek lennének a digitalizációs eszközök fejlesztésével és népszerűsítésével.

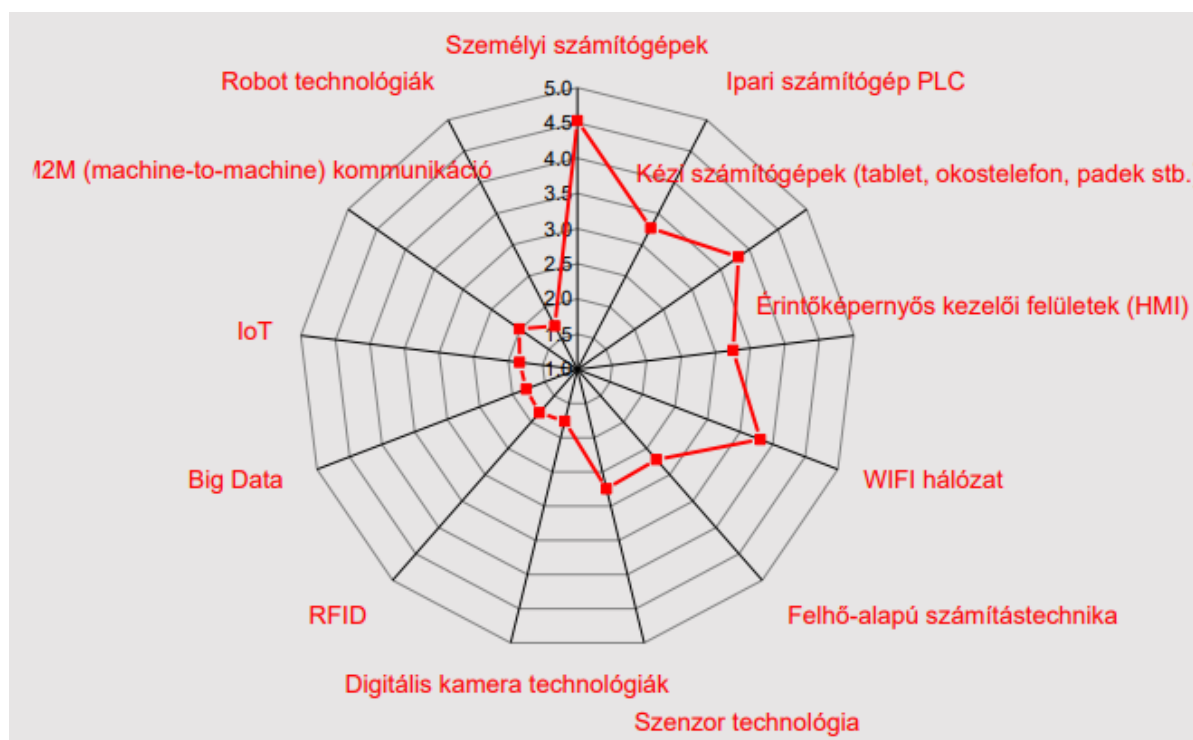
Elsősorban a kis- és mikrovállalkozásoknak lenne szükségük segítségre, mivel ők jutnak kevesebb információhoz a felmerülő problémák lehetséges megoldásaival kapcsolatban, és kis volumen miatt nagy szükség van a termelési hatékonyság növelésére.

A Digitális Élelmiszeripari Stratégia (DÉS) keretein belül kutatásokat végeztek azzal kapcsolatban, hogy bizonyos területek üzemei mit várnának, illetve mennyire nyitottak digitalizációra. (Friedrich és munkatársai, 2021) A válaszokból az látható, hogy a legtöbb ilyen vállalkozás akár egy-két éven belül digitális fejlesztéseket szeretne végrehajtani, ez különösen igaz a hús- és tejfeldolgozó üzemekre, amelyek a hűtve vagy fagyasztva tárolás és szállítás igénye miatt beletartoznak a legkritikusabb élelmiszerbiztonsági kategóriákba. (1. ábra)



1. ábra: „Tervez beruházásokat a övőben a digitalizálás vagy automatizálás területén?” –
balra: húsipar; jobbra: tejipar (Friedrich és munkatársai, 2021)

A vállalkozók részéről a digitalizációtól elvárt eredmények elsősorban a termelékenység növekedése, a veszteségcsökkentés, a munkafegyelem növelése és a költségcsökkentés. A digitalizációnak egyes elemei már elterjedtek az élelmiszerüzemekben, mások kevésbé. A 2. ábrán látható, hogy az RFID technológia, amivel ez a dolgozat részletesen foglalkozik csak kb. 1,8-as értéket ért el az 1-5-ig terjedő Likert skálán, így ez a terület még több népszerűsítést igényel. (Friedrich és munkatársai, 2021)



2. ábra: Informatikai megoldások alkalmazásának elterjedtsége a hazai élelmiszerüzemekben, 1-5 Likert-skálán mérve a válaszadók átlagában (Friedrich és munkatársai, 2021)

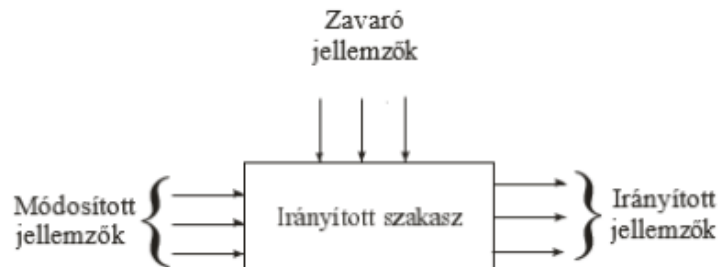
A DÉS keretein belül kidolgoztak egy gazdaságfejlesztési, támogatási konstrukciót 2021-ben, és meghirdették élelmiszeripari vállalkozások számára a digitalizációs eszközök beszerzésére és technológiába illesztésére, valamint szorgalmazták, hogy a meglévő (élelmiszer)gazdaságfejlesztési, innovációs programokba (VINOP, KFI, HEPA, IFKA, stb.) kerüljön be a digitalizációs szempont. (Friedrich és munkatársai, 2021)

3.2 SZABÁLYOZÁS ALAPJAI

A hőmérséklet beállítása az egyik legtipikusabb példa a szabályozásra, ezért érdemes tisztában lenni az irányítás és szabályozás alapjaival. Az irányítás valamilyen folyamatba való beavatkozás adott cél érdekében. A környezetünkben sok helyen jelen van, megjelenhet többek

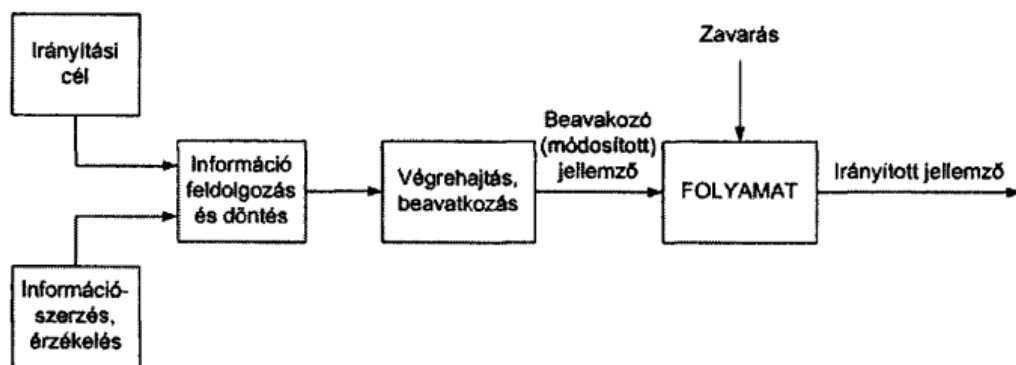
között mechanikusan (zuhanyzó hőmérséklet beállítása) vagy elektronikusan is (szoba hőmérsékletének beállítása). (Keviczky, 2006)

Az irányításnál beszélünk bemenő és kimenő jelekről, melyek között időbeli eltérés van, és a korábbi értékük is hat a pillanatnyi kimenő jelre. (Nemes, 2012)



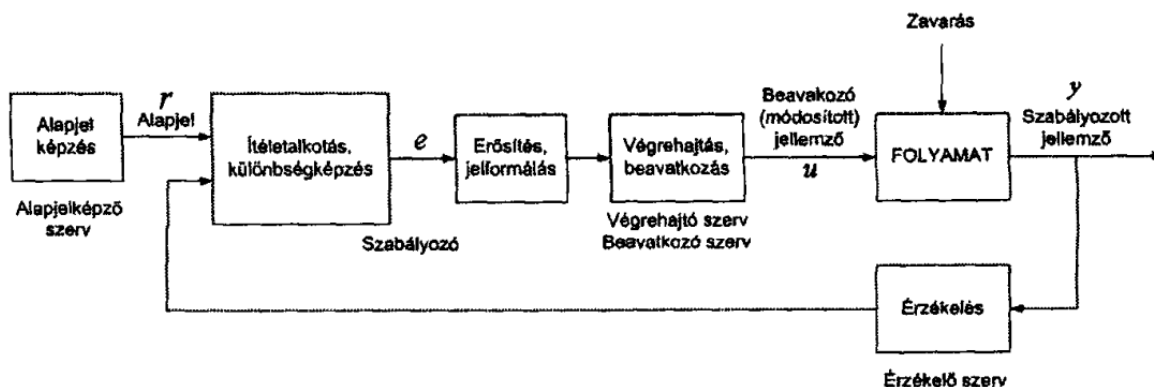
3. ábra: Irányított szakasz jellemzői (Nemes, 2012)

