

# **DIPLOMADOLGOZAT**

**Pintz András**

**2025**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Szent István Campus**

**Műszaki intézet**

**Agrár-műszaki rendszermérnök**

**mesterképzési szak**

**ÉLELMISZERIPARI GÉP KORSZERŰSÍTÉSE  
OKOSESZKÖZÖK ALKALMAZÁSÁVAL**

**Belső konzulens:** Dr. Korzenszky Péter Emőd  
habilitált egyetemi docens

**Belső konzulens**

**intézete/tanszéke:** Műszaki intézet, Mezőgazdasági  
és Élelmiszeripari gépek tanszék

**Készítette:** Pintz András

**Gödöllő**

**2025**

**MŰSZAKI INTÉZET**  
**AGRÁR-MŰSZAKI RENDSZERMÉRNÖK MESTERKÉPZÉSI**  
**SZAK**

**DIPLOMADOLGOZAT**  
feladatlap

**Pintz András (CR7QO9)**

részére

**A diplomadolgozat címe:**

**Élelmiszeripari gép korszerűsítése okoseszközök alkalmazásával**

**Feladatkiírás:**

Vizsgálja meg a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem gödöllői Élelmiszeripari-technológiák és gépek laboratóriumában megtalálható, Ziegler körkemencés ostyasütő gép működését, és készítsen korszerűsítéshez javaslatot hőmérséklet-érzékelő alkalmazásával.

**Közreműködő tanszék:** Mezőgazdasági és Élelmiszeripari gépek tanszék

**Külső konzulens:** -

**Belső konzulens:** Dr. Korzenszky Péter Emőd habilitált egyetemi docens, MATE, Műszaki intézet, Mezőgazdasági és Élelmiszeripari gépek tanszék

**A dolgozat beadási határideje:** 2025. november 4.


Kelt: Gödöllő, 2025. október 20.

**Jóváhagyom**

  
Dr. Bártfai Zoltán  
(tanszékvezető)

  
Dr. Kátai László  
(szakfelelős)

**Átvettem**

  
Pintz András  
(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Kelt: ....., .....év .....hó .....nap

(külső konzulens)

# Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzés .....	2
2. Szakirodalmi áttekintés .....	4
2.1. Az ostyagyártás helye az élelmiszeriparban .....	4
2.2. Az ostyagyártás kialakulása .....	6
2.3. Az ostyagyártás technológiája .....	8
2.4. Az ostyasütő gépek fejlődése .....	10
2.4.1. Kézi hajtású és gőzcsöves ostyasütők .....	10
2.4.2. Félautomata és automata gépek.....	11
2.4.3. Modern ipari ostyagyártó sorok .....	13
2.5. A Ziegler ostyagépgyártás hazai szerepe.....	16
2.6. Az élelmiszeripari gépek érzékelői .....	17
2.7. A hőmérséklet mérése az élelmiszeriparban.....	20
3. Anyag és módszer.....	24
3.1. A Ziegler körkemencés ostyasütő gép működésének bemutatása .....	24
3.2. A korábbi és a jelenlegi Ziegler körkemencés ostyasütő gépek különbségei.....	27
3.3. A hőmérséklet mérése a Ziegler körkemencés ostyasütő gépnél .....	29
3.4. A fejlesztési cél meghatározása .....	32
3.4.1. Kiinduló helyzet .....	33
3.4.2. A fejlesztési cél és vizsgálati kérdések .....	33
3.4.3. Alkalmazott módszertan.....	34
3.4.4. Várható előnyök .....	37
3.4.5. Elérni kívánt eredmények.....	37
3.5. Mérési terv.....	38
4. Eredmények és értékelésük .....	43
4.1. Sütőlapok közötti különbségek mérésének eredményei és értékelésük .....	43
4.2. Sütőlapon belüli különbség mérésének eredményei és értékelésük.....	49
4.3. Következtetések és javaslatok a korszerűsítéshez .....	54
5. Összefoglalás.....	59
6. Ábrák és táblázatok jegyzéke .....	61
7. Irodalomjegyzék.....	62
8. Mellékletek.....	66
8.1. Interjú .....	66
8.2. Sütőlapok közötti mérés eredményei .....	69
9. Nyilatkozatok .....	72

# 1. Bevezetés és célkitűzés

A negyedik ipari forradalom vívmányait mára már nem lehet elkerülni, sem megkerülni. Az okoseszközök, a robotizáció vagy a mesterséges intelligencia mind egyre jobban részeivé válnak a hétköznapijainknak. Ezeknek köszönhetően hatékonyabbá válnak a folyamatok, csökkennek a hibázási lehetőségek és megsokszorozódik a rendelkezésünkre álló információtömeg, amely alapján döntéseket tudunk hozni. Azonban ezeknek a megoldásoknak az alkalmazását nemcsak úgy lehet a javunkra fordítani, hogy az új, legmodernebb eszközökbe fektetünk be, hanem a korábban is jól működő berendezéseket is tudjuk ezekkel fejleszteni és korszerűsíteni.

Korunk újdonságai megváltoztatják és akár fel is forgatják a legtöbb iparágat, legyen az az agrárium vagy az élelmiszeripar. Emiatt az élelmiszeripar digitalizációja kiemelt stratégiai céllá vált Magyarországon is. A 2022-ben létrehozott Digitális Élelmiszeripari Stratégia is azt hangsúlyozza, hogy a versenyképesség javítása érdekében az iparág szereplőinek minél szélesebb körben kell alkalmazniuk ipar 4.0 technológiákat, így az érzékelőkön, adatgyűjtésen és az előrejelzésen alapuló karbantartási megoldásokat ([http1](#)).

Ezen stratégiai törekvésekhez kapcsolódva választottam dolgozatom témájául egy élelmiszeripari gép korszerűsítését okoseszközök alkalmazásával. A célom az, hogy megvizsgáljam, milyen hőmérséklet-érzékelőkkel érdemes felszerelni Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem gödöllői Élelmiszeripari-technológiák és gépek laboratóriumában megtalálható, 1998-ban gyártott Ziegler körkemencés ostyasütő gépet, amely által korszerűbbé tehető.

Ennek a célnak az eléréséhez különböző hőmérséklet-érzékelőkkel végzek méréseket a vizsgált gépen, hogy a fejlesztés minél sikeresebb legyen. A korszerűsítés előkészítéséhez a gép gyártója, a Ziegler Kft. is segítséget nyújtott. Ennek köszönhetően megismerhettem a berendezés jelenlegi működését és a hőmérsékletmérés módját. Emellett lehetőségem volt személyesen is megfigyelni a gép működését, és egyeztetni a cég mérnökével.

Fontosnak tartottam, hogy dolgozatom aktuális, újdonságot adó és szakmailag megalapozott legyen, olyan témában, amely hozzám is közel áll. Egy ilyen körkemencés gép gyártja a Magyarországon a legtöbbször által ismert Ziegler sajtos tallért, amely hazánkban széles körben

ismert, meghatározó termék. A témaválasztásban erős személyes kapcsolódást jelent számomra, hogy Zsámbékon élek, ahol a gyártó vállalat is működik. Emellett az egyetem gödöllői laboratóriumában is rendelkezésre áll egy régebbi típusú körkemencés ostyasütő berendezés, amelynek korszerűsítésére igény mutatkozott. Mindez jól illeszkedik a 2022-es Digitális Élelmiszeripari Stratégia által megfogalmazott célkitűzésekhez, hiszen a kutatásom egyszerre kapcsolódik a helyi ipari gyakorlathoz és az oktatási környezethez, elősegítve a meglévő technológiák fejlesztését és a korszerű ipar 4.0-ás megoldások gyakorlati alkalmazását. A Ziegler körkemencés ostyasütő gépek számos hazai üzemben megtalálhatók, a gyártó cég pedig folyamatosan keresi a hőmérsékletmérés pontosításának lehetőségeit, ezért a dolgozatomban bemutatott vizsgálatok és eredmények akár a gyakorlati életben is hasznos tapasztalatokat nyújthatnak.

Az ostyasütő fejlesztése során a különböző vizsgálati kérdéseket tűztem ki annak érdekében, hogy a korszerűsítéshez megtaláljam a legjobb megoldást. Elsőként szerettem volna feltérképezni, hogy mutatnak-e különbséget a sütőlapok hőmérsékletei a sütés során, és hogy mekkora a szórás a sütőlapokon belül. Ezután arra is terveztem kitérni, hogy vajon felhasználhatók-e az eredmények a karbantartás előrejelzésére, milyen hőmérséklet-érzékelővel szereljem fel a gépet és hány érzékelő szükséges ehhez. Ezen kérdések megválaszolása nyújtott segítséget, hogy a korszerűsítés során megtaláljam a legjobb megoldást a hőmérséklet mérésének megvalósításában.

Ahhoz, hogy a dolgozatom célkitűzését elérjem, fontosnak tartottam az ostyagyártás múltjának és technológiájának alapos megismerését, ezért ezek bemutatásával kezdem a szakirodalmi áttekintést. Ismertetem a korábbi ostyagyártó gépeket konkrét példákon keresztül, valamint az élelmiszeriparban alkalmazott okoseszközöket, különös tekintettel a hőmérsékletmérő érzékelőkre. Ezek a háttérismeretek segítenek előkészíteni a gép korszerűsítését. Az Anyag és módszer fejezetben ismertetem a fejleszteni kívánt gépet. Továbbá bemutatom a modern verziótól való eltéréseket és a hőmérsékletmérés módját. Ezt a fejezetet a fejlesztési célok meghatározásával zárom, amely jó kiindulópontot ad az utolsó fő fejezethez, amely a korszerűsítéshez kapcsolódó mérések eredményeit és annak értékelését mutatja be. A dolgozatom végén összefoglalom az eredményeket és levonom a következtetéseket.

## **2. Szakirodalmi áttekintés**

### **2.1. Az ostyagyártás helye az élelmiszeriparban**

Az ostyaipar megismeréséhez fontosnak tartom áttekinteni a különböző élelmiszeripari és azon belül is az édesipari csoportosításokat és felsorolásokat annak érdekében, hogy jobban el lehessen helyezni ezt az iparágat.

Magda és Marsalek (2000) alapján az élelmiszeripar szakágazatai közé tartozik a hús- és halfeldolgozás, valamint a gyümölcs- és zöldségfeldolgozás. Ide sorolhatjuk még a növényi olaj gyártását, a tej- és malomipart, a takarmánygyártást, az egyéb élelmiszergyártást, továbbá az ital- és dohányipart.

Ezzel szemben Bereczkiné és társai (2021) egy leegyszerűsített modellt használnak, és mindössze három fő kategóriát különböztetnek meg, a csak növényi eredetű nyersanyagokat feldolgozó, a csak állati eredetű nyersanyagokat feldolgozó, valamint a növényi és állati eredetű nyersanyagokat feldolgozó iparágakat. Ezen belül a csak növényi eredetű nyersanyagokat feldolgozó iparágak közé sorolják a növényolajipart, a malomipart, a cukoripart, az édesipart, a sütőipart, a cukrászipart, a bor- és pezsgőgyártást, továbbá az erjedésipart. Csak állati eredetű nyersanyagokat feldolgozó iparnak a húsipart, a baromfifeldolgozó ipart, a halfeldolgozó ipart, illetve a tejipart tekintik. Míg a növényi és állati eredetű nyersanyagokat feldolgozó iparágaknak számít szerintük a keveréktakarmány-ipar és a tartósítóipar.

Érdemes megjegyezni, hogy a szakirodalomban az édesipar önálló tárgyalása nem minden esetben jelenik meg. Ez érthető, hiszen az édesipar az élelmiszeripar egyik kisebb ágazata. Ugyanakkor termékei széles körben elterjedtek, és a technológiai fejlődés, valamint a digitalizáció itt is jelentős hatással van a gyártási folyamatokra.

Az élelmiszeripar különböző ágazatainak áttekintése után ezért a továbbiakban részletesebben is megvizsgálom az édesipart, mivel az ostyagyártás e területhez tartozik. Az édesipar Biacs és társai (2010) szerint a készítmények összetétele és a gyártási eljárás alapján cukorgyártásra, kakaó- és csokoládégyártásra, édesipari tartós lisztesárak gyártására, valamint kávé- és kávépótszer-gyártásra osztható fel. Az édesipari tartós lisztesárak gyártásán belül az ostyakészítmények előállítása tartozik ide.

Mohos (2012a) az édesipari termékeket csokoládéokra, csokoládés termékekre, kakaóporokra, keménycukorkákra, fondant-alapú termékekre, karamellákra, zselékre, drázsékre, hab alakú édesipari termékekre, édesipari tartós süteményekre, préseléssel formázott édesipari termékekre, illetve kávé- és kávépótszerekre osztja fel. Ezt a csoportosítást továbbá kiegészíti a nem hagyományos édesipari termékekkel, amelyhez a snackeket és a chipseket, illetve a jégkrémeket sorolja. Mohos (2012a) az édesipari tartós süteményekhez sorolja az ostyakészítést.

A szakirodalomban megjelenő különbségek azt mutatják, hogy az édesipar kategorizálása nem egységes. Míg Biacs és társai (2010) inkább technológiai szempontok szerint határozzák meg az ágazat kereteit, addig Mohos (2012a) részletesebb, termékorientált rendszert használ. Ez az eltérés jól érzékelteti, hogy a besorolás módja nagymértékben függ attól, hogy a szerző a gyártási folyamatokra vagy a késztermékekre helyezi a hangsúlyt.

Amennyiben a termékekről áttérünk a berendezésekre, az édesiparban működő gépeket Walkó (2014a) az alábbi módon csoportosítja:

- édesipari munkagépek,
- szállító- és anyagmozgató berendezések,
- energiaátalakító- és ellátó berendezések,
- segédgépek és berendezések, és
- karbantartóműhelyek gépi berendezései.

Az édesiparban a legfontosabb műveleti lépések közé tartozik az oldás, a besűrítés vagy a bepárlás, az elválasztási műveletek, a szárítás, a pörkölés, a sütés, az aprítás, a formázás, a szerkezetkialakítás, illetve a jellegkialakítás. Magukat a műveleteket feloszthatjuk előkészítő, kialakító, illetve befejező műveletekre. Előkészítő művelet közé tartozik a tárolás, a tisztítás, az osztályzás, a hántolás vagy az aprítás. Kialakító műveletekbe soroljuk a keverést, a préselést, az oldást, a főzést, az instantizálást, az aszalást, a pörkölést, a fűtést, a hűtést, a melegítést, a formázást és a bevonatképzés. Befejező műveletnek számít az elkészült termék díszítése vagy védőburkolattal való bevonása (Mohos 2012a és Walkó 2014a).

A cukrászati sütőipari termékeket általánosan jellemzi, hogy használnak lisztet, fontos alkotóanyag a cukor vagy más édesítőanyag, valamint az egyik lényeges lépés a tésztakészítés,

majd a tészta megsütése. Ebből a szempontból kivételnek tekinthető az ostya Keményffi és Tóth (1958) szerint, mivel itt az anyagot csak tágabb értelemben hívhatjuk tésztának.

Egy másik meghatározás szerint az ostyákat is magukban foglaló tartós süteményeknek nevezzük azokat a termékeket, amelyek legalább 60 napig elállnak tartósítószer használata nélkül. Ez az alacsony, 12% alatti nedvességtartalomnak köszönhető. A tartós süteményeket Keményffi és Tóth (1958) az alábbi kategóriákra csoportosítja: ostyák, mézeskalácsok, kekszek, kétszersültek, csemegék, teasütemények, habsütemények és egyéb tartós sütemények.

Az ostyaféleségeket feloszthatjuk alakjuk, összetételük és felhasználásuk szerint is. Alakjuk alapján megkülönböztethetünk ostyalapokat, ostyatölcséreket, ostyakagylókat és egyéb ostyaalakzatokat. Összetétel alapján létezik vízzel, tejjel, tojással, tejjel és tojással, illetve tojással, valamint egyéb emulgeáló anyaggal készült ostyák. Felhasználás szerint pedig a fagyaltostyát, az ostyaszeletet, a tortaalapot, valamint a töltött és mártott ostyát különböztethetjük meg (Keményffi és Tóth 1958). Az ostyafélék egyik népszerű magyar változata a sajtos tallér.

Az utóbbi időszakban az ostyagyártásban is egyre nagyobb teret nyernek a vegán, a gluténmentes és az ún. mindenmentes alternatívák. Ez a trend nemcsak a fogyasztói igényekhez való alkalmazkodást jelenti, hanem technológiai kihívást is, hiszen új alapanyagok és gyártási eljárások bevezetését teheti szükségessé.

## **2.2. Az ostyagyártás kialakulása**

Az ostyasütésről már a XIV. századból is fennmaradtak ábrázolások és írásos emlékek, azonban az ostyagyártás első konkrét említései a XVII. századból származnak. Emiatt a sütő- és cukrászipar többi ágához képest fiatal iparágnak tekinthető. Különlegessége abban rejlik, hogy a felhasznált tészta jelentősen eltér más édesipari termékek alapanyagaitól, a tészta jóval hígabb, szinte folyékony állagú, így speciális eljárást igényel.

Az ostyagyártás fejlődésében meghatározó szerepe volt annak, hogy a római katolikus szentmisékhez szükséges ostyát nagy gondossággal és szakértelemmel kellett elkészíteni. A liturgikus célra készített ostyák hagyományából fejlődött ki később a kereskedelmi ostyasütés, amely már nemcsak vallási, hanem gasztronómiai szerepet is betöltött.

A nagyipari ostyasütés elsősorban Ausztriából terjedt el, Bécs volt az egyik első központ, később pedig Karlsbad vált ismertté ostyatermékeivel. A technológiai fejlődés is itt gyorsult fel legjobban. Maga az ostyasütővas a korai, nyeles fém sütőlapokból fejlődött ki, amelyekkel először kézzel sütötték az ostyát, majd a sütővasak alsó és felső részének csuklós összekapcsolása lehetővé tette a gyorsabb készítést. A készítés folyamata kezdetben rendkívül időigényes volt, az ostyatésztát két forró vaslap közé öntötték, majd a lapokat tűz fölé tartva sütötték ki a vékony, ropogós ostyákat. Az ostya sütése mellett a sütővasak tisztítása is jelentős fizikai igénybevétellel járt, ami tovább lassította a gyártást.

A XIX. század végétől azonban megindult a technikai innováció, ekkor jelentek meg az első gofrikészítő és fagylalttölcsér-formázó eszközökre vonatkozó szabadalmak, amelyek már automatizált folyamatokat tettek lehetővé, és megalapozták a modern ostyagyártás ipari háttérét. Ebből alakult ki később az elektromos fűtésű kézi ostyavas is, amely bár költségesebb volt, jóval egyszerűbb megoldást kínált a korábbi kézi ostyasütővasak helyett.

Az ostyagyártás kialakulása jól mutatja, hogy folyamatos technológiai fejlődésen ment keresztül a kézi készítéstől az ipari méretű gyártásig. Ez a folyamat nemcsak a sütés hatékonyságát és a termékek egységes minőségét növelte, hanem a fogyasztási szokásokat is átalakította. A liturgikus ostyák vallási szerepéből kiindulva az ostya fokozatosan gasztronómiai terméké vált, amely mára a snackpiac részét képezi. A történeti áttekintés rávilágít, hogy már a kezdetektől a sütési folyamat egyenletessége jelentette a fő kihívást, amely probléma napjainkban is fennállhat. Ennek megoldásában a hőmérsékletmérés korszerűsítése fontos hozzáadott értéket képviselhet.

Magyarországra az a Pischinger osztrák cég hozta be az első ostyát, amely még ma is működik. Az első ostyagyár pedig a XIX. század végén indult el. Hazánkban az ostya egyik népszerű változata a sajtos tallér, amely az 1950-es években kezdett igazán ismertté válni. Ennek elterjesztésében kulcsszerepet játszott a Ziegler család, akik 1953-tól gyártanak sajtos tallért. Az ő tevékenységük nyomán a tallér egyre elterjedtebbé vált, és mára a hazai édes- és sós ostyatermékek között meghatározó szerepet tölt be (Keményffi és Tóth 1958; Borsódy et al. 1997; Papp 2010; Tiefenbacher 2017; [http2](#)).

### **2.3. Az ostyagyártás technológiája**

Az ostyagyártás technológiája két lépésből áll, egyrészt a szuszpenzió-készítési folyamatból, amely során elkészül az ostya alapanyaga, másrészt a sütési és formázási folyamatból, amikor is a szuszpenzióból kész ostya lesz. Az ostya tésztajának alapanyaga víz, lecitin vagy monoglicerid, BL53-as vagy BL80-as liszt, tejpórá vagy tej, olaj, só és szóda-bikarbóna. Az olaj segít megelőzni az odaégést, míg a szóda-bikarbóna javítja a szuszpenzió állományát, és elősegíti a tészta egyenletesebb terülését. Az ostyatészta a sütőcukrászat egyik legegyszerűbben előállítható típusa, mivel az alapanyagok pusztán összekeverésével elkészíthető.

A keveréshez nagyobb üzemekben külön gépeket használnak, amelyek lehetnek függőleges vagy vízszintes tengelyűek. A függőlegesek habverőgépekhez hasonló eszközök, csak kisebb fordulatszámmal működnek, ezzel szemben a vízszintes tengelyű gépek nagyobb teljesítményűek és nagyobb a fordulatszámuk. Az ostyaszuszpenzió előállítására korábban „T-lapátos” vagy turbórendszerű keverőket használtak. Azonban a korábbi szakaszos működésű keverést egyre inkább felváltotta a folyamatos üzemű vibrációs rendszerű keverő, amelynek köszönhetően kevésbé tapadnak az anyagok a keverőlapátra.

Maga a szuszpenzió elkészítése is több fázisban zajlik. Az előkészítési folyamat a vizes oldat, az emulzió és a liszt előkészítéséből áll. A vizes oldat elkészítésekor a vízoldható alapanyagokból egy oldatot készítenek. Az emulgeálás során, vagyis amikor két egymással nem elegyedő folyadék az ostyagyártásban a vizes oldatot zsiradékkal, jellemzően lecitinnel vagy monogliceriddel keverik össze. A liszt előkészítés célja, hogy az egyenletes minőséget biztosítsa a gyártás során, valamint a késztermék állandó minőségű, jól feldolgozható és hibátlan legyen. A kész emulziót és a lisztet összekeverve kapjuk a szuszpenziót. Ezt a keveréket mindenképp meg kell szűrni, mivel ez alapfeltétele a jó minőségnek (Keményffy és Tóth 1958; Mohos 1975; Lakatos 2013).

A szuszpenzió elkészítése utáni állomás annak tárolása, amelyet csak addig lehet megtenni, amíg a szuszpenzió nem válik szét. Ennek kapcsán fontos ezt a lépést összehangolni a többi folyamattal annak érdekében, hogy a szuszpenzió minősége ne változzon, gyakorlatban ez legfeljebb 4 órás tárolási időt jelent (Mohos 2012b).

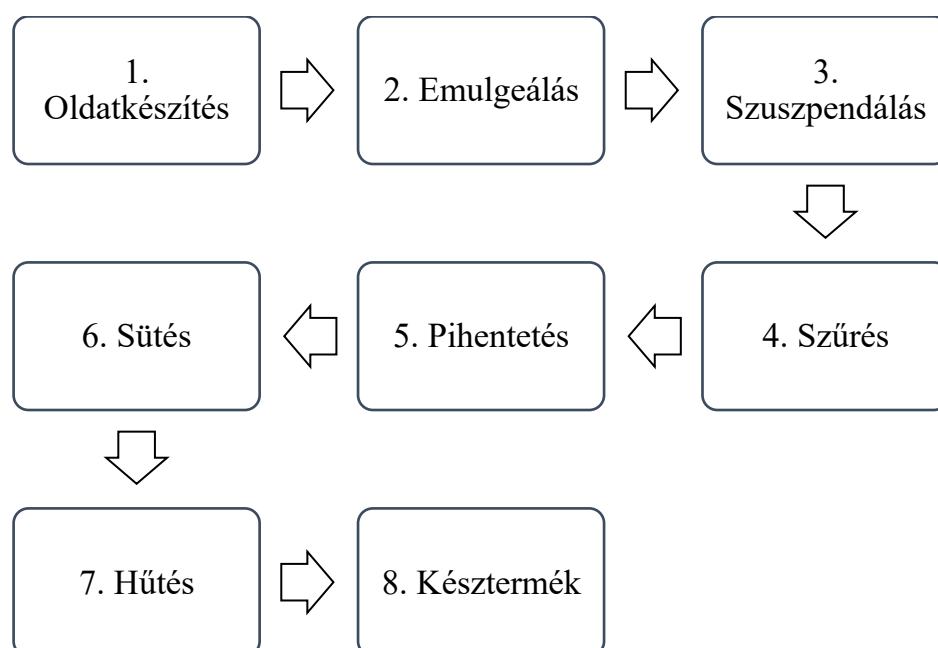
Az ostyakészítés során az ostyaréteg alakját az öntőforma segítségével lehetséges kialakítani. A szuszpenziót mindkét megoldásnál egy szivattyú juttatja ki egy csőrendszeren keresztül a sütőgép adagolótartályába, az adagolást egy automata segédberendezés végzi. A sütés során a nagy víztartalmú szuszpenzió a forró sütőlapokkal érintkezve gyorsan felmelegszik, majd szinte azonnal kiszárad és megsül. Előnyös, ha a sütéskor mindkét oldal egyszerre kap hőt. Így az ostyalap mindkét oldala azonos víztartalmú lesz, csökken az eldeformálódás esélye, és a sütés is hatékonyabb. A sütés után az ostyalapokat alacsony páratartalmú térben vagy tárolóberendezésben hűtik le szobahőmérsékletre (Mohos 1975).

A kisült ostyákat a csomagolás előtt érdemes lehűteni. Erre egyrészt alkalmas lehet egy erre kialakított tárolóberendezés vagy alacsony páratartalmú tér, ahol szobahőmérsékletűre tudják lehűteni a készterméket. Másrészt léteznek erre kialakított laphűtő berendezések vagy pedig spirálisan kialakított hűtőberendezések, amelyek rögtön a sütőgéphez csatlakoznak. Ezek biztosítják az ostyák egyenletes hűtését és feszültségmentesítését, miközben kis helyigényűek.

