

DIPLOMADOLGOZAT

Horváth Kende
Agrármérnöki osztatlan szak

Gödöllő
2023



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Agrármérnöki osztatlan szak**

**SAJÁT MANGALICAFARM FEJLESZTÉSI
LEHETŐSÉGEINEK VIZSGÁLATA A KÖRNYEZETILEG
ÉS GAZDASÁGILAG IS FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉS
JEGYÉBEN**

Belső konzulens: Dr. Póti Péter
tanszékvezető
egyetemi tanár

Készítette: **Horváth Kende**
MGOTDX
Agrármérnöki osztatlan szak
(nappali)

Intézet: **Állattenyésztési
Tudományok Intézet**

**Gödöllő
2023**

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS.....	4
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	7
2.1 Sertéstartás kialakulásának áttekintése	7
2.2 A mangalica fajta kialakulásának áttekintése	7
2.3 A mangalica jellemzése, tartásmódja.....	8
2.4 A Duroc sertés.....	8
2.6 Az Afrikai Sertéspestis	9
2.7 Az állattartó telepek higiénája	11
2.7.2 Biológiai biztonság	11
2.7.3. ASP terjedése a légtérben.....	12
2.7.4. Védekezés a levegőben terjedő betegségek ellen.....	12
2.7.5. HEPA technológia.....	14
2.7.6. MESP technológia.....	14
2.7.7. Fertőtlenítő és hőmegtartó felületek.....	15
2.8 Állatjólét és állatjóllét	16
2.8.1 Külterjes tartásmód hatása a jólétre	16
2.8.2 Az öt állati szabadságjog.....	17
2.9 Fenntarthatóság	19
3. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	24
3.1. Vizsgálati helyszínek	24
3.1.1. Saját gazdaság bemutatása	24
3.1.2. MESP technológiájú légtisztítási kísérlet helyszínének bemutatása.....	26
3.2. Vizsgálatok módszerének bemutatása	27
3.2.1. Az alkalmazni kívánt biogáz technológia ismertetése és a modelszámításhoz használt adatok bemutatása.....	27
3.2.2. A MESP technológia sertéstelepi üzemi értékelésének módszere.....	29
3.3 Az eredmények kiértékelésének módszerei	31
3.3.1 A jelenlegi trágyamennyiség biogáz üzemben történő felhasználása során keletkező energiamennyiség számításának módszerei.....	31
3.3.2 A légtisztítási kísérlet eredményeinek kiértékelési módszerei.....	31
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSŰK	32
4.1. A sertéstrágyából keletkező biogáz mennyiségének számítása	32
4.2. A MESP technológiájú légtisztítási kísérlet eredményeinek ismertetése	34
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	45
6. ÖSSZEFOGLALÁS	47
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	49
IRODALOMJEGYZÉK	50
NYILATKOZAT.....	54

1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS

A mangalica az egyetlen őshonos sertésfajtánk. Bár az 1900-as évek vége felé a kipusztulás veszélye fenyegette a fajtát, napjainkban újra reneszánszát éli a mangalica tenyésztése és feldolgozása (Gundel 2006).

Az 1800-as évek óta a mangalica az egyik legismertebb és legkönnyebben felismerhető zsírsertés. Úgynevezett igénytelen tartásmód tűrése, betegségekkel való magas szintű ellenállóképessége és nagy zsírkihozatala miatt közkedvelt volt egészen az 1900-as évek közepéig. Az 1970-es évekre megváltoztak az étkezési szokások és modernebb hússertés fajták tenyésztésére tértek át az emberek (Egerszegi 2022, szóbeli közlés).

A megváltozott szokásoknak köszönhetően a mangalica sertések létszáma nagy mértékben változott. A második világháború utáni 18.000 darabos kocalétszám 1955-re 243 db-ra, majd 1960-ra mintegy 34-39 egyedre csökkent (Szabó 2006, [http1](#)).

Az új fogyasztói igények miatt sertéstartói oldalról egyenes út vezetett az egészségesebbnek vélt hússertésekre való áttérésre. A modern hússertések ígéretes tulajdonságokkal rendelkeznek: sokkal kevesebb a zsír- és több a húskihozataluk, jóval több malacot hoznak világra, kiválóan alkalmazkodnak a zárt, ipari, intenzív tartásmódhoz (Egerszegi et al. 2003).

