



Üvegház klímaszabályozására alkalmas mikrokontrolleres rendszer tervezése és kalibrálása

**Design and calibration of a microcontroller system suitable for greenhouse
climate control**

TDK dolgozat

Készítette: **Horváth Kristóf**
ZRECQF
Mezőgazdasági mérnök alapképzés
nappali tagozat
Georgikon Campus

Témavezető: Lönhárd Miklós, egyetemi adjunktus, Műszaki
Intézet, Agrárműszaki Tanszék, MATE

**Georgikon Campus, Keszthely
2024.**

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS	3
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	5
2.1. DIGITALIZÁLTSA G	5
2.2. A HŐMÉRSÉKLET ÉS PÁRATARTALOM SZEREPE	7
2.3. ADATGYŰJTÉS ÉS FELDOLGOZÁS	9
2.3.1 Épületbeli körülmények	10
2.3.2 Szabadtéri körülmények	13
2.4. MIKROKONTROLLEREK	18
3. ANYAG ÉS MÓDSZERTAN	21
3.1. A PÁLYAMUNKA CÉLJA	21
3.2. FELHASZNÁLT ESZKÖZÖK	21
3.2.1 Elektronika	21
3.2.2 Burkolat	26
3.2.3 Problémamegoldás	29
3.2.4 A mérések szervezése	30
4. EREDMÉNYEK	32
5. ÖSSZEFOGLALÁS	38
6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	40
FORRÁSOK	41
ÁBRAJEGYZÉK	44

1. Bevezetés és célkitűzés

A II. világháború után kijelenthető, hogy a harcászati találmányok helyét felváltották az újjáépülést szolgáló találmányok, a legjobb példa erre Neumann János magyar származású matematikus akinek az atombombák után az első programozható elektronikus digitális számítógépet az ENIAC-ot, majd az első számítógépes időjárás-előrejelzést is köszönhetjük (Bhattacharya, 2021). Az ő eredményei nélkül az informatika nem lenne a világ egyik leggyorsabban és mindent áthatóan fejlődő iparága, melynek hatásai a mezőgazdaságot is érintve kialakították a precíziós gazdálkodást.

A mai értelemben vett precíziós mezőgazdasági kutatások az 1980-as években kezdődtek a hozammérő eszközök, szenzorok, változtatható mennyiségű kijuttatás és a helymeghatározó rendszerek fejlesztésével. A műholdas helymeghatározás, a térinformatika és távérzékelés, valamint a szenzortechnológiák fejlődésével alkalmazása egyre terjedt (Yang és Lee, 2013). Ezen törekvések elsősorban csak a nyugati világot érintette, a legkorszerűbb gazdaságokban ekkoriban már elkezdtek a Commodore számítógépek alkalmazását, míg Magyarországon 1981-ben még csak az „amerikai DUTRA” koncepciójával volt minden mezőgazdasággal foglalkozó szakmabeli elfoglalva. A technika térnyerését a vasfüggöny se könnyítette meg. A társadalmi, gazdasági tényezőkön kívül az agroökológiai adottságok, emberi tényezők, valamint a technológia és a rendelkezésre álló információk egyaránt befolyásolják a precíziós gazdálkodás térnyerését (Bernardi és Inamasu, 2014).

Az első nagyobb összefonódás mezőgazdaság és informatika között az agrometeorológia bevonása volt a növényvédelembe. Így jobban tudták időzíteni a szer kijuttatást, hatékonyabban használták fel a rendelkezésre álló szereket például eső előtt nem álltak neki kockáztatva, hogy a permetezőszerek elmosódhatnak, és csökkenhet a hatékonyságuk. Az aszályra, belvíz lehetőségére is jobban fel tudtak készülni a gazdák. A mezőgazdaság többi területén is fokozatosan belopakodtak a digitális berendezések, elég csak egy digitális hő-és pára mérőre gondolni egy üvegházban vagy egy szárítóban. Ezen berendezések tovább fejlesztése alapján jött létre az IoT (Internet of Things) gyűjtőfogalom is (Ashton, 1999). Ezt a kifejezést már a mezőgazdaság 4.0-hoz sorolják a kutatók, hogy kronológiailag is érthetővé váljon. Az 1.0 a munkaintenzív korszak volt, a 2.0 a zöld forradalom volt, amikor megjelentek a műtrágyák, növényvédőszeresek, a speciális gépek, és

ezáltal jelentősen megnövekedett a termelékenység. A mezőgazdaság 3.0 a precíziós gazdálkodás hajnala volt, amihez szükség volt a telemetriára, távérzékelésre és adatfeldolgozási kapacitásra vagyis digitalizálásra. Ezen szükségletek vezettek a smart farming, más néven 4.0 létrejöttéhez (Bazsik et al, 2022).

Kísérletem célja bemutatni, hogy a mezőgazdaság 4.0-ban divatosan használt akár IoT összeköttetéssel vagy analóg memóriával rendelkező szenzorokat, mérőállomásokat bárki, otthon létre tud hozni feladat-specifikusan és gazdaságosan és a drágább nagy vállalatok által gyártott mérőműszerek között lévő különbség feltárása volt.

Munkám során létrehoztam egy olyan mérésadat gyűjtő rendszert ami 0,5-1 °C pontossággal méri a léghőmérsékletet és a relatív páratartalmat. Ezzel alapja lehet egy klímaszabályzó automatikának. Első körben a fejlesztés célja nem a klímaautomatika hanem az alapját jelentő hő és légnedvesség mérő rendszer kifejlesztése volt.

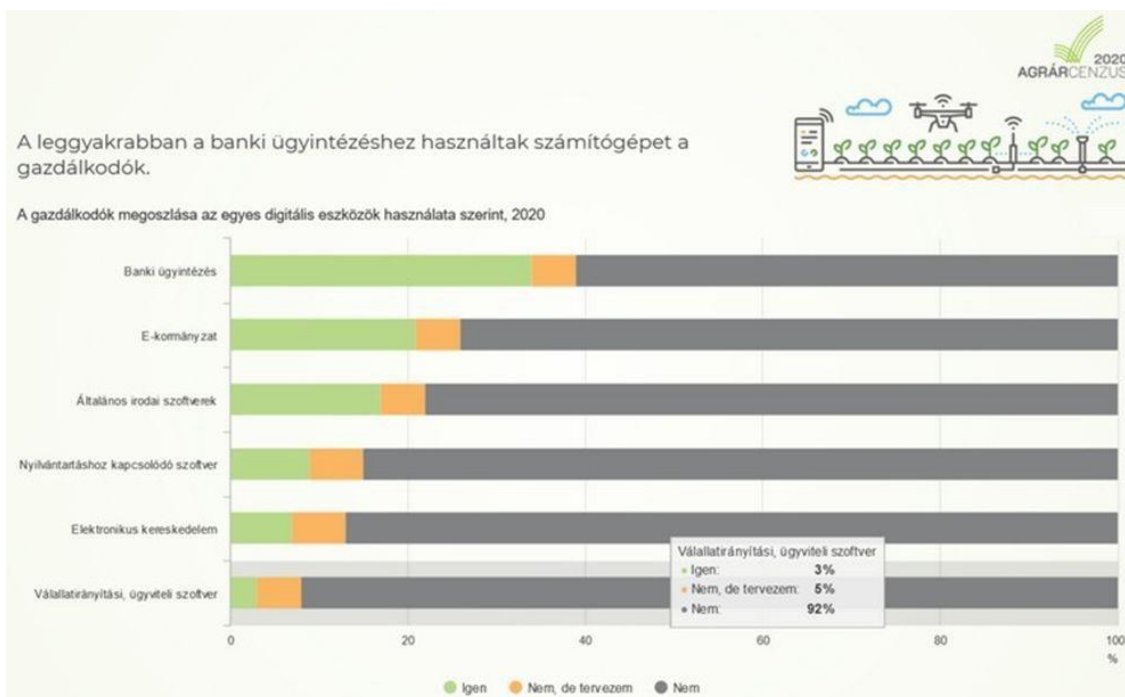
2. Irodalmi áttekintés

2.1. Digitalizáltság

A Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG) szerint okostelefonok megjelenése óta tekinthetjük valósnak az IoT kifejezést mivel ma már egy „okos” mosógépet és egyéb „okos eszközt” is rá lehet csatlakoztatni az otthoni hálózatra, továbbá megkönnyítsék az információ gyűjtést akár egy munkagép esetében. Ezen gondolatmenet alapján készített a KSH egy átfogó tanulmányt az agráriumban dolgozó emberekkel hogyan viszonyulnak az új technológiákhoz.

A KSH Agrárcenzus 2020-ban végzett felmérésébe bevont 234000 gazdaság alapján megfigyelhető, hogy a gazdák 62%-a még banki ügyintézésre sem használ számítógépet. Az irodai szoftverek alkalmazása rendkívül ritka, 17% üzemeltet ilyet és csak 5% tervezi. De a válaszadók 80%-a nem üzemeltet és nem is tervezi soha, hogy beszerezzen irodai szoftvert (1. ábra). E-kereskedelemhez kapcsolódó alkalmazást a jelenleg a gazdák 93%-a nem üzemeltet, és csak 6% tervez ezen változtatni, a vállalatirányítási szoftvert pedig mindössze 3% használ, 5% tervezi, azonban 92% teljesen elzárkózik ettől a lehetőségtől ([http2](#)).

A 2. ábrán látható adatok alapján 87% nyilatkozta, hogy nincsen szüksége digitális és vagy precíziós eszközökre. A gazdák 16%-a felvállalta ismereteik hiányát. Egyaránt 6-6% választotta a magas ár miatti elzárkózást és az eszközök inkompatibilitását. 1% pedig azt a lehetőséget jelölte be, hogy nem megfelelőek a tanulási és tanácsadási lehetőségek. A precíziós gazdálkodás magyarországi viszonylatban alacsony elterjedtségének egyik oka, hogy a precíziós gazdálkodás tőkét és tudást kíván. Emellett magas beruházási költséggel jár, ami csak hosszú távon térül meg és csak bizonyos gazdaságméret felett kifizetődő. Továbbá nem mindig áll rendelkezésre a gazdálkodóknak a technológia bevezetéséhez szükséges többletráfordításhoz szükséges finanszírozási összeg. A 2020. évi adatok alapján azoknak a gazdáknak, akik nem használtak precíziós eszközöket, leggyakrabban nem is volt szükségük ezekre a mezőgazdasági termelésben. A digitális eszközök magas ára csak a 3. leggyakrabban felhozott ok a precízió ellen ([http2](#)).



1. ábra: (<http2>) A gazdálkodók megoszlása az egyes digitális eszközök használata szerint.



2. ábra: (<http2>) Gazdák indokai a precíziós eszközök használatának mellőzésére.

A precíziós gazdálkodás fő ismérvei, hogy a gazdálkodás minden szakaszában az adatgyűjtés, adatfeldolgozás, döntéshozatal és beavatkozás kiemelt szerepet kapnak: az infokommunikációs technológiák, olyan műszaki, informatikai, információs technológiai és

termesztéstechnológiai alkalmazások, amelyek hatékonyabbá teszik a szántóföldi növénytermesztést, valamint a mezőgazdasági gépüzem szervezését. Főbb eszközei: adatgyűjtő eszközök (szenzorok), vezeték nélküli adatátvitelre képes (kézi) számítógépek, adattároló eszközök stb. A precíziós gazdálkodás a mezőgazdasági termelés hatékonyságát növeli úgy, hogy a környezetvédelmi és fenntarthatósági elvárásokat támogatja, emeli a hozamokat, csökkenti a költségeket, továbbá a termelő helyspecifikus információk alapján műveli a földjét, adatokat gyűjt a talajról, a munkafolyamatokról, valamint a hozamokról, és ezeket hasznosítja is a következő időszakokban. Azaz helyspecifikus adatok alapján megalapozott döntéseket hoz, és a beavatkozásokat is ilyen módon végzi (Bazsik et al, 2022).

Magyarországon a precíziós eszközök elterjedtsége alacsonyabb szintet mutat, mint a korábban felsorolt digitális eszközöké. A gazdaságok 12%-a használ valamilyen precíziós eszközt. (Dániában ez az arány 23% volt 2018-ban, a teljes mezőgazdasági terület 57%-án használtak már precíziós eszközöket (<http2>).



3. ábra: (<http2>) Precíziós eszközök használatának aránya Magyarországon.

2.2. A hőmérséklet és páratartalom szerepe

A légköri folyamatok fő energiaforrása a Napból érkező részecskesugárzás és elektromágneses sugárzás. A részecskesugárzás elemei lehetnek ionok, elektromos töltésű

részecskék, és töltetlen neutronok, azonban a részecskesugárzás az elektromágneses sugárzáshoz képest csak kis részét teszi ki a Nap sugárzó energiájának. Az elektromágneses sugárzás zérus nyugalmi tömegű részecskék, magyarul fotonok árama. A Napból származó energia táplálja a légkör fizikai folyamatait (Hartman, 2011). Ebből következően a légkörön áthaladó sugarakat a Föld felszíne nyeli el és ettől melegszik fel. A felmelegedett felszínnel közvetlenül érintkező levegő részecskék melegednek föl. A felmelegedés következtében nagy mennyiségű víz párolog el, a levegőbe lévő vízgőzt, vízpárát légnedvességnek nevezik. A tényleges páratartalom: 1 m³ adott hőmérsékletű levegőben éppen található vízpára (Hartman, 2011).