A csomagolás leggyakoribb módja belső oldalon műanyaggal bevont alumíniumfólia, amely nem engedi át a zsírt, és védi a terméket a külső levegőtől és nedvességtől. Ezt manapság hegesztéssel szokták lezárni (Mohos 2012b és Walkó 2014b). A fejezetben ismertetett sütési folyamat lépéseit az 1. ábra szemlélteti az oldatkészítéstől kiindulva a késztermék létrejöttéig.

1. ábra – Az ostyasütés folyamata

(Forrás: Saját szerkesztés Lakatos 2013 alapján)



Az ostyagyártás technológiája jól szemlélteti, hogy bár a folyamat viszonylag egyszerű, a minőség fenntartása több kritikus ponton múlik, különösen a szuszpenzió előállítása és tárolása során. A sütés és hűtés energiaigényes lépések, amelyeknél egyre nagyobb szerepet játszhat az energiahatékonyság és a fenntarthatóság szempontjai. Emellett a csomagolóstechnológiában is megjelentek az újrahasznosítható és környezetbarát alternatívák, amelyek a jövő ostyagyártásának meghatározó irányait jelenthetik.

## **2.4. Az ostyasütő gépek fejlődése**

### **2.4.1. Kézi hajtású és gőzcsöves ostyasütők**

Az ostyasütéshez a legegyszerűbb szerszám a már említett ostyasütővas. Ez az eszköz minden mai ostyagyártó berendezésben megtalálható. A legegyszerűbb ilyen berendezés a kézi hajtású ostyasütő körkemence. Ezen készülék központi eleme egy függőleges tengelyre szerelt kör alakú sütőkeret, amelybe nyolc darab ostyasütővasat rögzítenek. Ezek kézzel mozgathatók, a sütőkeret elforgatásával mindig újabb sütővas kerül a fűtés alá, így a rendszer folyamatos működést tesz lehetővé.

A kézi körkemencéket jellemzően gázégőkkel fűtötték, amelyek a sütővasak alatt helyezkedtek el. Az égők által biztosított hőmérsékletet szabályozni lehet, így biztosítható az egyenletes és megfelelő hőfok, amely az ostyalapok sütéséhez szükséges. A sütés megkezdése előtt a kemencét felmelegítik, és a sütővasakat ezen a hőmérsékleten tartják. Ez a hőmérséklet általában 230 °C. Ennél a berendezésnél a sütés folyamata úgy zajlik, hogy a felfűtött sütővasakat a keretéből egy vasból készült horog alakú eszközzel kiemelik, majd kinyitják őket. A nyitott sütővasra egy adag tésztát öntenek, majd a vasat visszazárják. Ezután visszahelyezik a sütőkeretbe, amelyet nyolcad körívvel elfordítanak, így a következő elem kerül a fűtés alá. Ezt a műveletet folyamatosan ismétlik, amíg a körkeret egy teljes fordulatot meg nem tesz. Ezután pedig kivesszük a megsült ostyalapot a sütővasból. Egy ilyen kemence sütési ideje 1,5 perc, tehát 8 sütővas esetén elméletileg 320 lapot lehetne sütni óránként, azonban a gyakorlatban csak 200-220 lap készül ennyi idő alatt.

A körkemence mellett egy másik korábban elterjedtebb megoldás a gőzcsöves kemence, amely során több közös tüzelőkörű koksszal vagy szénnel működtetett kemencébe helyezik el a sütővasakat. A tüzelőtérbe vízzel töltött csöveket helyeznek el, amely a meleg hatására gőzzé változik, majd a hőt átadva a gőz kondenzálódik. Ezen megoldás a kézzel hajtott

körkemencéhez képest költségesebb kialakítású, de energiaigénye kisebb, jobb a hőátadása és az égéstermék sem szennyezi az üzemet, mivel a tüzelőtér azon kívül is elhelyezhető (Keményffi és Tóth 1958).

Létezett egy további megoldás is, amelynél egy kerék vagy végtelenített láncsal mozgatott függőleges menesztópályára voltak a sütőlapok felszerelve. Minden forma alsó lapjához pedig külön-külön emelő csatlakozott, amelyhez saját fogaskerékkel ellátott mechanizmus csatlakozott a kész ostyák eltávolításához. Ezen működés során a sütéskor keletkező felesleges víz és tészta kis nyílásokon távozik. Ez a megoldás viszont drága, jelentős helyigényű és könnyen meghibásodhatott (Ziegler 1977 és Lakatos 2013).

#### **2.4.2. Félautomata és automata gépek**

A kézi meghajtású gépek mellett idő után megjelentek az ostyasütő félautomata és automata gépek is. Ezeknek két csoportja a kényszerpályával vezérelt és a tengelyen forgó, lapos automaták. Az előbbinél a sütővasak egyik vége a körpályán van felszerelve a másik pedig egy vasból készült csővezetékre van befűzve, amely alakjának köszönhetően becsukja és kinyitja a sütővasakat. A körpálya elején a tésztát szivattyú adagolja, majd a sütővas záródik és az ostya kisül. Ez a körpálya végén ismét kinyílik, és a megsült termék kivehető. A sütés kapacitását a körpálya sebessége és a gázlángok erőssége befolyásolja. Ezek a gépek 12, 15, 18 vagy akár 21 sütővassal működhetnek, így teljesítményük 8 óra alatt megközelítőleg 100-200 kg ostyalap elkészítése. A sütéshez gázt vagy elektromos áramot használnak. A félautomata gép ettől a kivitelezéstől abban tér el, hogy a tészta adagolása kézzel történik.

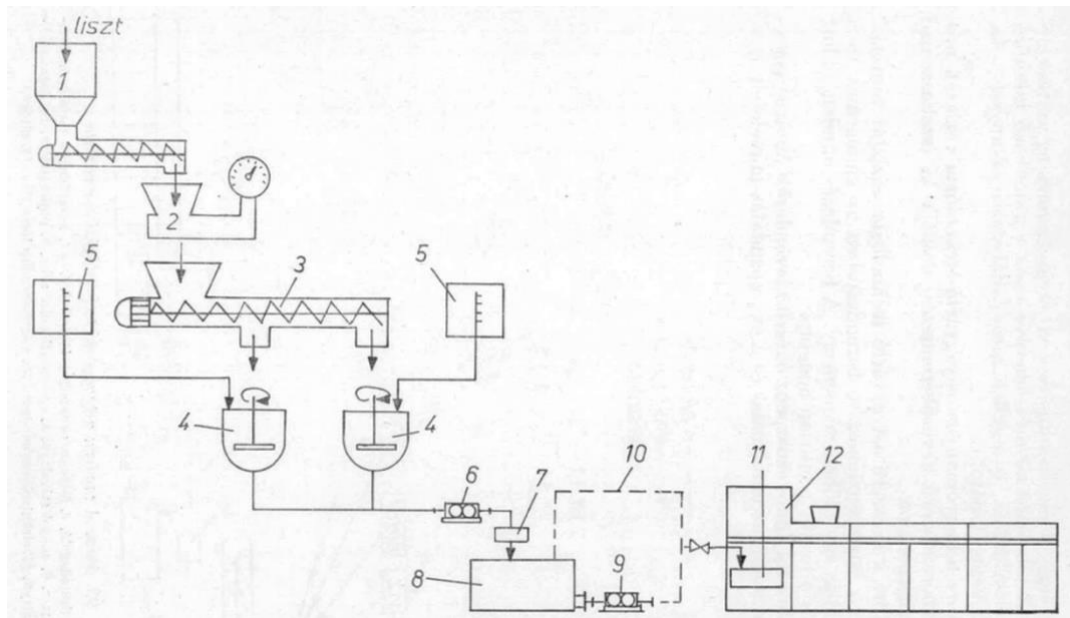
A tengelyen forgó lapos automaták erős központi tengelyre vannak felerősítve. Emiatt kevésbé deformálódnak, és a kifűvási veszteség is kisebb, vagyis kevesebb víz és illóanyag párolog el a sütéskor. Hátránya azonban, hogy a sütővasak kicseréléséhez az egész készüléket szét kell szerelni (Keményffi és Tóth 1958).

A 2. és a 3. ábrán az 1975-ben hagyományosnak és korszerűnek tekintett ostyagyártó technológiai lépései láthatók. A hagyományos verzióban turbórendszerű keverőberendezés szerepel, míg a korszerűben már folyamatos a szuszpenzió készítése, valamint az emulgeálás és a szuszpendálás egyidejűleg történik. Mindkettő gép a szuszpenzió elkészítésével indítja a

műveleteket. Mindkét technológiában fontos állomás a szuszpenzió megsűrítése a sütőtérbe juttatás előtt (Mohos 1975).

2. ábra – Hagyományos ostyagyártó technológiai sor vázlatja

(Forrás: Mohos 1975)



Jelmagyarázat: 1 liszttartály, 2 automata mérleg, 3 adagolócsiga, 4 turbórendszerű keverőgépek, 5 vízmérő tartályok, 6 fogaskerék-szivattyú, 7 szűrőfej, 8 puffertartály, 9 fogaskerék-szivattyú, 10 cirkulációs csőrendszer, 11 sütőgép adagolótartálya, 12 sütőgép

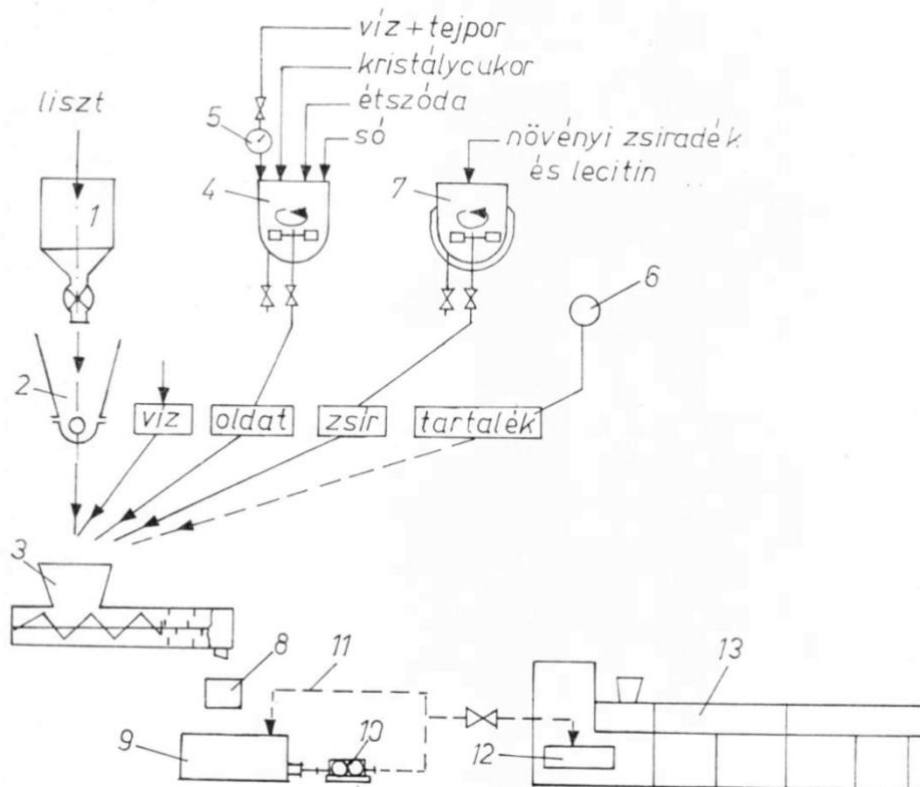
A hagyományos rendszerben az alapanyagok mérlegeken keresztül, adagolócsigákkal és különálló keverőgépekkel kerülnek feldolgozásra, majd szivattyúkon és szűrőfejen át jutnak a sütőgéphez. Ezzel szemben a modern technológia folyamatos működésre épül, például az automata lisztadagolás, a szuszpenziókészítés, az áramlásmérés és a szűrés is folyamatosan történik, kevesebb emberi beavatkozással, nagyobb pontossággal és higiéniai biztonsággal. A modern rendszer energiahatékonyabb, jobban szabályozható, így ipari környezetben előnyösebb.

Az ostya sütésére a 3. ábrán látható folyamatos működésű gépek a legalkalmasabbak, mivel ezek biztosítják a termék homogenitását és a nagyobb mennyiségű előállítását, továbbá mivel az ostyák vékonyak, a sütési idő is rövid. Nincs szükség vetélszerkezetre, mert az ostya szivattyúval szállítható, hiszen az alapanyaga szuszpenzió. A sütés során az energiaforrás lehet földgáz vagy elektromos áram. Egy teljesen automatikusan működő ostyagyártó berendezés esetén már nagyobbak a követelmények akár a tészta minőségével szemben is. Így például

kiemelten fontos a receptúra pontos betartása, a tészta adagolása és homogenitása. A teljesítmény az ostyalap súlyától, a sütési időtől és a berendezés hatásfokától függ (Berszán 2007 és Telbisz 1989).

3. ábra – Modern ostyagyártó technológiai sor vázlata

(Forrás: Mohos 1975)



Jelmagyarázat: 1 lisztsiló, 2 lisztadagoló, 3 folyamatos szuszpenziókészítő, 4 és 7 keverőműves tartály, 5 áramlásos mérőműszer, 6 adagolószivattyú, 8 szuszpenziószűrő szita, 9 puffertartály, 10 fogaskerékszivattyú, 11 cirkulációs csőrendszer, 12 sütőgép adagoló tartálya, 13 sütőgép

### 2.4.3. Modern ipari ostyagyártó sorok

A mai ostyasütő gépek legfőbb részei a szállítólánc a sütőkocsikkal, az ostyamassza adagoló, a fűtőrendszer, továbbá maga a meghajtó szerkezet. A sütőkocsin helyezkedik el az alsó és a felső sütővas, amelyek közé kerül majd az ostya masszája. A sütőlapok mintázata a késztermék formájától függ. A kocsik görgő segítségével haladnak, amíg egy kényszerpálya ki nem nyitja a felső sütőlapot, ahova az ostyamassza-adagolóegység a masszátartályból egy fogaskerékszivattyú segítségével a töltőfejen keresztül beönti a masszát. Ezeknél a gépeknél a szállítóláncot egy villanymotor hajtja, amelynek sebessége meghatározza a sütőkocsik

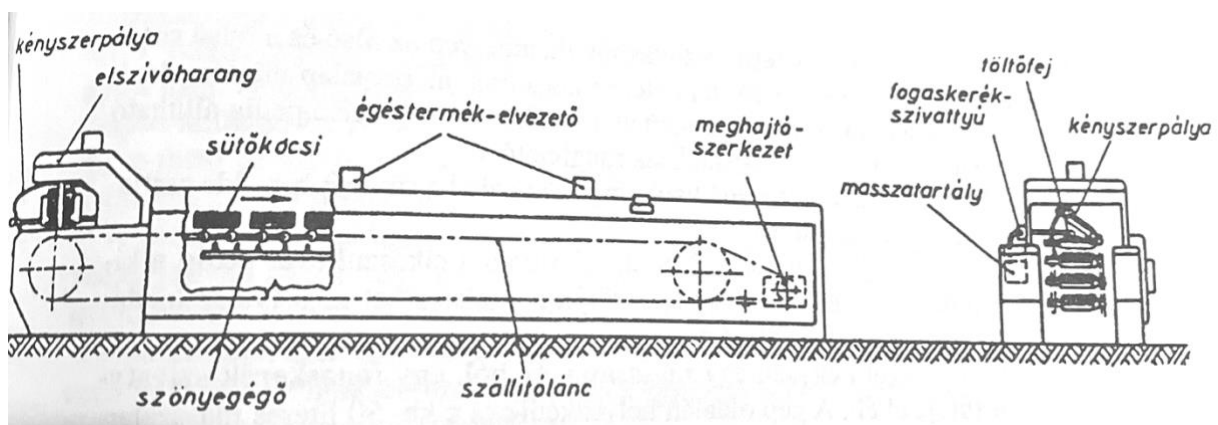
gyorsaságát és ezáltal a sütési időt is. A gépek lehetnek elektromos vagy gázfűtésűek is. Elektromos fűtés esetén a fűtőtestet a sütőkocsi lapjába építik be.

Hazánkban jellemzően a gázüzemű ostyasütő berendezések terjedtek el, azonban a kisebb kapacitású, például körkemence kialakítású ostyasütő berendezések sokszor elektromos árammal működnek gáz helyett. A sütőtérben keletkező égéstermék és gőzt egy ún. égéstermék-elvezető ventilátor segíti kivezetni. A meghajtó szerkezetnek köszönhetően tudjuk a sütőkocsik sebességét, ezáltal pedig a sütés gyorsaságát állítani.

Az ostyasütő berendezés működésekor a sütővasak kinyílnak, az alsó sütővasra a fogaskerék-szivattyú ostyamasszát adagolja, majd ezek bezáródnak és megkezdődik az ostya sütése. Egy kilincsszerkezet rögzíti a sütővasakat megakadályozva azok kinyílását. Végül a sütőkocsi a sütés végén visszatér a berendezés elejére, amikor a kényszerpálya kinyitja a kilincsszerkezetet, és ezzel együtt a sütővasakat is, így az ostya kikerül a gépből. Ezt a gépet és folyamatot mutatja be a 4. ábra (Walkó 2014b).

4. ábra – Ostyalapsütő berendezés

(Forrás: Walkó 2014b)

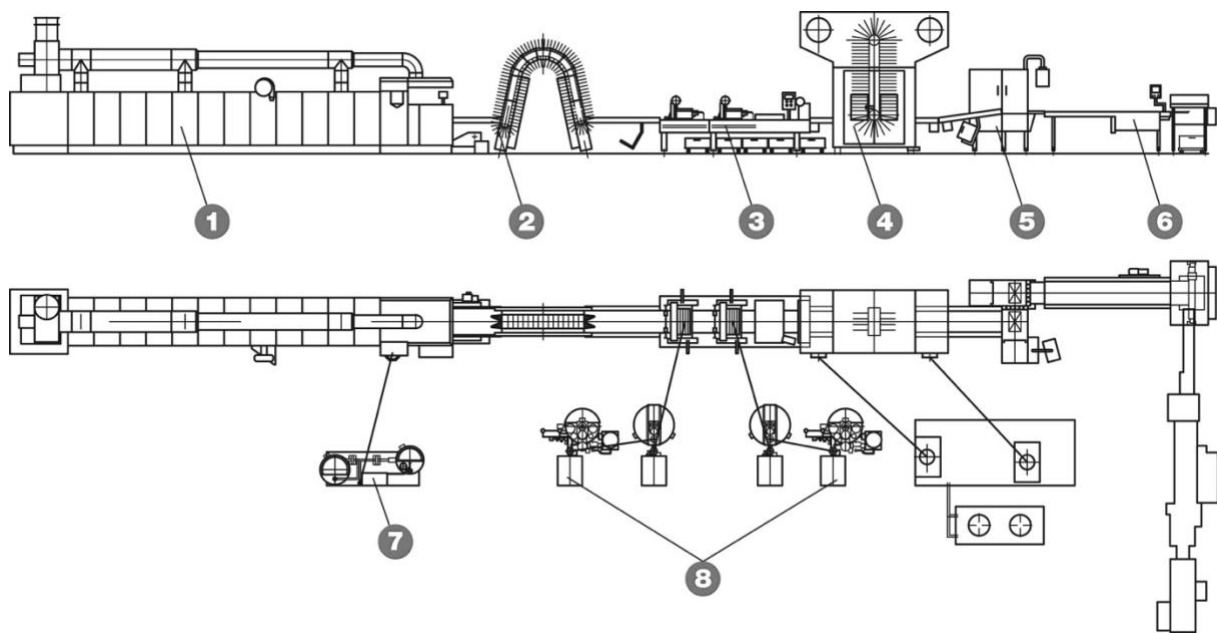


A kör alakú ostyasütő elsősorban azoknak a cégeknek ajánlott, amelyek kézi gyártásról térnek át gépesítésre. Ennek oka, hogy a berendezés kisebb helyigényű és olcsóbb a gázfűtésű változatoknál. Utóbbiak viszont jóval nagyobb kapacitással működnek. Így például a Ziegler által gyártott ZJTAL50-300 gázfűtésű tallérsütő akár 80 kg ostyát is le tud gyártani óránként szemben a ZJTOL24-200 körkialakítású elektromos géppel, amely óránként legfeljebb 16 kg ostyát képes előállítani (<http3>).

Ilyen nagyobb kapacitású gépet gyárt például a német Hebestreit vállalat, amely akár 150 sütőlapos berendezést is készít. Az 5. ábra egy olyan töltött ostyasütő gyártósort szemléltet, amely 28-tól 65 sütőlapig bővíthető sütőberendezést is tartalmaz. A folyamat első lépése a sütés, amely során a tésztát az ostyasütő gépbe (1) adagolják, ahol megsülnek az ostyalapok, majd frissen sült ostyalapokat egy hűtő (2) hűti le. A kihűlt ostyalapokra a krémkenő gép (3) felviszi a krémet. Az ostyák ezután a hűtőtoronyba (4) kerülnek, ahol a krém megszilárdul. A lehűlt ostyákat a vágógép (5) megfelelő méretű darabokra vágja. A kész ostyadarabokat a kiadóberendezés (6) továbbítja vagy csomagolja. Közben a szükséges krémet a krémkészítő berendezés (8) készíti elő, amelyet a kenőgéphez adagolnak. A folyamathoz csatlakozik a félautomata ostyatészta-készítő berendezés (7), amely a masszát készíti elő (http4).

5. ábra – Hebestreit ostyakészítő gyártósor

(Forrás: http4)



A szakirodalomban követhető fejlődési ív a kézi hajtású eszközöktől a modern, teljesen automatizált gyártósorokig tart. Ez a sokszínűség arra mutat rá, hogy a technikai fejlődés értékelése mindig az adott korszak prioritásait tükrözi. Az ostyasütő gépek fejlődése jól példázza azt is, hogyan alakult át az édesipar a kézműves módszerekre épülő gyártásból a magas kapacitású, automatizált rendszerek felé, amelyekben ma már a fenntarthatóság és az élelmiszerbiztonság szempontjai is meghatározóak.

## **2.5. A Ziegler ostyagépgyártás hazai szerepe**

A sajtos tallért ipari méretekben először a Ziegler család gyártotta, továbbá a hazai ostyagyártók nagy része mind a Ziegler gépgyár által gyártott berendezéseket használja, emiatt fontosnak tartom bemutatni a Ziegler vállalat történetét, hogy miképpen alakult ki és fejlődött az ostyagépgyártás.

A Ziegler Kft. egy több évtizedes múltra visszatekintő családi vállalkozás, amelynek alapjait Ziegler Tibor tette le 1953-ban, amikor ostyagyártással kezdett foglalkozni. Akkor már volt lehetőség iparengedélyt kapni, azonban pékséget még nem engedtek nyitni, ezért került a fókusz az ostyagyártásra. Kezdetben mindössze egy ostyasütő kemencével dolgoztak, amely koksztüzelésű volt, sütőlapokat pedig kézzel kellett kihúzni és emelgetni. Az ostyák bordázata akkor még trapéz alakú volt, emiatt az ostya gyakran beleragadt a formába. Hosszú kísérletezés után sikerült kialakítani a megfelelő receptúrát és technológiát, amely már megbízható minőséget biztosított.

1958-tól csak az állami édesiparban volt engedélyezett az ostyatöltés, ezért a család a tevékenységét más termékekre, például tortalapokra és sós ostyákra irányította át. 1970-ben Ziegler János kivált a családi vállalkozásból, és önálló céget indított, a garázsában kezdett ostyagyártással és gépek fejlesztésével foglalkozni. Ez alapozta meg a Ziegler Kereskedelmi Kft.-t.

Azóta két, külön működő Ziegler-vállalat foglalkozik sajtos tallér gyártással, utóbbi az Eredeti Ziegler Ostya Kft., amely nem foglalkozik gépgyártással, 2002 óta a két cég teljesen külön helyszíneken működik. Mivel a berendezések vásárlása akkoriban nagyon költséges volt, a család inkább maga kezdte el a gépgyártást.

Ziegler János 1977-ben alkotta meg és szabadalmaztatta a sajtos tallér sütésére alkalmas gép prototípusát. A szabadalom hasznosítását kezdetben egy termelőszövetkezetnek adta át, ahol az ő szakmai irányításával gyártották az első eszközöket, a későbbi eladásokból pedig részesedést kapott. A gépgyártás ma már a Ziegler János és Társai Bt. irányítása alatt működik. 1980-ban, a saját üzem megalapításával egy időben kezdték meg a gyártás automatizálását.

1989-ben a család visszavásárolta az egykori 1948-ban államosított korábbi üzemet, a Ziegler Kenyérgyárat. A megújult épületet ostyaüzemmé és gépgyárrá alakították át. A cég által fejlesztett berendezések már az 1980-as években eljutottak a világ számos pontjára, így például

Új-Zélandra és Kanadába. 1989-től a cég már nemcsak gépeket, hanem ostyatermékeket is exportált. A növekvő termelés miatt 2001-re a budapesti üzem kapacitása kevésnek bizonyult, ezért a teljes gyártási tevékenységet Zsámbékra költöztették. A Ziegler Kereskedelmi Kft. székhelye azóta is Zsámbékon van, ahol a gépgyártó üzem működik. Itt az ostyasütő berendezéseken kívül elsősorban sajtos tallér készül.

A berendezések döntő többsége, mintegy 99%-át exportálják, mivel a hazai piacon a legtöbb sajtos tallér gyártó már rendelkezik Ziegler-gépekkel, így ma már a cégcsoport 38 országba exportál. A fő exportpiacokat a volt szocialista országok jelentik, különösen Lengyelország, ahol a legtöbb Ziegler-féle berendezés üzemel. Az üzem folyamatos fejlesztéseken megy keresztül annak érdekében, hogy partnereik számára az ostyakészítés teljes folyamatához, a tésztakeveréstől a csomagolásig biztosítsák a szükséges gépeket (Kis 2021; [http5](#) és [http2](#)).

A Ziegler család története jól mutatja, hogy az innováció és a helyi adottságok kihasználása révén a magyar édesiparban is kialakulhatott egy olyan vállalkozás, amely nemcsak hazai, hanem nemzetközi szinten is fontos szereplővé vált.