Az 3. ábrán látható, hogy az irányított szakaszra zavaró jelek is hatnak. Ha az irányítás külső tényezőtől függ, a rendszer nyílt láncú, nem kap visszacsatolást, vezérlésnek nevezzük. (4. ábra)



4. ábra: Irányítási rendszer működési vázlata (Keviczky, 2006)

Sok esetben az irányított jellemzőnél konkrét értéket szeretnénk elérni, ezért szükség van visszacsatolásra, így csak olyan mértékben változtatjuk a bemenő jelet, amennyire eltér a kívánt értéktől. Így a hatáslánc zárt, tehát szabályozásról beszélünk. (5. ábra)



5. ábra: Szabályozás működési vázlata (Keviczky, 2006)

3.3 RFID TECHNOLOGIA

Az RFID technológia legáltalánosabb használata áruk, tárgyak megjelölése, kezelése és nyomonkövetése. Az Auto-ID technológiák egyik fajtája.

Az azonosításban vonalkódhoz képest az RFID nagy előnye, hogy még az olvasó „látóterébe” sem kell kerülnie a tagnek, csak megfelelő távolságon belülre. Az ipari szereplők jó része drágának tartja ezt a technológiát, ezért gyakran nem gondolkodik el a bevezetésén. Számos tanulmány szól azonban arról, hogy egyes terméktípusoknál vagy folyamatoknál akár már egy éven belül megtérülhet ez a fajta befektetés. (Internet 1)

Az azonosítószámot egy integrált áramkör tárolja, ami egy antenához van csatlakoztatva. Ezt a kettőt együtt RFID transzpondernek vagy közismertebb nevén tagnek nevezzük. Ez a rész kerül a jelölendő tárgyra. Az olvasó eszköz, jellemzően egy antenna kommunikál a taggel, ez olvassa le az azonosító számot és egyéb, a tagben elmentett adatokat, majd betáplálja egy adatbázisba, vagy az azonosító alapján kikeresi a hozzá kapcsolódó korábban eltárolt információkat. Konstruktíótól függően az antenna képes a tagbe adatokat írni, vagy azt felprogramozni. (Meyers et al., 2007)

A módszer nagy előnye, hogy az információ továbbítása vezetékek vagy vizuális leolvasás nélkül megtörténhet, hiszen a leggyakoribb alkalmazás szerint az olvasó hozza létre az elektromágneses mezőt, amely az RFID tagben feszültséget gerjeszt, ezen keresztül történik a kommunikáció, más esetekben pedig a tag saját energiaellátásával. (Székely, 2021)

Az adatok rögzítése olyan tagekkel történik, amelyek kis helyet foglalnak, és tárolják az információkat. Ezekből energiaellátás alapján három típus létezik:

1. aktív tag: akkumulátorral működik, tehát folyamatos áramellátást kap, így bármikor képes továbbítani az adatokat
2. félpaszív tag: kisebb akkumulátorral működik, ami csak a belső érzékelői és a memória áramellátását biztosítja, az adattovábbításra önmagában nem képes, ehhez az olvasóból kap gerjesztő jelet
3. passzív tag: nincs belső áramellátása, csak az olvasó által biztosított elektromágneses mezőből kapja az energiát az adatrögzítéshez és -továbbításhoz egyaránt

(Glover & Bhatt, 2006)

A későbbiekben a fenti besorolásokat fogom használni, azonban szükséges megjegyezni, hogy Finkenzeller (2010) definíciója szerint az iménti felsorolásból a félpaszív taget aktívnak nevezi.

3.3.1 Az adatrögzítés gyakorlata

Az adatrögzítéssel kapcsolatban fontos szempont, hogy az információ vezetékek nélkül tud terjedni – egy RFID olvasó és az RFID-tag között. Erre vivőhullámot, jellemzően szinuszos hullámot alkalmaznak, ami egy meghatározott frekvenciájú és amplitúdójú rádióhullám, adott fázissal. Mindhárom paraméter változtatható annak érdekében, hogy az információ továbbítása megtörténhessen a vivőhullám modulációjával. Ezt a lépést a modulátor végzi, a fordított műveletét, vagyis a modulált hullámból való információkinyerést pedig a demodulátor. (Meyers et al., 2007)

3.3.2 Frekvencia, hatótáv és csatolás

Az RFID rendszerek legfontosabb megkülönböztetési kritériumai az olvasó működési frekvenciája, a fizikai csatolás módja és a rendszer hatótávolsága. Nagyon eltérő frekvenciákon működhetnek a rendszerek, 135 kHz hullámhossztól 5,8 GHz-ig, ami már a mikrohullám tartományba tartozik. A fizikai csatoláshoz elektromos, mágneses és elektromágneses mezőket használnak. A rendszer elérhető hatótávolsága néhány millimétertől 15 m feletti tartományig terjed.

A nagyon kis hatósugarú, jellemzően 1 cm-ig terjedő RFID-rendszereket **szoros csatolású rendszereknek** nevezik. Ezek működéséhez a taget vagy be kell helyezni az olvasóba, vagy el kell helyezni erre a célra kialakított felületen. A szoros csatolású rendszereket elsősorban olyan alkalmazásokban használják, amelyekre szigorú biztonsági előírások

vonatkoznak, de nem igényelnek nagy hatótávot. Ilyenek például az elektronikus ajtózárszerek, illetve az érintés nélküli intelligens kártyarendszerek fizetési funkcióval. (Finkenzeller, 2010) Ezek a rendszerek az LF (low frequency) tartományba tartoznak, ami 30-300 kHz-ig terjed, de RFID-ra 125-134,2 kHz között alkalmazzák. (Meyers et al., 2007)

Az 1 m-ig terjedő írási és olvasási hatótávolságú rendszerek a **közepes csatolású rendszerek**. Szinte minden közepes csatolású rendszer az olvasó és a tag közötti induktív (mágneses) csatoláson alapul. Ezért ezeket induktív csatolású rendszereknek is nevezik. Ezen kívül van még néhány kapacitív (elektromos) csatolással rendelkező rendszer (Baddeley és Ruiz, 1998). A jelenleg értékesített RFID-rendszerek legalább 90%-a induktív csatolású rendszer. Emiatt ma már rengeteg ilyen rendszer van a piacon, és ezekhez tartozó szabványok, amik különböző alkalmazásokra meghatározzák a tag és az olvasó műszaki paramétereit, például érintés nélküli intelligens kártyákra, állatazonosításra vagy ipari automatizálásra (ISO 14443, érintés nélküli intelligens kártyák). A 135 kHz és 13,56 MHz közötti (HF, high frequency) frekvenciákat használják adatátviteli frekvenciaként, néhány speciális alkalmazás (pl. Eurobalance) még 27,125 MHz-en is működik.

Az 1 m-nél lényegesen nagyobb hatótávolságú RFID-rendszereket **nagy hatótávolságú rendszereknek** nevezzük. Minden nagy hatótávolságú rendszer elektromágneses hullámokkal működik UHF (Ultra High Frequency) és mikrohullámú tartományban. Ezen kívül vannak olyan nagy hatótávolságú rendszerek is, amelyek felületi akusztikus hullám tageket használnak a mikrohullámú tartományban. Mindezek a rendszerek 868 MHz-es (Európában) és 915 MHz-es (USA-ban) UHF frekvencián, valamint 2,5 GHz és 5,8 GHz mikrohullámú frekvencián működnek. Általában már passzív tagekkel is megközelíthető a 3 m-es távolság, míg félpaszív taggal akár 15 m-es és afeletti is elérhető. (Finkenzeller, 2010)

A 1. táblázatban látható, hogy az alapvető frekvenciatartományokon belül milyen jellemző frekvenciákon alkalmazzák az RFID-t.

1. táblázat: A frekvenciatartományok besorolása (Meyers et al., 2007 nyomán)

Tartomány	LF	HF	UHF	mikrohullám
elérhető frekvencia	30-300 kHz	3-30 MHz	300-1000 MHz	1-6 GHz
RFID-hez használt	125-134 kHz	13,56 MHz	433 & 860-960 MHz	2,4 & 5,8 GHz

3.4 RFID ÖSSZEKAPCSOLÁSA A SZABÁLYOZÓ RENDSZEREKKEL - PLC

A korábbiakban említésre került már a szabályozás fontossága és elméleti alapjai (3.2. fejezet), viszont a megvalósításról még nem esett szó. Az RFID rendszerek gyakran úgy lettek kialakítva, hogy összekapcsolhatóak legyenek programozható logikai vezérlőkkel (PLC).