Mára azonban bebizonyosodott, hogy nem egészségtelebber zsírokat fogyasztani, sőt, a növényi olajokból készült termékeknek sok hátrulütője lehet. Bizonyították többek közt, hogy a növényi olajokból készült termékekkel, például a margarinnal ellentétben az állati eredetű zsír nem tartalmaz transzzsírokat, kisebb eséllyel lesz szívbeter az, aki növényi (a vizsgálatban kukorica) olaj helyett állati zsiradékot fogyaszt. A koleszterinszint tekintetében jobb választásnak bizonyult a növényi olajok fogyasztása, de a szívbetergek kialakulásának elkerüléséhez az állati zsírokkal való táplálkozás nagyobb mértékben járult hozzá (Walton 2016).

Egy kanadai nefrológus cikke szerint az olaj kontra zsírfogyasztással kapcsolatban az emberiség az elmúlt 40 évre visszatekintve elképzelhetetlenül hiszékeny volt. Az embereket szándékosan vezették meg azzal, hogy a lakosság körében elterjesztették az állati eredetű telített zsírsavak káros hatásainak gondolatát, miszerint az állati eredetű zsírok növelik a koleszterinszintet és szívbetegséget okoznak. Az akkori túlkapások szerint a növényi étrendre való áttérés, növényi olajok előnyben részesítése az állati zsírok helyett a szív egészségét szolgálják. Fung írásában “Fausti alkunak” nevezte ezt a befolyásolást, ugyanis az iparilag feldolgozott növényi olajok sokkal károsabban hatnak az egészségre, mint az állati zsír (Fung 2018).

Egy spanyol sonkagyár, a Jamones Segovia S.A. tulajdonosa, Juan Vincente Olmos Llorente és egy debreceni agrármérnök, Tóth Péter nevéhez fűződik a mangalica sertés “megmentése”. A spanyolok szerettek volna egy nagy intramuszkuláris zsírtartalommal rendelkező zsírsertést, hasonlót, mint a náluk őshonos Ibérico fajta. Magyarországon ezt megtalálták a mangalica formájában. Cégük, az Olmos és Tóth Kft. 2010-ben több, mint 7000 db mangalica sertést exportált Spanyolországba. Akkor még főként saját telepükről, saját maguk által előállított állatokat vágtak és exportáltak, ma már azonban felvásárolják más tenyésztők mangalicáit. Napjainkban Magyarországon körülbelül 160 db mangalicatelepet tartanak számon ([http2](#), [http3](#)).

A spanyol piacon jelenleg is hiány van a magyar mangalicából, emellett a magyar piac is felfutó ágban van. Az elmúlt évek gondos munkájának köszönhetően a mangalica sertés- és zsírfogyasztást sikerült újra divatba hozni. A lakosság kezd ráeszmélni a minőségre, hajlandóak megfizetni a mangalica sajátos szaporodásbiológiájához, fajtajellegéhez kapcsolódó magasabb költségeket. A mangalica sertés köré tudatosan felépített marketing kampányoknak is köszönhetően kitűnően, prémium kategóriában értékesíthetőek a tökehúsok és késztermékek mind az éttermek, mind a lakosság számára ([http4](#)).

Sajnos az utóbbi pár év nem kedvezett a sertéságazatnak. Az Afrikai sertéspestis (ASP) Magyarországot is elérte 2018 áprilisában. Kizárólag vaddisznóban mutattak ki ASP kórokozót hazánkban, ennek ellenére várható megjelenése a házi sertésállományban is. A Nemzeti Élelmiszerlánc-Biztonsági Hivatal szigorított a telepek állategészségügyi rendszerén, korlátozásokat vezetett be az állatok szállításával kapcsolatban.

Több környező országban megjelent az Afrikai Sertéspestis házi sertés állományokban is, ezeken a telepeken teljes leöléssel védekeznek a továbbterjedés ellen.

Az Afrikai sertéspestistől való félelem, valamint az elmúlt években való növekvő takarmányárak nem kedveznek a magyar sertésállománynak sem. Az orosz-ukrán háború megkezdődésével hatalmas takarmány alapanyag kiesést jósoltak a szakértők, ez további áremelkedésekhez vezetett. Diplomamunkám írásakor, 2022. első felében az élő sertés átvételi ára nagyon alacsony volt, bizonyos számítások szerint egy előállított hússertés hízon átlagosan 6-10.000 Ft veszteség volt realizálható (Egerszegi 2022b, szóbeli közlés).