## **2.6. Az élelmiszeripari gépek érzékelői**

A jelenleg is zajló negyedik ipari forradalom, vagyis az ipar 4.0, valamint a digitalizáció újfajta lehetőségeket teremtenek az élelmiszeripari gépek fejlesztésére és a korábbi problémák kiküszöbölésére. Ezeknek a fejlesztéseknek számos előnye lehet, említésre méltó ezek közül a kapacitáskihasználás javítása, az állásidő csökkentésével vagy a karbantartási igény előrejelzésével. További előny lehet a költségcsökkentés, legyen szó az energia-, alapanyag- vagy csomagolóanyag-felhasználás csökkentéséről, vagy hogy kevesebb emberi munkaerő szükséges egy adott gép üzemeltetéséhez. A technológiai fejlesztés új termékek létrehozását is elősegítheti, gyorsabbá téve a gépátállást és egyszerűbbé a kisebb szériák gyártását. Végül mindennek az élelmiszerbiztonság hatékony megvalósításában is fontos szerepük lehet. Az automatizációnak és robotizációnak az élelmiszeriparban régóta szerepe van, azonban vannak olyan iparágak, mint például a sütőipar, ahol a termékek élők munkáigénye viszonylag nagy, ezért kevésbé standardizáltak a folyamatok (Vachter és Bányai 2021 és Nagy et al. 2020).

A különböző érzékelőknek emiatt kiemelt fontossága van az élelmiszeriparban és nagyban hozzájárulnak ahhoz, hogy egy adott gép mennyit tudjon fejlődni és milyen szinten váljon fejlettebbé. Egy gyakorlati példa erre a Gyermelyi tésztagyár, ahol a gépekben mérlegeket,

valamint fémdetektorokat helyeztek el, utóbbi kiszűri a tésztába került fémszemcséket. Itt továbbá üzemórákat is beépítettek, amelyek a kötelező karbantartás idejét jelzik előre. A gépek távdiagnosztikai eszközökkel is fel vannak szerelve, amelyek azonnal értesítik a szervizt, így gyors reakcióval csökkenthető az üresjárat (Baksa et al. 2020).

A megfelelő érzékelő kiválasztásában számos szempontot lehet és kell is figyelembe venni, így például annak energiaigénye, a kimenetének típusa, vagy azt, hogy az érzékelő hogyan kommunikál. Az érzékelőrendszer tervezésének első lépése a megfelelő szenzortípus kiválasztása, mely lehet egy hőmérő vagy egy kamera, amely a termikus jelenlétet figyeli. Ezután a második lépés az elektronika vagy a hardveres részek megtervezése, majd pedig a mechanikai rendszerek tervezése. Az ajánlott lépéseket az érzékelők kiválasztásához és elérhető érzékelők listáját a 6. ábra szemlélteti (Miranda et al. 2019).

6. ábra – Ajánlott lépések az érzékelők kiválasztásához és az elérhető érzékelők listája  
(Forrás: Saját szerkesztés Miranda et al. alapján 2019)

Alkotórészek	Lépések az érzékelők kiválasztásához	Érzékelő típusok
Érzékelők <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jelfeldolgozás</li> <li>• Adatátvitel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Érzékelők kiválasztása</li> <li>• Elektronikai/hardver tervezése</li> <li>• Mechanikai rendszerek tervezése érzékelőkhöz</li> </ul> <p><i>Szemponatok:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiaigény</li> <li>• Kimeneti jel</li> <li>• Kommunikáció</li> <li>• Beépített jelfeldolgozás</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hőmérséklet</li> <li>• Sugárzásmérő érzékelő</li> <li>• Napenergia-sugárzásmérő</li> <li>• Fényintenzitás-érzékelő</li> <li>• Hőérzékelő</li> <li>• CO<sub>2</sub>-érzékelő</li> <li>• Áramlásmérő</li> <li>• Elektromos áram és feszültségmérő érzékelők</li> <li>• Kamera</li> </ul>

Nyilvánvaló, de mégis fontos szempont a megfelelő érzékelő kiválasztásakor, hogy az adott érzékelő működési elve képes legyen a szükséges adatot rögzíteni. Így például, amennyiben az érzékelőnek egy élelmiszer méretét szükséges megvizsgálnia, akkor ebben az esetben egy képalkotó szenzor lehet a legalkalmasabb eszköz, míg amennyiben a beltartalom a fontos, akkor például ultrahangos eszköz lehet a megfelelő választás (Watson 2021).

Egy érzékelő kiválasztásakor további megemlítendő szempont a pontosság, a költség, valamint az esetleges javítás ára. Fontos továbbá, hogy mekkora magának a szenzornak a mérete,

ennyire megbízható és tud ellenállni a szennyeződéseknek. Végül pedig szintén lényeges, hogy mennyire bonyolult a működése és kalibrálása (Patel és Doddamani 2019).

Bár Hall (1991) szempontrendszere főleg a bioszenzorokra épül, szerinte fontos követelménye ezeknek az eszközöknek a kimeneti jel megfelelősége a mérési környezethez, a pontosság és ismételhetőség, az érzékenység és felbontás, a válaszidő hossza, a hőmérséklettel szembeni érzéketlenség és az elektromos és egyéb környezeti zavarokkal szembeni érzéketlenség, a tesztelhetőség és kalibrálhatóság, a megbízhatóság és önellenőrző képesség, a fizikai ellenállóképesség, a karbantartási igény, a beruházási és üzemeltetési költségek, a szenzor élettartama és használhatósága a felhasználó számára.

Sokoldalúságuk és magas szintű funkcionalitásuk miatt az élelmiszer-feldolgozó iparban széles körben használnak érzékelőket. Patel és Doddamani (2019) szerint ezek közé tartoznak a közelségérzékelők (induktív, kapacitív és ultrahangos), a hőmérséklet-érzékelők (ellenállás hőmérők, infravörös érzékelők, termisztorok és hőelemek), a páratartalom-érzékelők (optikai, gravimetrikus, kapacitív, ellenállásos, piezoellenállásos és magnetoelasztikus típusok), a bioszenzorok (amperometrikus, konduktométeres, termometrikus és potenciometrikus), továbbá a kemoszensorok, nyomásérzékelők, az ún. elektronikus nyelvek (ízérzékelők), nyomaték- és frissességérzékelők, valamint a pH- és gázérzékelők. Az élelmiszeriparban a gépi tanulási modelleknek nagyobb jelentősége van, mivel itt nagy mennyiségű terméket állítanak elő, így jelentős mennyiségű adat keletkezik ahhoz, hogy a modellt fejleszteni lehessen (Watson 2021).

A szakirodalomban eltérő nézőpontok jelennek meg az érzékelők értékelésében. Míg Miranda és társai (2019) a tervezési folyamatról és a technikai jellemzőkről ír, Patel és Doddamani (2019) inkább a költség és méret szempontjait emelik ki, Watson (2021) pedig a mesterséges intelligencia és a gépi tanulás szerepét helyezi előtérbe. Ez jól mutatja, hogy az érzékelők vizsgálatánál nem létezik egyetlen értékelési szempont, hanem mindig a konkrét ipari környezet határozza meg a prioritásokat.

Összességében az érzékelők fejlődése nemcsak a termelési folyamatok automatizálását és hatékonyságát támogatja, hanem a fenntarthatóság és az élelmiszerbiztonság megvalósításának is alapfeltétele. Ugyanakkor új kihívásokat is teremt, például az érzékelők karbantartásának, a rendszeres kalibrálásnak és az adatbiztonság biztosításának szükségességét.

## 2.7. A hőmérséklet mérése az élelmiszeriparban

Az élelmiszeriparban a hőmérsékletmérésnek kiemelt szerepe van, ezért különösen azok az érzékelők használhatók jól, amelyek megbízhatóak, megfelelő hőmérsékleti tartományban működnek és ipari környezetben is jól teljesítenek. A gyakorlatban a  $-50$  és  $+150$  °C közötti mérések a legelterjedtebbek. Gőzfejlesztést alkalmazó gyártósoroknál azonban ennél magasabb tartományok is előfordulnak (Kress-Rogers és Brimelow 2001).

A hőmérőket több különböző tényező alapján lehet kategorizálni. Az egyik ilyen csoportosítás az érintkezés módja a mérés közben. Ez alapján két fő típust különböztetünk meg, a közvetlen érintkezéses és az érintkezés nélküli hőmérőket. A közvetlen érintkezéses hőmérők működésük során közvetlenül érintkeznek a mérendő felülettel. A működési elvük alapján lehetnek mechanikaiak vagy elektromosak. A mechanikai hőmérőkön belül is megkülönböztethető többféle hőmérő típus, a gázhőmérők, a folyadéktöltésű üveghőmérők, a fémek hőtágulásán alapuló hőmérők, valamint nyomásváltozáson alapuló hőmérők.

A gázhőmérők a hő és energia kölcsönhatásait leíró termodinamikai törvények alapján működnek, ezért igen pontosak tudnak lenni a hőmérséklet mérése során. Ezek előnye, hogy működésüknek köszönhetően a mérési eredmény mindenhol és mindenkor ugyanazt jelenti, hátrányuk pedig, hogy ipari mérésre nem alkalmasak. A folyadéktöltésű üveghőmérőben a folyadék tágulása alapján lehet mérni a hőmérsékletet. Használatuk viszonylag egyszerű, viszont törékenyek a kialakításuk miatt, valamint nem alkalmasak a távérzékelésre. A fémek hőtágulásán alapuló hőmérők technológiája arra alapszik, hogy mivel a hőmérséklet emelkedésével a fémek megváltoztatják a méretüket, van lehetőség ezt a különbséget mérni. Előnyük, hogy masszív felépítésűek és alacsony árúak, viszont nagy hátrányuk, hogy nem olyan pontosak, mint a többi hőmérő típus, mivel akár 2-3%-ot is tévedhetnek. E kategórián belül két típus létezik, a dilatációs és a bimetalos hőmérők. Végül a nyomásváltozáson alapuló hőmérők a mérendő térben lévő gáz vagy folyadék nyomásának változásán alapulnak, ez alapján különböztetünk meg gőz- vagy folyadéktenziós hőmérőt. Mivel a hőmérséklet növekedésével a nyomás is változik, az ebből adódó nyomásváltozást tudja érzékelni ez az eszköz. Előnyük, hogy szintén kevésbé költségesek és messziről is jó mérési lehetőséget biztosítanak. Azonban a mérés során gyakran merülhet fel mérési hiba.

Az elektromos hőmérők esetében három kategóriát különíthetünk el, a termoelemeket, az ellenállás hőmérőket és a termisztorokat. A termoelemek két különböző fém érintkezésénél keletkező feszültséget mérik, így azok különbségén alapulva számítható ki a hőmérséklet. Előnyük, hogy gyors válaszidőt biztosítanak, viszont a mérési folyamat komplikáltabb. Az ellenállás hőmérőket vagy más néven RTD-k (Resistance Temperature Detector), a fémek hőmérsékletfüggő ellenállásváltozása alapján mérik. Nagy pontosságuk és alacsony mérési bizonytalanságuk miatt gyakran használják őket ipari környezetben. A termisztorok működése a félvezető anyagok hőmérsékletfüggő ellenállásváltozásán alapul. Megkülönböztethetünk negatív és pozitív hőmérsékleti együtthatós termisztorokat attól függően, hogy a hőmérséklet emelkedésével csökken vagy nő a fajlagos ellenállásuk.

A már korábban említett másik nagy kategória az érintkezés nélküli hőmérők. Ezek a hőmérők a mérendő objektum által kibocsátott infravörös sugárzás mérésével tudják meghatározni a felületek hőmérsékletét, ennek köszönhetően pedig nem szükséges, hogy közvetlenül érintkezzenek a mért felülettel. Ezeket infravörös hőmérőknek vagy más néven pirométereknek nevezzük. Előnyük a gyors és biztonságos mérés anélkül, hogy közvetlen kapcsolatba kellene lépni a mérendő felülettel, emiatt különleges helyeken is jól használhatók. Hátrányuk azonban, hogy ügyelni kell arra, hogy a műszer lencséje és a mérendő felület is tiszta legyen, valamint a pontos eredmény érdekében az eszközt a mérési hely hőmérsékleti viszonyaihoz kell igazítani. Továbbá arra is érdemes figyelni, hogy a mérendő test emissziós fokát - vagyis azt, mennyire képes hőt kisugározni a felülete - megfelelően kell megbecsülni, mert ennek helytelen megadása torz eredményt adhat (Fenyvesi 2010 és Szalai 2020).

Egy másik csoportosítási szempont a hőmérséklet-érzékelők esetén a felhasználás módja. Ez alapján megkülönböztethetünk beszűrő hőmérsékletmérőt, továbbá infravörös hőmérőt, merülő, levegő vagy felületi hőmérsékletmérő műszereket is. Ezeket az alapján lehet különválasztani, hogy például milyen módon hozzuk érintkezésbe felhasználáskor a hőmérőt, beszűrjük a mérendő anyagba, vagy csak egy adott helyiségben helyezzük el (http6). Ezzel szemben Kress-Rogers és Brimelow (2001) egy másik csoportosítást különböztet meg, a mechanikai (erőhatáson alapuló) hőmérőket, az elektromos hőmérőket és infravörös érzékelőket.

A fentiekén kívül a hőmérséklet-érzékelők kapcsán már léteznek olyan ún. idő-hőmérséklet-érzékelők (Time Temperature Indicator -TTI), amelyek az élelmiszerlánc során alkalmasak a

termék hőmérsékletének ellenőrzésére. Ezek leginkább a hűtött és fagyasztott élelmiszerek esetén jelentős fontosságúak. Ezek az érzékelők általában a csomagoláson helyezkednek el kisméretű öntapadós címkeként. Amennyiben a termék hőmérséklete eltér az előírt értéktől, a címkén színváltozás vagy mechanikai deformáció történik, amely jelzi az előírt hőmérséklettől való eltérést, valamint a kitétség időtartamát (Bibi et al. 2017).

Az élelmiszeriparban az egyik legelterjedtebb hőmérséklet-érzékelő a már feljebb is említett ellenállás hőmérők. Ezen belül is a Pt100-as típusú hőmérő az egyik népszerű típusa. Ezek elterjedését az ipari automatizálás és a környezetvédelmi előírásoknak való megfelelés is ösztönzi. A jövőbeni fejlesztések kulcsterületei lehetnek olyan kialakítások, amelyeket még magasabb hőmérsékleten is alkalmazni lehet, megbízhatóbbá és pontosabbá válnak, továbbá egyszerűbben kalibrálhatók (Webster 1997).

A közvetlen érzékelést igénylő szenzorok szintén okozhatnak kihívást, mivel gyakran kell beavatkozni az élelmiszer szerkezetébe vagy állapotába, például, ha bele kell szúrni az élelmiszerbe, ami kockázatot jelenthet a termék minőségére nézve. Ezért a közvetlen kapcsolatot nem igénylő hőmérséklet-érzékelők, mint például az idő-hőmérséklet-érzékelők előnyben részesülnek azoknál a termékeknél, amelyek összetétele jelentősen változó.

A megfelelő szenzor kiválasztása számos kihívással járhat Weston és társai (2021) szerint, különösen a feldolgozatlan, friss élelmiszereknél, amelyek összetétele természetes módon változik. További nehézség szerintük, hogy nincs olyan univerzális szenzor, amely mindenre alkalmas, és mindenféle romlást vagy minőségi problémát képes lenne jelezni. Így például a romlási folyamatok sokfélesége miatt inkább az erre a célra tervezett, vagy több paramétert mérő rendszerek alkalmazása a legjobb, azonban ezek bonyolultabbak és költségesebbek is.

Az ipari sütési folyamatoknál a hőmérséklet-szabályozásnak nemcsak a termék minősége, hanem az élelmiszerbiztonság szempontjából is kiemelt jelentősége van. Taghlaoui és társai (2025) ipari környezetben, többek között ostyagyártásban, végeztek kísérleteket. Ezek során azt igazolták, hogy nem elég az, amennyiben a sütési folyamat során elegendő idő telik egy adott hőmérsékleten, mivel eközben más szempontok, például a nedvességtartalom is jelentősen befolyásolja, hogy elegendő baktérium haljon meg ahhoz, hogy az élelmiszer biztonságosan fogyasztható legyen.

A bemutatott hőmérséklet-érzékelők mindegyikének megvan a maga sajátos előnye és hátránya. Ezért az adott eljárás és környezeti feltételek segítenek abban, hogy megtaláljuk a megfelelő eszközt. Így például a nyomásváltozáson alapuló hőmérők pontosságuk és megbízhatóságuk korlátjai miatt nem megfelelően használhatók az élelmiszeriparban. Ezzel szemben a gázhőmérők ugyan nagy mérési pontossággal rendelkeznek, de ipari mérés során már nem alkalmazhatók.

Ugyanakkor, ahogy korábban is említettem, az élelmiszeriparban az ellenállás hőmérők, különösen a Pt100 típus, nagyon megbízhatónak számítanak, mivel nagy pontosságot és hosszú távú stabilitást nyújtanak a széles hőmérsékleti tartományban. Ez különösen fontos ott, ahol a hőmérséklet folyamatos és pontos utókövetése fontos feltétel. Míg az infravörös hőmérők ezzel szemben nem a folyamatos mérésben, hanem a gyors, érintésmentes ellenőrzésben nyújtanak előnyt. Ezek higiéniai szempontból különösen hasznosak tudnak lenni, hiszen nem érintkeznek az élelmiszerrel, és alkalmasak a felületi hőmérsékletek azonnali vizsgálatára. Az ostyasütés során ezért ez a két típus alkalmazható leginkább. Míg az ellenállás hőmérők a sütési folyamat stabilitásának biztosítására tűnnek legalkalmasabbnak, addig az infravörös érzékelők segítséget nyújthatnak abban, hogy a sütőfelületek hőeloszlását gyorsan és hatékonyan ellenőrizzük. Így mindkét technológia a maga előnyei révén képes hatékonyan támogatni a gyártás minőségének és biztonságának fenntartását.

## 3. Anyag és módszer

### 3.1. A Ziegler körkemencés ostyasütő gép működésének bemutatása

Dolgozatomban a korszerűsítés tárgya a Ziegler gépgyár által gyártott körkemencés ostyasütő gép. A korszerűsítéshez először alaposan meg kell ismernünk ennek a berendezésnek a működését. Ehhez egyrészt a Ziegler János által 1977-ben benyújtott 177788 lajstromszámú szabadalmi bejelentés, valamint a Ziegler gépgyár honlapján található felvételek (<http3>) voltak a segítségemre. Továbbá a 2025. június 27-ei Ziegler gépgyárban tett gyárlátogatás során Orosz Milán, a cégnél dolgozó gépészmérnök bemutatta a gép működését, illetve gyártásának folyamatait, amelynek köszönhetően számos hasznos ismerettel gazdagodtam.

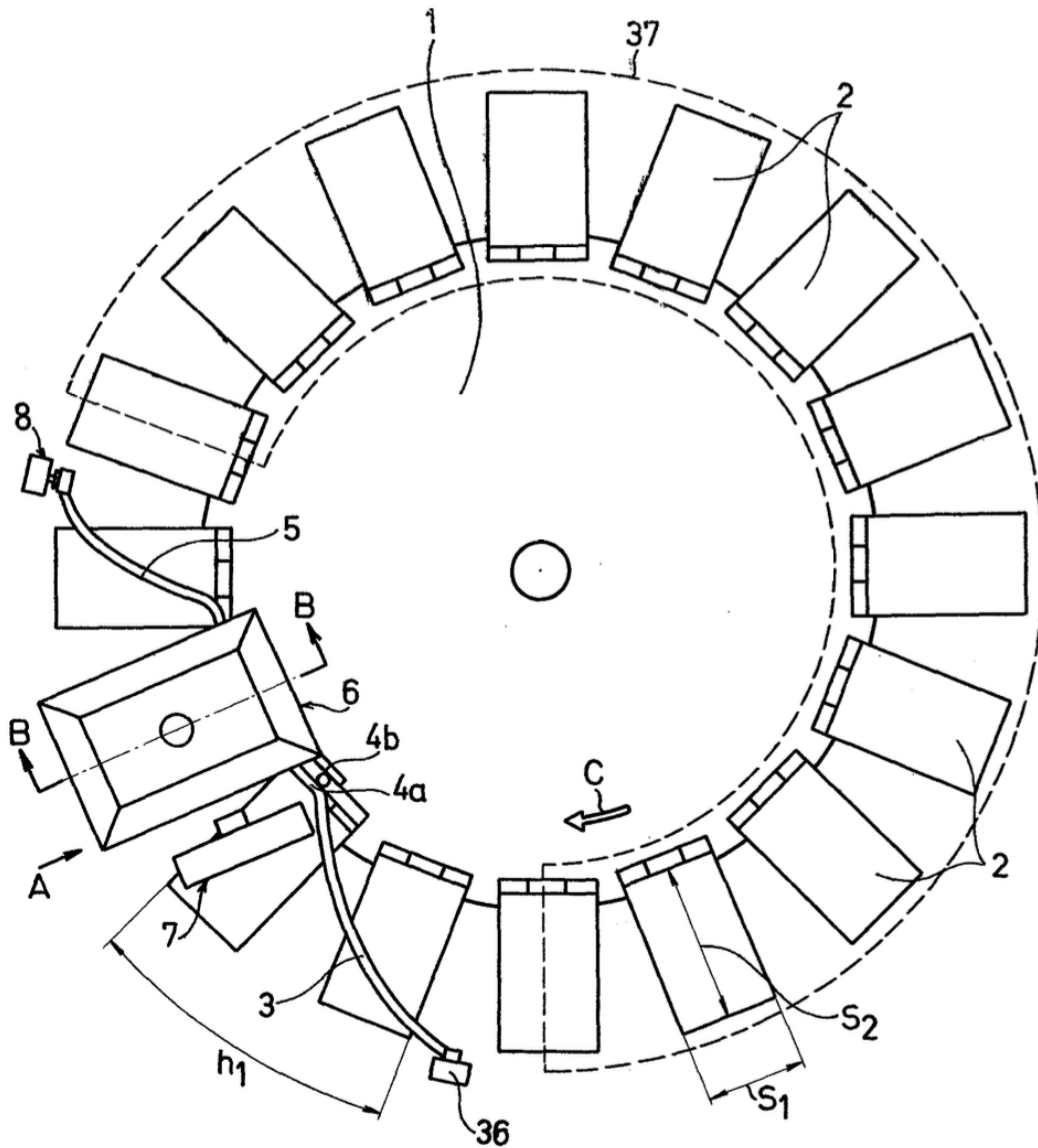
Az 1977-ben bejelentett verzió két rajzát az alábbiakban látható a 7. és a 8. ábrán. Ezeken az ábrákon az 1-es számmal van feltüntetve az alaptárcsa, amely a C haladási irányban halad körbe. A legelső berendezések még máltai keresztet hajtóművel, szakaszos körmozgással forogtak körbe, az újabb verziók azonban már folyamatosan, megszakítás nélkül működnek. A forgás elektromos vezérléssel működik ezeknél a gépeknél, maga a sütés is legtöbbször elektromos fűtéssel történik. Az alaptárcsán helyezkednek el a 2-essel jelölt sütőlapok, amelyek száma és mérete határozza meg elsősorban, hogy az adott gép mekkora kapacitással tud működni, azaz hány kilogramm tésztát vagy hány darab sajtos tallért tud megsütni a gép óránként. Mindezt befolyásolja az alaptárcsa forgásának sebessége és a sütési hőmérséklet is, amelyek a beállítandó paramétereiktől függenek. Általában két vagy négy darab ostya helyezkedik el egy sütőlapon.

A tészta a 6-os számmal jelölt adagolókészülékből kerül ki az épp alatta elhelyezkedő sütőlapra. A 8. ábra részletesebben bemutatja a 7. ábra egy nagyított részletét az A nyíl irányából. Az adagolókészülék a 24-es számmal jelölt nyersanyagtartályból és a 25-ös köpenyből áll. A berendezés működésekor mindig egy sütőlap megáll az adagolókészülék alatt, amelyre ilyenkor egy dugattyú segítségével a meghatározott mennyiségű tésztát rányomja kettő vagy négy adagban, attól függően, hogy hány darab ostyát sütnek meg egy sütőlapon. A sütőlap ezután az 5-essel jelölt zárósínen, amely egyben kényszerpályaként is működik, továbbhaladva összecsucodik, azaz a felső sütőlap rázáródik az alsóra. Ennek köszönhetően a sütőlapra kinyomott tészta szétlapul és megindul a sütés folyamata a 37-es számmal jelölt sütőtérbe kerülve. Ez mindaddig tart, amíg a sütőlap körbeér az alaptárcsán, és nekiütközik a 36-os számmal jelölt baknak. A zárást tovább segíti a 8-as számmal jelölt zárószerkezet is, amelynek

a 28-as számmal jelölt zárógörgője biztonsági szerepet tölt be, valamint a 13-as számmal jelölt horony is egyben tartja és haladásra kényszeríti az összezárt sütőlapokat.

7. ábra – Ziegler ostyasütő gép szabadalmi rajza I.