A PLC a mikroprocesszor-alapú vezérlő rendszereknek egy speciális formája, amely programozható memóriát használ az utasítások tárolására és az olyan funkciók megvalósítására, mint a logika, időzítés, számlálás és aritmetika. (Chakravarthy)

Bemeneti eszközök (például érzékelők, kapcsolók) és kimeneti eszközök (motorok, szelepek stb.) a rendszer felépítése során a PLC-vel összekötésre kerülnek. A programozó elkészít és a PLC memóriájában eltárol egy utasítássorozatot, másnéven a vezérlő programot. A vezérlő ezután figyeli a be- és kimeneteket ennek a programnak megfelelően, és végrehajtja azokat az utasításokat, amelyekre programozták. (Chakravarthy)

A működése ciklikus jellegű, vagyis a beprogramozott hatáson végig haladva frissíti a bemeneti jeleket az előző ciklus kimenete és az érzékelők és más bemeneti eszközök állapotai alapján. (Tóth, 2022)

3.5 IPAR 4.0

Ez a fejezet a negyedik ipari forradalom (közismert nevén Ipar 4.0) technológiáinak hatását, állapotát és lehetőségeit vizsgálja az élelmiszeriparban, különös tekintettel az RFID megoldásokra. Az Ipar 4.0 átfőrné a különböző iparágak tájképét, és ez alól az élelmiszeripar sem kivétel.

3.5.1 Ipar 4.0 definíciója, lehetőségei és sikerfaktorai

McKinsey et al. (2015) az Ipar 4.0-t a gyártási szektor digitalizációjaként határozzák meg, amelyet a bomlasztó technológiai klaszterbe sorolnak: adatszámítási teljesítmény és csatlakoztathatóság; analitika és intelligencia; ember-gép interakció; és digitális-fizikai átalakítás. Az Ipar 4.0 hatással van a B2B (business to business) folyamatokban kritikus küldetésű alkalmazásokra, messzemenő átalakulással, de lassabb ütemű változással a fogyasztói internet digitális zavaraihoz képest.

A McKinsey et al. (2015) három dimenziót azonosítanak az Ipar 4.0 potenciáljának megértéséhez: a működési hatékonyság növelése, az üzleti modellek adaptálása és a digitális

átalakulás alapjainak építése. Az Ipar 4.0 potenciáljának kihasználásához a McKinsey et al. (2015) munkában hangsúlyozzák a működési hatékonyság növelésének fontosságát azáltal, hogy maximalizálják az értéket nyolc azonosított hajtóerő között, az üzleti modelleket az új értékkészletekhez igazítják, és megalapozzák a digitális átalakulást.

Az Ipar 4.0-t úgy írják le, mint olyan gyártási folyamatok összeszervezése az értékláncban, amely a technológia és az eszközök autonóm kommunikációján alapul. Célja a jövő intelligens gyárainak létrehozása, ahol számítógép-vezérelt rendszerek figyelik a fizikai folyamatokat, virtuális másolatokat készítenek a fizikai világról, és önszerveződési mechanizmusok alapján decentralizált döntéseket hoznak. (Smit et al., 2016)

Az Ipar 4.0 sikeréhez kulcsfontosságúak: a rendszerek szabványosítása, a munkaszervezés változásai, a digitális biztonság, a képzett munkaerő rendelkezésre állása, a kutatás és beruházások, valamint egy közös EU-s jogi keret kialakítása. Ennek a bevezetését 2016-ban kezdték meg teljes körű megvalósítását pedig 2025 körülre tervezik. (Smit et al., 2016)

3.5.2 RFID fejlődése a logisztikában

Az RFID-technológia jelentős fejlődésen ment keresztül, és a második világháborús kezdetektől mára az Ipar 4.0 kulcsszereplőjévé vált. (Casella et al., 2022) A logisztikában az RFID intelligens azonosítási eszközként szolgál, amely lehetővé teszi az objektumok diszkrét és folyamatos nyomon követését. Ez kulcsfontosságú az összetett ellátási láncok nyomon követésével kapcsolatos kihívások kezeléséhez, lehetővé téve a szállítmányok, áruk vagy áramlások valós idejű lokalizálását.

Az RFID technológia sokféle előnyt nyújt az ellátási láncokban, beleértve az egyedi azonosítást, a valós idejű nyomon követést és a zökkenőmentes kommunikációt. Megkönnyíti az üzleti partnerek közötti együttműködést, javítja a készletkezelést, a szállítást, a tervezést, az előrejelzést és az eszközkezelést. Előnyei ellenére olyan nehézségek, mint a technikai problémák, az ügyfelek adatvédelemmel kapcsolatos aggodalmai és a szabványosított gyakorlatok hiánya egyelőre akadályozzák a szélesebb körű alkalmazást.

3.5.3 Az ellátási lánc teljesítményének javítása RFID technológia segítségével

Az Ipar 4.0 összefüggésében az RFID technológia integrálása az ellátási láncokba elengedhetlenné válik. Az RFID azon képessége, hogy valós idejű adatokat tud nyújtani az

ellátási láncban, hozzájárul az érzékelőadatok automatikus generálásához, segíti a készletfigyelést, az áruazonosítást, a nyomon követést és a biztonságot.

Unhelkar és munkatársai (2022) tanulmánya részletezi az RFID alkalmazásait az értékesítési pontokon, raktárakban, logisztikai és disztribúciós folyamatokban, hangsúlyozva annak hatását az árukészletkezelésre, az emberi hibák csökkentésére, és a közös rendeléskiszolgálási környezetekre. Azonban elismeri az olyan kihívásokat, mint az elfogadási problémák és a címkék költsége.

További kutatások feltárják az RFID integrációját az Ipar 4.0 technológiákba, mint például a felhőalapú számítástechnika, az intelligens érzékelők és a dolgok internete (IoT). A tanulmány (Unhelkar et al., 2022) koncepcionális keretet javasol egy RFID-IoT alapú döntéstámogató rendszerhez, kiemelve a további kutatási lehetőségeket az ellátási lánc folyamatos optimalizálásához való kapcsolatukban.

3.6 INTERNET OF THINGS

Az Internet of Things (IoT; Dolgok Interneté) olyan hálózatot jelent, ami érzékelőket, számítógépeket és egyéb eszközöket köt össze egymással, ezzel lehetővé téve adatrögzítést, továbbítást és feldolgozást is, mindezt minimális emberi beavatkozással.

Az IoT nagy szerepet játszik a technológiai fejlesztésekben, akár az ipari, mérnöki vagy politikai körökben, aminek köszönhetően mind a szaksajtóban mind a médiában népszerűvé vált. (Internet Society, 2015)

A dolgok internete kétségkívül forradalmasította életünket, mivel megnyitotta az utat a rengeteg olyan alkalmazásnak és szolgáltatásnak, amelyekre néhány évvel ezelőtt még nem is gondoltunk. Az internetelés miatt azonban az adatok védelmével kapcsolatosan számos kihívás merül fel, mivel a mindennapi életünk és a cégek adatai is folyamatosan összekapcsolódnak. (Sanches-Gomez et al., 2020)

Az IoT ipari felhasználási területei között szerepel:

- a karbantartás előrejelzése, vagyis az eszközök minőségi ellenőrzése és a szerviz tervezhetősége;
- az eszközök, készletek nyilvántartása, helyzete, ennek köszönhetően a logisztika és optimalizálás megkönnyítése;

- valamint okos mérőeszközök alkalmazása, ami pl. a hőmérséklet monitorozására, és egyéb rendszerekkel összekötve szabályozására is használható. (Szekely, 2021)

3.7 AZ ALKALMAZÁS FEJLESZTÉSE

Ahogy már korábban említettem a tagek felfelprogramozásához egy program készült. Ebben a fejezetben néhány, a programozáshoz szükséges alapot írok le.

3.7.1 A Visual Basic programozási nyelv

A program Visual Basic-ben készült, mivel egy átlátható felhasználói felületet szerettem volna létrehozni. Ez egy objektumorientált programozási nyelv, és modulárisan, vagyis előre elkészített építőelemekből épül fel. A moduloknak köszönhetően tudott elterjedni és fennmaradni a nyelv, mivel sokkal egyszerűbb, mint a hagyományos alkalmazás-programozói felületet alkalmazó fejlesztés. Ezek miatt azonban pszeudokódokkal működnek, ebből kifolyólag lassabbak is a programok.