Mezőgazdasági általános szerepük alapján nélkülözhetetlenek a növekedésben, a növények optimális hőmérsékleti tartományban nőnek a leggyorsabban. Túl alacsony vagy magas hőmérséklet esetén a növények növekedése lelassulhat vagy akár le is állhat (Taiz és Zeiger, 2010). Fotoszintézisnél is elengedhetetlen követelmények, a növények napfényt használnak fel glükóz előállításához, szorosan kapcsolódik a hőmérséklethez. Különböző növényfajoknak eltérő optimális hőmérsékleti tartományuk van a fotoszintézishez (Leegood et al, 2019). Továbbá az optimális hőmérséklet és páratartalom elősegítheti a növények ellenálló képességét betegségek és kártevők ellen (Agrios, 2005). Az ember számos módon hasznosíthatja a hőmérséklet és páratartalom ismeretét a mezőgazdaságban. Az optimális növényi növekedés és terméshozam elérése érdekében fontos figyelembe venni ezeket a tényezőket:

1. Termesztési időzítés optimalizálása: a hőmérséklet és páratartalom ismeretével a gazdák optimalizálhatják a vetési és ültetési időpontokat a legmegfelelőbb növényi növekedési feltételek elérése érdekében (Jones, 2019).
2. Klímaváltozáshoz való alkalmazkodás: a klímaváltozás hatásainak megértése lehetővé teszi a gazdák számára, hogy alkalmazkodjanak az új környezeti körülményekhez, például új fajtákat választva vagy módosítva a termesztési gyakorlatokat. (Sivakumar és Hatfield, 2000).
3. Vízgazdálkodás és öntözés optimalizálása: a páratartalom és hőmérséklet ismeretében jobban tervezhető az öntözési rendszer, minimalizálva a vízpazarlást és javítva a vízhatékonyságot. (Perira, 2006).
4. Fajtaválasztás és tenyésztés: az éghajlati adatok alapján kitenyészthetők olyan növényfajták és amelyek jobban alkalmazkodnak a specifikus hőmérsékleti és páratartalmi feltételekhez. (Lobell, Gourdji, 2012).

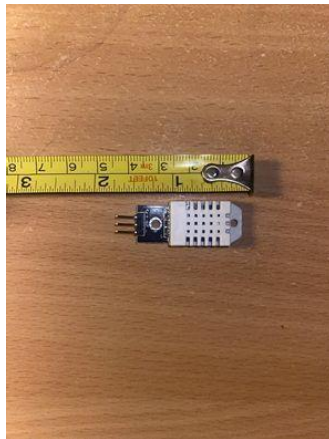
5. Kockázatkezelés: az időjárási körülmények alapján a gazdák kialakíthatnak kockázatkezelési stratégiákat, mint például biztosításokat kötnek. (Antle és Stoorvogel, 2008).

Az agronómiai kutatás és a gazdák közötti együttműködés révén az ilyen információk segíthetik az agrárium fenntarthatóbbá tételét és a termelékenység növelését.

2.3. Adatgyűjtés és feldolgozás

A 2.1 pontban említett szenzorok, számítógépek, adathordozók elengedhetetlenek a digitális gazdálkodásban. A digitális gazdálkodás magába integrálja a precíziós és okos gazdálkodást, gyűjtőfogalomként (http 6).

A szenzorok olyan eszközök amelyek egy fizikai mennyiséget kiértékelhető jellé (főként elektromos, a gépesítésnél pneumatikus, illetve hidraulikus jellé) képesek átalakítani, például a hőmérsékletet, a távolságot, vagy a nyomást. Csoportosítás alapján megkülönböztetünk bináris szenzorokat amik lehetnek helyzetérzékelők, nyomáskapcsolók, kapcsolóhőmérők, közelítéskapcsolók és analóg szenzorokat: áramlásmérők, optikai mennyiségek érzékelői, hőmérsékletmérő szenzorok, útmérők, hosszmérők, elfordulásérzékelők, akusztikai mennyiségek érzékelői (Krámlí,2009).



4. ábra: (SAJÁT) DHT22 szenzor méretszemléltetés céljából.

Céljuk mellett a méreteik is igen különbözőek lehetnek kezdve egy traktor CANBUS és vontatmányának ISOBUS rendszerével ami látványosan nagy egy integrált áramkör pár mikrométeres belső hőmérséklet mérőjéhez képest, ami például egy drágább laptopba beépítve védelmi funkciót lát el.



5. ábra: (http9) CANBUS és ISOBUS összeköttetésének szemléltetése.

A mezőgazdasági szenzorokat felhasználás helyük szerint osztottam kétfelé: szabadtéri körülmények között, illetve épületekben történő felhasználás szerint.

2.3.1 Épületbeli körülmények

Szenzorok segítségével nagy mennyiségű adatot tudunk gyűjteni az állatok, növények állapotáról, életterükről. A szárítók, tárolók, üvegházak, lexán és fóliaházak is ide tartoznak.

A gabonasilókban alkalmazott szenzorok a következők lehetnek:

1. Hőmérsékletszenzorok: méri a gabonahalmaz, illetve a tároló légterének hőmérsékletét, és segíthet az esetleges túlzott hőmérséklet vagy hőmérsékleti egyenlőtlenségek észlelésében, amelyek a szemcsék romlását okozhatják.
2. Nedvességmérők: fontos az optimális nedvességtartomány fenntartása a gabonaszemek számára. Nedvességmérő szenzorok segítenek ellenőrizni a gabonaszemek víztartalmát, és a tároló légterének relatív páratartalmát.
3. Szintérzékelők: a silóban a gabonaszint figyelése fontos a kapacitás tervezése és a szemcsemozgás ellenőrzése szempontjából.
4. Gázérzékelők: gázszintek figyelése, például szén-dioxid vagy etilén érzékelése, amelyek hatással lehetnek a gabonatermékekre (International Journal of Engineering & Technology, 170-173.o.,2018).



6. ábra egy TMS5000 rendszer felépítését mutatja be ([http18](http://18)).

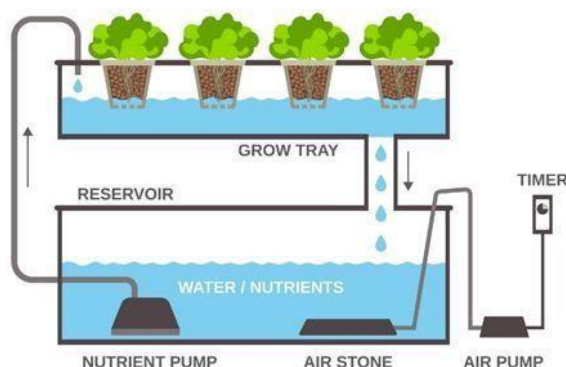
Az istállóklíma és az ahhoz kapcsolódó adatok hasznosítása számos előnnyel járhat a mezőgazdaságban. A megfelelő klímafeltételek fenntartása javíthatja az állatok egészségét, jólétét, és növelheti a termelékenységet, valamint hozzájárulhat fűtés általi takarékosághoz, mivel állatjóléti szempontból fontos az istálló megfelelő hőmérséklete, páratartalma, metán és ammónia tartalma. Automatizált rendszerekkel, például hőmérséklet és páratartalom érzékelőkkel folyamatosan figyelhetik ezeket a paramétereket (Toledo et al, 2019). Szintén automatizálható a szellőztető rendszer, vagy a kapott adatok segíthetik a tenyésztőt a megfelelő szellőztetési rendszerek kialakításában és működtetésében, amelyek biztosítják a friss levegőt és csökkentik a hőstresszt (Wheeler, 1996). Az adatok segíthetik az automatizált takarmány- és vízellátó rendszerek tervezését és beállítását ([http19](http://19)), optimalizálva a táplálkozást és a vízellátást, le lehet követni az állatok viselkedését a termelékenység és állatjólét javításának érdekében (Sun et al, 2009). Nem elhanyagolhatóak a tejtermelési adatok és egyéb állategészségügyi paraméterek monitorozása, hogy azonosítsák az esetleges problémákat vagy az egészségtelen állatokat (Taylor, 2021).



7. ábra: Tojóttyúk tartás automatizált szellőztetéssel, a képen látható ventilátorok 65Pa-nyi nyomásra képesek alacsony zajszint mellett (<http20>).

Az üvegházak és fóliaházak környezeti paramétereinek szabályozása kulcsfontosságú a növények optimális növekedése és termelése szempontjából. Az indoor farming, vagyis a beltéri gazdálkodás további lehetőségeket nyújt a környezeti paraméterek precíz irányítására. A szabályozáshoz adatokra van szükség mind az üvegházi környezetből (pl. hőmérséklet, páratartalom), mind a külső környezetből (ugyanúgy hőmérséklet és páratartalom, illetve szélirány, szélesebbesség), mind a szabályozott berendezések aktuális helyzetéről (ablak és ernyőpozíció, fűtési teljesítmény, stb.). Szabályozandó eszközök közé tartoznak például a szellőztetők, kazánok, ezek irányítását legkönnyebben egy klímakomputerrel lehet megoldani, ami felügyeli a szellőztetést, CO₂ adagolást, fűtést (Muñoz-Carpena, 2021).

A rohamos fejlődés miatt a felügyelendő eszközök száma is folyamatosan növekszik, mint például az „intelligens világítórendszerek” és LED lámpák, amelyek megfelelő beállításával lehet optimalizálni a növények számára szükséges fényintenzitást és spektrumot (Mitchell 2012). Kiemelendők a hidroponikus és aeroponikus rendszerek, amelyekkel növényeket lehet termesztetni vízben, vagy levegőben, minimális talajhasználattal. Aeroponikus rendszerrel szerelték fel a nemzetközi űrállomást is, mivel igazán extrém körülmények között is alkalmazható ez a fajta termesztési mód. (<http21>). A hidroponikus rendszer kicsit régebbre nyúlik vissza, az elvet már 2600 éve ismerték Egyiptomban, de az első feljegyzés csak 1627ben látott napvilágot Sir Francis Bacon által. A rendszer alapja, hogy a gyökér nem talajjal érintkezik, viszont nagyon érzékenyvé teszi a növényeket és nem minden fajtánál alkalmazható például gabona, kukorica, tökfélék, gyökérzöldségek termesztésére nem alkalmas (<http21>).



8. ábra: (http21) Aeroponikus rendszer működési elve.

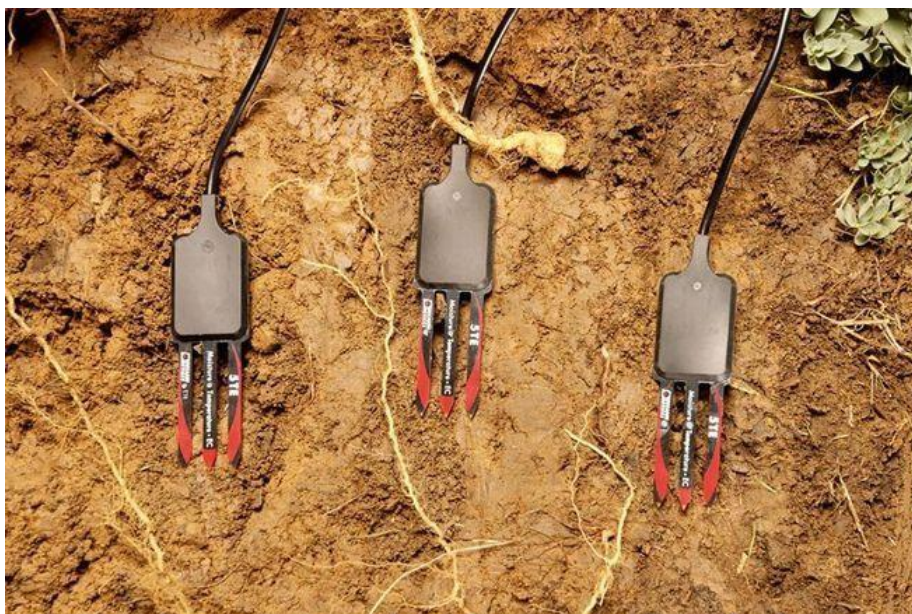
Az évtized forduló óta, főleg a COVID-19 világjárvány miatt ami csak az USA-ban ~3 milliárd \$ kiesést okozva sarkalta a tudósokat és mérnököket, hogy egyre nagyobb teret kapjanak a „mesterséges intelligenciák” is, főként a betegség nyomon követésére használták. Azonban mára már pl. a beltéri gazdálkodást tekintve az adatok elemzésére és az automatikus szabályozásra gyakorolhatnak látványos hatást az Indoor Farmingban (Everloo és Troya, 2023).

2.3.2 Szabadtéri körülmények

Szenzorok segítségével nagy mennyiségű adatot vagyunk képesek gyűjteni a földekről és a környezeti feltételekről. Ide tartoznak a talajszenzorok, meteorológiai és speciális szenzorok. Léteznek szenzorcsoportok is amiket a hatékonyabb adatgyűjtés miatt célszerű így beszerezni például egy meteorológiai oszlopot (http8).

A termelésben használható talajszenzoroknak az alábbi műszaki elvárásoknak kell megfelelniük: az első és legfontosabb, hogy könnyen telepíthetők legyenek a tenyészidő elején. Több paramétert is képesek legyenek mérni: talajnedvesség, hőmérséklet, vezetőképesség. Fontos kritérium még a strapabíróság, az egész szezonban folyamatosan karbantartás nélkül üzemelni tudjon.