(Forrás: Ziegler 1977 alapján)



Jelmagyarázat: 1 alaptárcsa, 2 sütőlap, 3 sín, 4a és 4b vezetősínek, 5 zárósín, 6 adagolókészülék, 7 leszedőszerkezet, 8 zárószerkezet, 36 nyitóbak, 37 sütőtér, S1 sütőlap szélessége, S2 sütőlap hosszúsága, C haladási irány, h1 vetületi hossz, amely a sütőlap szélesség méretének (S1) kétszeresével, plusz két sütőlap közötti távolsággal egyenlő

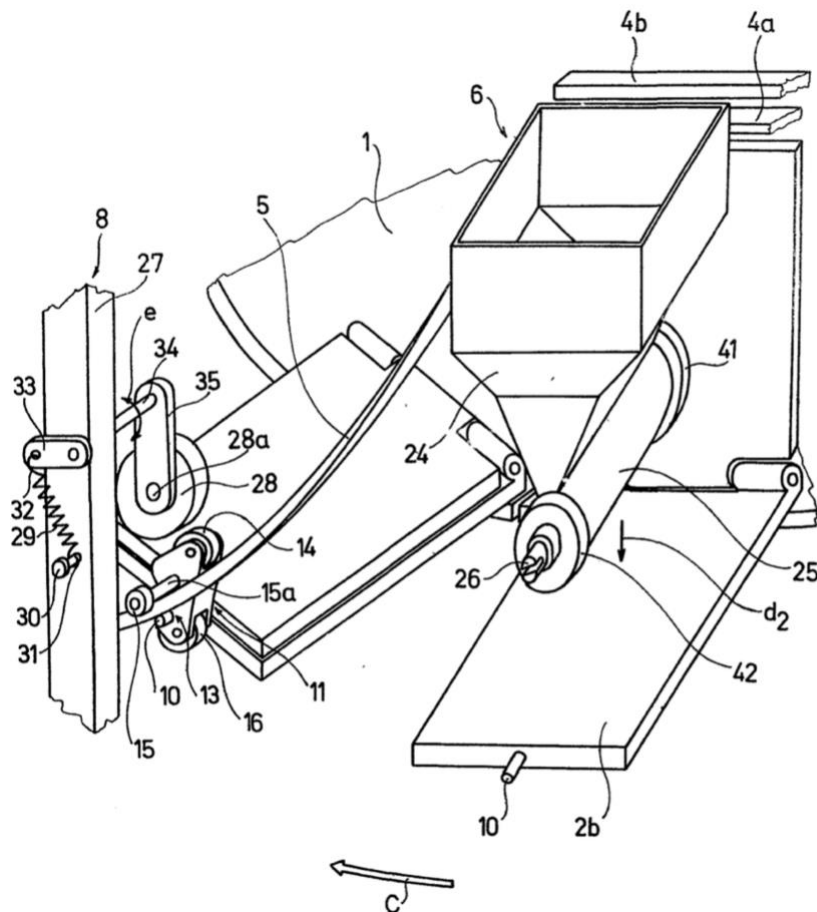
A sütőlap kilépve a sütőtérből nekiütközik a baknak, ekkor a horony eltávolodik a sütőlaptól és a 11-es számmal jelölt kallantyúnak a 15-ös számmal jelölt görgője felmegy a 3-as számmal jelölt sínre. Ennek köszönhetően a sütőlap kinyílik és a felső sütőlap eltávolodik az alsótól,

amely tovább halad az eredeti pályáján. Ekkor a 7-es számmal jelölt leszedőszerkezet a megsült ostyákat egy lapát segítségével egy helyben tartja, miközben az alsó sütőlap tovább mozog és megint az adagolószerkezethez ér, ezután indul a folyamat újra a kör alakú pálya révén.

A leszedőszerkezet segítségével a kész ostyák leválnak a sütőlapról, majd vagy egy gyűjtőládába kerülnek, vagy átkerülnek egy erre kialakított spirálhűtő berendezésbe, ahol lehűtik, majd becsomagolják őket. Ez látható a 8. ábrán.

8. ábra – Ziegler ostyasütő gép szabadalmi rajza II.

(Forrás: Ziegler 1977 alapján)



Jelmagyarázat: 1 alaptárcsa, 2b sütőlap, 4a és 4b vezetősínek, 5 zárósín, 6 adagolókészülék, 8 zárószerkezet, 10 pecek, 11 kallantyú, 13 horony, 15 görgő, 15a csap, 16 görgő, 24 nyersanyagtartály, 25 köpeny, 26 tengelycsuk, 27 tartórúd, 28 zárógörgő, 28a csap, 29 rugó, 30 tartócsap, 32 horog, 34 csap, 35 tartókar, 42 zárólap, C haladási irány

### **3.2. A korábbi és a jelenlegi Ziegler körkemencés ostyasütő gépek különbségei**

A jelenleg gyártott Ziegler körkemencés ostyasütő gépek számos fejlesztésen mentek át, mire elérték mai formájukat. Mára ez a kialakítású gép nem tartozik a legelterjedtebbek közé, illetve nem ez a legtermelékenyebb verzió az ostyagyártáshoz. A tömeggyártásra a legalkalmasabb a gázfűtésű hosszanti kialakításban működő berendezés. Az elektromos meghajtású, kisebb körkemencés gép viszont továbbra is kiváló megoldás kisebb üzemek részére, ahol nincs akkora tér és nem cél a nagy kapacitás elérése.

A korszerűsítésre való felkészülés során több körkemencés kialakítású géptípust is meg tudtam ismerni. Egyrészt az első verziók egyikét, a szabadalmi bejelentésben szereplő eszközt a dokumentációján keresztül tanulmányoztam. Továbbá ebben dolgozatomban példaként bemutatott, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Műszaki Intézetéhez tartozó Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Gépek Tanszék által fenntartott gödöllői Élelmiszeripari-technológiák és gépek laboratóriumában megtalálható Ziegler körkemencés ostyasütő gépet, amelyet dolgozatomban tervezek korszerűsíteni. Ez egy 1998-ban gyártott, kevés fejlesztést tartalmazó ostyasütő. Végül pedig volt lehetőségem megtekinteni a Ziegler Kft. zsámbéki üzemében található újabb típusú, 2021-ben gyártott berendezését, amely jelenleg is üzemel. Az egyetemen lévő gép tehát a korábbi, régebbi verziójú körkemencés ostyasütő, míg a gyárban ugyanezen gép újabb, korszerűbb változata működik.

Az újabb ostyasütő gépek egyik különbsége a már korábban említett szakaszos működés lecserélése folyamatosra. A korábbi gép máltai keresztet hajtóművel, szakaszos körmozgással forog körbe, míg az újabban már folyamatos haladással mennek körbe a sütőlapok. A működés így gyorsabbá és folyamatosabbá vált. Emellett az újabb gépekben több sütőlap található. A legkorábbi verzióban tizenhat sütőlap volt, míg az egyetemi gépnél és az újabb típusoknál már huszonnégy. Az újabb gépeknél a sütőlapok nagyobbak, így ezeken egyszerre akár kilenc sajtos tallér is süthető, a korábbi két darab helyett.

Ezen fejlesztések által a modern gép kapacitása nagyban megnőtt. Míg a korábbi gép óránként 8,5 kilogramm ostyát tudott készíteni, az újabb akár 16 kilogrammot is. A gép kezeléséhez továbbra is elég egy kezelő jelenléte. A két gép közötti különbségeket jól szemléltetik az oldalukon elhelyezett táblák, amelyek az adataikat mutatják be.

## 9. ábra – A régi és az új Ziegler ostyasütő gép adatai

(Forrás: Saját fotók)



Ahogy a 10. ábrán bemutatott képeken is látható, az évek alatt sokat fejlődött a gépek kezelőfelülete. Mára érintőképernyős, digitális kijelzőn keresztül lehet állítani a paramétereket és irányítani a gépet, korábban erre nem volt lehetőség, a gép kezelése kizárólag fizikai gombokkal történt. Habár a legkorábbi verziókban még nem volt programozható logikai vezérlő (PLC) beépítve a gépbe, csupán okos relék voltak bennük, a vizsgált berendezésekben, a régebbi és az újabb változatban egyaránt megtalálható ez a funkció.

## 10. ábra – A régi és az új Ziegler ostyasütő gép

(Forrás: Saját fotók)



A hűtés és a csomagolás fázisa már nem az ostyasütés szerves részét képezi. Érdeemes azért megemlíteni, hogy további különbség az egyetemen és a Ziegler gyárban lévő gépek között, hogy míg az előbbinél a sütés után a késztermék egy edénybe esik, majd a csomagolás kézzel történik, miután a termék kihűlt. Ezzel szemben, ahogy a 10. ábrán a jobboldali képen is látszik, az ostyák egy spirálhűtő berendezésbe folytatják útjukat, ahol a haladás során lehűlnek, majd kötött pályán haladva jutnak el a csomagolásig.

Végül további különbség, hogy az újabb gépekben érzékelők is találhatóak. Ezek közül a hőmérő játszik kiemelten fontos szerepet, hiszen a sütést csak megfelelő hőmérséklet elérésekor lehet megkezdeni. A régi gépen még nincs semmilyen érzékelő, ami segíti a sütőlapok hőmérsékletének megismerését. Erre csupán manuális úton, lézeres infravörös hőmérővel van lehetőség. A jelenlegi gépekben már Pt100 típusú hőmérőt alkalmaznak, amelyet az első sütőlapba építettek be. A hőmérsékletméréséről bővebben a következő fejezetben írok.

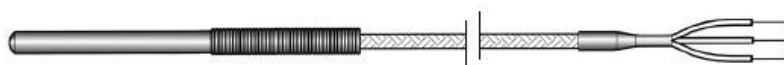
### **3.3. A hőmérséklet mérése a Ziegler körkemencés ostyasütő gépnél**

A Ziegler ostyasütő gépek hőmérséklet-érzékelőinek működését gyárlátogatás és írásos interjú keretében ismerhettem meg. Utóbbit a Ziegler Kft. gépészmérnökével, Orosz Milánnal készítettem 2025 júliusában. Az interjú szövegét mellékletként csatolom. A gyárlátogatás, korábbi beszélgetések és az interjú alapján sikerült alaposan megismernem, hogy miként és miért történik a hőmérsékletmérés ezeknél a gépeknél.

Ahogy azt az előző bekezdés végén említettem, a jelenlegi Ziegler körkemencés gépeknél Pt100 típusú hőmérőt alkalmaznak. Erről látható kép a 11. ábrán is. Ilyen típusú érzékelőt a korábbi gépeknél is használtak, amióta a sütés közben mérik a hőmérsékletet. Az alkalmazott érzékelő teflon kivezetéssel, törésgátló rugóval, patronos és rozsdamentes kivitelben készül.

11. ábra – Az új Ziegler ostyasütő gépben használt Pt100 típusú hőmérő rajza

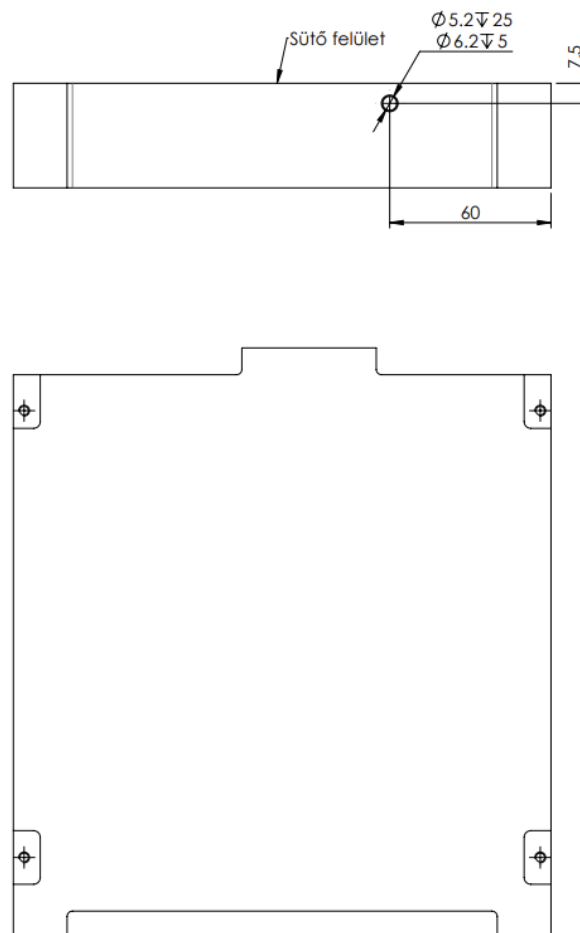
(Forrás: <http7>)



Az érzékelő feje 5 mm átmérőjű és 50 mm hosszú, lekerekített végű, valamint 0-300 °C közötti hőmérséklet mérésére alkalmas. Ezek a gépek 150 és 170 °C közötti hőmérsékleten működnek; a pontos hőmérséklet a késztermék típusától és jellegétől függ. A mérési tartomány így teljes mértékben lefedi a sütési hőmérsékletet.

A mérőeszköz az első sütőlapban van elhelyezve: az alsó sütőlap hátuljába vezetik be egy 5,2 mm átmérőjű furaton keresztül, a sütőfelülettől 7,5 mm-re. Az érzékelő legfelső pontja 5 mm-rel a sütőfelület alatt helyezkedik el. A gondos elhelyezésnek és a hőpaszta alkalmazásának köszönhetően az érzékelő jól védve van a portól és a zsiradéktól. A 12. ábra az első sütőlap rajzát mutatja be, amelyet a Ziegler Kft. bocsátott a rendelkezésemre. Ezen láthatjuk a sütőlap rajzát, valamint felül oldalnézeten az érzékelő pontos elhelyezkedését is.

12. ábra – Az új Ziegler ostyasütő gépben használt Pt100 típusú hőmérő elhelyezkedése a sütőlapon  
(Forrás: Ziegler Kft.)



A mért hőmérsékleti adatok kapcsán nem végeznek naplózást vagy adatelemzést, mivel ez a cég véleménye szerint nem szolgáltatnának többletinformációt ahhoz képest, mint amit a gép kezelője szemrevételezéssel vagy mintavételezéssel ne tudna megállapítani. Tervben van azonban, hogy a Pt100 típusú hőmérők helyett beépített infravörös érzékelőket használjanak, amelyek nemcsak az első, hanem az összes sütőlap hőmérsékletét képesek mérni. Az ilyen típusú mérésnek számos előnye lenne, és a nagyobb, nem körkemencés kialakítású gépeknél már alkalmazzák is. Az ott használt érzékelők 40 és 600 °C közötti tartományban tudnak mérni.

Az infravörös érzékelők több előnyt kínálnak, egyrészt nemcsak az első sütőlap, hanem az összes lap hőmérsékletéről szolgáltatnak adatot, így a hibás fűtőbetétek könnyebben észlelhetők. Másrészt lehetővé teszik a sütés korábbi megkezdését, és egyszerűbb szerkezetük kevesebb alkatrészt igényel. Emellett akár hamarabb is meg lehetne kezdeni a sütést azokon a sütőlapokon, amelyek már elérték a kívánt hőmérsékletet. További előny, hogy beszerelésükhöz kevesebb alkatrész szükséges, és a forgácsolt elemek száma is csökkenthető. Jelenleg azonban véleményük szerint ez a megoldás jóval költségesebb lenne, ezért a körkemencés sütőknél még nem került bevezetésre. Ugyanis egy ilyen érzékelő beszerzési ára a gyártó honlapja alapján, 510,64 dollár, ami jelenlegi árfolyam alapján 170 000 Ft ([http8](http://8)). Kapcsolatba léptem a Pt100 típusú hőmérőt árusító céggel és visszajelzésük alapján egy darab eszköz ára nettó 8 603 Ft. Mindez alátámasztja a gyártó állítását, hogy valóban jelentős különbség van a két hőmérő típus ára között.

A hőmérsékletmérésnek kiemelt szerepe van az ostyasütő gépeknél, mivel a termék minősége nagyban függ attól, hogy a megfelelő hőfokon történt-e a sütési folyamat. Alacsonyabb hőfokon az ostyatészta nem sül meg, a magasabban pedig túlságosan kiszárad vagy akár megég. Pontos méréssel viszont egyrészt egyenletes termékminőséget is tudnak elérni, másrészt a gép működésébe sem kell beavatkozni a kezelőnek, valamint kevesebb lesz a hulladék vagy selejtes termék.

A gyártó nem az energiagazdálkodás miatt használja a hőmérőt, hanem azért, hogy biztosítsa a megfelelő termékminőséget. Azonban akár energiagazdálkodás szempontjából is szerepet játszhat az a tényező, hogy mekkora hőmérsékletre kell felfűteni a sütőlapokat, mivel a berendezést bekapcsolás után el kell érnie a kívánt hőfokot ahhoz, hogy a sütési folyamat el tudjon indulni és az ostyák meg tudjanak sülni. Amikor pedig eléri a sütési hőmérsékletet, akkor megszűnik a fűtés, ezzel energia takarítható meg mindaddig, amíg a beállított alsó határérték

alá nem csökken a hőfok, ami után pedig újra bekapcsol a fűtés. Ezáltal nem fűt feleslegesen a rendszer. Ez az energiagazdálkodás mellett hozzájárul a gép élettartamának növeléséhez, mivel a túl magas érték károsíthatja a sütőlapokat vagy a fűtőelemeket, valamint a felesleges fűtés a berendezés terhelését is növeli.

Érdemes megemlíteni, hogy más gyártóknál is hasonló műszaki megoldásokat alkalmaznak az ostyasütő gépekben. A Franz Haas Waffelmaschinen GmbH által gyártott ipari ostyakészítő gépeknél, amelyeket Steinbach és társai (2023) vizsgáltak egy kísérlet során, a hőmérsékletet nem kontakt érzékelőkkel, hanem infravörös hőmérőkkel mérik, amelyek az alsó és felső sütőlapok felületére irányítva érzékelik a hőmérsékletet. Ez a megoldás lehetővé teszi a sütőlapok hőmérsékletének folyamatos, ciklikus nyomon követését. Ugyanakkor arra jutottak, hogy mivel a sütőlapok felülete nem mindenhol egyforma (például korrózió vagy elszíneződés miatt), emiatt a sugárzott hő eltérhet, ami a hőmérő mérésében torzítást okozhat.

### **3.4. A fejlesztési cél meghatározása**

Ahogy már említettem korábban, a fejlesztés során a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Műszaki Intézetéhez tartozó Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Gépek Tanszék által fenntartott gödöllői Élelmiszeripari-technológiák és gépek laboratóriumában megtalálható Ziegler körkemencés ostyasütő gépet tervezem korszerűsíteni. A fejlesztési cél meghatározása alapvető lépés minden gép korszerűsítése során, mivel kijelöli azokat az irányokat, amelyek mentén a tervezés, a megvalósítás és az értékelés történik. Egy fejlesztési folyamat akkor tekinthető megalapozottnak, ha a cél világos és mérhető.

Ezért a dolgozatomban a fejlesztési cél meghatározásához azt a gondolatmenetet követem, hogy először összefoglalom, hogy mi a korszerűsíteni kívánt ostyasütő gép jelenlegi állapota, vagyis a kiinduló helyzet. Ezután összegyűjtöm, hogy mi a fejlesztési cél, amelyet a gép kapcsán kitűzök, illetve milyen vizsgálati kérdéseket kell feltennem és megválaszolnom ahhoz, hogy a korszerűsítés sikeres legyen. Majd elemzem, hogy milyen módon és milyen eszközökkel történnek a mérések, amelyek segítik a vizsgálati kérdések megválaszolását, ismertetve a mérőeszközöket és mérési módszereket. Ezt követően összegyűjtöm a várható előnyöket, amelyek a mérések során tapasztalhatók, hogy a korszerűsítés tényleg hoz-e valami pozitív változást, azaz tudunk-e felmutatni olyan adatokat, amelyek előremutatóak. Végül áttekintem, hogy milyen eredményt várunk a kitűzött fejlesztési céltól, amely alapján a korszerűsítés sikeresnek értékelhető.

### **3.4.1. Kiinduló helyzet**

A korábban leírtak alapján a jelenlegi helyzet tehát az, hogy a korszerűsíteni kívánt Ziegler körkemencés ostyasütő gép nem rendelkezik még hőmérséklet-érzékelővel. Ezért a sütési folyamat hőmérsékleti paraméterei jelenleg csak tapasztalat alapján ítéltethők meg, ami kockázatot jelent akár a termékminőség, akár pedig az energiahatékonyság szempontjából.

Ezzel szemben a modern verzióban már van beépítve egy Pt100 típusú hőmérő, de ez csak az első sütőlapban található meg. Ez bizonyos fokú ellenőrzést nyújt, és sok információt ad arról, hogy mikor érdemes a sütési folyamatot elindítani, ugyanakkor nem ad teljes képet a sütőlapok közötti hőeloszlásról és továbbra is keletkezik emiatt sérült termék vagy fordulhat elő energiapazarlás.

A jövőbeni cél a gyártó részéről, hogy az összes sütőlap hőmérsékletét mérni képes infravörös érzékelőket építsenek be a berendezésbe. Ezzel tehát kiküszöbölhetők lennének a fenti kihívások és az egész gép működésére és a sütés teljes folyamatára nagyobb rálátást kapnánk. Azonban ez az előrelépés a jelenlegi feltételek mellett igen költséges. Emiatt merül fel az a kérdés, hogy a korszerűsíteni kívánt Ziegler körkemencés ostyasütő gép hőmérsékletének érzékelését milyen eszközzel vagy eszközökkel érdemes megvalósítani.

### **3.4.2. A fejlesztési cél és vizsgálati kérdések**

A fejlesztés célja a megfelelő hőmérséklet-érzékelő kiválasztása, amely a gép korszerűsítését és hatékonyabb működését biztosítja. Ez az a cél, amelynek elérésével a korábban eseti, kézzel készült mérést felváltaná egy okoseszközzel történő automatizált hőmérséklet-érzékelés. Ez közvetlenül segíti feltárni azt, hogy mennyire egységesek a sütőlapok hőmérsékletei, ami minőségbiztosítási és termékkonzisztencia-szempontról kulcsfontosságú. A folyamatos adatok alapján optimalizálható a felfűtés és a sütés indításának időzítése, így elkerülhető, hogy egyes lapokra várni kelljen a célhőmérséklet eléréséig, ami a gyártás stabilitását és az energiahatékonyságot növeli. A mért adatok pedig akár karbantartási előrejelzésre is használhatók. Ennek a fejlesztésnek a felsorolt előnyökön túl abból a szempontból is releváns lenne, mivel a Ziegler gyár is gondolkodik az általuk használt jelenlegi hőmérő korszerűsítésén, így hasznos információ lehet az is, hogy a náluk tervezett fejlesztés milyen előnyökkel járhat. Ahhoz, hogy ezt a célt elérjük és a korszerűsítést megfelelően megtervezzük, vizsgálati kérdéseket szükséges feltenni. Egyrészt fontos lenne annak megismerése, hogy érdemes-e

minden sütőlap hőmérsékletét mérni, vagy elegendő a Ziegler gyárban található géphez hasonlóan csak a legelső sütőlapba hőmérőt elhelyezni. Kérdés az is, hogy vajon felhasználhatók-e a hőmérsékleti eredmények a karbantartás előrejelzésére is vagy sem.

Ahhoz, hogy ezeket a kérdéseket meg tudjam válaszolni, fontos azt is megtudni, hogy a különböző sütőlapok azonos módon melegednek-e fel a sütés során és egyszerre érik-e el a sütési hőmérsékletet. Végül pedig, azt is szeretném megtudni, hogy a sütőlapokon belül megfigyelhető-e hőmérséklet-különbség, tehát mennyire tér el egy adott sütőlap különböző pontjain a hőmérséklet. Ez a két utolsó kérdés segít abban is, hogy a legelsőkre választ kapjunk, hiszen például, ha eltérőek a sütőlapok hőmérsékletei, akkor érdemes lehet az összes sütőlap hőmérsékletét is figyelni. A sütőlapok különböző pontjainak hőmérsékletének megismerése pedig egyrészt karbantartási szempontból is előnyös lehet, másrészt a hőmérő sütőlapon belüli elhelyezésében is nyújthat információkat, hogy a sütőlapokon belül hova érdemes elhelyezni a mérőeszközt.

Összefoglalóan tehát az alábbiak a fejlesztési céllal kapcsolatos vizsgálati kérdések:

- Mutatnak-e hőmérséklet-különbségeket a különböző sütőlapok?
- Mekkora a hőmérséklet szórása a sütőlapokon belül?
- Felhasználhatók-e a hőmérsékleti eredmények a karbantartás előrejelzésére is?
- Milyen hőmérséklet-érzékelővel célszerű felszerelni a jelenlegi ostyasütőt?
- Hány hőmérséklet-érzékelőt érdemes felszerelni?

### **3.4.3. Alkalmazott módszertan**

A mérés során annak érdekében, hogy minél több információt szerezzek a fejlesztéshez, több vizsgálatot is tervezek elvégezni. Egyrészt az ostyasütő berendezés felfűtési szakaszát mérem fel, vagyis a hideg állapotból az üzemi hőmérsékletig való felmelegedést. Ennek célja a sütőlapok közötti hőmérséklet-különbség megismerése, hogy ez hogyan változik a felmelegedés során, illetve van-e olyan sütőlap, amely nem működik jól, emiatt fel sem tud melegedni. Ezután pedig a különböző sütőlapok közötti hőmérséklet-különbségeket is megfigyelem, amely pedig arra világít rá, hogy milyen a hőmérséklet-eloszlás a sütőlapokon, azaz mennyire egységes a sütőlapok felülete. Végül pedig a sütőlapokról hőkamerával fényképeket is készítek, amelyek szintén a sütőlapokon belüli hőmérséklet-eloszlás megismerésében segítenek és nyújtanak majd kiegészítést.

A mérés során két, hőmérsékletmérésre alkalmas, infravörös fényel működő érzékelőt alkalmazok. Egyrészt egy GY-906 érintésmentes infravörös érzékelőt használok, másrészt pedig egy kézi infravörös hőmérőt. Azért döntöttem ezen érzékelők kiválasztása mellett, mert egyrészt az infravörös fényt használó érzékelőket nem szükséges beszerezni a gépbe ahhoz, hogy megbízható eredményeket szolgáltatassanak. Így a mérések idejére csökkenhetők a beszerelési költségek, amíg nem derül ki biztosan, hogy milyen típusú érzékelőt érdemes választani. Továbbá emiatt ezekkel az érzékelőkkel több sütőlapot is tudunk egymás után mérni, illetve azon belül is több mérési pont kijelölésére van lehetőség egy formán belül, így az érzékelők szükséges mennyiségének meghatározásához is jól használhatók. Ezek a hőmérők mind 150-170 °C sütési hőmérséklet-tartományban is megfelelő módon működnek viszonylag jó pontossággal. A beszerzési árak pedig alacsonyak, így ideálisak egy előzetes méréshez, amely segít a későbbi korszerűsítések megvalósításában.

A GY-906 érintésmentes infravörös érzékelő 11x15 mm nagyságú és ipari környezetben is használható. Méréskor -70 °C és +380 °C közötti hőmérsékletet tud mérni  $\pm 0,5$  °C pontossággal. Ennek köszönhetően jól lehet alkalmazni a sütési hőmérséklet elérése során is. Az eszköz egy Arduino mikrovezérlőhöz csatlakozik, amely olvassa az érzékelő által szolgáltatott hőmérsékleti adatokat és folyamatosan továbbítja azokat egy számítógépre. Az Arduino ennek köszönhetően képes valós időben feldolgozni és továbbítani a mért értékeket. Ehhez a méréshez szükséges az Arduino mikrovezérlőbe egy programozással készített mérési programot elkészíteni és előzetesen feltölteni a mérés üteme, valamint folyamata kapcsán, amely segít az automatikus adattovábbítás megvalósításában. Ezért ezt a típusú hőmérőt használom a berendezés felfűtése során a sütőlapok hőmérsékletének mérésére ([http9](http://9)).