A Visual Basicben a létrehozott elemeknek nevet kell adnunk, így tudunk a későbbiekben hivatkozni rájuk. A nyelv nem különbözteti meg a kis- és nagybetűket, és nem tiltja az ékezetes betűk használatát. Az egész számokat tizenhatos vagy nyolcas számrendszerben is meg lehet adni, ezekben az esetekben a szám elé kerül egy jelzés (&H... = hexadecimális; &O... = oktális számot jelent.) (Kuzmina, 2003) A tagek szempontjából ez is fontos szempont, mivel hexadecimálisan tározzák az adatokat.

3.7.2 Unix idő

Az Unix idő egy olyan eszköz, aminek segítségével az idő leírható egyszerű számokkal, mértékegységek nélkül. Az Unix idő szerinti 0 az 1970.01.01. 00:00:00 dátumot jelenti, és másodpercenként nő eggyel az értéke. Mivel egyszerűen, egy számként lehet „kódolni” a dátumokat, gyakran alkalmazzák elektromos mérőeszközökben, informatikai programokban. A későbbiekben bemutatott CAEN RFID qLogTEMPERATURE (RT0013) tag is ezt a módszert alkalmazza az idő mérésére. (Internet 2)

3.8 ÉLELMISZEREKRE VONATKOZÓ ELŐÍRÁSOK

A dolgozat során tejtermékek nyomon követésével foglalkoztam. A Magyar Élelmiszerkönyvben (2008) olvasható, hogy a külön jogszabályban leírtak alapján – vagy ennek hiányában a jó gyakorlatot figyelembe véve – a teljes folyamat során, tehát az előállításától a

szállításon át a tárolás végéig, tehát az értékesítésig biztosítani kell a megfelelő hőmérsékleti körülményeket.

A Magyar Élelmiszerkönyvhöz tartozó, Megkülönböztető minőségi jelzéssel ellátott kézműves tejtermékekről szóló kivonat (2023) részletesen előírja azok alapanyag- és végtermék minőségi jellemzőit. Ide tartoznak a 1. Hőkezelt fogyasztói tejfélések 2. Tejföl 3. Juhgomolya sajt 4. Óvári sajt 5. Trappista sajt 6. Pálpusztai sajt 7. Körített túró. A különleges minőségű kézműves tejtermékek Jó Eljárási Gyakorlata fejezetben szerepel, hogy már a termelőnél is 6°C alatt kell tárolni, amit a fogyasztóhoz juttatásig meg kell tartani.

A helyi termelői piacokra, mint a mozgó és/vagy ideiglenes előállító- és forgalmazó helyekre vonatkozó követelmények jó higiéniai gyakorlat útmutatója (2012) leírja, hogy a környezetben előforduló és szobahőmérsékleten szaporodni képes romlást okozó baktériumok gyarapodását gátolni kell a hőmérséklet megfelelő szinten tartásával. Ezt a szállítás és a helyszínen lévő árusítás közben is meg kell tartani. Az ajánlások között szerepel a termobox, vagy hűtőtáska, megfelelő mennyiségű jégakkumulátorral ellátva, vagy ha megoldható, akkumulátoros hűtőberendezés alkalmazása.

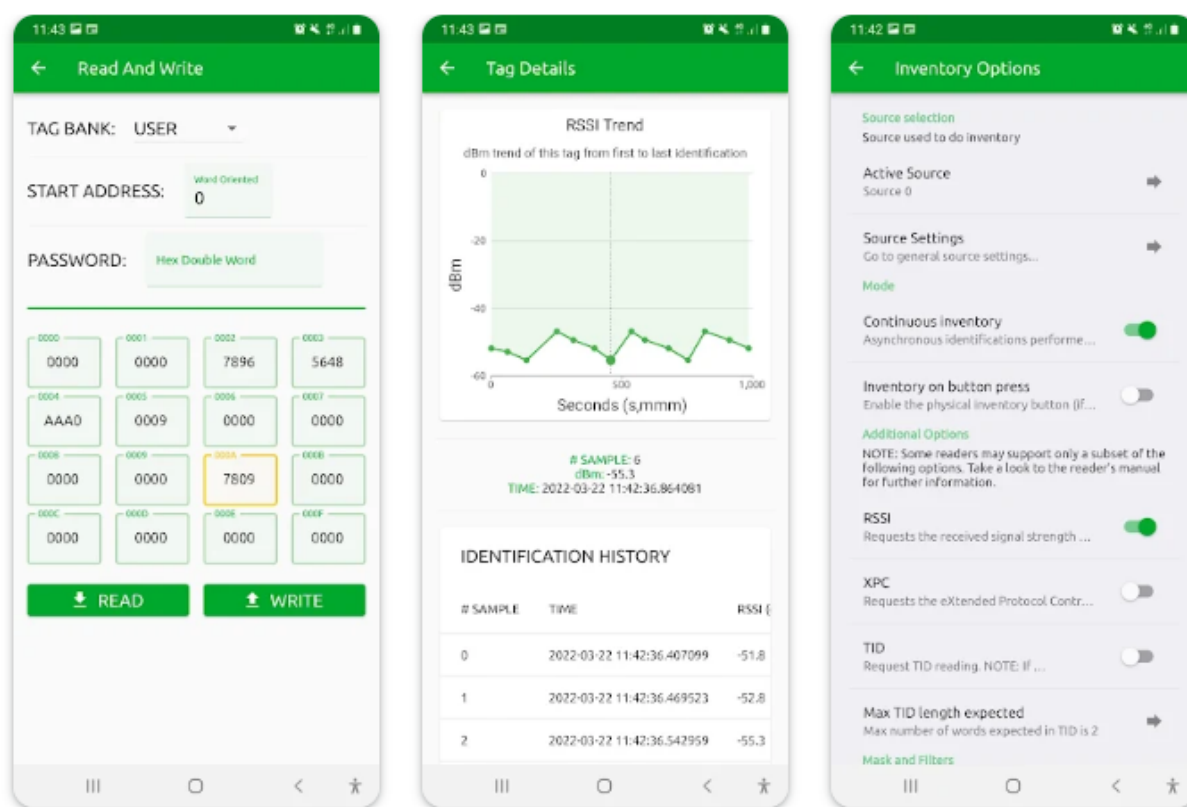
4 ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

4.1 CAEN RFID qLogTEMPERATURE (RT0013)

A dolgozat során a CAEN RFID qLogTEMPERATURE (RT0013) taggel dolgoztam, ami egy félépasszív NFC/RAIN RFID hőmérséklet- és páratartalom-naplózó, amit általában érzékeny élelmiszerek és gyógyszerek szállítás közbeni tárolási körülményeinek ellenőrzésére használnak.

A taghez tartozik egy mobil applikáció is, amellyel a felhasználói felületnek köszönhetően lehet az eszközt leltározni, olvasni, írni, és zárolni. (6. ábra)

Az alkalmazást több telefonon kipróbáltuk, de sajnos egyikén sem működött. Ez a tag felprogramozási lehetőségén túl megerősíti a készített program hasznát.



6. ábra: Példák a CAEN RFID applikáció funkcióira (Internet 3)

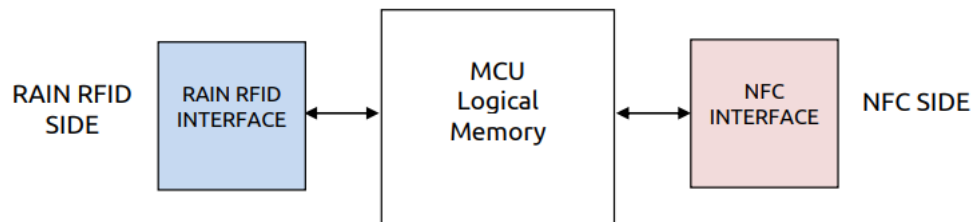
4.1.1 Praktikusági szempontok:

- vezeték nélküli működés
- robosztus külső, erős borítás (strapabírás)

- kompakt méret (kártya)
- repülőn is alkalmazható (rádiófrekvenciás működésnek köszönhetően)
- NFC interfész – okostelefonnal leolvasható
- 16 hőmérsékleti tartomány beprogramozható küszöbérték-riasztásokkal

4.1.2 Memória leírása

Az RT0013 logikai regiszterek és naplóadatok a mikrokontroller memóriájában (MCU) találhatók, és nem érhetők el közvetlenül a RAIN RFID (UHF EPC C1G2/ISO 18000-63) és az NFC oldalról. Ezekhez a logikai regiszterekhez való hozzáférés közvetetten történik: két memória (RAIN RFID interfész és NFC interfész) szolgál az MCU és a RAIN RFID/NFC részek közötti kommunikációra. (7. ábra)



7. ábra: RT0013 memóriájának működése (Caen, 2021)

4.2 CAEN RFID ESZKÖZÖK SPECIFIKÁCIÓJA

4.2.1 CAEN RT0013 Dual Frequency Rain/NFC Data Logger Tag

Ebben a fejezetben a 4.1. fejezetben részletezett tag jellemzőinek számszerű adatai találhatóak. (8. ábra.; 2. táblázat)