Meglátásaim szerint a mangalica fajtát kevésbé érinti ez a probléma az eleve magasabb felvásárlási árak miatt. A piac ugyan késéssel, de reagálni látszik erre a problémára, a boltokban a tökehúsok árai meg is kezdték az emelkedést. Ez meglátszik a felvásárlási árakon is, mind a hússertés, mind a mangalica esetében.

Diplomamunkám célja, hogy olyan vizsgálatokat folytassak, amelyek eredményeinek felhasználásával a jövőben innovatív módon hozzá tudok járulni saját mangalica sertéstelepünk környezeti és gazdasági fenntarthatóságához. Ezért dolgozatomban olyan almostrágya kezelési (száraz fermentoros biogáz) technológiát értékeltem, amely környezeti szempontból hatékonyan kezeli a telepünkön keletkező almostrágyát úgy, hogy közben értéket teremt, jövedelmet termel a biogáz, elektromos áram, hő, és kezelt értékesíthető szervesrágyának köszönhetően. Ezen túlmenően az állatjóllét és járványvédelem szempontjából döntő fontosságú olyan légtisztítási (MESP) technológiát vizsgálok, amely hatékonyan, környezetbarát módon és egyben könnyen üzemeltethetően optimális közeli levegőt biztosít a sertéseknek.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 Sertéstartás kialakulásának áttekintése

A sertés több, mint tízezer éve él együtt az emberiséggel. Eredete vitatott, két verzió is létezik a domesztikációja helyszínével kapcsolatban. Lehetséges, hogy a Fekete tenger partjánál, Délkelet-Európában házasították a halászhulladékaival a vadsertéseket. A másik változat szerint az is lehetséges, hogy Délkelet-Ázsiában házasították őket. Nincs kizárva a több domesztikációs centrum létrejötte sem, ugyanis világszerte számos helyen éltek vadsertés populációk (Paládi-Kovács et al. 2001).

2.2 A mangalica fajta kialakulásának áttekintése

Ortuay Gyula néprajzkutató szerint valószínűleg a honfoglaló magyarok Kárpát-medencébe érkezésükkor hozták magukkal a szalontai disznót, ahol addig a bakonyi fajta volt az elterjedt. A bakonyi disznó sötét színű zsírsertés, míg a szalontai vöröses hússertés volt, ezek a fajták mára kihaltak (Ortuay 1977).

Az 1800-as évek első felében a mai Szerbia területéről származó sumadia, a szalontai és a bakonyi fajták keresztezéseként jött létre az a fajta, amit ma mangalicaként ismerünk. Eredetileg négy színváltozat alakult ki: szőke, vörös, fecskehasú és fekete. Az eredeti, elsőként létrejött mangalica változat a szőke, amely a sumadia - szalontai - bakonyi keresztezésből jött létre. A fekete mangalica a szőke mangalica és a szerémségi sertés keresztezéséből keletkezett, a 20. század végére kipusztult, ám ma már visszatenyésztették. A fecskehasú mangalica a szőke és a fekete mangalicák keresztezéséből, a vörös változat pedig a legkésőbb, a szőke mangalica és a szalontai sertés keresztezéséből jött létre (Egerszegi 2022c, szóbeli közlés).

2.3 A mangalica jellemzése, tartásmódja

A mangalica az egyetlen őshonos sertésfajtánk. Küllemét tekintve könnyen felismerhető göndörödő, hosszú, finomszálú szőrzete egyedivé teszi fajtársai között. Tömör, edzett, igénytelen tartásmódot kiválóan tűrő fajtaként tartják számon. A 19. században alapvetően két típusát különböztethetjük meg a mangalica tartásmódjának: a legeltetés és a makkoltatás egyaránt elterjedt volt Magyarországon. A makkoltatás azt jelentette, hogy ősszel útnak engedték a kondát, gyakran több száz kilométert tettek meg az állatok, miközben az energiában gazdag makkon, mint táplálékon éltek. Téltre jelentős energiatartalékokkal, szalonnaréteggel tértek haza a disznók. A mangalica erre a feladatra kiválóan alkalmas volt, ugyanis rendkívül jól tudott alkalmazkodni a ridegtartáshoz, az időjárásnak való kitettséghez és a változó körülményekhez. Általában tavasszal fialtak a kocák, 4-6 malacot, melyek 8-10 hetes korukig szoptak, majd 4 hónapos kor környékén történt a választás. Először 80-100 kg-os súly elérésekor, 15-18 hónapos korban párosították a tenyészállatokat. A hízásra szánt egyedeket egy éves korukig makkoltatták és legeltették, majd további fél évig hizlalták. 150-200 kg-os súly elérésekor kerültek vágásra az állatok (Egerszegi et al. 2003).