A gép normál működése során is folyamatosan haladnak körbe sütőlapok, miközben egyre melegszik a berendezés. Emiatt pedig, ennek a rekonstruálásának a mérésére ez a hőmérő alkalmas lehet, mivel képes folyamatosan leolvasni az alatta elhaladó sütőlapok hőmérsékletét és az eredményt rögtön továbbítja is a számítógépre. Ennek köszönhetően pedig nem kell a gépet menet közben leállítani a hőmérsékleti értékek regisztrálásához. Ami itt kihívást jelenthet, hogy a sütőlapok körbehaldadásának idejét minél pontosabban fel kell mérni előzetesen ahhoz, hogy a hőmérséklet mérésének az időpontját jól meg tudjuk határozni.

A másik eszköz egy kézi infravörös érzékelő lézermutatóval. Ez  $-50\text{ °C}$  és  $+380\text{ °C}$  közötti hőmérsékletet tud mérni. A GY-906 érzékelőhöz képest valamivel pontatlanabb: mérési pontossága  $\pm 1,5\text{ °C}$ . Továbbá a felbontása is  $0,1\text{ °C}$  a másik érzékelő  $0,02\text{ °C}$ -ához képest. Előnye azonban, hogy a lézernek köszönhetően könnyen lehet vele célozni és megmérni egy adott pont hőmérsékletét, valamint nem szükséges hozzá további kiegészítő, gyorsan és egyszerűen használható. Ebből kifolyólag a sütőlapokon belüli hőmérséklet-eloszlásnak feltérképezésére ez az eszköz kiválóan alkalmas, mivel a sütőlap különböző részeit könnyű vele eltalálni. Továbbá a mérés során a gépnek már nem kell forognia, így van lehetőség és idő a megmért értékek feljegyzésére is, ami ezen eszköz használata során manuálisan történik.

A két hőmérséklet-érzékelő legfontosabb adatait a 13. ábra táblázatában is összegyűjtöttem. Az adatokból kitűnik, hogy a GY-906 modul pontosabb és jobb a felbontása is, illetve, hogy a várható mérési tartományt, amely  $0-150\text{ °C}$ , mindkét hőmérő megfelelően tudja mérni.

13. ábra – Fejlesztéshez használandó hőmérséklet-érzékelők

(Forrás: Saját szerkesztés [http9](#) és [http10](#) alapján)

Hőmérő típus:	GY-906 infravörös hőmérséklet szenzor modul	WorkZone infravörös érzékelő lézermutatóval
Hőmérők fotója:		
Modell:	MLX90614	JHK-6606
Mérési pontosság:	$\pm 0,5\text{ °C}$	$\pm 1,5\text{ °C}$
Mérési tartomány:	$-70\text{ °C}$ és $+380\text{ °C}$ között	$-50\text{ °C}$ és $+380\text{ °C}$ között
Üzemi hőmérséklet:	$-40\text{ °C}$ és $+125\text{ °C}$ között	$0\text{ °C}$ és $+40\text{ °C}$ között
Felbontás:	$0,02\text{ °C}$	$0,1\text{ °C}$
Felhasználása:	Sütőlapok közötti hőmérséklet-különbség	Sütőlapokon belüli hőmérséklet-eloszlás

A hőkamerás felvételt egy mobiltelefonra csatlakoztatható FLIR ONE készülékkel valósítom meg. A kamera  $-20\text{ °C}$  és  $+400\text{ °C}$  közötti hőmérsékleteket képes mérni, körülbelül  $\pm 3\text{ °C}$  pontossággal. A készülék a hőképet és a látható fényű képet kombinálja, így a felületi részletek és hőeloszlások jól azonosíthatók. A cél az, hogy a fotókkal a sütőlapok hőmérsékleti eloszlását megjelenítsem, így ez jól kiegészíti vizuális formában a lézeres infravörös érzékelővel készített pontmérések eredményeit (<http10>).

#### **3.4.4. Várható előnyök**

Ezek a mérések azért lesznek előnyösek, mert kimutathatóvá válik, hogy a sütőlapok hőmérséklete mennyire egységes, illetve a sütőlap felülete mennyire homogén.

Mindezek hasznos információk lesznek minőségbiztosítási szempontból, hogy minden sütőlap képes-e azonos sütési hőmérsékletet biztosítani, ezáltal az ostyák egyformán sülnék-e meg. Továbbá ez a gép felfűtése és a sütés elindítása kapcsán is hasznos lehet, hogy kiderüljön, mennyit érdemes várni, amíg elindítjuk a sütést, minden sütőlap azonos sebességgel melegszik-e fel, vagy várni kell egyes lapokra, amíg eléri a szükséges sütési hőmérsékletet.

Karbantartási szempontból fontos lesz azt is megtudni, hogy ha egy-egy sütőlap hőmérséklete eltér a többiekétől, az utalhat szigetelési vagy fűtési problémára, így időben beavatkozást tesz lehetővé annak kapcsán, hogy szükséges-e cserélni az adott formát. Ugyanígy a sütőlapok közötti különbségei is rávilágíthatnak hasonló következtetésre. Például, amennyiben egy újabb sütőlap hőmérsékletétől jelentősen eltér egy másik sütőlapé, az karbantartási igényre utalhat.

Végül pedig a korszerűsítési szempontból is választ kaphatunk arra a kérdésre, hogy indokolható-e hosszú távon több beépített érzékelő alkalmazása, vajon szükséges-e minden sütőlapba hőmérséklet-érzékelőt beépíteni, vagy elegendő egyetlen hőmérséklet-érzékelő. Összefoglalóan tehát a méréseknek köszönhetően konkrét válaszokat kapunk, hogy miképpen történjen meg a gyakorlatban a korszerűsítés.

#### **3.4.5. Elérni kívánt eredmények**

A lezajlott mérésekből kapott hőmérsékleti adatok alapján célokom, hogy részletes képet kapjak a körkemencés ostyasütő gép sütőlapjainak hőmérsékletéről. Az adatok feldolgozásával szeretném feltárni a sütőlapok közötti és a sütőlapon belüli hőmérséklet-eloszlás különbségeit,

valamint ezek változását a sütési ciklus során. A mérési eredmények alapján meg kívánom határozni az egyes sütőlapok átlaghőmérsékletét, a hőmérséklet-szórást és a maximális eltéréseket, továbbá grafikus és hőtérképes ábrázolásokkal kívánom szemléltetni a lapokon belüli hőmérséklet-eloszlást. Ennek kapcsán pár kiválasztott fűtési kört, illetve sütőlapot fogok alaposabban is bemutatni.

A célom, hogy az adatok segítségével meghatározzam azokat a pontokat, ahol a hőmérséklet a legjellemzőbben mérhető, és javaslatot tegyek a szükséges érzékelők típusára és számára a jövőbeli fejlesztéshez. Emellett az eredmények alapján szeretném megállapítani, hogy a mért hőmérséklet-eloszlás alkalmas lehet-e a gép karbantartási igényeinek előrejelzésére.

### **3.5. Mérési terv**

A mérés során a korszerűsítendő Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem gödöllői Élelmiszeripari-technológiák és gépek laboratóriumában megtalálható Ziegler körkemencés ostyasütő gépet üzemszerű körülmények között vizsgálom. A mérés során használt eszközök a már korábban bemutatott GY-906 infravörös hőmérséklet szenzor modul és egy lézermutatóval rendelkező infravörös érzékelő. A mérés előtt érdemes próbaméréseket végezni, amelyek biztosítják, hogy az érzékelők megfelelően működnek. A gépet felfűteni, majd teljesen lehűteni viszonylag hosszú idő. Mivel a vizsgálat a felfűtési folyamatra is kiterjed, az első mérés során egyetlen kísérlet állt rendelkezésre, mivel a szobahőmérsékletű kiindulási állapot újbóli biztosításához meg kell várni a berendezés teljes kihűlését.

Az első mérés, amely során a sütőlapok közötti hőmérséklet-eltérést mérem, a következő lépésekből áll:

1. A kiválasztott GY-906 infravörös hőmérséklet szenzor modul mérési helyének meghatározása.
2. A berendezés beindítása fűtés nélkül ahhoz, hogy sütőlapok körbehaladásának idejét meg lehessen mérni.
3. A GY-906 infravörös hőmérséklet szenzorhoz kapcsolódó Arduino beprogramozása a sütőlapok körbehaladásának ideje alapján.
4. A GY-906 infravörös hőmérséklet szenzor mérésének és a berendezés felmelegítésének elindítása.

5. Folyamatos adatgyűjtés az adott üzemállapotban a berendezés felfűtési idejéig, az adatok digitális formátumban való rögzítésével (kör, lap, sütési hőmérséklet).

A mérés helye az adagolókészüléktől rögtön jobbra helyezkedik el, mivel ezen a szakaszon a berendezésnek kivehető a fala és könnyen hozzáférhetővé válnak a sütőlapok. Ez egy könnyen megközelíthető hely, emellett közel van a gép kezelőpanelje is, ami szükség esetén lehetővé teszi a gyors beavatkozást. Ezen indokok miatt ez a mérési pont a legideálisabb.

A mérés az 1. sütőlaptól indul és a berendezés sütési hőmérsékletének eléréséig, azaz amíg a legtöbb sütőlap kb. 150 °C-ot el nem éri. Az Arduino beprogramozása kapcsán az a fontos, hogy jól meghatározzuk, hogy egy sütőlap mennyi ideig tartózkodik a mérési helyen, annak érdekében, hogy a hőmérő egy sütőlapot csak egyszer mérjen, továbbá ne csússzon el a mérés a körök során. Emiatt célszerű először felfűtés nélkül előzetesen megmérni a sütőlap váltakozásának idejét és ez alapján kialakítani a mérések időzítését.

A második mérés során, amikor a sütőlapokon belüli hőmérséklet-eloszlást mérem, a következő lépésekből áll:

1. A kiválasztott infravörös érzékelő lézermutatóval mérési helyének meghatározása.
2. Felvesszük először az adott sütőlap középső, majd felső, alsó, baloldali és jobboldali pontjának hőmérsékletét.
3. Az adatokat folyamatosan rögzítjük.
4. Az adott sütőlap mérése után beindítjuk, majd újra leállítjuk a sütőlapok forgását, hogy a következő sütőlap is a mérési ponthoz érkezen, majd ott megálljon.

A mérés helye itt is az adagolókészüléktől jobbra elhelyezkedő szakasza a gépnek. A mérés során a gép már felfűtött állapotban van, de csak akkor forog, amennyiben már felvettük az adott sütőlap pontjainak hőmérsékletét. Azaz a forgás nem folyamatos, hanem időnként megállítjuk a gépet, amíg minden sütőlap meghatározott öt pontján le nem mérjük. A második vizsgálatnál már nem feltétlen szükséges, hogy a gépet melegítsük, mivel itt csak az adott sütőlapok meghatározott pontjainak értékeire vagyunk kíváncsiak, amihez a felfűtött állapotnál alacsonyabb hőmérséklet is ugyanúgy alkalmas.

A vizsgálatok reprodukálhatók, azonban az első méréshez kapcsolódó kísérletek között szükséges megvárni a berendezés teljes lehűlését, hogy azonos kiindulási feltételek biztosíthatók legyenek. A második mérés kapcsán csak az a lényeges, hogy az adott sütőlap

meghatározott pontjait egymás után mérjük meg, mivel itt az egymáshoz viszonyított különbség, ami számít. Ezért lényeges, hogy azonos felfűtési állapotban történjenek meg a mérések.

Egyik mérés során sem kerül sor fizikailag a hőmérséklet-érzékelők rögzítésére, hanem azokat kézben tartva történik a mérés. A GY-906 infravörös érzékelőt lehetne rögzíteni a gép valamelyik pontjára, például az oldalához. Azonban ez nem feltétlen szükséges a sikeres mérés eléréséhez. A lézermutatóval rendelkező infravörös érzékelőt azonban nem érdemes rögzíteni, mivel annak a kialakítása pont azt a célt szolgálja, hogy kézben tartva használjuk.

Az alábbi fénykép az első mérést mutatja, amelyen a GY-906 infravörös hőmérséklet szenzor látszik az Arduinoval összekötve, kézben tartva a mérési helyen, miközben méri az alatta elhaladó sütőlapok hőmérsékletét és továbbítja az adatokat a számítógépre.

14. ábra – Az első mérés fényképen

(Forrás: Saját fotó)



A mért hőmérsékleti adatok a vizsgálatok során digitálisan rögzítésre kerülnek. Ez az első mérés során automatikusan meg is történik, a kézi mérésnél pedig egyesével kell beírni az adatokat.

Az adatok összegyűjtése után azokat feldolgozva, grafikonokba rendezve jól le lehet vonni a következtetéseket és értékelni a fejlesztés során kitűzött kérdéseket. Az értékelés során a fő vizsgálati szempontok közé fog tartozni az alábbiak:

- a sütőlapok átlaghőmérsékletének meghatározása és összehasonlítása,
- a sütőlapokon belüli hőmérséklet-eloszlás vizsgálata,
- a hőmérséklet-szórás és a maximális eltérés kiszámítása,
- az eltelt sütési körök során hőmérséklet-változások elemzése grafikonok segítségével,
- valamint a túlmelegedett és alulmelegedett zónák azonosítása hőterképes ábrázolással.

A mérés során fontos számolni a mérésekből adódó bizonytalanságokkal és korlátokkal. A mérési eredmények értelmezésénél figyelembe kell venni a használt érzékelők pontosságát, a környezeti hatásokból eredő bizonytalanságokat, továbbá, mivel infravörös érzékelőkkel végzett mérésekről van szó, figyelni kell arra, hogy a műszer lencséje és a mérendő felület is tiszta legyen. Mivel az infravörös hőmérők a kisugárzott hő alapján számítják ki a hőmérsékletet, a sugárzási tényező helytelen megadása torzításhoz vezethet, különösen eltérő felületű sütőlapok esetében. Mivel mindkét érzékelő hasonló technológiával működik, előnyük, hogy nem szükséges a hőmérőket közvetlenül a gépbe beszerezni. Ugyanakkor ez a mérés korlátját is jelentheti, mivel más típusú hőmérséklet-érzékelők eredményeinek vizsgálatára így nem kerül sor. A vizsgálatot laboratóriumi körülmények között végezem, ezért az ipari méretű berendezésekre való kiterjesztés további méréseket igényelhet.

További bizonytalanságot okozhat az első mérés során, amennyiben a sütőlapok körbeháradásának ideje nem pontosan kerül meghatározásra. Akár kisebb időeltérés is azt eredményezheti, hogy több kör után a sütőlapok elcsúsznak és más sütőlap hőmérsékletét mutatja az eszköz, mint amit valójában mér. Így a mérési adatok elcsúsznak és akár használhatatlanná válnak. Kihívást jelent az emberi tényező is, mivel az első mérésnél mindig ugyanott, azonos pozícióban kell tartani a hőmérőt. A második mérésnél pedig arra kell figyelni, hogy minden sütőlapnál ugyanabban a pontban vesszük-e fel az értékeket, tehát a sütőlap baloldalának mérése mind a 24 sütőlapon ugyanott történik.

A fentiek alapján kijelenthető, hogy a legnagyobb gondosság mellett is előfordulhatnak kisebb mérési eltérések, amelyek a gyakorlatban elkerülhetetlenek, ugyanakkor a végeredményt érdemben nem befolyásolják.

A mérés során kiemelt jelentősége van a laboratóriumban előírt biztonsági és higiéniai szabályok betartásának. Különösen fokozott figyelmet kell fordítani a magas hőmérsékletből eredő balesetveszélyre, mivel a berendezés működése közben akár 200 °C sütési hőmérséklet is lehet. A biztonsági előírások betartása mellett a higiéniai szempontokat is figyelembe kell venni, mivel az élelmiszeripari környezetben végzett vizsgálatoknál a tisztaság és a szennyeződés elkerülése lényeges.

## 4. Eredmények és értékelésük

Amint azt az előző fejezetben említésre került, kétfajta mérést terveztem a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem gödöllői Élelmiszeripari-technológiák és gépek laboratóriumában megtalálható Ziegler körkemencés ostyasütő gépen, amelyek a vizsgálati kérdések megválaszolásában és a fejlesztési cél megvalósításában nyújtanak segítséget. Az első a sütőlapok közötti különbségek feltárására vonatkozott, míg a második mérés a sütőlapon belüli hőmérséklet-eloszlást mérte fel.

### 4.1. Sütőlapok közötti különbségek mérésének eredményei és értékelésük

Az első mérés során a sütőlapok közötti különbségek vizsgálata volt a kitűzött cél. Ehhez a kihűlt állapotban került beindításra a berendezés. A gép felfűtött állapotáig figyeltem meg minden sütőlap hőmérsékletét, ahogy áthaladtak a mérési ponton. A vizsgált gép sütőlapjai kapcsán azt az információt kaptam, hogy a 18. sütőlap kikötésre került, tehát nem kerül majd felfűtésre, továbbá, hogy a 7. sütőlap nemrég cserélve lett. Ezek figyelembevételével is készítettem a vizsgálatokat. Az első mérés során még nem sikerült jól meghatározni a sütőlapok körbehaldadásának pontos idejét, ezért a vizsgálat eredménye nem volt teljes mértékben értékelhető, mivel elcsúsztak a mérési adatok. Ez abból volt észrevehető, hogy több kör után már az adott sütőlap hőmérsékletét más sütőlap sorszámához regisztrálta az érzékelő. Emiatt az első mérés megismétlésre került, a második alkalommal pedig már sikerült a vizsgálat.

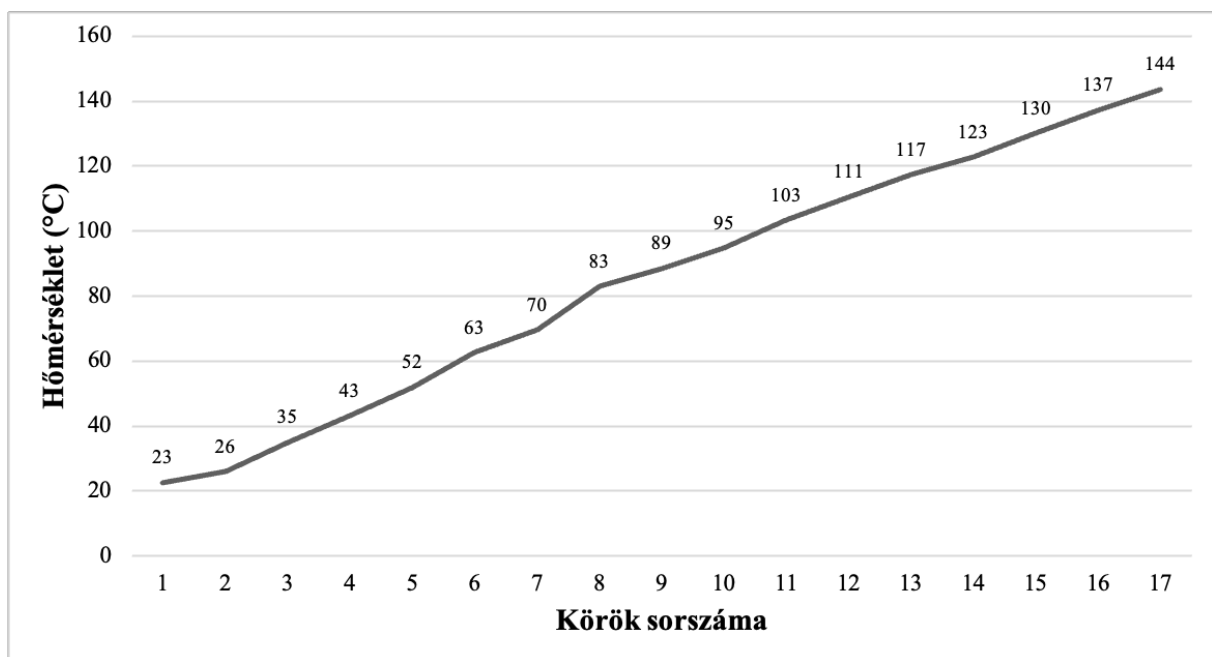
A GY-906 érintésmentes infravörös hőmérséklet szenzor modul segítségével minden körben mind a 24 sütőlap hőmérséklete feljegyzésre került, amíg a sütőlapok nagy része el nem érte a sütési hőmérsékletet, azaz a 150 °C-ot. Összesen 17 teljes kör ment végig, azaz amíg minden sütőlap végighaladt a berendezésben. Ezek alapján a felfűtési folyamat közel 18 és fél percig tartott. Ennek köszönhetően teljes képet kaptam arról, hogy melyik sütőlap milyen gyorsan melegszik fel, hogy van-e eltérés a sütőlapok felmelegedése között, illetve van-e olyan sütőlap, amellyel valamilyen hiba van, mivel nem melegszik fel. Az első mérés számszerűsített eredményei a mellékletben megtekinthetőek. Ezen mérési adatokból készítettem különböző grafikonokat, amelyek segítik azok megértését és megjeleníteni a sütőlapok közötti különbségeket.

A lenti 15. ábrán azt láthatjuk, hogy egy adott körben milyen átlaghőmérsékletet mutat a 24 darab sütőlap, azaz a gépnek hogyan néz ki a felfűtési görbéje. Az x tengelyen a körök száma

látható, míg az y-on az adott kör átlaghőmérséklete °C-ban. A grafikonon megfigyelhető a felmelegedés menete és folyamata, amíg a berendezés el nem éri a sütési hőmérsékletet. Egy kört a gép körülbelül 64,8 másodperc alatt, vagyis valamivel több mint egy perc alatt tett meg. Az ábra adatai alapján a felfűtés során a sütőlapok hőmérséklete átlagosan 8,4 °C-kal nőtt körönként, ami 6,6 °C/perc átlagos melegedési ütemet jelent. A legnagyobb hőmérséklet-emelkedés a 7. és 8. kör között történt, amely 13 °C-ot tett ki. Ez valószínűleg a fűtőelemek teljes hőátadásának beállításával magyarázható. A legkisebb növekedés pedig még az első körben (3 °C) figyelhető meg, ekkor a rendszer még közel szobahőmérsékletről indult, és feltehetőleg a gép fűtése még lassabban indult meg. Bár a körök során a hőmérséklet növekedés nem teljesen egységes, összességében a görbe alakja lineáris jellegű melegedést mutat, a felfűtés végén sem tapasztalható hirtelen ingadozás.

15. ábra – A gép felfűtési görbéje

(Forrás: Saját szerkesztés)

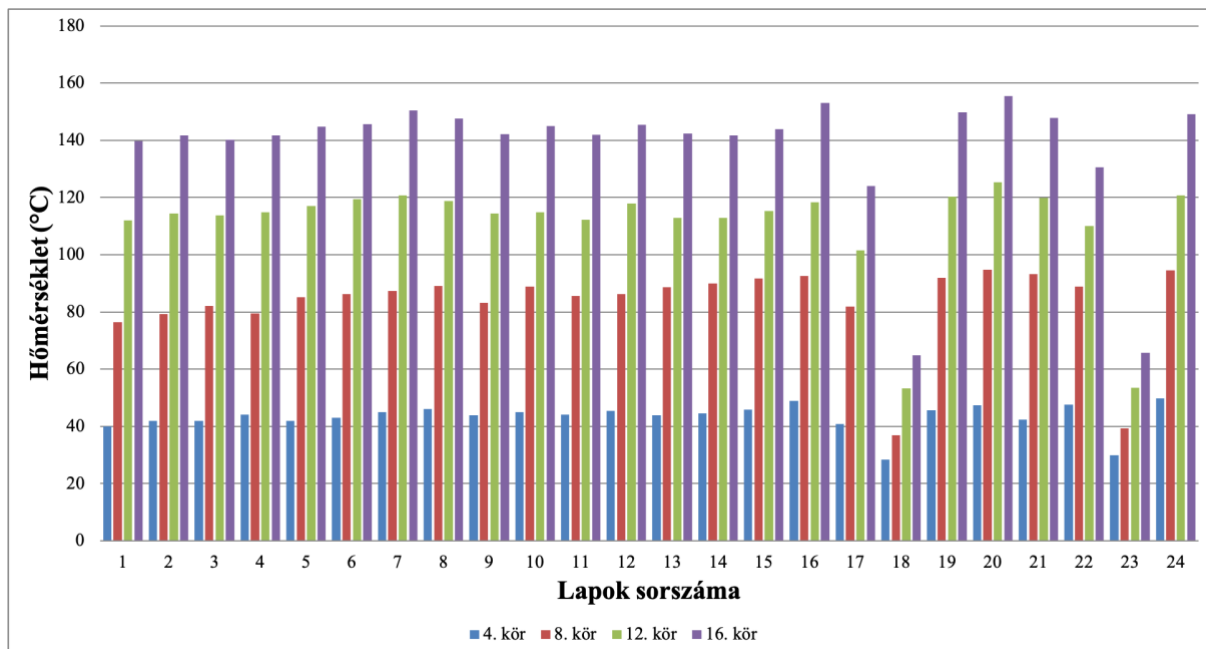


A 16. ábra a sütőlapok 4., 8. 12. és 16. körben mért hőmérsékletét mutatja, azaz minden negyedik körét. Az oszlopdiagram jól mutatja, hogy a felfűtés előrehaladtával a sütőlapok hőmérséklete fokozatosan emelkedik, azonban a lapok közötti különbségek már a középső fázisokban (8-12. körök) is kimutathatók. Mivel minden kör az első sütőlap mérésével indul, elméletileg fennállhatna kis összefüggés az adott sütőlap száma és hőmérséklete között, hiszen minél később kerül egy sütőlap sorra, annál több ideje van felmelegednie a mérési pont

eléréséig. Ezzel szemben ilyen jellegű emelkedést nem láthatunk. A diagramokon kitűnik, hogy a 18. és a 23. lapok felmelegedése minimális, csupán körülbelül 65 °C-ot melegedtek fel 16 kör alatt. Ez valamilyen hibára adhat okot vagy pedig, hogy nincsenek bekötve ezek a sütőlapok, amely igaz is a 18. lap esetében. Ami még fontos észrevétel és a jelenlegi mérés kapcsán kiemelt szerepet is játszik, hogy a sütőlapok hőmérséklete nem ugyanolyan gyorsan melegszik fel. A 4. körben a lapok hőmérséklete 30-50 °C közötti értékeket mutat, és az eltérés a lapok között mérsékelt maradt, de már itt is látszanak az alacsonyabb hőmérsékletet mutató lapok (18. és 23. lapok). A 16. körre a legtöbb lap hőmérséklete már 140-150 °C között van, ugyanakkor a lapok közti eltérés jelentősen megnőtt. Tehát egyértelműen látszik a mért adatok alapján, hogy van eltérés a sütőlapok felmelegedése között. Amennyiben a hibás sütőlapok eredményei figyelmen kívül hagyjuk, akkor is akár 30 °C-os különbséget is elérhet két sütőlap hőmérséklete, ha például a 16. és 17. sütőlapokat nézzük. Továbbá megfigyelhető, hogy a sütőlapok felmelegedése sem egyenletes, az ábrán szereplő adatok közti eltérések azt mutatják, hogy egyes lapok gyorsabban, míg mások lassabban melegsznek.