8. ábra: CAEN RFID RT0013 tag (Internet 4)

2. táblázat: CAEN RFID RT0013 technikai adatai (Internet 4)

Frekvenciatartomány	•NFC/HF: 13,56 MHz •RAIN/UHF: 860-930 MHz
RFID protokollok	•NFC/RFID ISO 14443 Type A Interface •RAIN: EPC Class 1 Gen 2 – ISO18000-63
Tag típusa	Félpaszív
Mintavételek száma	4096
Működési hőmérséklet	-30°C - +70 °C
Hőmérséklet adatok pontosság	±0,5°C
Páratartalom tartomány	0-100% relatív páratartalom

Páratartalom adatok pontossága	$\pm 3,5\%rH$, 20-80% rH
Maximális élettartam	5 év
Mintavételi idő pontossága	• NFC/HF: 5cm • RAIN/UHF: 5 m levegőben
Elérhető memória	160 bit az EPC memóriabankban és 448 bit a USER memóriában
Monitoring várakoztatásának időtartama	18 óra
Jellemzők	•Többször konfigurálható mintavételi intervallum •Hőmérséklet és páratartalom hisztogram funkció •Konfiguráció és indítás NFC és RAIN interfészeiről is •Minták kikérése NFC és RAIN interfészeiről •NFC és RAIN között megosztott felhasználói memória
Riasztási lehetőségek	•Többféle konfigurációs lehetőség •Tervezett érkezési időpont (csomagok) •Akkumulátor állapota
Akkumulátor élettartalma	1 év (használat és üzemi hőmérséklet függvényében)
Akkumulátor típusa	Li/MNO2 Model Renata CR2430SN
IP minősítése	IP68
Tokozás anyaga	ABS
Méret	(H)92mm x (M) 63mm x (Sz)6,5 mm
Súly	42 g

4.2.2 CAEN R1250IEB -TILE-Compact UHF RFID Desktop Reader

A tag olvasójaként (és írására) a CAEN R1250IEB -TILE-Compact UHF RFID Desktop Reader-t alkalmaztam. Az easy2read[®] termékcsalád asztali olvasója, egy RAIN RFID olvasó beépített antennával, mely rövid és közepes hatótávolságú alkalmazásokra alkalmas. (9. ábra)



9. ábra: CAEN R1250IEB -TILE-Compact UHF RFID asztali olvasó (Internet 5)

Az olvasót közvetlenül egy USB-kábel táplálja és vezérli, így lehetővé teszi a RAIN RFID tagek egyszerű irodai vagy terepi környezetben történő olvasását. Ennek köszönhetően a használható különféle alkalmazási lehetőségekre, például az értékesítési pontoknál, a dokumentációra, tagprogramozó állomásként, és így tovább. Okospolcok és okoskijelzők építőelemeként is használható.

Mivel az európai és az Egyesült Államok szabályozási környezetének egyaránt megfelel az olvasó, ezért ez lehetővé teszi a telepítést a világ különböző országaiban a kiskereskedők, szállítványozók, raktárak és más globális szervezetek igénye szerint. (3.táblázat)

A Tile olvasó fő alkotóelemei a CAEN RFID QuarkUp modul, egy ultrakompakt UHF RFID modul, és a Quad, ami a CAEN RFID által tervezett kompakt körkörös polarizált antenna. (Internet 5)

3. táblázat: CAEN R1250IEB -TILE-Compact UHF RFID Desktop Reader technikai adatai (Internet 5)

Frekvencia sáv	865,6 - 867,6 MHz; 902 - 928 MHz
RF teljesítmény	18 fokozatban programozható
Kimeneti teljesítmény pontossága	± 1 dB
Antenna típusa	integrált körkörös polarizált antenna
Frekvencia tolerancia	± 10 ppm a teljes hőmérsékleti tartományban
Csatornák száma	4 csatorna
Szabvány	EPC C1G2/ISO 18000-6C
Felhasználói felület (visszajelző led)	Piros LED: Bekapcsolás Zöld LED: Tag olvasás
Kapcsolat	Mini USB B típusú csatlakozó USB 2.0 FullSpeed (12 Mbit/s) Nagy teljesítményű A típusú USB port Virtuális COM port: • adatátviteli sebesség: akár 115,200 kbps • adatbitek: 8 • stopbitek: 1 HID profil
Méret	125mm (Sz) x 125mm (H) x 25 mm (M)
Működtető feszültség	5V $\pm$ 5%- DC tápellátás (max. 650 mA)
Üzemi hőmérséklet	-10 °C és +55 °C között
Súly	220g
USB kábel hossza	1 m

4.2.3 További lehetőségek: TN-UHF-Q300-EU-CDS UHF Reader

Ahogy a korábbiakban írtam, olyan rendszerek kialakítása is lehetséges, ahol folyamatos a kiolvasási lehetőség. Ehhez viszont nagyobb hatótávra van szükség, mint a 4.2.2. fejezetben bemutatott CAEN R1250IEB modellnél.

A TN-UHF-Q300-EU-CDS UHF Reader, (10. ábra) a Werner Turck GmbH & Co. KG, Németország terméke. Ez egy olyan antenna, ami egyrészt nagy hatótávon képes kapcsolódni a tagekkel, másrészt integrálva van benne egy webszerveres olvasó, egy web alapú UHF RFID tesztprogram, és akár 4 további külső antennán keresztül képes kapcsolódni, a kb 10 m-en belül található tagekkel. Ennek köszönhetően beépíthető az „Internet of Things” szemléletbe, és rajta keresztül távolról is nyomon követhetők az adatok. Ezen felül Codesys programozói rendszerben felprogramozva integrálható PLC rendszerekbe, aminek köszönhetően a vizsgált környezet szabályozását is meg lehet oldani. (Internet 6)



10. ábra: A Turck gyártmányú TN-UHF-Q300-EU-CDS UHF Reader (Internet 6)

4.3 TEJTERMÉKEK SZÁLLÍTÁSÁNAK ÉS ÁRUSÍTÁSÁNAK KÖRÜLMÉNYEI

Ahogy már korábban szóba került, a kisvállalkozásoknak célszerű lehet ez a program, ezért a méréseket Csány Bálint, erdőkürti őstermelő segítségével végeztük el. Szarvasmarhákat tartanak, és a tejuket feldolgozva készítenek termékeket, amiket házhozszállítással, illetve piacon értékesítenek. A tejtermékeket üvegben, befőttesüvegben értékesítik, amire betétdíjat kérnek, és vissza is váltják gazdasági és környezetvédelmi megfontolásból.

A kis volumen miatt sem igényük nincs egy egész hűtőterű gépjármű üzemben tartására, sem erőforrásuk nincs rá. A szállítás közbeni hűtve tárolást termobox dobozzal oldják meg, jégakkumulátorokkal kiegészítve. A nyitásoknál a doboz légtere feltehetőleg felmelegszik, és kérdéses, hogy a szállítás során a sok nyitogatás mellett mennyire marad stabil a tárolási hőmérséklet, elegendő-e a jégakkumulátorok hűtőkapacitása. Illetve ugyanez a kérdés a piacon a dobozban maradt árukkal kapcsolatban is felmerül. Ugyanis van egy kis látványhűtőjük, viszont a teljes árukészlet nem fér bele, az utántöltésig, vagy akár a megmaradt termékekkel a hazaérkezésig továbbra is fennáll a felmelegedés veszélye.

Az ilyen helyzetekre megoldást jelenthet az RFID tagek alkalmazása, mivel:

- a vezetékes hőmérés és adatrögzítés nem oldható meg
 - o a ládák felépítése és
 - o a sok helyváltoztatás miatt
- a tag kis mérete miatt nem foglal el helyet a termékektől
- a szabályozott légterű tároló túl költséges lenne
- közvetlen a termékek melletti hőmérséklet mérhető, nem merül fel, hogy megtévesztő lehet a hűtőberendezés falába épített érzékelő

4.3.1 Szállításhoz és árusításhoz használt eszközök – Termoláda

Cukrászati thermoláda 600x400x300 mm 80 liter ECO (11. ábra)

Max. teherbírás: 80 kg

Ürtartalom: 80 liter

Külső méret: 685x485x360 mm

Belső méret: 625x425x300 mm



11. ábra: Termoláda

Hatékony szállítási és tárolási rendszer a hideg és meleg ételek számára.