Ma a mangalica sertések átlagos napi testtömeg-gyarapodása 550-600 g/nap, de ezt a tartástechnológia nagy mértékben befolyásolhatja (http5). Kocánként évente 1,8-1,9 fialással, fialásonként 6,7 malacos átlaggal lehet számolni.

2.4 A Duroc sertés

A Duroc egy Amerikából származó, 19. században kitenyésztett sertésfajta. Létrehozatalakor a cél a termelékenység javítása volt (Bocskay 2021). Magas minőségű és kiváló kihozatali arányú húsról ismert, más sertésfajtákkal jól kombinálható apai keresztezési partner. Jó technológiatűrő, gyors növekedési erélyű fajta (http6).

2.5. A DanBred sertés

A DanBred sertések tenyésztése mögött egy hatalmas tudással és tapasztalattal rendelkező dán cég áll. Az első kutatásokat, tenyésztési programokat több, mint 120 éve kezdték, de igazi áttörést csak az utóbbi 35 évben értek el nagy mértékű genetikai szelekcióval és folyamatos

tenyésztérbécsléssel. A híbríd sertéseket DanAvl, májd 2018-tól kezdve DanBred néven értékesítik. A DanBred az első olyan sertéstenyésztő vállalat, amely minden tenyészállat genetikai információit nyomon követi, sőt beépíti azokat saját tenyésztési programjába. Ezáltal számításaik, tenyésztési indexszámaik világszerte a legmodernebbek: pontos és nagyon megbízható adatokkal szolgálnak a partnereik számára saját adatbázisukon keresztül (http7).

A DanBred Lapály (anyai vonal) és DanBred Yorkshire (apai vonal) sertések keresztezésével hozzák létre a DanBred Hibrid sertést (F1), amelyet DanBred Duroc sertéssel keresztezve jön létre a végtermék. Magasfokú termékenység és malacnevelő képesség, kiváló húsminőség és húskihozatal, nagymértékű napi testtömeg gyarapodás, egészséges és hosszú termelési idő jellemzi a DanBred sertéseket (Mátyus 2019). Dán teljesítményvizsgáló-állomásukon, Bøgildgårdban folyamatos vizsgálatokat végeznek, mára már több, mint 100.000 sertésük teljesítményét vizsgálták meg. Napi testtömeg gyarapodásuk 30 kg-os testsúlyig 350-400 g/nap, 30 kg-os testsúly felett 1100-1300 g/nap. A hazai eredmények alapján átlagosan 33-35 választott malacot tudnak a DanBred technológiával előállítani a tenyésztők évente (http8).

Tartásukhoz nem feltétlenül szükséges a legmodernebb technológiákat alkalmazni, de a legjobb eredmény érdekében célszerű lehet a korszerűsítés (http9).

2.6 Az Afrikai Sertéspestis

Az Afrikai Sertéspestis vírus okozta megbetegedés, mely emberre nem veszélyes, ám a sertéságazat jelenleg ismert legnagyobb gazdasági és állategészségügyi problémája (http10). Az ASP vírust (ASPV) először Délkelet-Afrikában jelent meg, májd terjedt tovább Európába, Dél-Amerikába, májd a Karib-térségbe. Afrikán kívül az első ASPV okozta esetet Portugália területén jegyezték fel 1957-ben. Ezt viszonylag hamar, kevesebb, mint 3 év leforgása alatt felszámolták, de addigra, 1960-ra már átterjedt a vírus Spanyolország területeire is. A spanyolok közel 40 évig, az 1990-es évek közepéig küzdöttek a vírussal, mire sikerült mentesíteni az országukat tőle. Ez a mentesítési program rengeteg pénzt emésztett fel, több, mint 100 millió dollárt. Közben a vírus folyamatosan terjedt világszerte. Elérte Franciaországot (1964, 1967, 1970), Olaszországot (1967, 1980), a Karib térséget és Brazíliát (1970-es évek), Máltát (1978), Belgiumot (1985) és Hollandiát (1986) is. Az első hullámot sikerült közel teljesen felszámolni, csak Szardínia szigete Olaszországban maradt endémiás, ezt a területet nem sikerült mentesíteni a vírustól (Olasz et al 2019).