16. ábra – Kiválasztott lapok felfűtési hőmérsékletei

(Forrás: Saját szerkesztés)

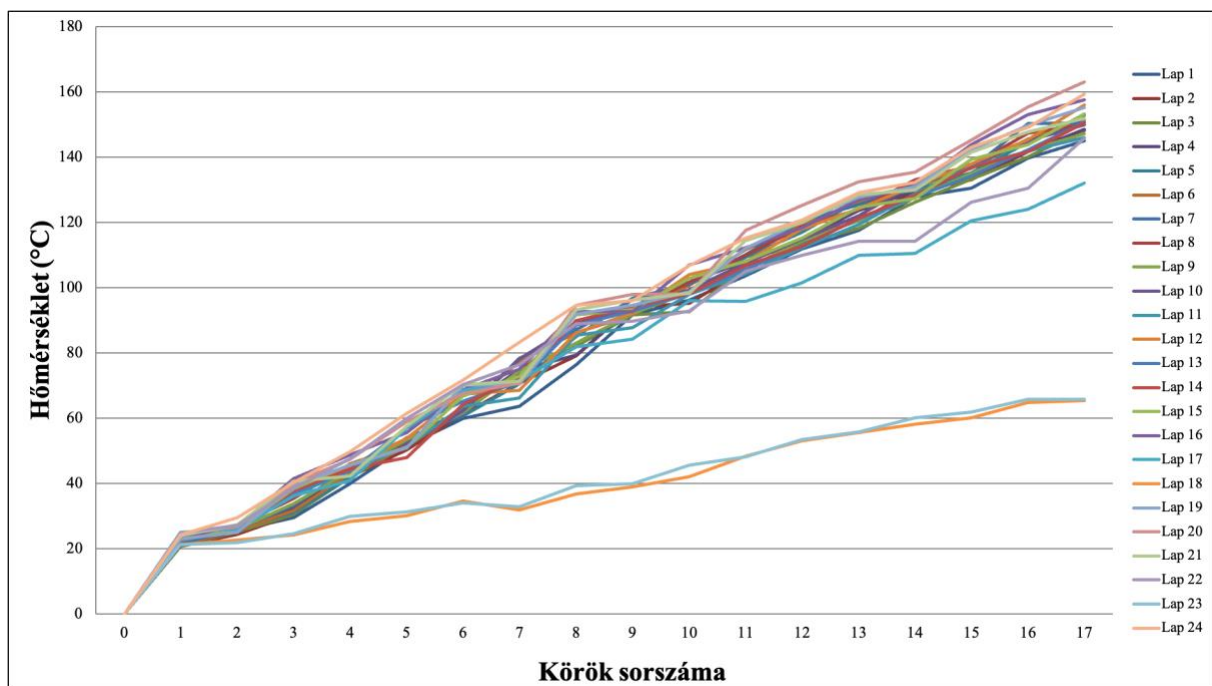


A 17. ábra a 24 sütőlap felfűtési görbéjét mutatja be körönként lebontva a felfűtési folyamat teljes időtartama alatt. Mindegyik sütőlap hőmérsékletét külön vonal jelöli. Jól látható, hogy a sütőlapok hőmérséklete a felfűtés során közel lineárisan növekszik, azonban a görbék között már a korai szakaszokban is kisebb eltérések jelentkeznek. Kivehető az is, hogy melyik

sütőlapoknál jelentkezik probléma, azaz nem melegsznek fel eléggé a szükséges hőmérsékletre, ezáltal pedig a sütéshez sem használhatók. A legtöbb sütőlap 17 kör alatt 20-150 °C közötti hőmérséklet-tartományban melegedett fel, ami összhangban van a 15. és 16. ábrán bemutatott adatokkal. Ugyanakkor néhány lap, különösen a 18. és a 23. lapok, a teljes folyamat során elmaradt a többitől, hőmérsékletük a 17. kör végén is csak 65 °C körül alakult. Ez a mérés során is megfigyelt bekötési vagy fűtőelem-hibára utal. Mivel a görbék egymáshoz közel helyezkednek el, a kisebb eltérések ezen az ábrán kevésbé kivehetők, azonban a 16. ábrán bemutatott oszlopdiagram jól szemlélteti a lapok közötti különbségek növekedését a felfűtés előrehaladtával. Emiatt a 18. és a 23. lapon kívül nehezebben észrevehető, hogy melyik sütőlap nem követi teljesen a felfűtés trendjét. Azonban, ahogy a 16. ábrán, úgy itt is jól látható, hogy a 17. sütőlap a sütési folyamat végére egyre kevésbé melegszik fel és csak 132 °C körüli hőmérsékletet ér el, szemben a lapok nagyrészeivel. Ugyanígy elmondható, hogy a frissen cserélt 7. sütőlap pedig nem mutat eltérést a többihez képest.

17. ábra – A 24 sütőlap felfűtési görbéje

(Forrás: Saját szerkesztés)



A 18. ábra a már a 15. ábrán bemutatott átlaghőmérsékleteken kívül a felfűtési körök szórását és a hőmérséklet-ingadozását is bemutatja. A szórás értéke 1,32 °C-ról indul, majd a folyamat végére 24,7 °C-ra nő, ami azt mutatja, hogy a sütőlapok közötti hőmérsékleti különbség a felfűtés során folyamatosan nőtt. Az ingadozás (a legmagasabb és legalacsonyabb érték különbsége) hasonló tendenciát mutat, az első körökben 4-7 °C között marad, majd a 8. körtől

kezdve meredeken növekszik, elérve a 97,54 °C-os maximumot a 17. körre. Ez jól jelzi, hogy a felfűtés vége felé a sütőlapok között már nagy különbségek alakulnak ki. Amennyiben az adatokból a 18. és 23. sütőlapokat, vagyis a hibás, alulmelegedő lapokat kizárjuk, az ingadozás értékei látványosan csökkennek, azonban még mindig jelen vannak. A korábbi, közel 90-100 °C-os tartomány helyett a különbség a legtöbb körben 20-30 °C közé esik, ami azt mutatja, hogy bár az ingadozás továbbra sem alacsony, a berendezés fő hőátadási rendszere alapvetően működőképes, és a legnagyobb eltéréseket a hibás lapok okozzák. Ekkor az első körökön kívül a 9. körben két kör erejéig lecsökken az ingadozás mértéke, de utána ismét tovább emelkedik. A szórás és az ingadozás együttes vizsgálata tehát azt mutatja, hogy bár bizonyos köröknél lelassulnak a növekedésük, összességében minél jobban bemelegsznek a sütőlapok, annál nagyobb lesz az eltérés köztük, függetlenül attól, hogy a hibás lapokat figyelembe vesszük-e.

18. ábra – A felfűtési körök átlaghőmérséklete, szórása és ingadozása

(Forrás: Saját szerkesztés)

Kör	Átlag (°C)	Szórás (°C)	Ingadozás (max-min, °C)	Ingadozás 18 és 23 lapok nélkül (max-min, °C,)
1. kör	22,56	1,32	4,30	4,30
2. kör	25,89	1,47	7,54	4,96
3. kör	34,97	4,80	17,18	11,86
4. kör	43,19	4,95	21,44	9,92
5. kör	51,93	7,33	31,26	13,42
6. kör	62,57	9,37	37,61	11,80
7. kör	69,67	12,21	51,36	19,56
8. kör	83,03	14,70	57,92	18,30
9. kör	88,58	15,43	59,20	13,72
10. kör	94,82	16,11	65,02	14,36
11. kör	103,34	17,54	69,40	21,76
12. kör	110,57	18,26	72,10	23,74
13. kör	117,37	19,61	76,70	22,44
14. kör	122,72	20,32	77,38	25,04
15. kör	130,00	21,93	85,20	24,66
16. kör	137,27	23,11	90,62	31,42
17. kör	143,56	24,70	97,54	30,98

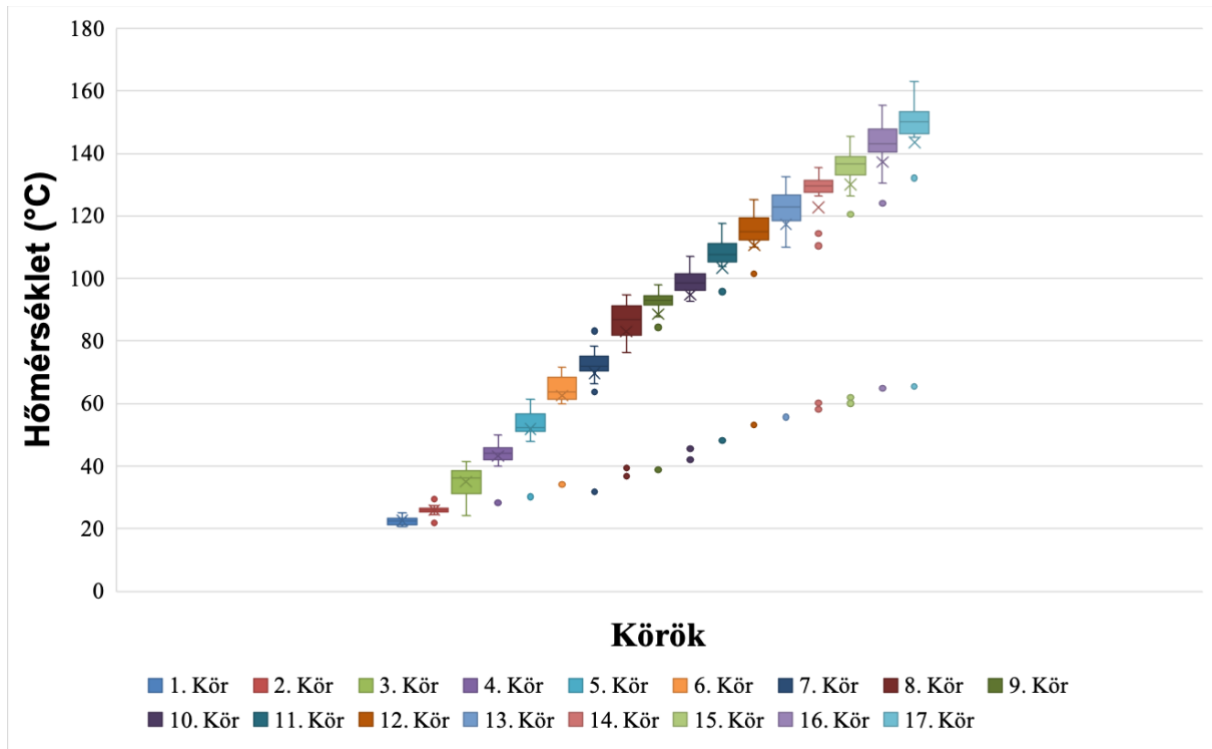
A fenti jelenségek szemléletesebb megértéséhez a 19. ábra mutatja be a hőmérsékleti értékek körönkénti eloszlását, a középső 50%-os tartomány (interkvartilis tartomány) változásán keresztül. Ez a boxplot ábra az összes kör hőmérséklet-eloszlását szemlélteti. Az ábrán látható dobozok az adatok középső 50%-át ábrázolják, benne egy vonallal a mediánt. A dobozokból kinyúló vonalak a minimum és maximum értékeket jelzik, míg a külön pontok a szélsőséges, átlagtól jelentősen eltérő értékeket mutatják. Az ábrán látható kilógó pontok olyan mérési értékeket jelölnek, amelyek jelentősen eltérnek az adott kör tipikus hőmérsékleti tartományától. Ezek jellemzően a hibás lapok mért hőmérsékleti értékei. Ha nagy a doboz, az azt jelenti, hogy a lapok középső 50% hőmérséklete között is nagy a különbség. Ezáltal az ábra jól rá tud mutatni arra, hogy a szélsőértékek nélkül mekkora hőmérsékleteloszlást mutatnak a lapok.

Az ábrán észrevehető, hogy az 1-2. körben a hőmérsékleti értékek még alacsonyok, és a középső 50%-ot jelző dobozok magassága is kicsi, ami azt jelzi, hogy a sütőlapok többsége ekkor még hasonló hőmérsékletű, vagyis a felfűtés kezdeti szakasza egyenletesen zajlik. A középső szakaszban, a 3-10. körökben a hőmérsékletek fokozatosan emelkednek, és ezzel együtt a dobozok magassága is növekszik, ami azt mutatja, hogy a sütőlapok közötti hőmérsékleti eltérés a többség körében is egyre nagyobb lesz. A legnagyobb eltérés a 8. körnél figyelhető meg, ahol a doboz kiugróan magas, ez azt jelenti, hogy a felfűtés ebben a szakaszban volt a legkevésbé egyenletes, tehát a sütőlapok többsége ekkor melegeedett a legkülönbözőbb ütemben. A 11-14. körökben a középső 50%-os hőmérséklet-tartományok már nagyon változatosak, hol kisebbek, hol nagyobbak. Ez már a felfűtés késői, kiegyenlítő, de még nem teljesen homogén szakasza. A folyamat végére, a 15-17. körben a sütőlapok középső 50%-os hőmérséklet-tartománya már folyamatosan széles, azaz az üzemi hőmérséklet elérésekor már nagyon különböző értékeket mutatnak a lapok.

A felfűtési folyamat végére a kiugró pontok száma látszólag csökken. Ennek oka, hogy a 18. és 23. lap hőmérséklete ezen a szinten már közel azonos, így az ábrán a kiugró pontjaik átfedésben jelennek meg. Megfigyelhető, hogy az 1., 2., 4., 9. és 14. körben kisebb szórás figyelhető meg, ami a felfűtés kezdeti szakaszában a stabil, míg később az átmenetileg kiegyenlítő hőeloszlásra utal. Összességében az eredmények igazolják, hogy a sütőlapok közötti eltérések a felfűtés során fokozatosan növekednek, a középső szakaszban érik el a maximumukat, majd a folyamat végére részben stabilizálódnak. Ez alátámasztja, hogy a korszerűsítés során további mérési pontok alkalmazása szükséges a hőmérsékleti különbségek pontosabb feltárásához.

19. ábra – Felfűtés köreinek hőmérséklet-eloszlásai

(Forrás: Saját szerkesztés)



#### 4.2. Sütőlapon belüli különbség mérésének eredményei és értékelésük

A sütőlapon belüli mérés során, a körkemencés ostyasütő gép összes sütőlapja felfűtött, stabil állapotában került megvizsgálásra olyan módon, hogy 5 különböző ponton mértük meg a lapok hőmérsékletét, középen, felül, alul, bal és jobb oldalt. Az így kapott eredmények alapján jól megállapítható, hogy milyen hőmérséklet-eloszlást mutatnak a sütőlapon belül mért pontok és mennyire homogének, ezáltal pedig mennyire biztosítanak egységes sütést a berendezés működése alatt.

A következő hőtérképes táblázatban, a 20. ábrán leolvashatók a sütőlapon belüli mérések mind a 24 lap kapcsán szinkódolva. A piros cellák a magas, a zöldek az alacsony, a sárga és narancs pedig a köztes értékeket jelzik. Ez az ábrázolás lehetővé teszi, hogy egy lapon belül gyorsan azonosítsuk a legmelegebb és leghidegebb zónákat, valamint a teljes kemencére jellemző inhomogenitást. Az eredmények alapján az egyes sütőlapokon belül jelentős különbségek figyelhetők meg.

A mérésekből megállapítható, hogy a hőmérséklet leggyakrabban a sütőlap középső pontján a legmagasabb, míg a szélek (különösen a bal és jobb oldal) jellemzően hűvösebbek. Ez azt jelzi,

hogy a hőeloszlás radiálisan nem szimmetrikus, és a hőveszteség a peremek irányába fokozottabb. Az ábrán egyértelműen látszik, hogy minden sütőlapon előfordulnak ezek a különbségek.

Az, hogy a sütőlapok számának növekedésével egyre alacsonyabb hőmérsékleti értékeket láthatunk csak azért van, mert ezen mérésnél már nem a lapok egymás közötti értékek voltak fontosak, hanem az egy lapon belüli különbségek. Ezért a gép sütési funkciója ezen mérés során már ki volt kapcsolva, így a mérés során fokozatosan hűlt ki, ahogy ezt a hőtérkép is mutatja.

20. ábra – Sütőlapok belső hőmérsékleti értékei hőtérképen

(Forrás: Saját szerkesztés)

Lap	Középső	Felső	Alsó	Bal	Jobb
1	200,3	180,9	189,5	189,4	190,7
2	189,8	174,4	186,7	187,6	187,5
3	184,8	166,6	170,5	168,5	180,6
4	174	164,9	176,6	165,7	166,8
5	191,1	172,1	188,4	173,5	189,5
6	186,2	185,3	158,7	174,7	179,3
7	188,6	176,9	171	179,4	175,1
8	168,9	156,1	167,5	169,7	160,5
9	162,7	149,4	166,5	148,8	164,5
10	164,3	151,7	158,9	154,5	158,3
11	162,6	144,3	160,9	144,9	161,3
12	162,8	147,8	160,4	154,2	156,2
13	158,6	141,9	153,7	148,1	153,8
14	150,2	141,6	137,3	143,4	147,9
15	147,7	142,9	144,7	139,8	146,9
16	159,2	150,1	146,8	151,9	145,8
17	146	133,2	141,8	127,3	138
18	39,4	54	33,3	35,1	45,3
19	144,3	134,2	138,5	138,8	139,4
20	152,1	143,6	150,5	147,9	148,4
21	150,1	152,3	140,4	141	141,1
22	139,4	132,3	135,6	132,9	129,7
23	33,7	38	32,4	36	35,3
24	138,5	126,5	135	133,2	132,6

A 21. ábra a sütőlapok belső hőmérséklet-eloszlását szemlélteti a 20. ábrán szereplő adatok alapján. Minden lapnál az öt mérési pont (közép, felső, alsó, bal, jobb) közül a legmelegebb és a leghidegebb értékek különbsége került ábrázolásra. Így az oszlopmagasság azt mutatja, mennyire homogén vagy inhomogén a lap hőmérséklete. Alacsony hőmérséklet-különbség esetén egyenletesebb a hőeloszlás, magas alacsony hőmérséklet-különbség esetén jelentős

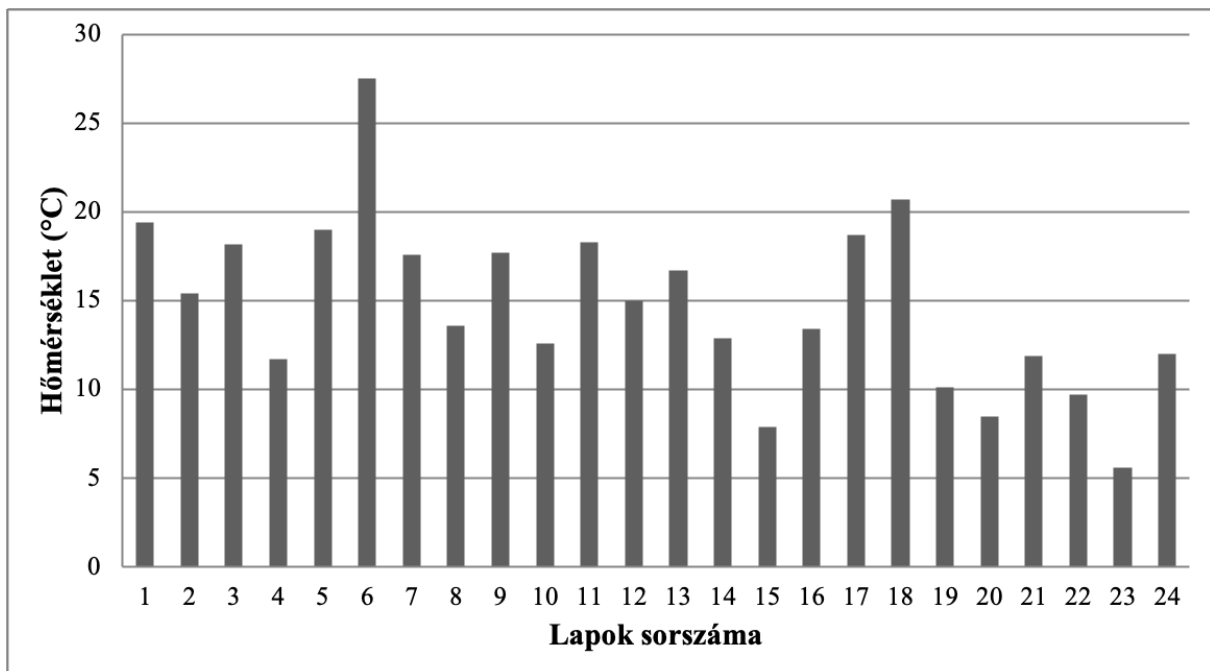
eltérés van a lap különböző részei között. A mért hőmérséklet-ingadozás, azaz a legmelegebb és leghidegebb pont közötti különbség átlagosan 18-20 °C körül alakult, azonban ez laponként eltérő mértékű. A legkisebb eltérések a 15. és 23. sütőlapon jelentkeztek, 5,6 °C és 7,9 °C hőmérsékletekkel. Itt a hőeloszlás viszonylag kiegyenlített, bár itt a 23-as lapnak kevesebb jelentősége van annak hibája miatt. Ezzel szemben a 6. sütőlapnál a különbség meghaladja a 25 °C-ot, ami már szemmel látható sütési egyenetlenséget is eredményezhet.

Érdekesség, hogy a 7. sütőlap, amely nemrég cserélve volt, a várakozásokkal ellentétben nem mutatott kiemelkedően homogén hőeloszlást. A pontok közötti eltérés ezen a lapon is közel 18 °C, tehát csak kis mértékben jobb, mint az átlagos érték. Ez arra utal, hogy önmagában a lap cseréje nem elegendő a hőeloszlás javításához, mivel a berendezés teljes hőátadási rendszere is befolyásolja a lokális hőmérséklet-különbségeket. További kiemelendő a 18. sütőlap, amely hiába nem működik jól, mégis jelentős hőmérséklet-különbséget mutat a felületén.

Ez az ábra jól bemutatja azt, hogy a sütőlapokon belül is jelentős hőmérséklet-különbség figyelhető meg, amely a sütés egyenetlenségét rontja. Nem találunk olyan lapot, ahol ne lenne hőmérséklet-különbség.

21. ábra – A sütőlapok belső hőmérséklet-eloszlása

(Forrás: Saját szerkesztés)



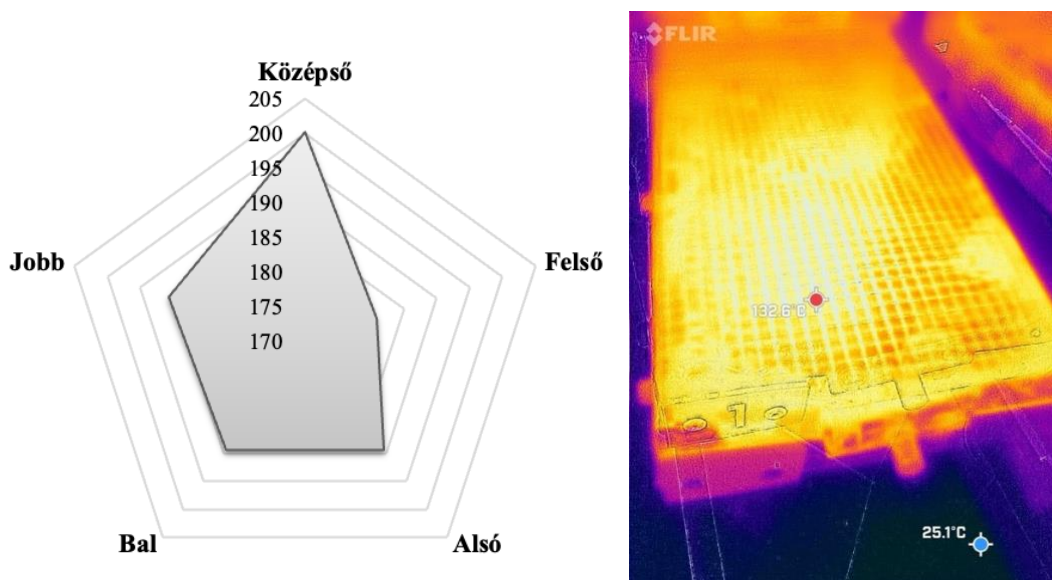
Az alábbi pókháló- vagy más néven radardiagramok a kiválasztott, 1., 7., 15., és 23. sütőlapokon belüli hőmérsékleti eloszlását mutatja meg az adott lapon belül. Az ábrák mellett

látható az azonos lapok hőkamerás felvétele is. Mivel hőkamerás felvételek a második mérés után készültek, ebből kifolyólag van hőmérséklet-eltérés a diagramok és a felvételek között, azonban a fontos szempont itt a lapok pontjainak a különbsége.

A 22. ábrán az 1. sütőlap pókháló diagramja és hőkamerás felvétele látható. Ez a lap azért került kiválasztásra, mert a Ziegler gyár körkemencés gépénél itt helyezkedik el a hőmérő, így ez tekinthető a berendezés referencia-lapjának. Itt elég nagy, közel 20 °C-os hőmérséklet-különbség figyelhető meg a legmelegebb és leghidegebb pontok között. A pókhálódiagram és a hőkamerás felvétel egyaránt azt mutatja, hogy a lap közepe a legmelegebb, míg a szélek hűvösebbek. Különösen a lap felső része, amely nagy eltérést mutat a többi ponthoz képest.