- használható: -40°C és $+120^{\circ}\text{C}$
- nagyon tartós és hosszú élettartamú
- higiénikus, szagtalan és mosogatógép-biztos
- könnyen kezelhető
- lassú hőveszteség, magas hőszigetelő tulajdonság
- könnyű

(Internet 9)

4.3.2 Szállításhoz és árusításhoz használt eszközök – Látványhűtő

PICCOLO Panorámavitrin (Scaiola): 2 üvegpolec ; Hűtés: keringő levegő; Automatikus leolvasztás; Kézi nyitás; LED világítás; CE minősítés. (12. ábra)



12. ábra: PICCOLO Panorámavitrin

Műszaki adatok:

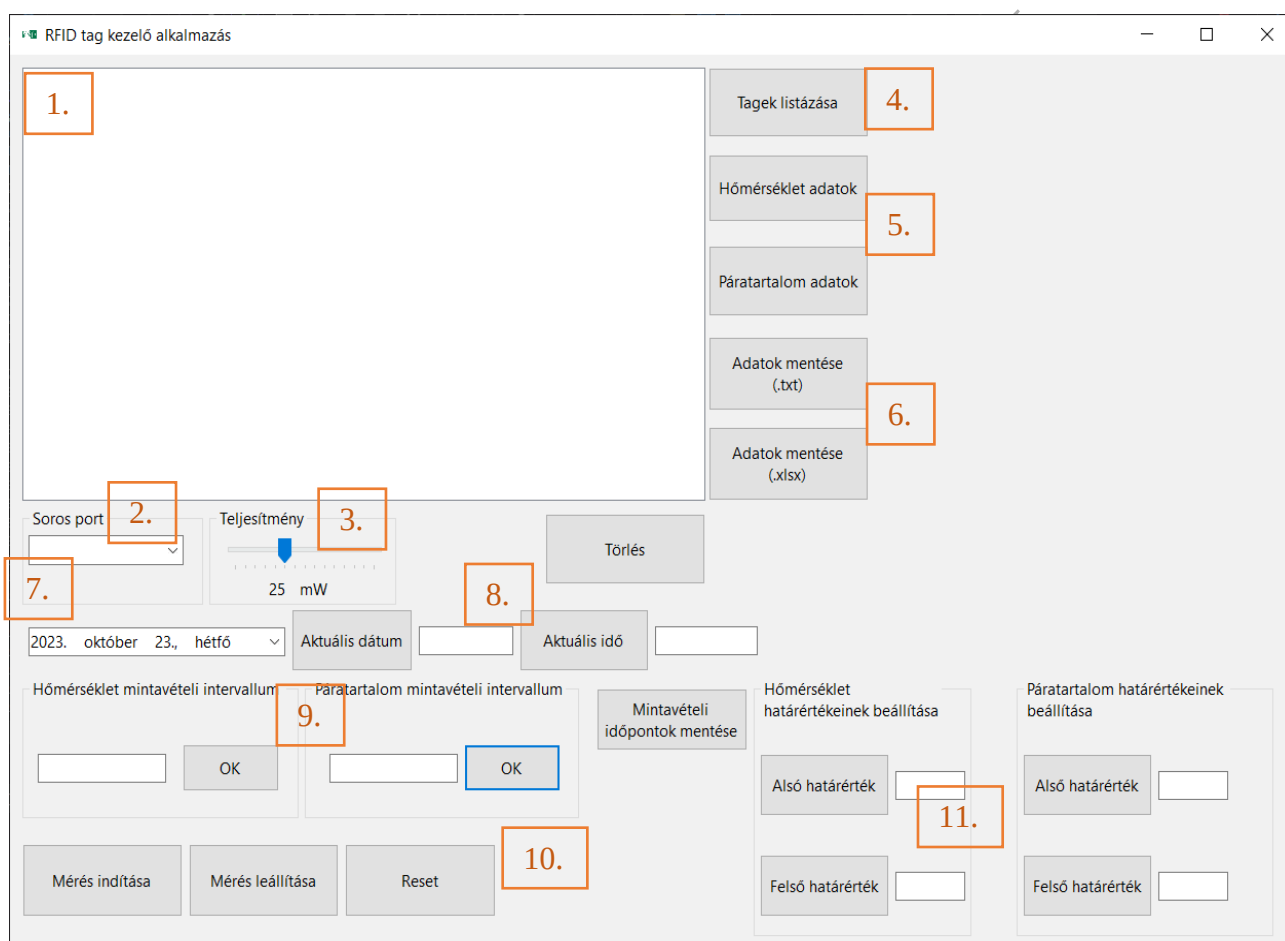
- Csatlakozás: 230 V / 184 watt
- Hűtőközeg: gáz R134a
- Hőmérséklet tartomány: $+4^{\circ}\text{C}$ - $+15^{\circ}\text{C}$
- Űrtartalom: 120 liter
- Méretek: • 101 x 42 x magasság 54 cm

(Internet 10)

5 KÍSÉRLETI/ TERVEZÉSI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELEŚÜK

5.1 A PROGRAM BEMUTATÁSA

A program megírására a Visual Studiot használtam, ami több programozási nyelvet is tud kezelni és grafikus felületek készítésére is kiváló. Ugyan az általunk tervezett és készített program programozói felülete nem kerül bemutatásra ebben a dolgozatban, a felhasználói felület a 13. ábrán látható.



13. ábra: RFID tag kezelő alkalmazás felhasználói felülete

A 13. ábrán az egyes részek könnyebb beazonosítása érdekében narancssárga számokkal jeleztem az egyes részeket, az alábbiakban ezekre hivatkozom a program bemutatásánál.

1. A program ablak bal felső sarkában látszik egy információs ablak. Itt kapunk információt arról, ha a kapcsolódás, beállítás vagy a beolvasás sikeres volt.
2. A csatlakozáshoz be kell állítanunk, hogy melyik kommunikációs porton keresse a számítógépünk a csatlakoztatott antennát.

3. Ha az olvasó nem tudja beolvasni a kártyát, akkor a teljesítményét növelni kell, ehhez készült egy csúszka.
4. Az információs ablak mellett található a tagek listázása gomb, ami a csatlakoztatáshoz szükséges. A program egyszerre egy taggal való kommunikációra készült.
5. A memóriában külön adatsorok készülnek a hőmérséklet és a páratartalom adatokra, ezért ezek kinyerését két külön gombbal lehet kezdeményezni. Ahogy a korábbiakban említettem, ebben a dolgozatban csak a hőmérséklet nyomon követés taglalása zajlik, ennek ellenére a programot igyekeztünk úgy előkészíteni, hogy a későbbiekben a páratartalom mérésére is alkalmas legyen.
6. A kiolvasott adatsorok könnyebb feldolgozása érdekében betervezttem kettő „Adatok mentése” gombot. A .txt kiterjesztésűt egy jegyzettömbbe, a .xlsx kiterjesztésűt pedig egy új Excel munkafüzetbe menti a lekért értékekkel kitöltve.
7. A Visual Studioban egy „datetime picker” segítségével kiválaszthatjuk az aktuális dátumot. Ezt a program átfordítja a 3.5.2. fejezetben említett unix időre.
8. Az unix időre lefordított számokat hexadecimálisra átírja a program, mert így tudjuk felrogramozni a taget.
9. A tag alapértelmezett beállítása alapján fél percenként történik a mintavétel. Amennyiben nem szükséges ez a gyakoriság (hőmérsékletmérésnél elég ritkábban), a programban beállítható, a mintavételi intervallum a hőmérsékletre és a páratartalomra is.
10. A beállítások után elindítható a mérés. Van egy további gomb a mérés leállítására. Az adatok kiolvasása után, új mérés elkezdése előtt a memóriát resetelni (nullázni) kell.
11. Az ablakunk jobb alsó sarkában a nagy hatótávú, folyamatos kapcsolattartásra képes antennához készülő rész látható. Ha van egy a 4.2.3 fejezetben bemutatotthoz hasonló UHF RFID antennánk, akkor alkalmassá tehető a rendszer a folyamatos adatkiolvasásra, és az internethez való csatlakozással riasztásra. A tagnél be lehet állítani alsó és felső határértéket, mind a hőmérsékletre, mind a páratartalomra, így a túllépésnél a rendszer riasztást küld közel valós időben.

5.2 KÍSÉRLETTERVEZÉS

Mivel a tag memóriája véges, és nem szeretnénk túl sok mérési pontot, érdemes meghatározni a mérési időközt. A tag az antenna segítségével a programunkkal nullázható és

indítható a mérés, ami a memória beteléséig vagy (szintén az antennán keresztül a programunk használatával) a mérés leállításáig tart.

Természetesen így az indítás és a ténylegesen kiértékelendő adatok között lesznek fölösleges mérési pontok (mérési helyre szállítás, hűtőben várakozás a piacra/fogyasztóknak szállítás előtt). Ezeket a kiértékelés során nem vesszük figyelembe, viszont a memóriát foglalják, ezért ezzel az időtartammal is kell számolnunk.