Az Afrikai Sertéspestis második hulláma 2007-ben jelent meg grúz területen. Onnan hamar tovább terjedt a vírus, először Oroszország, Fehéroroszország és Ukrajna területeire, majd 2014-ben az Európai Unió tagállamait is elérte. 2014-től folyamatosan mutattak ki ASP vírust Litvániában, Lengyelországban, Lettországon és Észtországban. 2016. december 24-én Nagyszőlősen, a magyar-ukrán határ közvetlen közelében lévő vadsparkban találtak ASP-pozitív vaddisznó állományt. Az állatokat azonnal leölték, a területet fertőtlenítették, de a vírust nem sikerült időben megállítani ([http11](#)).

Magyarországon először 2018. április 21-én Gyöngyös külterületéről származó vaddisznó vérmintából mutattak ki ASP pozitív eredményt. A pozitív minta környéki erdőket különösen fertőzött területnek, míg további 47 környékbeli vadászterületet ASP-fertőzött területként jelölte meg a Heves Megyei Kormányhivatal. A Nemzeti Élelmiszerlánc Biztonsági Hivatal külön aloldalt indított a sertéspestis tovább terjedésének megelőzése érdekében. Tájékoztatást kapott a lakosság az ASP veszélyeiről, kockázatairól, következményeiről. Fontos kiemelni, hogy a betegség emberre nem veszélyes, de meg kell próbálni megakadályozni a házi sertésállományba való áttérjedést, mert az hatalmas veszteségeket okozhat hazánkban ([http11](#)).

2.7 Az állattartó telepek higiéniája

2.7.1. Személyi higiénia

Az sertéstartó telepen dolgozó munkatársakkal szembeni alapvető követelmény, hogy ne járjanak más állattartó telepre, ne tartsanak otthon állatot. A telepen dolgozókra, látogatókra is külön szabályrendszereket szükséges kidolgozni. Célszerű a fekete-fehér öltözők használata. A dolgozókkal ismertetni kell a használható közlekedési útvonalakat, az istállóba való belépés higiéniai szabályait. Érdemes a munkájuk során nélkülözhető tárgyakat (telefon, kulcsok, ékszerek) az öltözőben, vagy fertőtlenítés után a szociális blokkban hagyni, ezzel is csökkentve a fertőzések behurcolásának veszélyét (Fábián 2014).

A jogszabályban előírt Járványvédelmi Intézkedési Terv hiánya esetén a Nemzeti Élelmiszerlánc Biztonsági Hivatal csökkentheti a kártalanítást járványhelyzet esetén. A terv kidolgozásában a NÉBIH segíti a gazdálkodókat: segédlet és kész vázlat is elérhető az állattartók munkájának megkönnyítése érdekében ([http 12](http://12), [http13](http://13)).

2.7.2 Biológiai biztonság

Az angol “biosecurity” szó a biológiai biztonságot, úgynevezett “biobiztonságot” jelenti. Ez a fogalom egy komplex megelőző programot takar, a külső és belső kockázati tényezők kizárásának érdekében (Fábián 2016). Magában foglalja az állattartó telepek higiéniáján keresztüli technológiai fejlődést, a betegségek kialakulásának elkerülését a nagyüzemekben.

A sertéstenyésztésben a biológiai biztonságot az állomány fertőzésektől való megóvása és a fertőzések terjedésének megakadályozása jelenti (Amass & Clark 1999). Egy spanyol felmérés szerint a gazdálkodók tudják, hogy a biológiai biztonság a legfontosabb, hogy elkerüljék a betegségeket, ugyanakkor sok esetben a napi munka elvégzése közben mégsem törekednek ennek maximális meglétére. A dolgozók hajlamosak a szabályokat figyelmen kívül hagyni, vagy csak felületesen eleget tenni a járványügyi tervben előírt kötelezettségeiknek. Általában a munkatársak egymás közti és a munkatársak - vezetőség közti megfelelő kommunikáció hiánya és a motivátlanság, a higiéniai naplók felületes vezetése és a biológiai biztonsággal kapcsolatos belső ellenőrzések meglétének hiánya miatt kerülnek a járványügyi szabályok figyelmen kívül hagyásra (Casal et al. 2007).