22. ábra – 1. sütőlap hőmérséklet-eloszlása

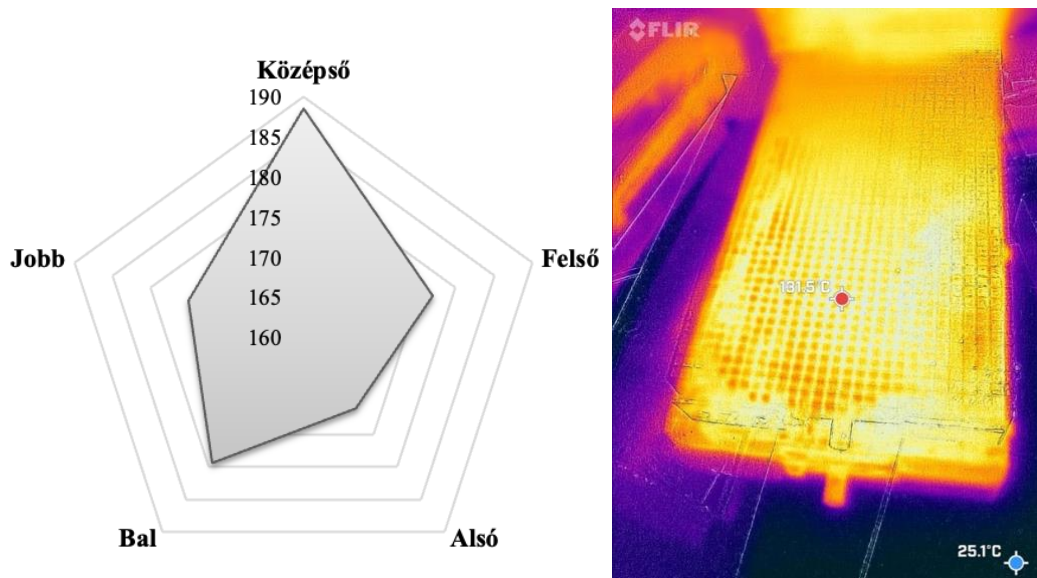
(Forrás: Saját szerkesztés, saját fotó)



A 23. ábrán a 7. sütőlap látható, amely, ahogy már említésre került nemrég cserélték ki, így jó példa tud lenni abból kifolyólag, hogy hogyan szerepel egy új sütőlap ezen a vizsgálaton. A lapon jelentős hőmérséklet-különbség figyelhető meg a mért pontok között. A mérési eredmények és a hőkamerás felvétel alapján itt is a középső zóna hőmérséklete a legmagasabb, viszont az 1. sütőlappal szemben itt az alsó rész a leghidegebb. Ez azt jelzi, hogy a lap cseréje önmagában nem szüntette meg a hőeloszlás egyenetlenségét, tehát a hőmérsékleti különbségek nem csupán a lap állapotából erednek.

23. ábra – 7. sütőlap hőmérséklet-eloszlása

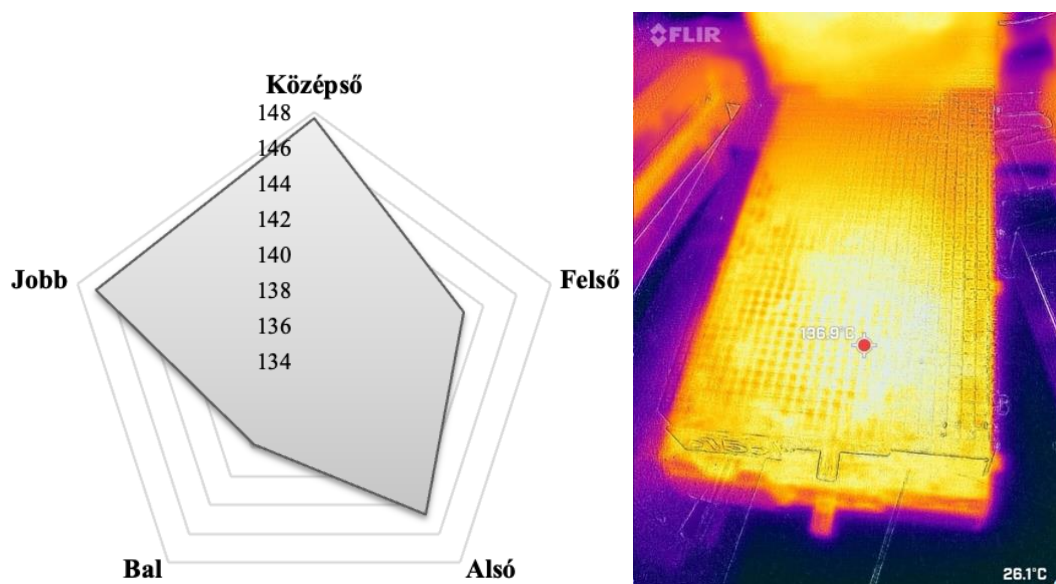
(Forrás: Saját szerkesztés, saját fotó)



A 24. ábrán a 15. sütőlap hőmérséklet-eloszlása látható. Ez a lap csak azért került kiválasztásra, mert átmenetet képez a jól működő (1. és 7.) és a hibás (23.) sütőlapok között. Ahogy már korábban említésre került és ahogy a pókhálódiagram, valamint a hőkamerás felvétel alapján is elmondható, hogy ez a lap viszonylag jó homogenitást mutat és csak kis mértékben térnek el a mért pontok hőmérséklet egymástól. Ahogy a többi lapnál, úgy itt is a középső rész melegebb hőmérsékletet mutat.

24. ábra – 15. sütőlap hőmérséklet-eloszlása

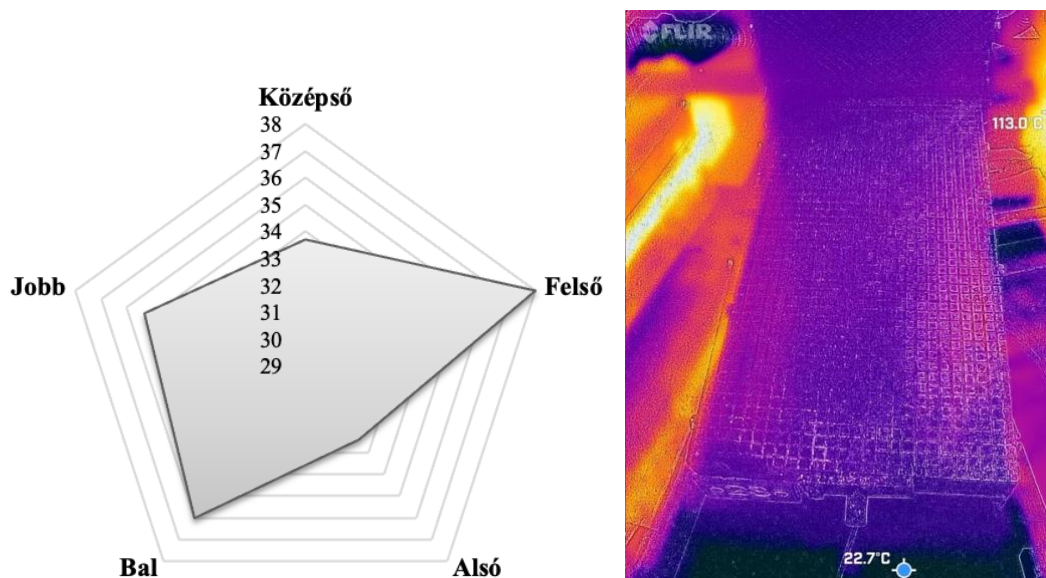
(Forrás: Saját szerkesztés, saját fotó)



A 25. ábra a nem működő 23. sütőlapot mutatja. Mind a pókhálódiagram, mind a hőképen látható mintázat azt mutatja, hogy a lap egészében alacsony hőmérsékletű, és a különböző mérési pontok között csak minimális eltérés tapasztalható. A korábbi 21. ábrán láthattuk, hogy itt található a legkisebb különbséget a mért pontok hőmérsékletei között. A hőkamerás felvételen a lap szinte teljes felülete sötétlila, ami azt jelzi, hogy nem vesz részt aktívan a fűtési folyamatban, a melegebb, narancsos részek inkább a környező lapokból vagy a gép szerkezetéből származó hőátadást tükrözik. Az egyes mérési pontok közötti kis eltérés arra utal, hogy a teljes felület egységesen hideg. A működő lapokkal ellentétben itt nem a középső pontja a legmelegebb, hanem a felső.

25. ábra – 23. sütőlap hőmérséklet-eloszlása

(Forrás: Saját szerkesztés, saját fotó)



### 4.3. Következtetések és javaslatok a korszerűsítéshez

A mérési eredmények áttekintése után rátérek a vizsgálati kérdések kiértékelésére, valamint arra, hogy milyen következtetéseket lehet levonni a mérésekből és ez alapján mit javasolnék a korszerűsítéshez. A mérések segítségével alapos ismereteket szereztem arról, hogy miként lenne érdemes továbblépni az egyetemen lévő körkemencés ostyasütő gép korszerűsítéséhez ahhoz, hogy a hőmérsékletmérés kapcsán minél alaposabban tudjanak majd az érzékelők információt adni a sütőlapok és a gép állapotáról.

A vizsgálati kérdések kapcsán felmerült első kérdés arra vonatkozott, hogy mutatnak-e hőmérséklet-különbségeket a különböző sütőlapok. A mérési eredmények alapján

egyértelműen megállapítható, hogy a sütőlapok hőmérsékleti viselkedése jelentős eltéréseket mutat. A sütőlapok közötti hőmérséklet-ingadozás hibás lapok kihagyásával is meghaladta a 30 °C-ot. Az eltérést jól szemlélteti a kiválasztott köröket bemutató 19. ábra, ahol a körök előrehaladtával látszik, hogy a sütőlapok közti hőmérsékleti eltérés a felmelegedés során nő. Vannak stabilabb, kiegyenlítettebb lapok, de előfordultak olyanok is, amelyek nem érték el a kívánt hőmérsékletet. Ez az eltérés a gyakorlatban vezethet akár minőségbiztosítási problémákhoz is. Mivel egy ostya egy kör alatt sül meg, így a különböző sütőlapok eltérően kisütött termékeket eredményezhet. Így akár előfordulhat, hogy egy ostya odaég, és ezáltal selejtes termék keletkezik.

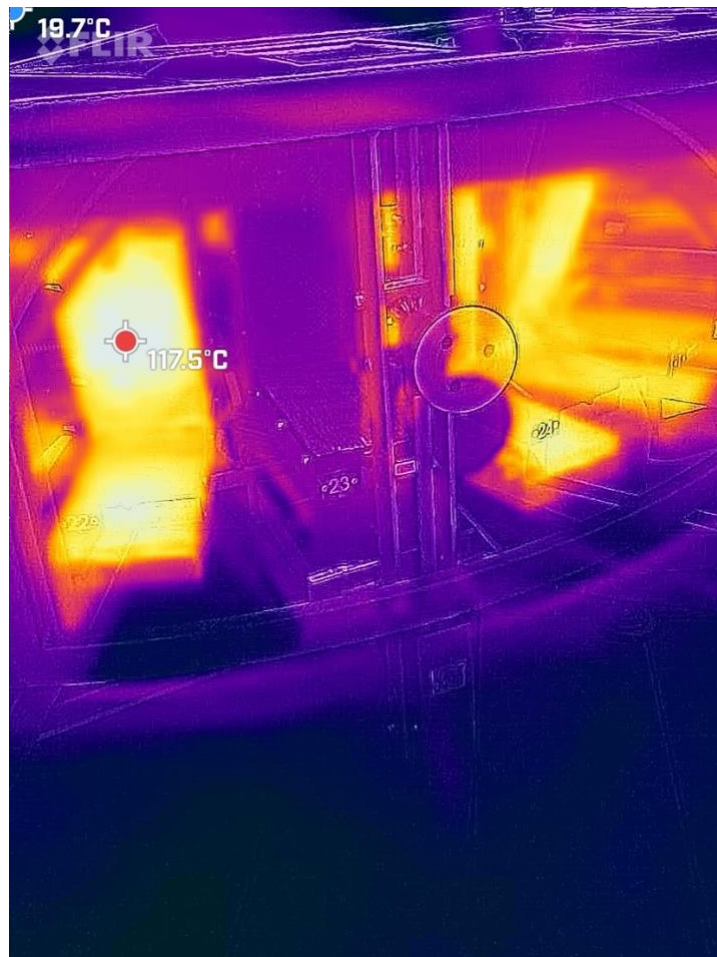
A következő kérdés az volt, hogy mekkora a hőmérséklet szórása a sütőlapokon belül. A mérések alapján a sütőlapokon belül is jelentős különbségek tapasztalhatók, amely bizonyos sütőlapoknál elérte a 27,5 °C-ot is. A sütőlapokon belüli hőmérséklet-különbséget jól szemlélteti a lapon belüli hőmérséklet-eloszlást bemutató 21. ábra is, amely rávilágít arra, hogy az összes sütőlapnál látható inhomogenitás, azaz egyik sütőlap felülete sem melegszik fel egységesen. Ez a jelenség szintén okozhat problémákat, például, hogy egy adott sajtos tallér felülete nem egyenletesen sül meg, illetve, mivel egy sütőlapon több ostya is sül, a már előző kérdésben tárgyalt kihívást is előidézhet, miszerint nem egyformán készülnek el a termékek. Az a legtöbb lap kapcsán elmondható, hogy a legmelegebb pontja a közepén volt. Ez az inhomogenitás olyan szempontból jelent problémát, hogy a legtöbb hőmérséklet-érzékelő csak egy pontot tud mérni és így mért értékek torzításhoz vezethetnek, amennyiben egy teljes sütőlap hőmérsékletét vizsgáljuk egy pont alapján.

A vizsgálati eredmények alapján a hőmérsékleti adatok karbantartási célokra is felhasználhatók. A sütőlapok közötti jelentős eltérések, illetve az egyes lapokon belül tapasztalt szokatlan hőeloszlás előre jelezheti a lapok elhasználódását. A mérés során két sütőlapnál is jelentkezett az a probléma, hogy nem melegedtek fel. Habár a mérés során tisztában voltunk azzal, hogy a 18. sütőlap nincsen bekötve, a 23. lapról csak ekkor derült ki, hogy szintén valamilyen hiba lépett fel. Az első mérés alapján érdemes lehet a 17. lapot is megvizsgálni, mivel annak hőmérséklete, ha nem is látványosan, de eltért a jól működő sütőlapokhoz képest. Ezen eredményekből következtethetünk arra, hogy amennyiben egy lap átlaghőmérséklete tartósan elmarad a gép átlagától, vagy a belső hőmérséklet-különbség az átlagosnál nagyobb mértékben nő, az karbantartási beavatkozás szükségességére utalhat. Így a hőmérsékleti eredmények rendszeres nyomon követése lehetőséget teremt a karbantartás előrejelzésének bevezetésére,

ami hozzájárul a nem tervezett leállások és a selejt arányának csökkentéséhez. Azonban mivel a második mérés során a frissen cserélt 7. sütőlapnál is tapasztalhattunk hőmérsékeltkülönbségeket a lap pontjai között, arra következtethetünk, hogy ezen mérés már nem használható fel jól a karbantartási előrejelzése kapcsán.

A 25. ábra a gép 22-24. sütőlapjainak a hőkamerás felvételét mutatja, amelyen látható, hogy a 23. lap hőmérséklete jóval a többi lap alatt mozog. Ilyen felvételek segítségével jól azonosíthatók a hibásan működő sütőlapok, valamint az, hogy ezeket cserélni vagy javítani szükséges.

26. ábra – A gép hőkamerás felvétele  
(Forrás: Saját fotó)



Az első két kérdésre adott válaszok alapján már megfogalmazhatók következtetések arra vonatkozóan, hogy milyen típusú és hány darab hőmérséklet-érzékelővel célszerű felszerelni a jelenlegi ostyasütőt. Az eredmények értékelése alapján látható, hogy a sütőlapok között, illetve

egy-egy lapon belül is számottevő hőmérséklet-különbségek jelentkeznek. Ebből következik, hogy a folyamat pontos nyomon követéséhez nem elegendő egyetlen mérési pont alkalmazása, mivel az nem adna valós képet a teljes hőeloszlásról. A mérések ugyanis kimutatták, hogy a lapok között, illetve egy lapon belül is jelentős eltérések fordulnak elő, ezért több mérési pont kijelölése és az érzékelők megfelelő típusának megválasztása szükséges a folyamat pontosabb ellenőrzéséhez. Emiatt célszerű az összes sütőlap hőmérsékletét folyamatosan figyelni a sütési folyamat során, mivel ez biztosítja a pontosabb ellenőrzést, a termékminőség állandóságát és a rendellenességek korai felismerését.

Így tehát a választott hőmérséklet-érzékelő technológiától függően két megoldás lehetséges: vagy minden egyes sütőlapot külön mérünk, azaz mindegyikbe érzékelőt építünk, vagy pedig a gép olyan pontján helyezünk el érzékelőt, amely képes az előtte vagy alatta elhaladó sütőlapok hőmérsékletének rögzítésére. Emiatt fontos azt alaposan végiggondolni, hogy milyen típusú hőmérsékleti érzékelővel korszerűsítsük a gépet. Ha kontakt érzékelőt, például Pt100 típusú hőmérőt használunk, akkor azt be kell építeni minden sütőlapba, mert csak így ad megbízható és folyamatos adatot a lap hőmérsékletéről. Emiatt ennek a megoldásnak nagyobb a beszerelési költsége és 24 sütőlapos berendezésnél így 24 hőmérőt kell beszerezni. Amennyiben azonban érintésmentes érzékelőt, mint például infravörös hőmérőt alkalmazunk, akkor célszerű a gép egy fix pontjára elhelyezni, ahonnan minden elhaladó lap hőmérséklete mérhető.

Bár ez nem volt vizsgálati kérdés, a második mérés kapcsán még felmerülhet az, hogy a sütőlapok melyik pontját érdemes figyelni, mivel mint a vizsgálat során kiderült, azok eltérő hőmérsékletet mutatnak. Mint az a 12. ábrán, Ziegler gyár által rendelkezésemre mutatott sütőlap rajzán látható, náluk a hőmérő az alsó sütőlap felső részén helyezkedik el. Ezen kérdés kapcsán az a kihívás, hogy bár léteznek már nagyobb felületet egyszerre mérő hőmérséklet-érzékelők, a legtöbb csak egy meghatározott pontot tud vizsgálni. Bár a hőkamerás felvétel is alkalmas lehet erre, érdemes lehet egy külön ezt a témát felkutató kutatást készíteni, ahol külön a teljes sütőlapot megfigyelni tudó érzékelőket is alkalmaznak. Azonban az elmondható, hogy egy infravörös hőmérő alkalmazása esetén akár már egymás után több pontot is fel lehet venni, miközben a sütőlap elhalad az érzékelő alatt.

Ahogy dolgozatomban és a gyártóval készített interjúban is említésre került a Ziegler által gyártott körkemencés gépben mindössze az első sütőlapban található beépített Pt100 érzékelő. Ez az érzékelő pontos és hosszú távon stabil adatokat biztosít, ugyanakkor csak egyetlen mérési

pontot jelent, így a sütőlapok közötti és a lapokon belüli hőmérséklet-különbségek feltárására nem alkalmas. A gyártó tapasztalatai szerint az infravörös érzékelők alkalmazása ugyan költségesebb megoldás, azonban lényegesen egyszerűbb a beépítésük, mivel a gép egyetlen pontjáról is több sütőlap hőmérséklete figyelhető. A Pt100 érzékelők darabonként olcsóbbak, de ahhoz, hogy minden lap hőmérséklete megbízhatóan követhető legyen, mind a 24 sütőlapba külön érzékelőt kellene beépíteni. Ez nemcsak bonyolult és időigényes szerelést igényelne, hanem összességében a költségek is meghaladhatják egy központilag elhelyezett infravörös érzékelő árát. Ezért a két technológia összehasonlításakor nem elegendő az egységárakat vizsgálni, hanem a teljes rendszerköltséget és kivitelezhetőséget is mérlegelni szükséges. Ehhez azonban jelenleg nem áll rendelkezésre elegendő adat. Azonban a kutatás eredményei alapján arra következtethetünk, hogy egyetlen Pt100 érzékelő az első lapon nem biztosít elegendő információt, így a sütőlapok folyamatos és részletesebb felügyeletéhez több mérési pont bevezetése indokolt.

Mindezek alapján az egyetemen található ostyagyártó gép korszerűsítése kapcsán az infravörös hőmérő alkalmazását javaslom. Bár költségek szempontjából jelentős beruházás lenne, már egy érzékelő beszerelésével számos olyan előnyt lehetne kiaknázni, amelyet egy kontakt érzékelővel, így a Pt100 típusúval nem. Így lehetőség lenne az összes sütőlap hőmérsékletét mérni egy eszközzel, akár egy sütőlapról több mérési pont értékét is le lehetne olvasni. Emellett pedig a méréseim alapján nagyon sok információt tudnak adni, amely a sütési folyamat során jól lehetne alkalmazni. Továbbá ezen érzékelő használata esetén maga a beépítés is kevésbé lenne körülményes és elég lenne csak egy darab belőle. Ehhez az érzékelőt az adagolókészülék előtt vagy után, például akár az általam is használt mérési helyen érdemes elhelyezni, hogy az alatta elhaladó sütőlapokat nyitott állapotban tudja mérni.

## 5. Összefoglalás

Dolgozatomban egy 1998-ban gyártott, Ziegler körkemencés ostyasütő gép korszerűsítési lehetőségeit vizsgáltam okoseszközök, azon belül is hőmérséklet-érzékelők alkalmazásával. A cél az volt, hogy a berendezést a Ziegler gyár ugyanilyen típusú, de már modern gépe és saját méréseim alapján megalapozott javaslatot adjak a gép a hőmérsékletméréssel kapcsolatos korszerűsítésére. A vizsgálat tárgyát képező egyetemi gép jelenleg beépített hőmérő nélkül működik, így a sütési hőmérsékletek mérése csak eseti jelleggel történik, beépített eszköz alkalmazása nélkül.

Ahhoz, hogy a korszerűsítéshez ezt a fejlesztési célt minél alaposabban feltárjam, dolgozatom a szakirodalmi áttekintéssel kezdtem. Ebben a fejezetben bemutattam az ostyagyártást különböző szempontok alapján, illetve kitértem az élelmiszeripari gépek érzékelőire és azon belül is a hőmérsékletet mérő eszközökre.

Az Anyag és módszer fejezetben a korszerűsítés tárgyául szolgáló Ziegler ostyasütőgép bemutatására tértem át, valamint összehasonlítottam a fejlesztendő korábbi és a jelenlegi, mintaként szolgáló géptípust. Mindezeket megismerve feltártam, hogy milyen lehetőségek vannak a fejlesztésre a régi gép kapcsán. Ezt követően a hőmérsékletmérés működését vizsgáltam meg, amely kapcsán a gyártó céggel készített interjú is a segítségemre volt. Ahhoz, hogy a korszerűsítés sikeres legyen, a fejezet további részében meghatároztam a fejlesztési célt és a vizsgálandó kérdéseket. Végül leírtam a mérési tervet, amely a kérdések megválaszolásához szükséges méréseket rögzíti.

A korszerűsítést segítő vizsgálati kérdések az alábbiak voltak:

- Mutatnak-e hőmérséklet-különbségeket a különböző sütőlapok?
- Mekkora a hőmérséklet szórása a sütőlapokon belül?
- Felhasználhatók-e a hőmérsékleti eredmények a karbantartás előrejelzésére is?
- Milyen hőmérséklet-érzékelővel célszerű felszerelni a jelenlegi ostyasütőt?
- Hány hőmérséklet-érzékelőt érdemes felszerelni?

A dolgozatom során két mérést hajtottam végre, egyrészt a sütőlapok közötti különbségek feltárását a felfűtési szakasz alatt, másrészt a sütőlapon belüli hőmérséklet-eloszlás feltérképezését stabil állapotban, öt kijelölt ponton (közép, felül, alul, bal, jobb). Ezen mérések

eredményeit tekintetem át grafikonokon, táblázatokon és hőkamerás felvételeken keresztül az Eredmények és értékelésük fejezetben, amelynek végén választ adtam a vizsgálandó kérdésekre és levontam a fejlesztési céllal kapcsolatos következtetéseket.

A mérések során összefoglalóan arra a következtetésre jutottam a vizsgálandó kérdéseken keresztül, hogy mind a sütőlapok között, mind pedig a sütőlapokon belül tapasztalható hőmérséklet-különbség. A sütőlapok közötti eltérések a felfűtés során fokozatosan nőttek és a folyamat végére érték el a maximumot. Ezek az eredmények alátámasztják, hogy a hőfelvétel nem homogén, és a korszerűsítéshez több mérési pont szükséges a különbségek pontos feltárásához. A sütőlapon belüli vizsgálat során arra a következtetésre jutottam, hogy hőeloszlás tipikusan a lap közepe felé volt a legmelegebb, a szélek hűvösebbnek bizonyultak. Ez a jelenség mind a régi, mind az új sütőlapokon is megfigyelhető volt.

Az első mérés alapján a hőmérsékletmérés a sütőlapokkal kapcsolatos karbantartás előrejelzésére is alkalmazható lehet, mivel a vizsgálat során is kiderült, hogy melyik sütőlap nem működik és nem melegszik fel a szükséges mértékben. Azonban a második mérésből már nem vonható le karbantartással kapcsolatos következtetés, mivel egy új sütőlaponál sem szűnt meg a hőmérséklet-eltérés a sütőlapon belül.

A fenti eredményekből arra következtettem, hogy célszerű mindegyik sütőlap hőmérsékletét mérni, hiszen az első mérés alapján jelentős különbségeket mutattak egymáshoz képest a lapok és csak így ismerhető meg kellő mértékben az összes felmelegedése. Annak érdekében, hogy ne kelljen minden laphoz külön érzékelőt beépíteni, a vizsgálati eredmények és a kivitelezhetőség alapján az egyetemi gép korszerűsítésére infravörös hőmérő beépítését javasoltam. Az érzékelőt olyan helyen célszerű elhelyezni, ahonnan az összes sütőlap monitorozható, miközben áthaladnak az érzékelő alatt.