Ezek a mérőműszerek vezeték nélküli kapcsolaton keresztül küldik a felhő alapú szerverre a mért adatokat. Ezt egy alacsony fogyasztású, napelemes táplálású, rádiós eszközzel lehet megoldani, amelyik rendszeresen mintát vetett a szenzorral és küldi az eredményt. Az adatok a termelő számára egyszerűen értelmezhetőnek, online megjeleníthetőeknek, és a tenyészidő végén könnyen összegyűjthetőeknek kell lenniük GPS koordinátáik alapján (Tóth, 2018).



9. ábra: (<http> 12) Talajszondák

A mezőgazdasági adatgyűjtésre a szenzor használatkor egy laikus a fentebb említett talajszenzorokra és ehhez hasonló érékelőkre gondol első sorban. A gyakorlatban a beépített szenzoroknak ugyanakkora jelentőségük van, mint a csak ezt a funkciót ellátó eszközöknek. Ide tartoznak a különböző méretű és ár kategóriájú drónok, amik kiválóan alkalmasak a mezőgazdasági területek nagy felbontású légi fotóinak és feltérképezésének előállítására. A drónokkal a gazdálkodók könnyen azonosíthatják a különböző növények állapotát, a betegségeket, a vízhiányt vagy más problémákat (Anderson és Gaston, 2013). A fentebb említett IoT rendszeralapúak közül kiemelendők a meteorológiai állomások is, amik szintén szerves részét képezik a mezőgazdasági adatgyűjtés eszközeinek (Olesen és Bindi, 2002). Ezek az állomások különböző meteorológiai paramétereket mérnek és rögzítenek, mint például hőmérséklet, páratartalom, szélsébség, csapadékmennyiség, napsugárzás intenzitás és egyéb időjárási adatok. Ezek az adatok elengedhetetlenek, mivel segítik a gazdálkodókat a termesztési döntések meghozatalában és a gazdaságuk hatékonyabb irányításában (Hatfield és Prueger, 2015).



10. ábra: (<http13>) KITE által használt meteorológiai állomás

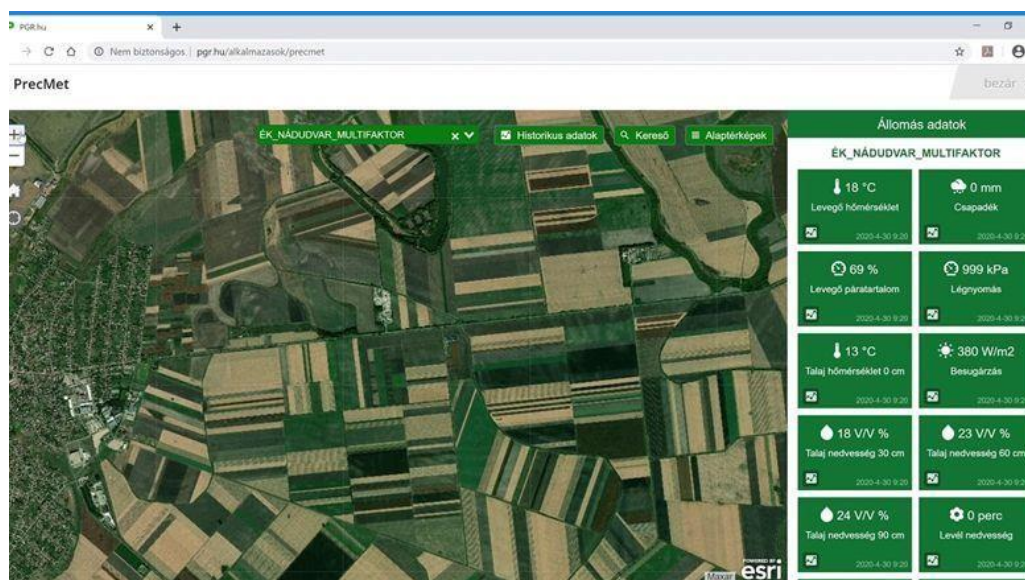
A meteorológiai állomások a modern mezőgazdaságban gyakran kapcsolódnak a digitális agrárinformatikai rendszerekhez, és a felhőalapú adatgyűjtési platformokhoz. Így az adatok gyorsan elérhetőek és elemezhetőek, ami segíthet a termelőknek az optimális termesztési feltételek megteremtésében és a kockázatok minimalizálásában (Jones, 2013).

Magyarországon a legelterjedtebb meteorológiai állomás gyártó az osztrák iMetos közel 40 éve készít automata mérőkészülékeket. Az alapfelszereltségű modell szenzorjaival már képesek vagyunk hőmérsékletet, páratartalmat, csapadékot és levélfelületi nedvességet mérni(<http14>).



11. ábra: (http14) iMETOS katalógus

A mai technika lehetővé teszi, hogy az adatokat bármikor lekérhetjük az okostelefonunkon keresztül, ez a lehetőség alkalmazás és weboldal formájában is elérhető gyártótól függően (Gebbers és Adamchuk, 2010). Ilyen a magyar KITE Zrt. által fejlesztett, 2017 óta forgalomban lévő agrometeorológiai állomása és a hozzá tartozó applikációja. Különlegessége, hogy adatgyűjtés terén az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) meteorológiai hálózatára támaszkodva biztosítja a pontosabb információkat és mérési eredményeket. Ugyanúgy, mint a konkurenséknél, megtalálható náluk a csapadék, szélsébség- és szélirány, levegő, hőmérséklet, páratartalom és légnyomás, globális sugárzás, levélnedvesség, talajhőmérséklet több mélységben, talajnedvesség több mélységben való mérésére alkalmas eszközök (http13).



12. ábra: (http16) KITE által fejlesztett Precmet weboldala.

A mért adatokat GPRS adatkapcsolaton keresztül juttatja el a szerverig amiket a hozzá fejlesztett Appon vagy webes felületen le lehet kérni.



13. ábra: (http17) A 9. képen látható weboldal telefonos applikáció formájában.

Léteznek növény betegségek előrejelzésére használatos modellek is, jelen esetben a modellt szimulációként is kell érteni. Az alternáriával kapcsolatos betegségek előre jelzésére számos modellt dolgoztak ki pl. TOMCAST, FAST, EPIDEM

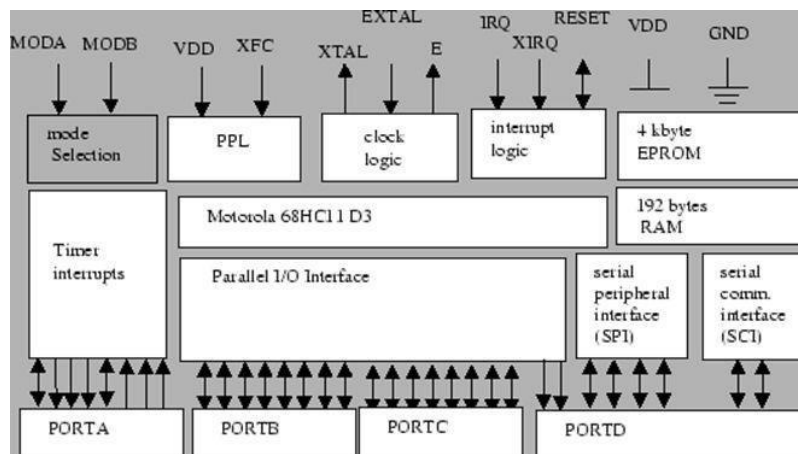
Legjelentősebb modelleket a paradicsom és burgonya kultúrára dolgozták ki, a modellek hasonló meteorológiai és környezeti bemeneti adatok alapján amit rendszerint IoT alapú eszközök biztosítanak (Computers and Electronics in Agriculture, Volume 142), de eltérő számoláson alapulva becsülik meg a betegség várható mértékét. Lényege: a hatékonyabb növényvédelem megvalósítása alacsonyabb környezet terheléssel, magasabb profittal (CAB International, 2003). Ilyen modellek lehetnek:

1. Mesterséges intelligencia (AI) alapú modellek: a gépi tanulási és mesterséges intelligencia módszereket is alkalmazzák a betegségek előrejelzésére. Ezek a modellek „képesek tanulni” a korábbi adatok alapján, és azonosítani a mintázatokat, amelyek előrejelzéseket tesznek lehetővé (Gupta és Sharma, 2020).
2. Gépi tanulási algoritmusok: gépi tanulási modellek lehetnek, például a döntési fa, szupport vektor gépek (SVM), vagy neurális hálózatok használata a betegségek előrejelzésére a növények morfológiai és biokémiai változóinak alapján (Liu, 2021).
3. Szimulációs modellek: számítógépes szimulációs modellek alkalmazása a növénybetegség interakciók vizsgálatára és a betegségek előrejelzésére. Ilyen modellekkel vizsgálható például a a növények és a kórokozók közötti interakciók, epidemiológiai elemzéseket, vagyis akár a betegség terjedésének sebességét és irányát, segíthetnek az egyes növények genetikai változékonyságának és

rezisztenciájának vizsgálatában. Továbbá a szimulációs modellek segíthetnek azonosítani azokat a tényezőket, amelyek kulcsfontosságúak a betegségek terjedése és kialakulása szempontjából (Nowicki et al, 2012).

2.4. Mikrokontrollerek

A könnyebb áttekinthetőség érdekében érdemes évtizedekre bontani a mikrovezérlők fejlődésének szakaszait de előbb meg kell értenünk ezt a fogalmat magát, hogy mikrokontroller. A mikroprocesszorok kis méretű, integrált áramkörök, amelyek képesek vezérelni és irányítani más eszközöket és rendszereket. Az ember nem is gondolná, hogy ezek az eszközök rendkívül sokoldalúak és alkalmazhatóak számos területen, beleértve az elektronikai eszközöket, az ipari automatizálást, az orvosi eszközöket és a járműveket. A mikrovezérlők több alapvető komponenst tartalmaznak, mint például a központi feldolgozó egység, más néven processzor (CPU), memória, bemeneti és kimeneti interfészek, valamint különböző perifériák, mint például analóg-digitális és digitális-analóg átalakítók, időzítők és kommunikációs interfészek (Mazidi et al, 2021).



14. ábra:(<http23>) Motorola 68HC11 chip felépítése.

A mikrokontrollerek hatékonysága kis méretük és alacsony energiafogyasztásukból fakadóan lehetővé teszi számukra, hogy széles körben alkalmazzuk őket olyan eszközökben, amelyek korlátozott energiaforrásokkal rendelkeznek, például okos környezeti érzékelőkben, vagy hordozható eszközökben. Emellett a mikrokontrollerek gyakran beépített hálózati, vagy vezeték nélküli kommunikációs képességekkel rendelkeznek, amelyek lehetővé teszik számukra a kommunikációt más eszközökkel, vagy hálózatokkal, ami különösen fontos a már többször említett IoT alkalmazásokban (A. Smith, 2011).

Az egyik legismertebb, és legelterjedtebb mikrovezérlő család az ARM architektúrára épülő mikroprocesszorok, amelyeket széles körben használnak mobiltelefonokban, okostelefonokban, beágyazott rendszerekben, és más alkalmazásokban. Emellett számos egyéb gyártó, mint például az Atmel (most Microchip Technology), a Microchip Technology, a Texas Instruments és a STMicroelectronics is széles választékot kínál mikrovezérlőkből, amelyek különböző igényeknek és alkalmazásoknak megfelelően vannak tervezve (N. Sloss et al, 2004).

A mikrokontrollerek fejlődése is a második ipari forradalom során formálódott kezdetben, az 1970-es években, Ez az időszak nagyban hozzájárult az ipari termelés hatékonyságának növekedéséhez és az informatikai technológiák szélesebb körű elterjedéséhez. Korábban részletesebben foglalkoztam ezen témával, most csak a mikrokontrollerekre fókuszálva érintem ezt a témát.



15. ábra: (http22) Intel gyártósora, ahol a 4004-es mikroprocesszorok készültek.

1. Az első szakaszt, az 1970-es évek első felét nagyban befolyásolta és uralta az Intel vállalat, mivel az ő nevéhez fűződik az első mikrovezérlő, az Intel 4004 bevezetése 1971-ben. A 4004 mindössze 2300 tranzisztort tartalmazott, és 4-bites adatszélességgel rendelkezett. Alkalmazása elsősorban számológépekben és más egyszerű alkalmazásokban volt elterjedt (Faggin, et al. 2003).
2. A második generációt az 1970-es évek végétől 80-as évek első feléig számolják. A szakasz rövidege a gyors fejlődésre és a versenytársak megjelenését is tükrözi, mint például a Motorola és a Zilog is bemutatta saját mikrokontrollereit. A Zilog Z80 és az Intel 8080 kiemelkedő példák ebben a generációban. Ezek a mikrokontrollerek már fejlettebbek voltak, képesek voltak a 8-bites adatszélességre, és széles körű

alkalmazásokban használták őket, például személyi számítógépekben és kisebb rendszerekben Shiva, Sajjan G., és Srinivasan K., 1984).

3. Az 1980-as évek közepétől kezdve ezek az eszközök a beágyazott rendszerek kialakításában és ipari alkalmazásokban (kezdeti automatizálás) is elterjedtek, például a Motorola 68HC11 és az Intel 8051 a harmadik generáció reprezentatív példái voltak (Kamal, 2012).
4. A negyedik generációban már az 1990-es években járunk, az eszközök teljesítménye és funkcionalitása tovább fejlődött. Ebben az időszakban a beágyazott rendszerek széles körűvé váltak, beleértve az autóipart, háztartási készülékeket, orvosi eszközöket és más iparágakat. A PIC (Peripheral Interface Controller) vagyis beépített memóriával és tárhellyel rendelkező mikroprocesszorok, az Atmel AVR sorozat és az ARM architektúra jó példák erre a generációra (Wayne, 2008).
5. A jelenlegi szakaszt a 2000-es évektől számítjuk. A 2010-es évek elején a mikrokontrollerek tervezése a kompakt méret, alacsony energiafogyasztás és magas teljesítmény irányába mozdult el. Az ARM processzorok itt váltak kiemelkedővé, és a beágyazott rendszerek szinte minden területén megtalálhatók (Mazidi et al, 2021).