A tag 4096 Byte-ot tud menteni, ami 2018 db mintát jelent. Ezt az idő rögzítése is csökkenti, ami ráadásul két helyet foglal, mert az egyik helyen a dátumot, a másikon az időpontot kódolja, tehát $2018 / 3 = 672$ db mintát tudunk egy méréssel rögzíteni. Ha a programot úgy állítjuk be, hogy 15 percenként mérje és mentse az adatokat, akkor elméletben $672 * 4 / 60 \approx 168$ órahosszan tudunk mérni.

A tapasztalatok alapján elegendő gyakoriságnak tartom a 15 percenkénti hőmérséklet ellenőrzést, mivel, ha ki is olvadnak a jégakkumulátorok, (vagy más esetben elromlana a hűtés,) a hűtőtér nem melegszik fel túl gyorsan, a termékek maghője pedig még tovább megtartja a hőmérsékletét.

5.3 MÉRÉSI EREDMÉNYEK

5.3.1 Szállítás és árusítás közben hőmérsékletmérés

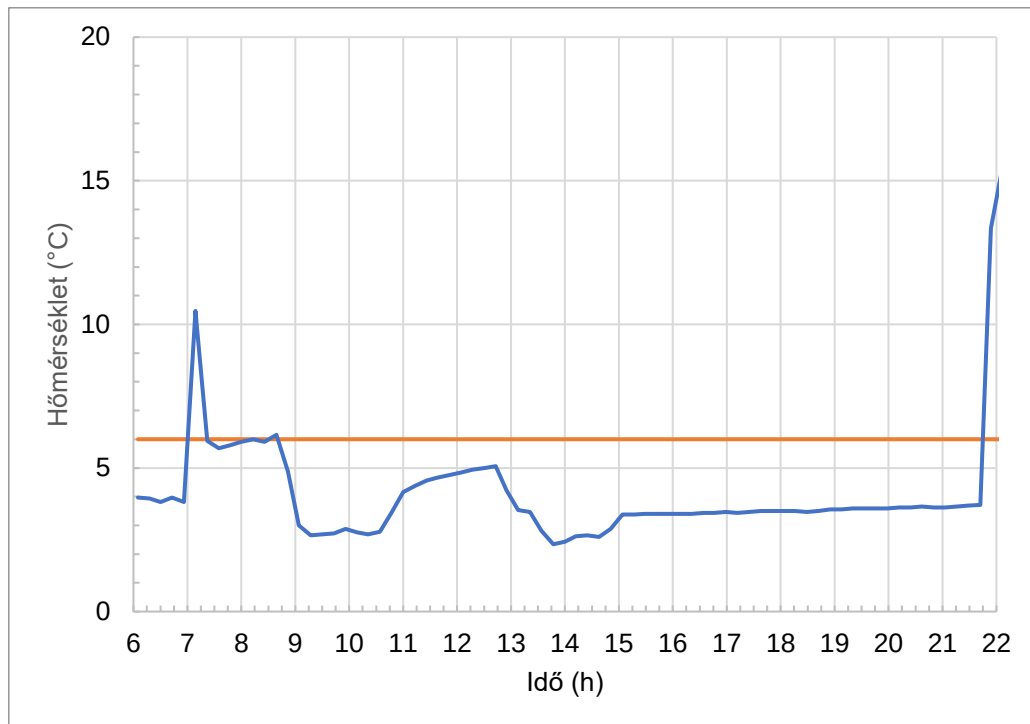
Két különböző mérést hasonlítok össze az alábbiakban, mindkettő piacra szállítás és ottani árusítás közben történt, de a tagek különböző módon voltak kezelve.

Az első mérésnél a taget eleve hűtőben tároltuk a termékekkel együtt. Ezután ezek a változtatások történtek:

- 07:09 termékek és tag áthelyezése a termoboxba
- 14:56 hazaérkezés
- 21:46 termoboxból kipakolás

A hőmérsékleti diagram a 14. ábrán látható. A diagramon narancssárga vonallal látható a 6 °C-os szint, ami alatt kell tárolni a tejtermékeket, ahogyan ezt a 3.7. fejezetben leírtam. A piacon a termékek ki- és bepakolása miatt ingadozott ugyan a hőmérséklet, de a megengedhető szint fölé csak minimális időre emelkedett. Ezek alapján kijelenthetjük, hogy a

jégakkumulátorok hűtőkapacitása és a termobox hőtartása elégséges volt ebben az esetben élelmiszerbiztonsági szempontból.

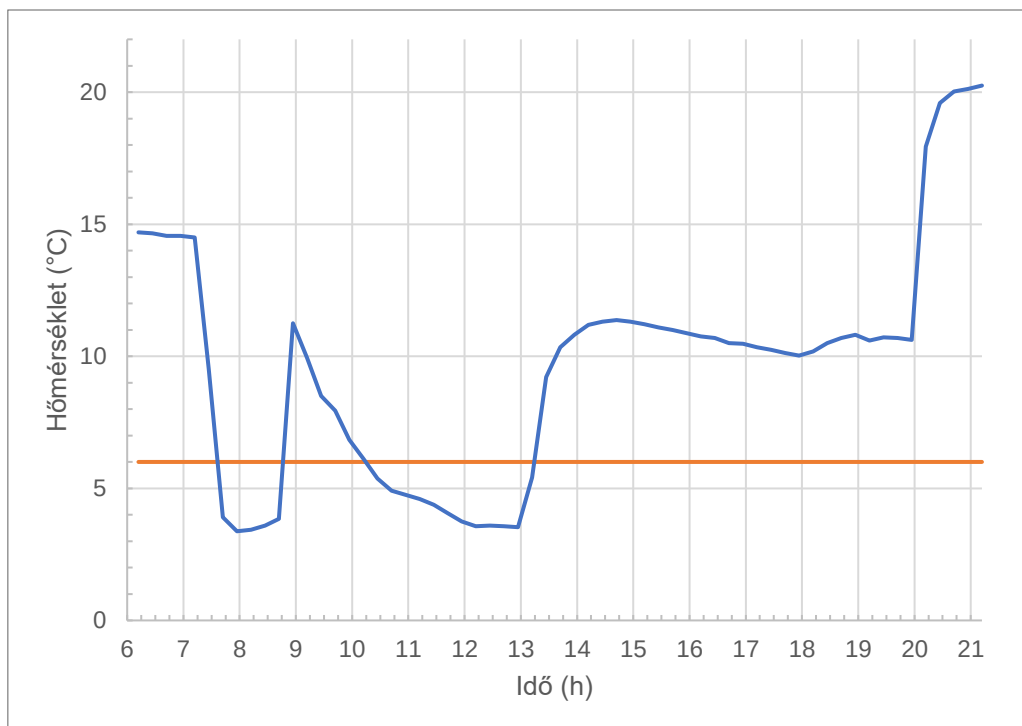


14. ábra: Első mérés hőmérsékleti diagramja

A második mérés során nem került korábban hűtőbe a tag, csak a termoboxba pakoláskor. A piacra érkezéskor átkerült a látványhűtőbe. Visszainduláskor pedig visszakerült a dobozba, és bekerültek mellé a visszavett üvegek.

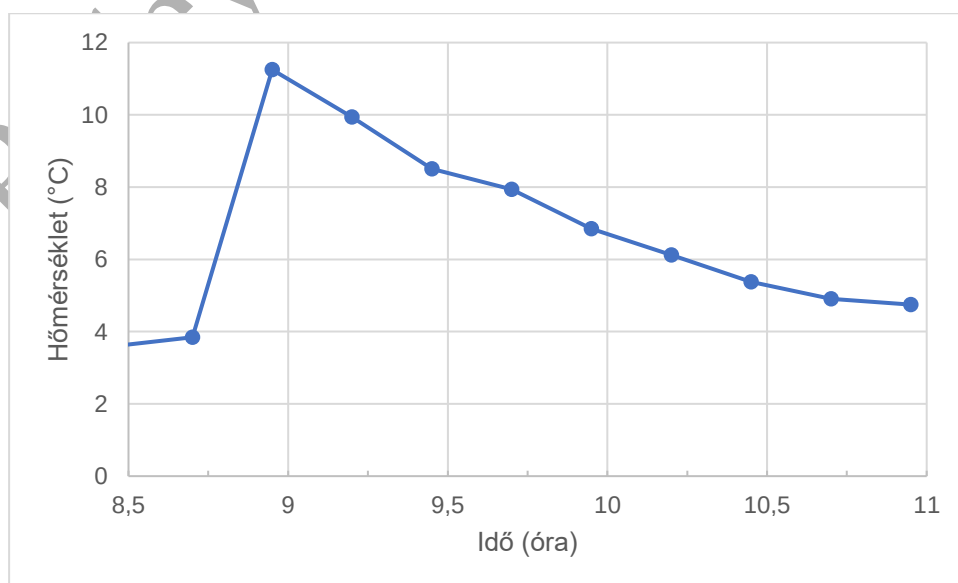
- 07:21 termoboxba bepakolás
- 09:00 piacra érkezve átpakolás a látványhűtőbe
- 13:10 termoboxba vissza

A 15. ábrán látható a második mérés hőmérsékleti diagramja.