## 6. Ábrák és táblázatok jegyzéke

1. ábra – Az ostyasütés folyamata .....	9
2. ábra – Hagyományos ostyagyártó technológiai sor vázlata .....	12
3. ábra – Modern ostyagyártó technológiai sor vázlata.....	13
4. ábra – Ostyalapsütő berendezés .....	14
5. ábra – Hebestreit ostyakészítő gyártósor.....	15
6. ábra – Ajánlott lépések az érzékelők kiválasztásához és az elérhető érzékelők listája .....	18
7. ábra – Ziegler ostyasütő gép szabadalmi rajza I. ....	25
8. ábra – Ziegler ostyasütő gép szabadalmi rajza II. ....	26
9. ábra – A régi és az új Ziegler ostyasütő gép adatai .....	28
10. ábra – A régi és az új Ziegler ostyasütő gép .....	28
11. ábra – Az új Ziegler ostyasütő gépben használt Pt100 típusú hőmérő rajza.....	29
12. ábra – Az új Ziegler ostyasütő gépben használt Pt100 típusú hőmérő elhelyezkedése a sütőlapon .....	30
13. ábra – Fejlesztéshez használandó hőmérséklet-érzékelők .....	36
14. ábra – Az első mérés fényképen.....	40
15. ábra – A gép felfűtési görbéje .....	44
16. ábra – Kiválasztott lapok felfűtési hőmérsékletei .....	45
17. ábra – A 24 sütőlap felfűtési görbéje .....	46
18. ábra – A felfűtési körök átlaghőmérséklete, szórása és ingadozása.....	47
19. ábra – Felfűtés köreinek hőmérséklet-eloszlásai.....	49
20. ábra – Sütőlapok belső hőmérsékleti értékei hőtérképen.....	50
21. ábra – A sütőlapok belső hőmérséklet-eloszlása.....	51
22. ábra – 1. sütőlap hőmérséklet-eloszlása .....	52
23. ábra – 7. sütőlap hőmérséklet-eloszlása .....	53
24. ábra – 15. sütőlap hőmérséklet-eloszlása .....	53
25. ábra – 23. sütőlap hőmérséklet-eloszlása .....	54
26. ábra – A gép hőkamerás felvétele .....	56

## 7. Irodalomjegyzék

Borsódy M.; Borbély B.; Bori B., Szenes E. (1997): *Cukrászat*, Budapest: Integra-Projekt Kft, pp 143-145.

Baksa M., Freund A., Demeter K., Losonci D. (2021): *Üzlet 4.0*, Magyarországi vállalati tapasztalatok, Budapest: Akadémia Kiadó, pp. 116-122., ISBN: 9789634546276, DOI: [10.1556/9789634546276](https://doi.org/10.1556/9789634546276)

Bereczkiné Kardeván K., Kovács G., Csatáriné Horváth M., Maráziné Király I., Tormáné Csizmadia Zs., Virágné Széll M., Zakariásné Kiskó B.: (2021) *Általános élelmiszeripari technológiák I.*, Budapest: Herman Ottó Intézet, p. 293.

Berszán G. (2007): *Élelmiszer-előállító gépek*, Felsőfokú tankönyv, [berszangabor.hu/a-szakmai/02-szak/s09-elelmiszerip-eloallito-gepek.htm](https://berszangabor.hu/a-szakmai/02-szak/s09-elelmiszerip-eloallito-gepek.htm) (Letöltés dátuma: 2025. 06. 17.)

Biacs P. és Balogh S. (2010): *Élelmiszer-technológia mérnököknek*, Szeged: Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar, ISBN: [9789633060179](https://www.isbn-international.org/product/9789633060179), p. 682.

Bibi, F., Guillaume, C., Gontard, N., Sorli, B. (2017): A review: RFID technology having sensing aptitudes for food industry and their contribution to tracking and monitoring of food products, *Trends in Food Science & Technology*, 162, 91-103, DOI: [10.1016/j.tifs.2017.01.013](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.01.013)

Fenyvesi Cs. (2010): *Hőmérséklet mérés és érzékelés*, Budapest: Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet, pp. 1-33.

Hall, E. (1991): *Biosensors*, Prentice Hall: Englewood Cliffs, p. 351. ISBN: 0130845264, 9780130845269

Keményffy G. és Tóth I. (1958): *Cukrászkönyv*, Piliscsév: Műszaki Könyvkiadó, pp. 53-71.

Kis J. (2021): Egy család, két cég, és ez így van jól, *Forbes*, 9/6, 40-47

Kress-Rogers, E. és Brimelow, C. J. B. (2001): *Instrumentation and sensors for the food industry*, Cambridge: Woodhead Publishing Limited, pp. 280-302.

Lakatos E. (2013): *Élelmiszeripari technológiák I. Malom-, Sütő- és Édesipar*, Mosonmagyaróvár: Palatia Nyomda és Kiadó Kft, pp. 83-89.

- Magda S. és Marselek S. (2000): *A mezőgazdasági és élelmiszer-technológia alapjai, Élelmiszeripar*, Budapest: Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, pp. 18-19.
- Miranda, J., Ponce, P., Molina, A., Wright, P. (2019): Sensing, smart and sustainable technologies for Agri-Food 4.0, *Computers in Industry*, 2019/108, 21-36, DOI: [10.1016/j.compind.2019.02.002](https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.02.002)
- Mohos F. (1975): *Édesipari termékek gyártása*, Budapest: Mezőgazdasági Kiadó, pp. 201-218.
- Mohos F. (2012a): *Édesipari technológia I.*, Budapest: Nemzeti Agrárszaktanácsadási, Képzési és Vidékfejlesztési Intézet, pp. 5-11.
- Mohos F. (2012b): *Édesipari technológia II.*, Budapest: Nemzeti Agrárszaktanácsadási, Képzési és Vidékfejlesztési Intézet, pp. 181-187.
- Nagy J., Jámbor Zs., Freund A. (2020): Az ipar 4.0 és a digitalizáció legjobb gyakorlatai, A hazai élelmiszergazdaságban - négy esettanulmány, *Vezetéstudomány*, 51/5, 5-16, DOI: [10.14267/VEZTUD.2020.06.02](https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2020.06.02)
- Papp Á. (2010): „Az ostyalapgyártás és általában az ostyagyártás kényes munka...” *Magyar Szó*, 67/123, 11
- Patel, P. és Doddamani, A. (2019): Role of Sensor in the Food Processing Industries, *International Archive of Applied Sciences and Technology*, 10/1, 10-18, DOI: [10.15515/iaast.0976-4828.10.1.1018](https://doi.org/10.15515/iaast.0976-4828.10.1.1018)
- Steinbach, J., Jadachowski, L., Steinboeck, A., Kugi, A. (2023): Modeling and observer design of an inductive oven with continuous product flow, *Mechatronics*, 2023/95, 1-11, DOI: [10.1016/j.mechatronics.2023.103041](https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2023.103041)
- Szalai I. (2020): *Méréstechnika - Természettudományi alapoktól az ipari alkalmazásokig*, Veszprém: Pannon Egyetem, Mérnöki Kar Műszaki Tudományok Kutató-Fejlesztő Központ, pp. 78-85.
- Taghlaoui, F., Somrani, M., De Loy-Hendrickx, A., Vermeulen, A., Devlieghere, F. (2025): Ensuring process safety: validating industrial cookie and waffle production with a surrogate strain, *Food Control*, 2026/181, 1-10, DOI: [10.1016/j.foodcont.2025.111688](https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2025.111688)

Telbisz M. (1989): A Hebenstreit GmbH, Mörfelden cég nagyteljesítményű ostyagyártó berendezései, *Édesipar*. 40/3, 91-95.

Tiefenbacher, K. F. (2017): *The Technology of Wafers and Waffles I: Operational Aspects*, London: Academic Press, pp. 8-14., ISBN: 9780128094389

Vachter D. és Bányai T. (2021): A negyedik ipari forradalom hatása az élelmiszeriparra: Perspektívák és gátló tényezők, *Multidiszciplináris tudományok*, 11/3, 86-93.

Walkó G. (2014a): *Édesipari gépek I.*, Budapest: Nemzeti Agrárszaktanácsadási, Képzési és Vidékfejlesztési Intézet, pp. 5-7.

Walkó G. (2014b): *Édesipari gépek II.*, Budapest: Nemzeti Agrárszaktanácsadási, Képzési és Vidékfejlesztési Intézet, pp. 123-131.

Watson, N. J., Bowler, A. L., Rady, A., Fisher, O. J., Simeone, A., Escrig, J., Woolley, E., Adedeji, A. A.: (2021): Intelligent sensors for sustainable food and drink manufacturing, *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2021/5, Article 642786, p. 22 DOI: [10.3389/fsufs.2021.642786](https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.642786)

Webster, J. G. (1997): *The measurements, instrumentation and sensors handbook*, Boca Raton: CRC Press, LLC, pp. 952-1113., ISBN: 0-8493-2145-X

Weston, M., Geng, S., Chandrawati, R. (2021): Food Sensors: Challenges and Opportunities, *Advanced Material Technologies*, 6/5, 1-16, DOI: [10.1002/admt.202001242](https://doi.org/10.1002/admt.202001242)

Ziegler J. (1977): Berendezés sajtos tallér és hasonló lapalakú tésztatermékek sütésére, ZI-184 ügyszámú, 177788 lajstromszámú magyar szabadalmi bejelentés

http1: [kormany.hu/dokumentumtar/magyarorszag-digitalis-elelmiszeripari-strategiaja](http://kormany.hu/dokumentumtar/magyarorszag-digitalis-elelmiszeripari-strategiaja)  
(Letöltés dátuma: 2025. 09. 11.)

http2: [storeinsider.hu/cikk/egy-patinas-marka-csaladtortenete](http://storeinsider.hu/cikk/egy-patinas-marka-csaladtortenete) (Letöltés dátuma: 2025. 06. 28.)

http3: [ziegler.hu/gepek/](http://ziegler.hu/gepek/) (Letöltés dátuma: 2025. 06. 28.)

http4: [www.hebenstreit.de/en/products/flat-wafers/flat-wafers](http://www.hebenstreit.de/en/products/flat-wafers/flat-wafers) (Letöltés dátuma: 2025. 07. 31.)

http5: [ziegler.hu/rolunk\\_gepgyarto](http://ziegler.hu/rolunk_gepgyarto) (Letöltés dátuma: 2025. 06. 17.)

http6: [www.testo.com/hu-HU/termek/homereklet](http://www.testo.com/hu-HU/termek/homereklet) (Letöltés dátuma: 2025. 07. 08.)

http7: [www.dialcomp.hu/ipari-elektronika/homereklet-erzekelok/mt-203-5x50-tf2000-pt100/](http://www.dialcomp.hu/ipari-elektronika/homereklet-erzekelok/mt-203-5x50-tf2000-pt100/)  
(Letöltés dátuma: 2025. 08. 21.)

http8: [www.raytek-direct.com/product/raytek-mi3-series-standard-low-temperature-ir-sensor-raymi302ltscb3](http://www.raytek-direct.com/product/raytek-mi3-series-standard-low-temperature-ir-sensor-raymi302ltscb3) (Letöltés dátuma: 2025. 09. 29.)

http9: [modulshop.hu/gy-906-erintesmentes-infra-homereklet-szenzor-modul-1956](http://modulshop.hu/gy-906-erintesmentes-infra-homereklet-szenzor-modul-1956) (Letöltés dátuma: 2025. 08. 24.)

http10: [multikisgep.hu/WorkZone-JHK-6606-infravoros-homero-targyhomero-le](http://multikisgep.hu/WorkZone-JHK-6606-infravoros-homero-targyhomero-le) (Letöltés dátuma: 2025. 08. 24.)

http11: [www.flir.com/en-eu/browse/portable-inspection-solutions/handheld-thermal-cameras/flir-one/](http://www.flir.com/en-eu/browse/portable-inspection-solutions/handheld-thermal-cameras/flir-one/) (Letöltés dátuma: 2025. 10. 08.)

## **8. Mellékletek**

### **8.1. Interjú**

Az interjú Orosz Milánnal, a Ziegler Kft gépészmérnökével készült 2025. július 31-én, előzetes szóbeli beszélgetéseket követően írásos formában.

**Hogyan és milyen típusú hőmérővel történik jelenleg a hőmérséklet mérése? Mi ennek az oka?**

*Jelenleg egy Pt100-as hőmérséklet-érzékelővel történik a hőmérséklet mérése, amely az 1-es számú alsó sütőlap hátuljában lévő furatba van beledugva. A Pt100 két kivezetése rá van kötve egy rézgyűrűs, réz érintkezővel ellátott áramszedőre, amivel átvisszük a jelet a forgó részről az álló részre. Ez be van kötve a PLC egység PT moduljába, ami feldolgozza a beérkező jeleket. Ez egy viszonylag egyszerűen és költséghatékonyan kivitelezhető hőmérsékletmérési megoldás.*

**Korábban voltak-e más megoldások, amelyet a hőmérséklet mérése során alkalmaztatok?**

*Korai gépeknél is már Pt100-as hőmérséklet-érzékelővel történt a mérés.*

**Hogyan veszik figyelembe és hasznosítják a gépben mért hőmérsékleti adatokat?**

*A mért hőmérsékleti értékeket a PLC egység dolgozza fel és ennek figyelembevételével szabályozza a sütőlapok hőmérsékletét. A beállított értéknek van egy tűrésmezője, amelyen belül kell tartani a sütőlapok hőmérsékletét. Ez plusz-mínusz 0,5 °C. Ha a mért érték meghaladja a felső határértéket, akkor a fűtés kikapcsol, ha az alsó határértéket, akkor pedig bekapcsol. Itt a szabályzás a fűtőbetétek ki-be kapcsolásával történik, nem pedig teljesítmény szabályzással.*

**Milyen hatása lehet egy precíz hőmérsékletmérésnek a termék minőségére vagy az energiafogyasztásra?**

*Pontos hőmérsékletméréssel és szabályozással egyenletesebb termék minőséget lehet elérni, valamint kevesebbet kell belenyúlni manuálisan a gép működésébe. Az elkészült ostyák egységesebbek lesznek, nem lesz köztük nyers vagy túlsült termék. Gépkezelőnek sem kell folyamatosan módosítani a gép sebességét vagy a sütőlapok hőmérsékletét.*

### **A jövőben terveztek-e más megoldást alkalmazni?**

*Jövőben szeretnénk alkalmazni az elektromos gépjeinknél is egy infrás megoldást, amely a gázos gépjeinknél jól működik. Ez ugye egy érintkezésmentes hőmérsékletmérési megoldás. Kevesebb alkatrész kellene, amivel a forgácsolt alkatrészek darabszámát tudnánk csökkenteni és új funkciókat nyernénk, viszont árban egy nagyságrenddel drágább megoldás.*

### **Milyen kihívásokat láttok a hőmérsékletmérés kapcsán?**

*Különös figyelmet kell fordítanunk a csúszógyűrűs rész kialakításánál, mert fontos a megfelelő érintkezés. Koszolódás vagy kopás esetén nincs meg a megfelelő érintkezés és a gép hibás adatot mér. Ilyenkor a gép vagy túlfűt vagy nem fűt egyáltalán.*

### **Érkezett-e igény fejlesztésre akár ügyféloldalról, akár belső oldalról?**

*Fejlesztési igényként merült fel az infrás megoldás alkalmazása az elektromos gépeknél is. Elsősorban plusz funkciókat nyernénk. Így, hogy csak egy sütőlapnak a hőmérsékletét nézzük, nincs információnk a többi 23 db-ról. Könnyebb észrevenni a kiégett, megszakadt fűtőbetéteket, valamint a gép felfűtése után még kell idő, amíg a teljes gép átmelegszik és az adagoláskor már nem hűl le az alsó hőmérsékleti határérték alá a sütőlap, ki lehetne hagyni a hideg sütőlapokat adagoláskor, így előbb lehetne megkezdeni a folyamatos termelést a géppel (nem minden fűtőbetét egyforma, valamelyik előbb felmelegszik).*

### **Hogyan történne egy új hőmérsékletmérő megoldás kifejlesztése és hitelesítése a gyártásban?**

*Egy megbeszélés keretében egyeztetjük az új megoldással kapcsolatos észrevételeinket, majd a gépészmérnökünk megtervezi az elképzelést. CAD modellt használva iteráljuk a megvalósíthatóságot. Ezután az elkészült műhelyrajzok lekerülnek gyártásba és a soron következő gépnél kipróbáljuk. Általában törekszünk a visszafelé történő kompatibilitásra, persze radikálisabb változtatásoknál ez nem lehetséges. Ha az új megoldás beválik, akkor marad gyártásban, ha nem akkor marad az eredeti.*

### **Milyen környezeti hatások befolyásolják a mérő működését?**

*Normál körülmények között nem kerül a hőmérőhöz folyadék vagy zsír. A Pt100 egy 0,2 mm-el nagyobb furatba kerül behelyezésre. Használunk hővezető pasztát a jobb hőátadás miatt, így gyakorlatilag nem kerül por a mérő és a sütőlap közé. Védett helyre van helyezve.*

**Mennyire egyenletes a hőmérséklet eloszlása a sütőfelületen?**

*Sütőlap belső fele, ahová a fűtőbetét kerül ki van zsebelve. Körben 10 mm falvastagság van hagyva oldalanként, sütőfelületnél 15 mm, így gyakorlatilag a teljes felület fűtve van. Egyenletesnek tekinthető, de sosem mértük.*

**Milyen hőmérséklet-tartományban kell működnie a szenzornak?**

*A géppel 150-170 °C között sütünk a készülő termék függvényében. Környezeti hőmérséklettől 200 °C-ig terjedő skálát kell tudnia lefedni. Az általunk használt Pt100 hőmérő 0-300 °C-ig képes mérni.*

**Hol lenne szerintetek az ideális pont a hőmérő elhelyezésére?**

*Minél közelebb a sütőfelülethez Pt100 esetén. Most az alsó sütőlap hátuljában lévő furatba van betolva; a sütőfelülettől 7,5 mm-re van fúrva a furat. 5 mm-rel a sütőfelület alatt van a Pt100 hőmérő felső pontja.*

**Milyen típusú hőmérséklet-érzékelőt tartotok megfelelőnek?**

*Pt100 és az infrás megoldás jól működik a gépjeinknél.*

**Milyen védelmi osztály lenne minimum elvárás a beépítéshez?**

*Ez az elhelyezéstől függ. Liszt és egyéb por előfordul a helyiségben, ahol a sütőgépek vannak. Folyadék csak abban az esetben kerül rá, ha a bekevert masszával/tésztával véletlenül leöntik. Gőz érheti, ha a sütőlapok fölé kerül az érzékelő. Célszerű olyan helyet választani, ami mentesnek tűnhet ezektől a behatásoktól.*

**Használjátok jelenleg a mért adatokat valamilyen?**

*A mért hőmérsékleti értékeket nem naplózzuk. A gép közelében mindig van kezelő személy, aki szemrevételezéssel és mintavételezéssel állapítja meg, hogy a termék megfelelő minőségű-e. Nem megfelelőség esetén beavatkoznak a gép működésébe (hőmérséklet vagy sebesség). Nem nyújtanának releváns információt a naplózott hőmérsékleti értékek.*

## 8.2. Sütőlapok közötti mérés eredményei

A mért hőmérsékletek °C-ban kerültek feltüntetve. Az eredmények két táblázatban, elsőként az 1-9., majd a 10-17. kör mérései olvashatóak.

Lap	1. kör	2. kör	3. kör	4. kör	5. kör	6. kör	7. kör	8. kör	9. kör
1	20,77	25,61	29,59	39,91	51,45	59,93	63,65	76,43	91,79
2	20,71	24,53	30,57	42,01	50,23	61,37	70,63	79,17	94,07
3	20,81	25,29	30,57	41,91	51,77	61,87	75,05	82,11	91,69
4	21,01	25,49	32,53	44,03	52,81	63,09	74,91	79,39	94,17
5	21,57	25,93	31,05	41,93	54,15	60,75	70,61	85,11	96,77
6	21,37	25,59	31,69	43,01	51,35	62,71	77,49	86,17	91,65
7	21,63	26,05	33,17	44,87	52,99	61,07	78,47	87,23	96,17
8	22,29	26,93	35,51	46,01	51,95	63,53	74,07	89,17	92,79
9	23,03	25,91	33,91	43,79	53,55	61,69	74,37	83,15	92,17
10	22,37	25,99	37,05	44,85	51,63	62,27	78,15	88,87	94,13
11	22,47	25,87	36,39	44,09	51,39	63,65	66,31	85,49	87,71
12	22,59	26,15	38,19	45,37	53,81	67,31	68,65	86,29	92,31
13	22,87	26,17	37,25	43,87	56,99	65,15	71,13	88,53	92,95
14	23,03	26,49	37,79	44,49	48,03	64,25	72,27	89,99	94,01
15	23,15	25,91	38,35	45,85	51,19	66,85	72,87	91,77	93,21
16	23,53	26,93	41,45	48,79	55,57	68,85	75,03	92,61	92,69
17	25,01	26,09	36,15	40,89	57,07	68,59	71,57	81,81	84,35

<b>18</b>	21,29	22,63	24,27	28,39	30,19	34,63	31,85	36,81	38,87
<b>19</b>	22,99	25,07	39,33	45,71	50,87	70,05	70,57	91,85	94,59
<b>20</b>	24,39	26,73	40,21	47,29	58,99	67,67	70,65	94,73	98,07
<b>21</b>	24,11	27,41	40,67	42,29	57,53	70,35	71,37	93,23	96,15
<b>22</b>	24,75	27,23	38,55	47,55	59,99	70,25	76,41	88,89	89,71
<b>23</b>	21,33	21,95	24,69	29,93	31,27	34,12	32,89	39,39	39,93
<b>24</b>	24,27	29,49	40,39	49,83	61,45	71,73	83,21	94,59	96,01

<b>Lap</b>	<b>10. kör</b>	<b>11. kör</b>	<b>12. kör</b>	<b>13. kör</b>	<b>14. kör</b>	<b>15. kör</b>	<b>16. kör</b>	<b>17. kör</b>
<b>1</b>	96,21	103,71	111,93	117,53	127,83	130,55	139,69	145,13
<b>2</b>	95,23	105,87	114,33	120,67	129,61	133,11	141,71	148,29
<b>3</b>	92,71	106,15	113,67	118,13	126,31	133,23	140,17	148,37
<b>4</b>	101,77	108,23	114,83	123,77	129,69	134,33	141,67	148,53
<b>5</b>	101,03	109,39	116,93	126,79	129,95	135,23	144,73	152,97
<b>6</b>	100,65	111,73	119,43	126,07	130,91	136,61	145,65	151,43
<b>7</b>	101,09	110,05	120,63	125,45	131,81	136,63	150,39	150,51
<b>8</b>	101,71	109,97	118,87	124,09	133,05	137,43	147,49	149,91
<b>9</b>	98,59	105,81	114,43	120,47	127,69	135,11	142,05	147,17
<b>10</b>	99,39	107,51	114,89	122,05	131,91	137,33	144,97	149,89
<b>11</b>	98,07	104,19	112,31	119,39	128,75	136,99	142,01	146,13
<b>12</b>	103,97	108,07	117,99	124,33	131,35	137,93	145,51	156,01
<b>13</b>	98,21	105,57	112,93	121,19	127,77	134,23	142,27	150,69
<b>14</b>	98,25	106,77	112,77	121,29	128,41	136,79	141,79	150,49

<b>15</b>	102,91	108,09	115,21	124,61	127,37	139,35	143,89	153,37
<b>16</b>	107,07	112,27	118,35	127,09	131,09	143,95	153,05	157,57
<b>17</b>	96,09	95,83	101,51	109,97	110,45	120,63	124,03	132,07
<b>18</b>	42,05	48,27	53,15	55,71	58,11	60,09	64,83	65,51
<b>19</b>	98,69	112,05	120,27	127,85	131,03	142,33	149,85	155,35
<b>20</b>	98,21	117,59	125,25	132,41	135,49	145,29	155,45	163,05
<b>21</b>	98,29	114,41	119,91	128,61	130,01	141,59	147,83	151,83
<b>22</b>	92,95	105,07	109,93	114,31	114,29	126,31	130,57	145,81
<b>23</b>	45,69	48,19	53,39	55,87	60,17	61,95	65,79	65,81
<b>24</b>	106,81	115,29	120,73	129,27	132,31	143,03	149,13	159,43

## 9. Nyilatkozatok

### NYILATKOZAT

#### a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Pintz András  
A Hallgató Neptun kódja: CR7QO9  
A dolgozat címe: Élelmiszeripari gép korszerűsítése okoseszközök alkalmazásával  
A megjelenés éve: 2025  
A konzulens intézetének neve: Műszaki intézet  
A konzulens tanszékének a neve: Mezőgazdasági és Élelmiszeripari gépek tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2025. október 22.



Hallgató aláírása

## NYILATKOZAT

Pintz András (hallgató Neptun azonosítója: CR7QO9) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védeésre **javaslom** / **nem javaslom**<sup>1</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen **nem**<sup>\*2</sup>

Kelt: Gödöllő, 2025. év október hó 21. nap



Dr. Korzenszky Péter  
belső konzulens

---

<sup>1</sup> A megfelelő aláhúzendó.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendó.

# Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

## 1. Általános adatok

Hallgató neve:	Pintz András
Neptun-kódja:	CR7QO9
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input type="checkbox"/> BSc/BA <input checked="" type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb: .....
Tantárgy neve/kódja*:	-
A munka címe:	Élelmiszeripari gép korszerűsítése okoseszközök alkalmazásával

\* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

## 2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

*(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)*

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

## 3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

**I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)**

*(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)*

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)
Nyelvi korrektúra	ChatGPT - GPT-5	
Mérések során használt Arduino mikrovezérlő programozása	ChatGPT - GPT-5	Nem érintett konkrét szövegrészt, az Anyag és Módszer, valamint az Eredmények és értékelésük fejezetben leírt méréseket segítette.

**II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)**

*(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka mellékletében való csatolása szükséges.)*

A felhasználás célja	Alkalmazott eszköz verziója, elérhetősége	MI-neve,	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet bejegyzésének sorszáma

**3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)**

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

*Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.*

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

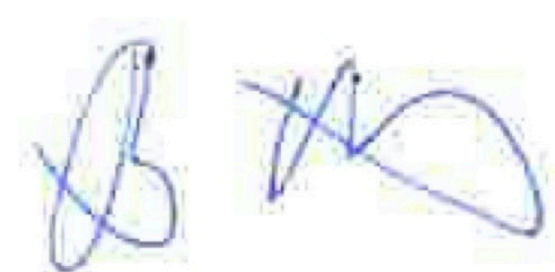
.....

.....

**4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:**

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

**Kelt:** Gödöllő, 2025. október 22.



.....

**Hallgató aláírása**



.....

**Konzulens/Témavezető aláírása**