A jelenlegi eszközök a legelterjedtebbek a hobbi felhasználók körében, a szórakoztató elektronikákban is mindenhol ott vannak különböző típusaik, és természetesen az iparban is a megjelenésük óta tömegesen alkalmazzák.

3. Anyag és módszertan

3.1. A pályamunka célja

A főként műszaki indíttatású dolgozatom egyik alappilléret középiskolai tanulmányaim is jelentősen befolyásolták, mikrovezérlőkkel először tizedik évfolyamban találkoztam fizika szakkörön Nyirati László villamosmérnök által, akinek a digitális méréstechnika volt a kedvenc témája. Főként Arduino márkájú gépekkel kísérleteztünk, játékosan tanulva a C++ nyelvet is.

A dolgozatom ötlete "Precíziós gazdálkodás műszaki alapjai" című órám fogalmazódott meg bennem, először csak az Arduinoval való kísérletezés, majd a számtalan lehetőség gondolata, így az is, hogy hogyan lehetne a mezőgazdasági automatizálásban ezt az eszközt felhasználni. Az Arduino ereje az egyszerűségében és a modularitásában rejlik, csak a felhasználótól függ mit hoz ki belőle, legyen az egy meteorológiai állomás, vagy hőmérséklet- és páratartalom mérő egy villanymotorral összekötve és klímaszabályzó egység, vagy a 2.3.2-es alfejezetben látható talajszonda működtetését is felügyelheti. A YouTube-on, Github-on számos DIY (csináld magad) projekt található mikroprocesszoros automatizálás témában is.

Ezen ötletek és tapasztalatok alapján célom volt egy későbbiekben bővítésre is alkalmas hőmérséklet- és relatív légnedvességet mérő állomás megalkotása, ami szoftveres módosítással szabadföldön és üvegházban is megállja a helyét. Továbbá fontos kritériumnak tartottam a pénztárca-barát megoldásokat alkalmazni, hiszen ez csak egy prototípus.

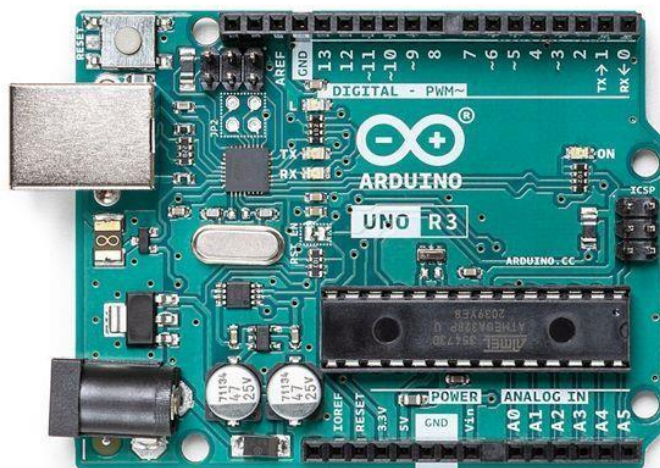
Az Arduino egy nyílt forráskódú hardver és szoftver platform, amelyet elektronikus projektek készítésére és prototípusok fejlesztésére alkottak meg. Más szóval bárki használhatja Arduinótól független, mivel a folyamatos fejlesztéseknek hála szoftvere kompatibilis más mikrokontrollerekkel is. Az Arduino számos modellt és változatot kínál, amelyek mindegyike a mikrovezérlőkön alapul (Margolis, 2011).

3.2. Felhasznált eszközök

3.2.1. Elektronika

Az Arduino hardvere egy kis méretű, direkt egyszerűen programozható mikroprocesszor alapú eszköz, amelyet különböző elektronikai projektekhez használnak

manapság már nem csak hobbi szinten. A hardver általában egy nyomtatott áramkör (NYÁK), amelyen elhelyezik a mikrovezérlőt, az érintkezőket, valamint egy sor kiegészítő alkatrészt és csatlakozókat, ez típustól, kiadástól függően rendkívül változatos lehet, nem beszélve a kínai hamisítványokról amik általában nem a jól felismerhető Atmel mikrovezérlőket alkalmazzák (Fitzgerlad és Shiloh, 2013).



16. ábra: (<http24>) 2012-ben megjelentetett Arduino R3.

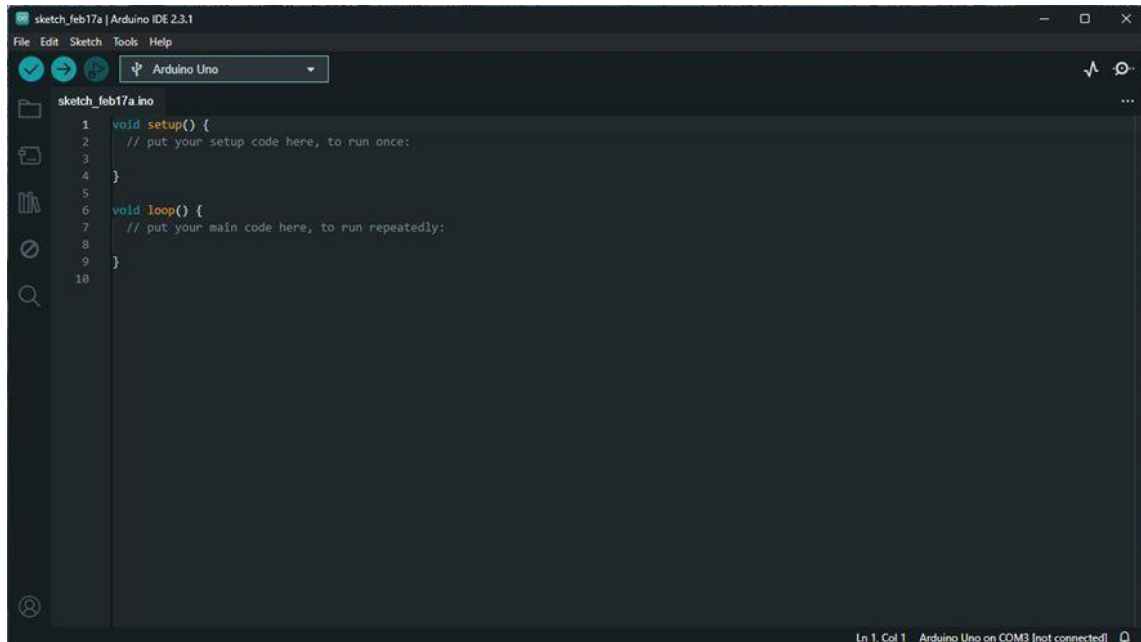
A 16. számú ábrán a legelterjedtebb R3-as verzió látható. 2023-ban piacra dobták az R4-es változatot, ami már képes önmagában IoT rendszerek létrehozására is. Kísérletem készültek hazánkban ez a verzió még nem volt elérhető. Paramétereiket tekintve az összes eddig kiadott UNO modell egyforma méretű és a különböző kiegészítő alkatrészeik is (pl. motorvezérlő pajzs, Bluetooth modul) kompatibilisek egymással (Banzi és Shiloh, 2014).

Mikroprocesszorát egy ATmega328-as chip adja, jelenleg az általam is használt 3. generációs R3-ban már integrált minden alkatrész (<http25>).

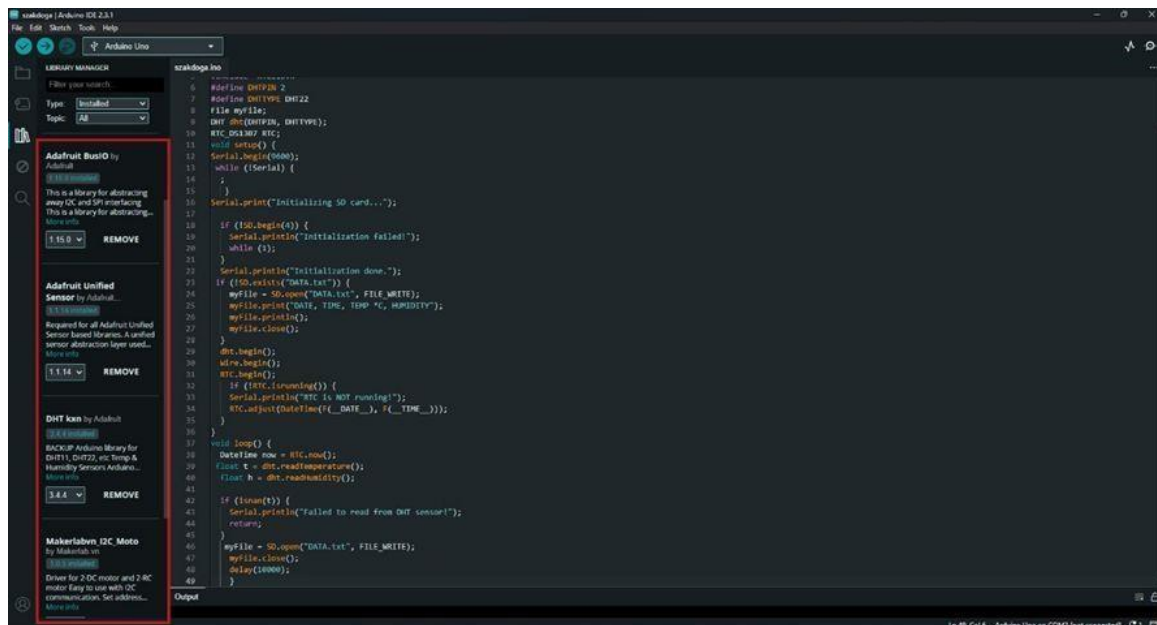
Az Arduino hátránya is az egyszerűségéből fakad, mivel önmagában "csak" egy mikrovezérlő. Ezért mindenképpen kell hozzá egy számítógép, amin az ingyenesen letölthető Arduino IDE szoftver (17. ábra) segítségével végezhető el a programozás egy USB kábelon keresztül, amihez átlagosan havi rendszerességgel add ki frissítéseket a gyártó.

Jelenleg Windows, Linux és Mac OS X operációs rendszerekre tölthető le, egyéb esetben a gyártó felhőalapú IDE-val is a felhasználók egyedi igényeit igyekszik kielégíteni. Ez is az arduino.cc weboldalon érhető el. A program már nem csak a C++ nyelvet hanem a Pythont is képes kezelni, nem beszélve a más gyártók általi hardverek, és segéd-

illesztőprogramok támogatásáról (15. kép). Egyéb hátránya, hogy a fejlesztéshez mindenképpen szükségesek más elektronikai komponensek is, amiket egyénként tudunk beszerezni (Pásztor, 2016).



17. ábra: (SAJÁT) Arduino IDE alkalmazás, Arduino kezelőfelülete.



18. ábra: (SAJÁT) A képernyőképen a teljes kód és pirossal kiemelve a hozzátartozó illesztő programok láthatóak.

Ezt a hiányosságot kompenzálja a hozzá kiadott, és többször átdolgozott Starter Kit, ami egy projekt könyvet és a benne lévő projektekhez szükséges alkatrészeket, és próbapanelt tartalmazza, így tanítva meg a felhasználót lépésről lépésre, jól szemléltetve az alapokat (Fitzgerlad és Shiloh, 2013).

Az Arduino vezérlők típusok két nagy csoportra oszthatók. A Board a fő fejlesztő paneleket (Nano esetén), vagy alaplaponkat jelzik, míg a Shield a bővítő lapok elnevezése. Ezek a kiegészítők típustól függően, jelen esetben további csatlakozókkal látja el az alaplapon. A szabványosított csatlakozási felületnek köszönhetően megengedik a többszintes bővítést, de a területük nem haladja meg soha a Board-ét (Pásztor, 2016).



19. ábra: (SAJÁT) Felhasznált alkatrészek.

A 19. ábrán az Arduinon, vezetékeken és az áramforrásként szolgáló Xiaomi Mi Powerbank S2-ön kívül jobbról balra a különböző alkatrészeket használtam fel kísérletemhez:

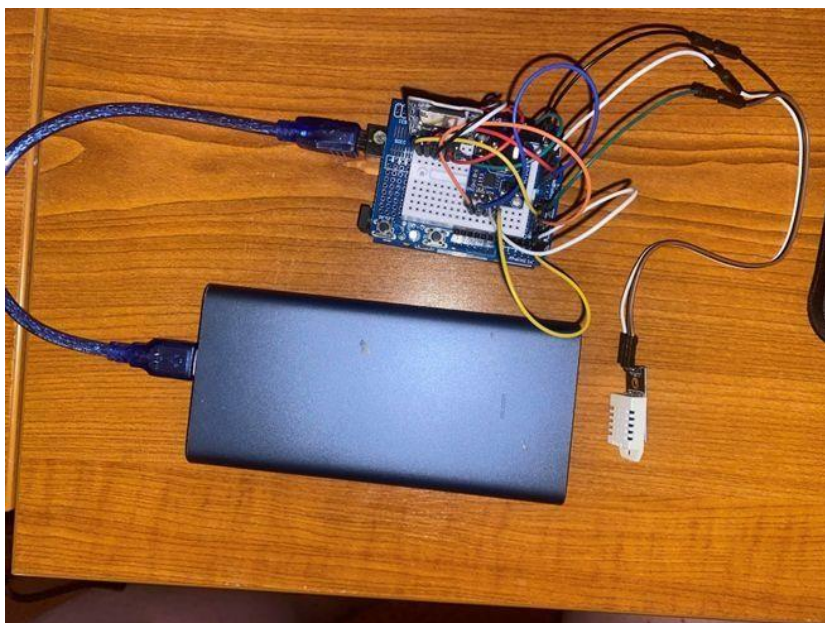
1. Arduino Proto Shield: ahogy a neve is utal rá, ez egy bővítmény épített áramkörök teszteléséhez lett kifejlesztve, kiváltva a régi kenyérpaneleket, további több táp- és negatív csatlakozóval vérteti fel a mikrovezérlőt, ami számomra különösen fontos volt, mivel így ki tudtam küszöbölni a kusza kábeleket és a forrasztást megőrizve az eszköz modularitását.