15. ábra: Második mérés hőmérsékleti diagramja

A diagramon látható, hogy ennél a mérésnél jóval több eltérés lett, mint az elsőnél. A kritikus időszak kiement diagramja a 16. ábrán. láthatóak. Ez az időszak nagyjából 1,5 órás volt, ami a hűtési lánc megszakadására túl nagy eltérés. Ennek nagy valószínűséggel az az oka, hogy a látványhűtő nincs behűtve a piacra érkezés előtt, és a teljesítménye kicsi ahhoz, hogy a hűtési lánc megszakítása nélkül egyből lehűtse a teljes légtérrel és át lehessen pakolni bele a termékeket.



16. ábra: Kritikus időszak hőmérséklet diagramja

5.3.2 Értékelés

Habár a probléma felvetésénél a termobox hőtartását feltételeztem kétségesnek, a mérésnek köszönhetően kiderült, hogy a látványhűtő teljesítménye elégtelen erre a használatra. A tag használata nélkül ez az elégtelenség feltehetőleg nem derült volna ki, ami egyes esetekben korai minőségromláshoz, vásárlói elégedetlenséghez és akár megbetegedésekhez vezetett volna, ami gazdasági hátrányt jelent.

A probléma feltárásának köszönhetően lehetőség nyílik a megoldás keresésére, akár tanácsadásra.

Rédey Ágnes - OTDK

6 ÖSSZEFOGLALÁS

Az élelmiszeripar egyik legnagyobb kihívása az élelmiszerbiztonságon belül a nyomon követés, első sorban a hűtve vagy fagyasztva tárolandó élelmiszerek esetében, főleg azokban a helyzetekben, ahol nem lehet megoldani a vezetékeezést (pl. szállítás). Ez jogi szempontból is érdekes lehet egyes nagyvállalatoknál. A kis- és középvállalkozások szempontjából különösen fontos lehet, mivel kicsi a volumen és a munkaerő, valamint a szállításra nem biztos, hogy be tudnak szerezni megfelelő megbízhatóságú hűtőberendezéseket. Az esetleges problémák feltárására érdemes lehet bevezetni digitalizációs eszközöket, mint például az RFID technológia.

Az RFID vezeték nélküli technológia, aminek számos felhasználása létezik. Ebben a dolgozatban olyan transzponderekkel vagy másnéven tagekkel foglalkoztam, amik félpaszívak, tehát hőmérséklet és páratartalom rögzítését végző mérőműszerek ellátására kis kapacitású akkumulátorral rendelkeznek viszont az adatok kiolvasásához rádiófrekvenciás antennákra van szükség.

A tagek kiolvasását és felprogramozását egy már létező program továbbfejlesztésével szándékoztam megoldani. A programmal képesek vagyunk beállítani a mintavételi gyakoriságot, és megfelelő antennával folyamatos adatkiolvasás mellett beállítható, hogy milyen értékeknél küldjön egy riasztást a rendszer internetkapcsolaton keresztül.

Ezt a nyomon követési rendszert kipróbáltam tejtermékek piacra szállítása és ottani értékesítése közben, ugyanis ebben az esetben nincs lehetőség vezetékes hőmérséklet-mérő és szabályozó rendszer bevezetésére. A méréseknek köszönhetően sikerült felfedni az élelmiszerek tárolása közben egy előre nem feltételezett problémát. A termobox hőmegtartó képességét feltételeztem esetlegesen elégtelennek, de a mérésnek köszönhetően kiderült, hogy a látványhűtő későn történő lehűtése okozhat problémát. Véleményem szerint kijelenthetjük, hogy a rendszernek komoly élelmiszerbiztonsági, ezáltal közvetetten gazdasági haszna is lehet.

Ez a nyomon követési rendszer költséghatékonyan beépíthető élelmiszeripari digitalizációs fejlesztésbe, ami a mikro-, kis- és középvállalkozások versenyképességének jelentős összetevője.

7 IRODALMI HIVATKOZÁS

- Internet 1:
https://www.gs1hu.org/epcrfid?fbclid=IwAR35JvE2BaIc048ifqxJXjiBr_1VwE8N76BpJKBQr4mFUEB5QG79Bulgv10
- Internet 2: <https://kb.narrative.io/what-is-unix-time>
- Internet 3:
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.caen.easyController&pli=1>
- Internet 5: <https://www.caenrfid.com/en/products/r1250i-tile/>
- Internet 6: <https://www.turck.hu/hu/product/100000895>
- Internet 4: <https://www.caenrfid.com/en/products/qloghumidity-rt0013/>
- Baddeley, D. and Ruiz, C. (1998) Test PICC – Type B Proximity Cards, Technical Contribution – ISO/IEC JTC1/SC17/WG8/TF2N242 . Motorola, Genf 01/1998
- Finkenzeller, K. (2010): RFID handbook fundamentals and applications in contactless smart cards, radio frequency identification and near-field communication, (third), A John Wiley and Sons, Ltd., Publication, United Kingdom
- Friedrich L., Nguyen D. Q., Kovács Z. (2021): Digitális Élelmiszeripari Stratégia - Célkitűzései és várható eredményei
- Glover, B., Bhatt H. (2006): RFID Essentials, O'Reilly Media, Inc., Sebastopol, USA
- Marsan C. (2015): The Internet of Things: An Overview. Internet Society, www.internetsociety.org;
- Sanches-Gomez J., Carillo D.G., Sanches-Iborra R.L. Hernández-Ramos J., Granjal J.Marin-Perez R., A. Zamora-Izquierdo M. (2020): Integrating LPWAN Technologies in the 5G Ecosystem: A Survey on Security Challenges and Solutions

- Keviczky L., B. Ruth, Hetthéssy J., Barta A., Bányász Cs. (2006):
Szabályozástechnika, Universitas-Győr Kht. Felelős kiadó
- Lukács A., Szabadkai A., Török J. (2012) A helyi termelői piacokra, mint a mozgó és/vagy ideiglenes előállító- és forgalmazó helyekre vonatkozó követelmények jó higiéniai gyakorlat útmutatója
- MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV (Codex Alimentarius Hungaricus) 1-3/51-1 számú előírás Tejtermékek 3. kiadás, 2008.
- MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV Codex Alimentarius Hungaricus 2-105 számú irányelv Megkülönböztető minőségi jelöléssel ellátott kézműves tejtermékek Hand made dairy products with distinctive quality indication - 2023 2. kiadás
- Meyers, M., Brown, M., Patadia, S. és Sanjiv Dua McGraw (2007): Mike Meyers CompTIA RFID+ Certification Passport. Chapter 1. Hill-Osborne, 3. o., 71. o.
- Nemes J. (2012): Irányítástechnika, Nyugat-magyarországi Egyetem
- Székely Zs. (2021): RFID technológia az élelmiszeriparban törvénő alkalmazhatóságának vizsgálata Arduino mikrokontroller segítségével, Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Diplomadolgozat
- Kuzmina J., Tamás P., Tóth B. (2003): Programozzunk Visual Basic rendszerben!, Kiadó. ComputerBooks Kiadó Kft., 2. fejezet
- Tóth F. B. (2022): Automatizált rendszer tervezése lisztbogár lárvá (Tenebrio molitor) tenyésztés optimális környezeti változóinak meghatározására és azok szabályozásának lehetőségei. Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
- Chakravarthy M.: Documentation on Programmable logic controller (PLC), Department of Electrical and Electronic Engineering; Vasavi College of Engineering, 1. fejezet
- Caen, TECHNICAL INFORMATION MANUAL, qLog TEMPERATURE Dual Frequency RAIN/NFC Data Logger Tag RT0013, 2021, Revision 1

8 KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A dolgozatom elkészítéséhez nagyon sok helyről kaptam segítséget, nem is tudok név szerint mindenkinek köszönetet mondani, de amennyire lehet, megpróbálom.

Kertész István konzulensemnek hálás vagyok a sok területre kiterjedő támogatásért és motivációért!

Mindent nagyon köszönök Tóth Fruzsina Bettina PhD hallgatónak, aki a programozásban nyújtott hatalmas segítségével túl végig kísérte a projektemet, és rengeteg hasznos tanáccsal látott el!

Köszönet Csány Bálintnak és Csány-Bálint Tímeának a Cseppnyi Birtokon töltött gyakorlatért és mérésekért, amelyekben készségesen álltak a rendelkezésemre!

Ez a dolgozat nem jöhetett volna létre a szaktársaim nélkül, akik az egész képzés alatt a rengeteg segítségükkel, társaságukkal és nyomon követésükkel húztak magukkal.

Végül, de nem utolsó sorban köszönöm a családomnak, akiket név szerint hosszadalmas lenne felsorolni, valamint a barátaimnak, munkatársaimnak, hogy türelmükkel és támogatásukkal végig kísérték ezt az időszakomat!