2. DHT22 AM2302: ez egy digitális pára- és hőmérséklet mérő szenzor, ami direkt hasonló gyengeáramú gépekhez lett kialakítva. Két verzió létezik ebből a típusból, a DHT22 szenzor a drágább, amely jobb specifikációval is rendelkezik. A hőmérsékleti mérési tartománya -40°C és $+125^{\circ}\text{C}$ között van $\pm 0,5$ fokos pontossággal, míg a DHT11 hőmérsékleti méréstartománya 0°C és 50°C között van ± 2 fokos pontossággal. A

DHT22 szenzornak a páratartalom mérési tartománya is pontosabb, 0-tól 100RH%-ig, 2-5RH%-os pontossággal, míg a DHT11 páratartalom mérési tartománya 20-80RH%os, 5RH%-os pontossággal.

3. PCF8523 RTC: RTC vagyis Real Time Clock, magyarul ez az áramkör ez az alkatrész a pontos időért felel, ami egy mérésnél fontos adatnak minősül. Az Arduinon keresztül megmondható neki mikor generáljon riasztást, így rögzítve pl. 10 másodpercenként vagy bármilyen időközönként adatokat. A pontossága miatt külön energia forrást igényel (ennél a modellnél egy Cr1220-as gomb elemet) így tartva a pontos időt a mikrokontroller áramellátásól függetlenül.
4. SD kártya foglalat és SD kártya: az adatok semmit se érnek, ha nem tudjuk kinyerni azokat, ezért a legegyszerűbb módját választottam, kimenteni egy flash meghajtóra, amit minden operációs rendszer képes kezelni. Az adatok mentése txt. fájlformátumban történik, így azokat könnyedén excel táblába másolva egyértelmű képet kaphatunk a működésről és a környezetről.

Az összeköttetést a számítógépek alaplapai csatlakozóinál és Arduinonál már régóta használt Jumper kábelekkel oldottam meg. Ezek bármikor cserélhetők, hajlíthatók és nem utolsósorban csak a levegőben összedugva is kompatibilisek lennének az általam választott alkatrészekkel.



20. ábra: (SAJÁT) A mérőműszer összeszerelés után külső akkumulátorról megáplálva.

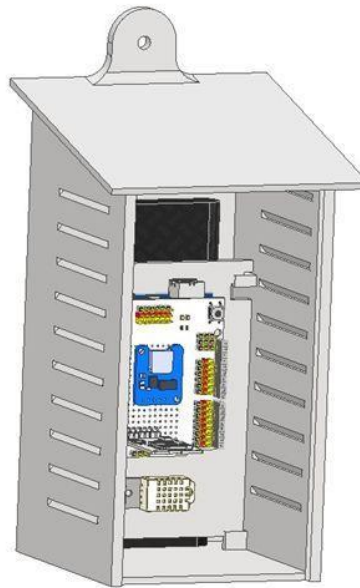
Az alkatrészek kicsomagolásánál és tesztelésénél, miután a 15. képen található programot futtattam a mikroprocesszoron keresztül minden működőképesnek bizonyult. De úgy gondoltam a Proto Shield-et felhasználva (17. kép) is sérülékeny, törékeny a szerkezet, nincsen védve semmilyen környezeti behatástól legyen az sár, por vagy csapadék. Ezért a műanyag burkolat mellett döntöttem.

3.2.2. Burkolat

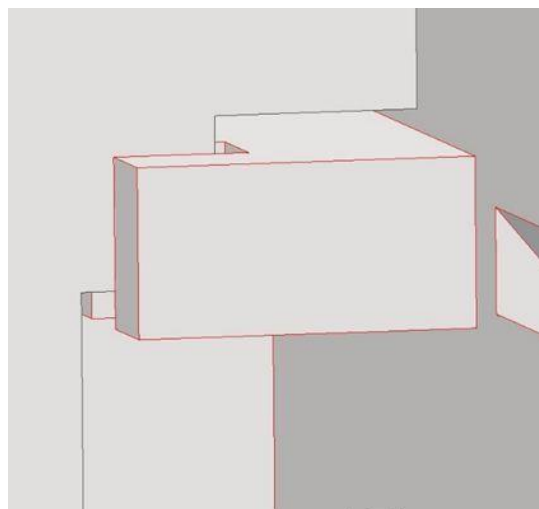
Első ötlet egy egyszerű villanyszerelő doboz volt, de a szűkös hely miatt az SD kártya olvasót fizikai rögzítés nélkül lehetett volna csak bekötni, az akkumulátorról nem is beszélve. A második ötlet egy egyszerű keményfalú éthordó doboz volt, szivaccsal kipárnázva és a szenzor számára szellőzőket fúrtam volna. A harmadik egyben megvalósított 3D nyomtatott burkolat ötlete a Gödöllői Campuson oktató dr. Gáspár Igor adjunktus Úr YouTube videóiból és a gépészmérnök barátaimtól származik. A legfőbb érv a teljes testre-szabhatóság volt számomra, és az alacsony költség. Számtalan különböző összetételű és árú műanyag és gyanta közül lehet válogatni, jelen esetben Gembird márkájú PLA műanyaggal dolgoztam. A PLA keverék a hagyományos FDM (hevítéssel olvasztja meg a műanyagot és extrudálja a hőre lágyuló szálát a munkaasztalra) nyomtatóknál a legolcsóbb filamentnek számít. Az FDM nyomtatók élnek az emberek köztudatában, mivel sokkal látványosabb ez által felfoghatóbb mint egy színes burkolatú SLA (lézerrel szilárdítja meg a fotopolimer gyantát), vagy SLS

(gyanta helyett polimer port köt meg), ahol sokszor csak a végeredmény látszik (Gáspár, 2023).

A kísérlet leghosszabb része a burkolat tervezése volt számomra, mivel a 3D-ben való digitális tervezés teljesen új volt számomra. Tervezőprogramnak egy viszonylag felhasználóbarát, és diákok, ill. oktatók számára ingyenesen elérhető szoftvert, az Autodesk Inventor 2021-et használtam. Ez a folyamat 2 hetet vett igénybe mire a 18. képen látható burkolat végleges lett.



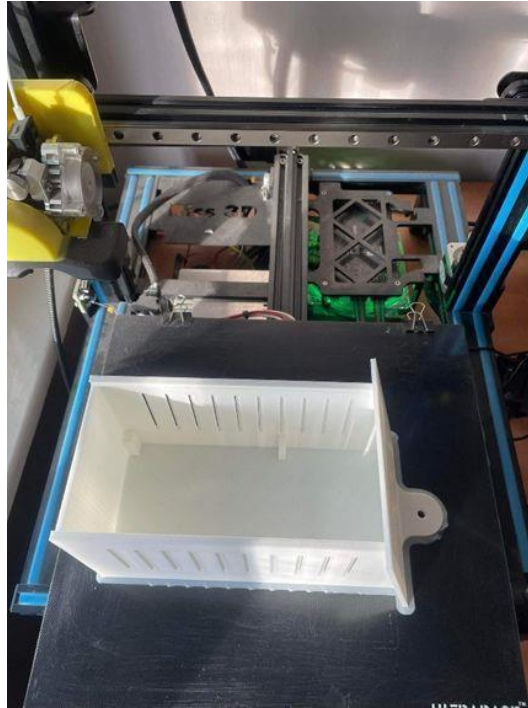
21. ábra: (SAJÁT) A teljes kísérlet digitális terve látható a burkolati ajtó nélkül.



22. *ábra: (SAJÁT) Az akkumulátort a szerelőlapom távtartói közé helyeztem így egy felfelé elcsúsztatható fiók mögé van beszorítva, a szerelő lapot pedig a gravitáció tartja a foglalatban.*

Az Inventor eredetileg ipari felhasználásra készült, ezért azonnal .stl fájl formátumba át tudtam konvertálni a modelleimet, ez egy fontos tulajdonsága a programnak, mivel a 3D nyomtatókhoz szükséges egy úgynevezett szeletelő szoftver, ami rétegekre osztja a kinyomtatni kívánt terméket. Szeletelőtől függően az extrudált műanyag vastagságától a segéd-merevítő támaszok automatikus modellhez adásáig bármit beállíthatunk igény szerint. A legnépszerűbb ilyen program az Ultimaker Cura, mivel ingyenes és szinten minden népszerűbb hobbi nyomtató paraméterei már hozzá van adva az adatbázisához, de egyedi nyomtatót is betáplálhatunk. Erre a funkcióra szükség is volt, mivel egy erősen módosított, egyedi extruderrel, üvegasztallal és átépített alumínium vázzal felszerelt Ender Cr-10 volt a segítségemre Szabó András járműmérnök jóvoltából.

A nyomtatás összesen közel 40 munkaórát vett igénybe, 0,2mm-es réteg vastagsággal és 40mm/s sebességgel, a szeletelő program kalkulálása szerint 200g filamenttel számolt ami átlagosan 1200Ft-os anyag költséget jelent az elektromos áramot leszámítva. Az első réteget átmérőjét 0,12 mm vastagra állítottam, ezzel a módszerrel szinte kente a műanyagot, így elő segítve a további rétegek megtapadását, továbbá arra használtam ezt a réteget, ha valamit (akár az asztalt) nem vízszintbe kalibráltam, kijöjjön mint hiba, és ne legyen pazarlás figyelmetlenség miatt. A burkolat után az ajtaját, majd a szerelőlapot gyártottam le. A jobb láthatóság végett a belső panel narancssárga míg a külseje fehér.



23. ábra: (SAJÁT) A folyamatot befejezve az x tengellyel felfelé állva, míg az y -t kitolva utat biztosít a gép számára a termék eltávolítására a munkasztalról. Tapasztalat alapján sokkal könnyebb mikor már lehűlt az asztal felülete.

3.2.3. Problémamegoldás

A 3.2.1-es alfejezetben taglalt áram ellátási problémára többféle megoldást is kipróbáltam. Az első megoldás a modularitás feláldozása lett volna egy 230V/9V fali adapterrel ami egy üvegházban kivitelezhető lett volna akár a világításhoz tartozó vagy egyéb áramforráshoz csatlakoztatva.

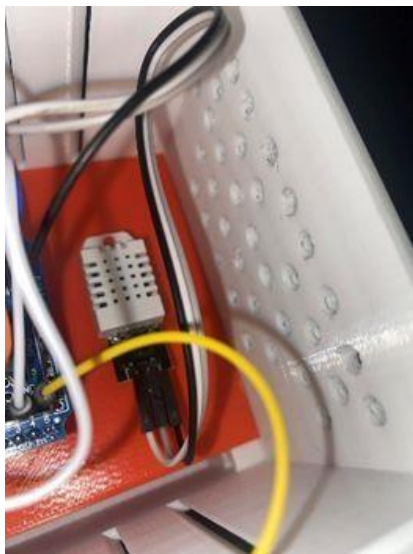


24. ábra: (SAJÁT) Arduino Uno Powerbank Shield.

A második megoldás egy DIY More által gyártott Arduino Unohoz való powerbank Shieldre esett, mivel 5V/GND kivezetésen kívül egy külső USB-A csatlakozóval is

rendelkezik, a saját áramfelvételét pedig a régi telefonoknál jól bevált microUSB csatlakozón keresztül oldották meg. A Shielden kettő darab 16340-es méretű LiPo akkumulátor foglalat kapott helyett, ami átlagos felhasználás mellett 20 órányi mérést tesz lehetővé (Cseh, 2023).

A burkolat eredeti verziója egy IoT alapú énekesmadár megfigyelő ház volt, amit csak belsőleg módosítottam először, de ez nem volt elegendő, a szenzor pontosabb működéséhez, furatokkal növeltem a légáramlás lehetőségét a tolóajtón és a ház alján.



25. ábra: (SAJÁT) Azt, hogy a légáramlást segítő furatok száma elegendő-e, a legegyszerűbben a ház külső falára erősített, szintén DHT22 típusú szenzorral terveztem ellenőrizni, hogy a pontos mérést mennyiben korlátozza a jelenlegi burkolat, esetleges fejlesztés.

3.2.4. A mérések szervezése

Az elkészült eszközöm hatékonyságát és pontosságát különböző helyszínrű, és időtartamú tesztekkel kívántam feltárni. A programkódomban megadott 1 perces mérésekkel végeztem az adatgyűjtést, építéskor az első ötlet 10 másodpercenkénti mérés volt, de mivel a percenkénti mintavétel is 24 óra alatt 1440 adatot generált, ezért ezt elvetettem. Összesen közel 25 darab mérési próbálkozásomból tapasztalatot gyűjtve négy különböző mérés mellett döntöttem.

Az első mérés szobahőmérsékleten történt, a szenzorok egymás mellett, burkolaton kívül és belül voltak az Arduinohoz csatlakoztatva, mivel célom volt a két érzékelő működése közötti különbség megfigyelése, egymással szembeállítás. A későbbiekben a kalibráláshoz

ezek az adatok elengedhetetlenek. A második és harmadik mérést már a szabadban végeztem, azonos helyszínen, a kollégium teraszán. A harmadik méréshez a hőérzékelőket felcseréltem, mivel kíváncsi voltam, hogy áthelyezve hogyan viselkednek. A negyedik tesztet szántóföld közelében, élesben, 24 órán át végeztem, egyben tesztelve az akkumulátor kapacitását is.

A kapott adatokat táblázatkezelő szoftver segítségével értékeltem ki, és foglaltam diagramba.

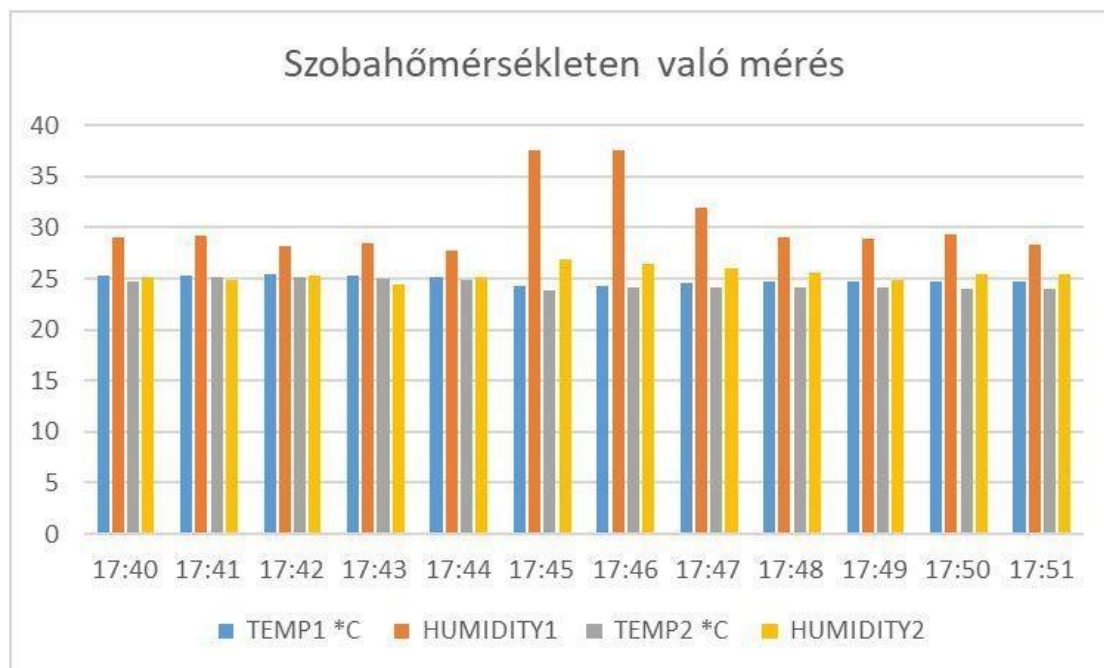
4. Eredmények

Mivel az eszköz két egyforma DHT22 típusú, de más gyártótól származó szenzorral rendelkezik, ezért mindenképpen fel akartam mérni az esetleges eltéréseket. Az első mérés célja egyforma közegben, szobahőmérsékleten a különbségek megfigyelése volt. Az 1. számú táblázatban az összeépítés utáni első 11 perces mérés látható, amit a műszer sd-kártyára mentett txt. fájlban. Ezt a formátumot a Microsoft Excel azonnal felismerte és kezelni tudta.

Az Arduino IDE-ba az adatok megnevezései angolul lettek betáplálva, mivel a fejlesztői nyelv és környezet az angol nyelvből eredeztethető. A „DATE” oszlop az adott napra utal, a „TIME” a pontos időre, míg a „TEMP” és a „HUMIDITY” a hőmérsékletre és a páratartalomra.

1. táblázat: (SAJÁT) Első szobahőmérsékleten történt 11 perces mérés eredményei.

DATE	TIME	TEMP1 *C	HUMIDITY1	TEMP2 *C	HUMIDITY2
24/3/2024	17:40	25,3	29	24,7	25,1
24/3/2024	17:41	25,3	29,2	25,1	24,8
24/3/2024	17:42	25,4	28,2	25,1	25,3
24/3/2024	17:43	25,3	28,5	25	24,5
24/3/2024	17:44	25,1	27,7	24,8	25,2
24/3/2024	17:45	24,3	37,6	23,8	26,9
24/3/2024	17:46	24,3	37,6	24,1	26,5
24/3/2024	17:47	24,6	32	24,1	26
24/3/2024	17:48	24,7	29,1	24,1	25,6
24/3/2024	17:49	24,7	28,9	24,1	24,9
24/3/2024	17:50	24,7	29,4	24	25,4
24/3/2024	17:51	24,7	28,4	24	25,4

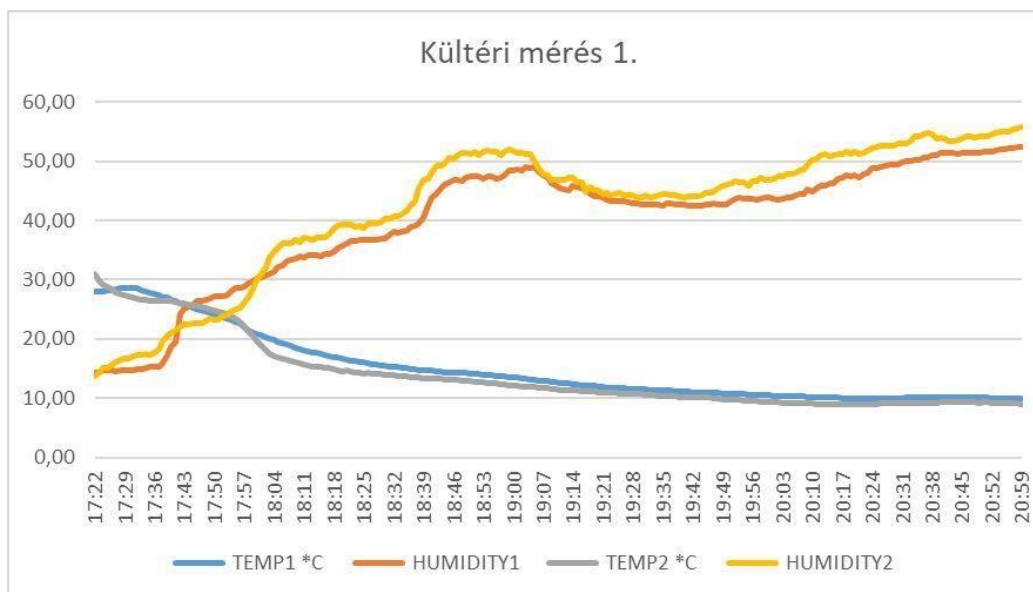


26. ábra: (SAJÁT) Első szobahőmérsékleten történt mérés eredményei diagram formában szemléltetve. Vízszintes tengelyen a mérés időpontja, a függőleges tengelyen a hőmérséklet értéke °C-ban, illetve a relatív páratartalom %-ban kifejezve látható.

Állandó klímán az eszköz burkolatán belül elhelyezett 1-essel jelölt szenzorhoz képest a kívül elhelyezett 2-es páratartalma átlagosan 5% eltérése figyelhető meg (kivételet képez a 26.ábra közepén jól látható 17:45-ös és 17:46-os időpontban mért eredmény, ahol egy ruhadarabbal letakarva teszteltem mennyire gyorsan képes reagálni a szenzor), míg a hőmérséklet esetében átlagosan 0,3°C eltérés mutatkozott a két szenzor között. Hőfok referenciának a házunkban lévő termosztátot vettem alapul, mivel a gyártó állítása szerint kalibrálták a hozzátartozó kazán és hőszivattyú beépítése és karbantartása után. Pontosság szempontjából a mérőműszerem és a fali kijelző egész számai egyezést mutattak (a termosztát programozása csak ezt teszi lehetővé jelen esetben), így az első tesztet sikernek tekintettem.

A második vizsgálat a kültéri adatgyűjtésre irányult. A 3.2.2 alfejezetben említett doboz esetében a megfelelő légáramlást ezzel kívántam letesztelni. Helyszínnek a kollégiumi szobához tartozó teraszt választottam, mivel a környezeti hatásoknak teljesen ki volt így téve (eső, szél, napsütés stb.) viszont egy ajtónyira volt csak adatkinyerés szempontjából.

A tesztet 3,66 órát vett igénybe ami 219 darab adatot eredményezett percenkénti mintavétellel. Véleményem szerint ebből az információ mennyiségből már reális alkotható az akkumulátor teljesítményéről, valamint az eszköz valós működőképességéről.



27. ábra: (SAJÁT) Első kültéri teszt, ami 3,66 órát vett igénybe. Vízszintes tengelyen a mérés időpontja, a függőleges tengelyen a hőmérséklet értéke °C-ban, illetve a relatív páratartalom %-ban kifejezve látható.

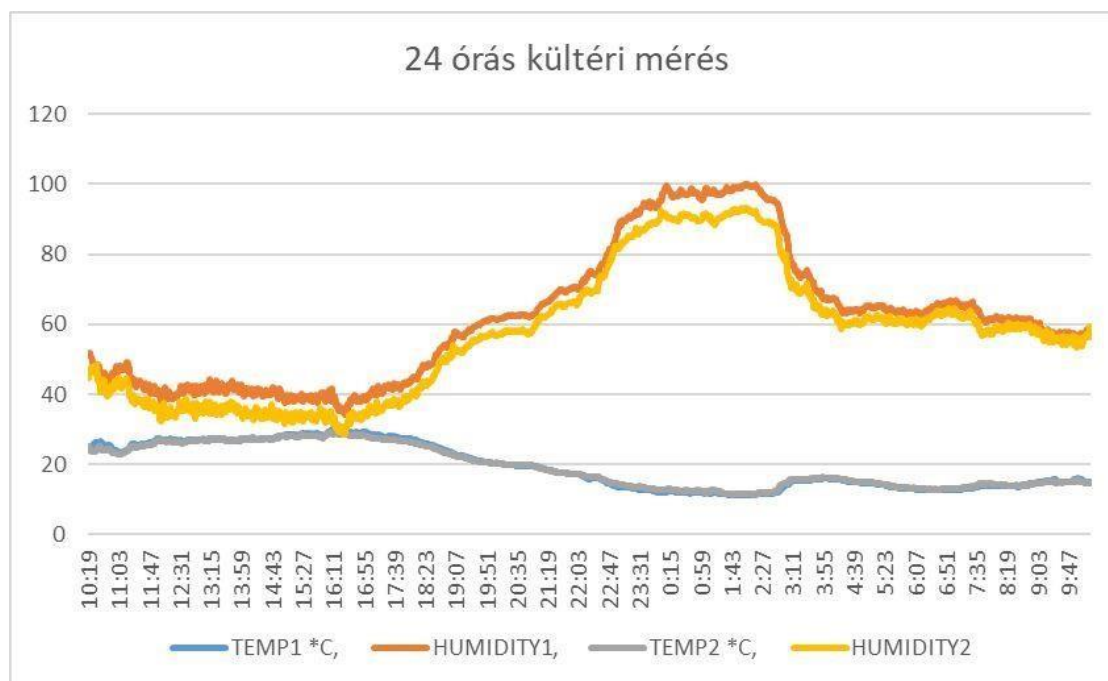
A vonal diagram elején a nagy a hőfok letörés a szobai radiátornak tudható be, mivel a tároló polcom alatt helyezkedik el, így +30 °C kezdő hőmérséklettel számolt a gép. Az idő haladtával megfigyelhető a hirtelen hőmérséklet-csökkenés, és ahogy várható volt, a valós ~~kinti~~ kültéri klímának megfelelően tovább is esett, ahogy ment le a Nap.

Kíváncsi voltam a két szenzor felcserélt helyzetben hogyan viselkedik, az eredmény a 2. táblázatban jól megfigyelhető, az eltérés a korábbiakhoz képest szinte a duplája. Ezt a folyamatot leállítottam 88 perc után mivel a táblázatban látható eltérések szignifikánsan nem változtak.

2. táblázat: (SAJÁT) Felcserélt szenzorokkal történő mérésakor az eltérés a korábbiakhoz képest szinte a duplája.

DATE,	TIME,	TEMP1 *C,	HUMIDITY1,	TEMP2 *C,	HUMIDITY2,
13/4/2024,	14:18:00	26.10,	48.70,	25.50,	57.00
13/4/2024,	14:19:00	26.70,	48.60,	25.70,	58.90
13/4/2024,	14:20:00	26.70,	47.40,	25.70,	59.00
13/4/2024,	14:21:00	26.70,	47.00,	25.80,	57.40
13/4/2024,	14:22:00	26.60,	47.20,	25.70,	56.60
13/4/2024,	14:23:00	26.50,	48.00,	25.50,	57.10
13/4/2024,	14:24:00	26.50,	47.80,	25.50,	57.40
13/4/2024,	14:25:00	26.50,	47.80,	25.50,	57.20
13/4/2024,	14:26:00	26.50,	47.50,	25.50,	57.10
13/4/2024,	14:27:00	26.40,	48.10,	25.40,	56.90
13/4/2024,	14:28:00	26.50,	47.90,	25.40,	57.60

A több rögzítőponttal rendelkező drágább DHT22-es kapott helyett eredetileg is a ház külső oldalán és mivel így szobahőmérsékleten és a szabadban is kisebb volt az adatok differenciája ezért maradtam ennél a megoldásnál.



28. ábra: (SAJÁT) 24 órás szabadföldi mérés. Vízszintes tengelyen a mérés időpontja, a függőleges tengelyen a hőmérséklet értéke °C-ban, illetve a relatív páratartalom %-ban kifejezve látható.

Az utolsó éles teszthez véleményem szerint a szeszélyes tavaszi időjárás ideális volt, mivel ahogyan a 28.ábrán is látszódik bármikor lehet vihar, jelen esetben éjfélkor volt a csúcspont, a közel maximális légnedvesség is az esőre utal. A hőmérséklet eltérések átlagosan 0,2-0,5 °C között mozogtak, míg a páratartalomnál már jobban elkülöníthetők az értékek. A helyszín kiválasztásában nagy szerepet játszott a természetes környezet, vagyis az erős szél és a csapadék lehetősége így tesztelven a burkolat hatékonyságát is.

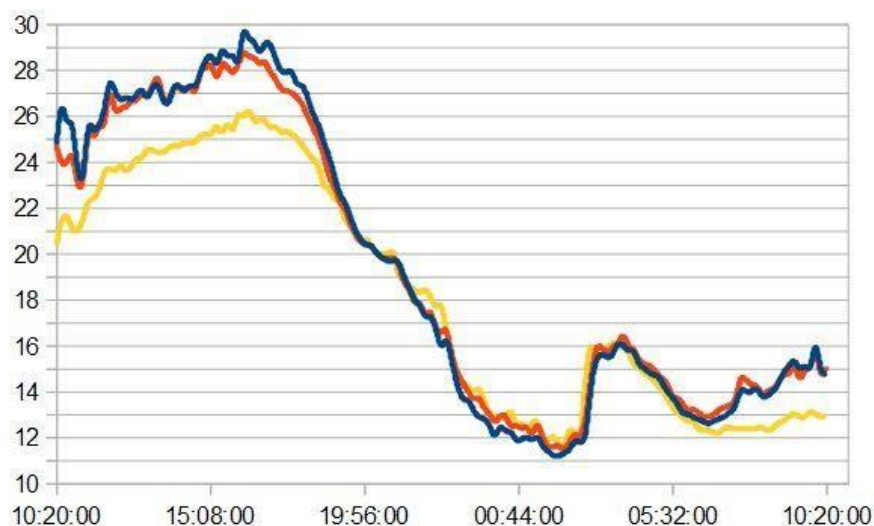
A kalibrációs jellegzőgörbék pontosabb felvételéhez szükség volt egy hitelesített eszközre is, hogy pontosabb képet kaphassak az eszközöm mérési tulajdonságairól. Ennek a kísérletnek a helyszínéül a kollégiumtól 15 perc sétára található OMSZ által fenntartott a (29.ábra) QLC 50 automata klíma állomás vázát választottam. Ez az állomás is állítható mérések közti eltelt idő szempontjából, de csak előre meghatározott keretek között (1-3 óra, 10 perc stb.). A kalibrálási folyamat is a 29. ábrán látható, míg a 30. ábrán már a két eszközből származó adatok összehasonlítása.



29. ábra: (SAJÁT) OMSZ által üzemeltetett QLC 50 típusú klíma állomás és a saját műszerem.

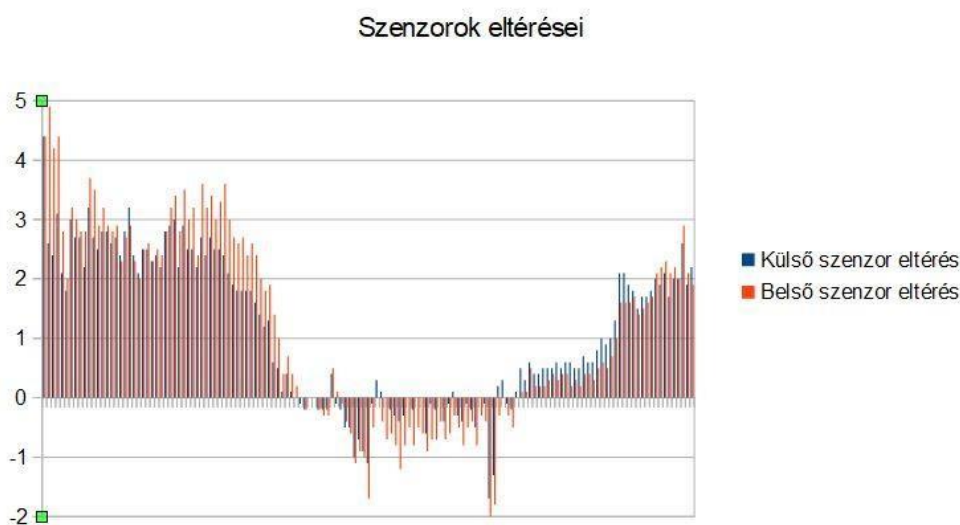
A 30. ábrán összehasonlítás szempontjából a léghőmérsékleti adataimat pontosabbnak véltem a korábbi tesztek alapján, ezért azokat használtam fel elsődlegesen a QLC 50-es adataival szembe állítva. Az eltérések a hőfok különbségen kívül, a szenzorjaim reagálási idejében is megmutatkozik (kollégiumi szobából lett ismét elhozva, ahol a $\sim 26\text{ }^{\circ}\text{C}$ ismét adott volt, ahogy a 30. ábrán is látszik).

QLC 50-el való összehasonlítás



30. ábra: (SAJÁT) a QLC 50 klímaautomatika hőmérséklet mérő szenzorjával kalibráció céljából történt összehasonlítás. Vízszintes tengelyen a mérés időpontja, a függőleges tengelyen a hőmérséklet értéke °C-ban kifejezve látható.

A szenzorok eltérésének pontosabb meghatározásához tudnom kellett mekkora a legnagyobb hőfokon és legalacsonyabb hőfokon az eltérés. Ezért a QLC 50-es mérőműszer adatait kivontam a saját adataimból külön-külön, így megkapva a pontos eltérések amik a napfénytől és az egyéb időjárási körülményektől eredeztethetők



31. ábra: (SAJÁT) kalibrációs görbe, a függőleges tengelyen a hőmérsékleti eltérés értékei °C-ban kifejezve látható. A vízszintes tengely 0-ja pedig a QLC 50 mérő adatai.

. A legnagyobb eltérés +4,9 °C volt 21,4 °C mérés esetén, míg a legkisebb -2 °C eltérés volt 15,9 °C-os adatoknál (ennyivel kevesebbet illetve többet mutatott az OMSZ eszközehez képest a sajátom). Az adatok pontos meghatározásához innentől ezekkel az értékekkel kell fölfelé, illetve lefelé kalkulálni.

5. Összefoglalás

A pályamunkám célja egy otthoni meglévő források minél nagyobb bevonásával, a fenntarthatóság és a modularitás jegyében egy meteorológiai mérőműszer létrehozása volt. Dolgozatomat nehezítette a Kínai vámrendszer és a távolságból adódó lassú kísérleti folyamatok, mivel egy-egy alkatrész akár 6 hét alatt se ért célba. A pályamunkám megírása, valamint a tesztjeim és a fejlesztés 2023. november. 10. és 2024. április 13. között zajlottak. Túlnyomórészt a hardver fejlesztése vett el sok időt, maguk a mérések már gördülékenyebben folytak.

Kiadásokat tekintve Magyar postai költségeket, külföldi (kínai, tajvani) vámokat, anyag és villany költségeket is számításba véve 17417 Forintba került az egész folyamat. Amelyik eszközöket nem tüntettem fel a 3. számú táblázatban azok értelemszerűen már adottak volt.

3. táblázat: (SAJÁT) Felhasznált hardverek és azok árai.

DHT22 #1	1 060 Ft
DHT22 #2	3 000 Ft
PROTO Shield	1 690 Ft
Kábelek	900 Ft
3D nyomtatás	2 000 Ft
RTC	1 987 Ft
SD Reader	300 Ft
PW Shield	2 000 Ft
Elem	880 Ft
2db Akkumulátor	3 600 Ft
Összesen	17 417 Ft

Kísérleteim során az adatok azonnal feldolgozásra és kiértékelésre kerültek. A tavaszi évszak lehetővé tette az időjárás változatos megfigyelését és a mérések sem lettek egyhangúak.

Pályamunkám készítése során belekóstoltam korábban csak fontolgatott területekbe (3D tervezés, nyomtatás, angol nyelv) és felelevenítettem a középiskolás műszaki kompetenciámat is.

További célom volt bemutatni, hogy a fogyasztói társadalomban is van még lehetőség a saját igények szerint nem túl drágán mezőgazdasági mérőműszereket létrehozni.

Kísérletem során számos problémába ütköztem amiket sikerült megoldanom. Az első ilyen az áram ellátás volt amit a 3.2.1-es alfejezetben szemléltettem a régi Xiaomi külső akkumulátor segítségével. Ez a megoldás még működött, viszont a kiválasztott powerbank kikapcsolt fél perc után mivel az automatikája 0,5A áramerősség alatt semmilyen eszközt nem érzékelt, számításaim szerint pedig a műszerem 0,53mA-nél többet csúcsteljesítmény leadásakor se vett fel. Ezért szükség volt egy kisebb akár direkt Arduinohoz való áramforrásra.

Ezt végül a 3.2.3-ban bemutatott Shield-del tudtam a legegyszerűbben megoldani.

A burkolatot a légáramlást segítő kiegészítő furatok miatt nem tekinthető már csepp állónak, ezért egy ajtó újra tervezéssel a doboz fenekén lévő lyukak számát is jelentősen redukálni lehetne. Üvegházi elhelyezés esetén a szenzorok kivételével egy szigeteléssel is el látnám az üzembe helyezés előtt. Anyag használatot tekintve PLA helyett ASA filamentből gyártanám a kettes számú prototípust az UV sugarakkal szembeni védelem miatt (Gáspár, 2023). Tapasztalatom alapján a hagyományos műanyag ilyen falvastagsággal maximum két évet bír ki.

Az utolsó már nem dokumentálható tesztnél az sd-kártya használhatatlanná vált. Ezt a folyamatos percenkénti adatgyűjtés miatt tárhely újra írásnak tulajdonítottam. Mivel a flash alapú memóriák újra felhasználhatósága véges. Ezért későbbiekben állandó használat mellett célszerű lenne IoT-val ellátott Arduinoval vagy IoT modullal a jelenlegi rendszert kiegészítve felhőbe küldeni a mérési adatokat.

A korábbi hibák ellenére kimondható, a mérőműszerem jelenállapotában működőképes és a hozzárendelt feladatokat ellátja, azonban a fejlesztések széles körű lehetősége fennáll.

Jelenállapotban ez csak egy meteorológiai mérésadatgyűjtő, de a végcél egy klímaszabályoztató lenne, amihez az Arduino kimenetéhez két tranzisztort kell kötni amik már képesek akár egy nagyobb ventilátort vezérelni. A 18. ábrán található programkódban ez a bővítés pár sort igényelne csak a későbbiekben.

6. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani konzulensemnek, Lönhárd Miklósnak az alázatos munkájáért, sok tanácsért, útmutatásaiért, hasznos ötleteiért amivel segítette utamat.

Szívből köszönöm szüleimnek akikhez bármikor fordulhattam nem csak a pályamunkám, hanem az egész BSc képzésem alatt.

Köszönet illeti a barátaimat, szeretteimet is, akik nélkül nem vágtam volna bele ekkora projektbe és mindvégig támogattak eme törekvésem elérésében.

Források

1. ADAMS G.(2019): Arduino. Ingram Publishing, USA
2. ANDA A., KOCSIS T., KOVÁCS A., TŐKEI L. VARGA, Z.(2010):
Agrometeorológiai és klimatológiai alapismeretek. Mezőgazda Kiadó
3. BANZI M., SHILOH M.(2014): Getting Started with Arduino. Maker Media
4. BENCSIK A., FELKER P., FŰRÉSZ F., HARKAY G., KEREKES S.(2003):
Laboratóriumi gyakorlatok és feladatok az irányítástechnika és mechatronika alapismereteihez. Budapesti Műszaki Főiskola
5. BHATTACHARYA A.(2021): The Man from the Future-The Visionary Life of John von Neumann. Alen Lane, an imprint of Penguin Books
6. CSEH R.(2011): Arduino Programozási kézikönyv, Budapest
7. EVANS B.W.(2007): Arduino programming notebook
8. FITZGERALD S., SHILOH M.(2013): The Arduino Projects Book. Arduino 9.
HAHN E., HARSÁNYI G., LEPSÉNYI I. és MIZSEI J. (szerk: Harsányi, G.):
Érzékelők és beavatkozók, BME Villamosmérnöki és Informatikai Kar, 1999.
10. HARSÁNYI G., BOJTA P., GORDON P., LEPSÉNYI I., BALLUN G.: SensEdu –
an Internet-Based Short Course in Sensorics, <http://www.ett.bme.hu/>
11. IGOE T.(2011): Making Things Talk. Maker Media
12. KÓNYA L., KOPJÁK J.(2003): PIC Mikrovezérlők alkalmazástechnikája,
másodikbővített, átdolgozott kiadás. ChipCAD Elektronikai Disztribúció Kft.
Budapest,
13. LAMBERT M.(2003): Szenzorok - elmélet és gyakorlat, IM Kiadó és Mérnöki Iroda Kft.
14. LIBERTY J., HORVATH D. B.(2008): Tanuljuk meg a C++ programozási nyelvet -
24 óra alatt – CD melléklettel. Kiskapu kiadó, Budapest
15. MARGOLIS M.(2011): Arduino Cookbook
16. MARGOLIS M.(2011): Arduino Cookbook. O'Reilly Media
17. MEGYERI SZ.(2014): Üvegház a kertben. Cser Kiadó, Budapest
18. MÉSZÁROS R.(2013): Meteorológiai műszerek és mérőrendszerek. Eötvös Loránd
Tudományegyetem, egyetemi jegyzet
19. PINSKE J.(2008): Üvegházak-gyakorlati tanácsadó. Kiadó, M-érték, Budapest
20. REAS C., FRY B.(2010): getting Started with Processing. Maker Media
21. TEVESZ G.(2015): Mikrokontroller alapú rendszerek (Elektronikus jegyzet). BME
AUT
22. WEBSTER JOHN G.(2014): Measurement, Instrumentation, and Sensors
Handbook, Taylor & Francis
23. WILEY J, & SONS (2022):Bosch, Automotive Handbook, 11th Edition

http1: VÉRTESY L.(2023): *Precíziós mezőgazdaság: helyzetkép és gazdasági megfontolások.*
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Gödöllői Campus, pp. 11-28. Letöltés dátuma: 2023. 11.

25. forrás: <https://korforgas.uni-mate.hu/documents/3045980/0/MATE-KGEK+-+2023202+VL+Prec%C3%ADzi%C3%B3s+MG.pdf/73c8a9ae-ae89-1612-c29cb2d2e331e666?t=1682348604228>

http2: KSH(2020): Agrárcenzus eredmények – Agrárdigitalizáció. KSH honlapja.

Letöltés dátuma: 2023.11.25. forrás:

<https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/ac2020/agrardigitalizacio/index.html> http3: GAÁL M., PÉTER K., TAKÁCSNÉ GY. K., ILLÉS I., KISS A., SÜLYÖK D., DOMÁN CS., KEMÉNYNÉ H. ZS.(2017): *A precíziós szántóföldi növénytermesztés összehasonlító vizsgálata*. Agrárgazdasági Kutató Intézet. 15-24. Letöltés dátuma:

2023.11.26. forrás:http://repo.aki.gov.hu/2488/1/2017_K_03_Precizios_konyv_web_pass.pdf

http4: HAVASI Á., TASNÁDI P., WEIDINGER T.(2021):Dinamikus meteorológia I.ELTE TTK, Meteorológiai Tanszék. (1 fejezet) 22-34.Letöltés dátuma: 2023.11.26.

forrás:https://nimbus.elte.hu/oktatas/jegyzet/dinamikus/I_Fejezet.pdf http 5: BAZSIK I., BUJDOSÓ Z., KONCZ G.(2022): *A magyar gazdák helyzete a mezőgazdaság 3.0 és 4.0 korában*.DOI:10.33032/acr.2907. 2023.11.26. http 6: PLC Global: *IoT technológiák a mezőgazdaságban*.Letöltés dátuma: 2023.11.26.

forrás: <https://www.plc-program.hu/blog/iot-technologiak-a-mezogazdasagban>

http 7: KRÁMLI GY.(2007): *Szenzorika*.Tanfolyami jegyzet. 4-12. Letöltés dátuma:

2023.11.26. forrás: http://zeus.nyf.hu/~elat/Szenzorika_Festo.pdf http 8: Agrónapló (2017):

Szenzorok a precíziós gazdálkodásban. Letöltés dátuma: 2023.11.28. forrás:

[https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2017/03/gepesites/szenzorok-aprecizios-](https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2017/03/gepesites/szenzorok-aprecizios-gazdalkodasban)

[gazdalkodasban](https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2017/03/gepesites/szenzorok-aprecizios-gazdalkodasban) http 9: Farmgép Kertitox honlapja. *Vezérlő eszközök*. Letöltés dátuma:

2023.11.28. forrás: <https://www.farmgep.hu/vezerlo-eszkozok-szantofold/> http 10: DOBÓ

ZS., OLÁH I., FARKAS R.(2017): Talajszenzorok mérésének felhasználása különböző hazai régiókban történő tájgazdálkodás segítségére. Tájökológiai Lapok 15(2):121127. Letöltés

dátuma: 2023.11.29. forrás: http://real.mtak.hu/71348/1/06_Dobo_et_al.pdf http 11: TÓTH

CS. (2018): *Talajnedvesség-érzékelők a precíziós gazdálkodásban*. Szarvas: Szent István Egyetem, Agrár és Gazdaságtudományi Kar. 5-25. Letöltés dátuma: 2023.11.29.

forrás:

https://agrismartgreen.com/wpcontent/uploads/Talajszenzorok_Szakdolgozat_T%C3%B3thCsaba.pdf http 12: Agrónapló (2017): *Szenzorok a precíziós gazdálkodásban*. Letöltés

dátuma: 2023.11.30. forrás:

<https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2017/03/gepesites/szenzorok-aprecizios-gazdalkodasban>

http 13: KITE Zrt. honlapka (2017): *Már működnek az első állomások*. Letöltés dátuma:

2023.12.02. forrás: <https://www.kite.hu/tudastar/mar-mukodnek-az-elso-allomasok/20>

http 14: iMetos honlapja. Letöltés dátuma: 2023.12.02. forrás:

<https://metos.at/hu/imetos33/>

http 15: KITE Zrt. honlapja (2022): *A PrecMet mobil appot személyre szabtuk!* . Letöltés dátuma: 2023.12.02. forrás: <https://www.kite.hu/mezogazdasagi-hirek-aktualitasok/aprecmet-mobil-appot-szemelyre-szabtuk/642>

http 16: Precíziós Gazdálkodási Rendszer honlapja. . Letöltés dátuma: 2023.12.03. forrás: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fpgr.hu%2Fpreczone&psig=AOvVaw04nUWb_D9N21HldEESTtsh&ust=1669230056879000&source=images&cd=vfe&ved=0CBAQjRxqFwoTCMDosda8wvsCFQAAAAAdAAAAABAJ

http 17: KITE Zrt. honlapja (2022): *A PrecMet mobil appot személyre szabtuk!* . Letöltés dátuma: 2023.12.05. forrás:

https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.kite.hu%2Fmezogazdasagihirek-aktualitasok%2Fa-precmet-mobil-appot-szemelyre-szabtuk%2F642&psig=AOvVaw04nUWb_D9N21HldEESTtsh&ust=1669230056879000&source=images&cd=vfe&ved=0CBAQjRxqFwoTCMDosda8wvsCFQAAAAAdAAAAABAE

http 18: Szegána Kft honlapja. (2020). Letöltés dátuma: 2023.12.05. forrás:

<https://szegana.hu/wp-content/uploads/2020/11/a4789.jpg>

http 19: PennState Extension honlapja. (2021). *New Penn State Dairy Idea Plans Feature Automatic Milking Systems*. Letöltés dátuma: 2023.12.06. forrás:

<https://extension.psu.edu/new-penn-state-dairy-idea-plans-feature-automatic-milking-systems>

http 20: Big Dutchman honlapja. Letöltés dátuma: 2023.12.07. forrás:

<https://www.bigdutchman.hu/hu/tojotyuk-tartas/termek/detail/falba-epitheto-ventilatorok/>

http 21: GEOteam Ásványfeldolgozó és Értékesítő Kft. honlapja. *A hidroponika előnyei és a hidroponikus rendszerek alapjai*. Letöltés dátuma: 2023.12.07. forrás:

<https://geoperlit.hu/hidroponika-elonyei-es-a-hidroponikus-rendszerek-alapjai/>

http 22: Intel Corporation honlapja. . Letöltés dátuma: 2023.12.08. forrás:

<https://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/images/photography/1974manufacturing-processors-rwd.jpg.rendition.intel.web.720.405.jpg>

http 23: GOODWINE B.(2002): *Motorola 68HC11 Architecture*. Letöltés dátuma: 2023.12.08. forrás:

<https://controls.ame.nd.edu/microcontroller/main/node3.html>

http 24: Arduino webshop honlapja. . Letöltés dátuma: 2024.01.07. forrás:

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fstore.arduino.cc%2Fproducts%2Farduino-uno-rev3&psig=AOvVaw2RnYDuTDOOC03IeCwRzkgw&ust=1708024505953000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBIBQjRxqFwoTCLCQ5KDFq4QDFQAAAAAdAAAAABAE>

http 25:Microchip Technology Inc honlapja. . Letöltés dátuma:2024.01.10. forrás:

<https://www.microchip.com/en-us/product/atmega328>

Ábrajegyzék

1. ábra: (http2) A gazdálkodók megoszlása az egyes digitális eszközök használata szerint	6
2. ábra: (http2) Gazdák indokai a precíziós eszközök használatának mellőzésére	6
3. ábra: (http2) Precíziós eszközök használatának aránya Magyarországon.....	7
4. ábra: (SAJÁT) DHT22 szenzor méretszemléltetés céljából.....	9
5. ábra: (http9) CANBUS és ISOBUS összeköttetésének szemléltetése	10
6. ábra egy TMS5000 rendszer felépítését mutatja be (http18).....	11
7. ábra: Tojótúrk tartás automatizált szellőztetéssel, a képen látható ventilátorok 65Pa-nyi nyomásra képesek alacsony zajszint mellett (http20)	12
8. ábra: (http21) Aeroponikus rendszer működési elve.....	13
9. ábra: (http 12) Talajszondák.....	14
10. ábra: (http13) KITE által használt meteorológiai állomás	15
11. ábra: (http14) iMETOS katalógus	16
12. ábra: (http16) KITE által fejlesztett Precmet weboldala	16
13. ábra: (http17) A 9. képen látható weboldal telefonos applikáció formájában	17
14. ábra:(http23) Motorola 68HC11 chip felépítése	18
15. ábra: (http22) Intel gyártósora, ahol a 4004-es mikroprocesszorok készültek.....	19
16. ábra: (http24) 2012-ben megjelentetett Arduino R3.....	22
17. ábra: (SAJÁT) Arduino IDE alkalmazás, Arduino kezelőfelülete	23
18. ábra: (SAJÁT) A képernyőképen a teljes kód és pirossal kiemelve a hozzátartozó illesztő programok láthatóak	24
19. ábra: (SAJÁT) Felhasznált alkatrészek.....	24
20. ábra: (SAJÁT) A mérőműszer összeszerelés után külső akkumulátorról megtáplálva	26
21. ábra: (SAJÁT) A teljes kísérlet digitális terve látható a burkolati ajtó nélkül.....	27
22. ábra: (SAJÁT) Az akkumulátort a szerelőlapom távtartói közé helyeztem így egy felfelé elcsúsztatható fiók mögé van beszorítva, a szerelő lapot pedig a gravitáció tartja a foglalatban	28
23. ábra: (SAJÁT) A folyamatot befejezve az x tengellyel félre állva, míg az y-t kitolva utat biztosít a gép számunkra a termék eltávolítására a munkaasztalról. Tapasztalat alapján sokkal könnyebb mikor már lehűlt az asztal felülete	29
24. ábra: (SAJÁT) Arduino Uno Powerbank Shield	29
25. ábra: (SAJÁT) Azt, hogy a légáramlást segítő furatok száma elegendő-e, a legegyszerűbben a ház külső falára erősített, szintén DHT22 típusú szenzorral terveztem ellenőrizni, hogy a pontos mérést mennyiben korlátozza a jelenlegi burkolat, esetleges fejlesztés.....	30
26. ábra: (SAJÁT) Első szobahőmérsékleten történt mérés eredményei diagram formában szemléltetve. Vízszintes tengelyen a mérés időpontja, a függőleges tengelyen a hőmérséklet értéke °C-ban, illetve a relatív páratartalom %-ban kifejezve látható	33

27. ábra: (SAJÁT) Első kültéri teszt, ami 3,66 órát vett igénybe. Vízszintes tengelyen a mérés időpontja, a függőleges tengelyen a hőmérséklet értéke °C-ban, illetve a relatív páratartalom %-ban kifejezve látható	34
28. ábra: (SAJÁT) 24 órás szabadföldi mérés. Vízszintes tengelyen a mérés időpontja, a függőleges tengelyen a hőmérséklet értéke °C-ban, illetve a relatív páratartalom %-ban kifejezve látható.....	35
29. ábra: (SAJÁT) OMSZ által üzemeltetett QLC 50 típusú klíma állomás és a saját műszerem....	36
30. ábra: (SAJÁT) a QLC 50 klímaautomatika hőmérséklet mérő szenzorjával kalibráció céljából történt összehasonlítás. Vízszintes tengelyen a mérés időpontja, a függőleges tengelyen a hőmérséklet értéke °C-ban kifejezve látható	37
31. ábra: (SAJÁT) kalibrációs görbe, a függőleges tengelyen a hőmérsékleti eltérés értékei °C-ban kifejezve látható. A vízszintes tengely 0-ja pedig a QLC 50 mérő adatai.....	37

1. táblázat: (SAJÁT) Első szobahőmérsékleten történt 11 perces mérés eredményei.	31
2. táblázat: (SAJÁT) Felcserélt szenzorokkal történő mérés az eltérés a korábbiakhoz képest szinte a duplája.	34
3. táblázat: (SAJÁT) Felhasznált hardverek és azok árai.	38