2.7.3. ASP terjedése a légtérben

Az Afrikai Sertéspestis Vírus képes a levegőben való terjedésre és fertőzésre. A déli kullancsfélék képesek évekig megőrizni az ASPV-t és sertésekre átterjeszteni azt. A Magyarországon megtalálható kullancsfélék nem képesek ilyen hosszú távú terjesztésre, jelentőségüknek a vírus terjedésében csekély szerepet tudnak be a kísérletek. Az ipari, professzionális járványvédelmi kategóriájú, modern sertéstelepeken is megjelent a vírus, ezért további vizsgálatokra volt szükség annak érdekében, hogy kiderítsék, mi áll a gyors terjedés hátterében. A kutatások kimutatták, hogy vérszívó legyek is terjeszthetik a vírust a sertések szervezetébe kerüléssel csípés vagy táplálkozás során történő lenyeléssel (Olasz et al. 2019).

A betegségek levegőben való terjedése nem újdonság, a sertés reprodukciós és légzőszervi szindróma (PRRS), a ragadós száj- és körömfájás (Apthae epizooticae), a Q-láz (Coxiella burnetii) és a járványos tüdőgyulladás (Mycoplasma hyopneumoniae) mind-mind kutatások által bizonyítottan gyorsan terjednek a levegőben. Akár 99,9%-os hatékonysággal védekezhetünk az állattartásban a levegőben terjedő betegségek ellen, megfelelő technológia alkalmazásával. Hiába a kutatások során nyert adatok és a biztató eredmények, még így is elég kevés helyen alkalmazzák az elérhető technológiát a sertéstartásban (Eisenlöffel et al. 2019).

2.7.4. Védekezés a levegőben terjedő betegségek ellen

Az állattartó épületekbe bejutó külső levegő és a beltéri levegő szűrésével csökkenthető a kórokozók általi terhelésnek való kitettség. Sőt, mi több, a levegőben szálló por is komoly problémákat okozhat az állatok fejlődése során. A por irritálja a légutakat és rengeteg kórokozót hordoz magával, könnyedén tüdőgyulladáshoz vagy ornyálkahártya-gyulladáshoz vezethet a levegőben való túlzott jelenléte. Ez a két betegség, tudományos nevükön a Mycoplasma pneumoniae és az Atrophic rhinitis a két fő légzőszervi megbetegedés sertések esetében. Az ammónia is képes a porszemcsékbe szivódva a tüdőbe jutni, ott kárt tenni. Ezek a betegségek télen gyakoribbak, mivel az energiahatékonyság miatt általában ilyenkor kevesebbet szellőztetnek, kevesebb friss levegőt engednek az épületekbe. A szűrés által csökkenthetőek a porszennyezés általi megbetegedések is, állattartási és dolgozói oldalról egyaránt (Lau et al. 1996).

A légtisztító berendezések használata a sertéstartó épületekben akár 50%-kal csökkentheti a levegőben a szállópor-koncentrációját. A rendelkezésre álló adatok szerint ebben a kísérletben vizsgálták a sertések tüdejének egészségét, ami 35-40%-kal volt jobb állapotban, mint azoké a sertéseké, amelyek épületében nem használtak légtisztító berendezést. Szintén a berendezés használatának eredménye volt az, hogy a hizlalás során napi 0,04 kg extra súlygyarapodást értek el a kísérletben részt vevő, tisztított levegőjű istálló sertései a normál, tisztítatlan levegőn élő sertésekkel szemben. Ezzel nagyjából 10 nappal hamarabb érte el a gyorsabban fejlődő csoport a kívánt végsúlyt (Lau et al. 1996).

A levegő porszennyezettségének mértékét általában a PM10 és a PM2.5 értékekkel fejezzük ki. A PM10 érték a 10 mikronnál, vagyis 10 mikrométernél kisebb méretű, úgynevezett durva részecskéket, míg a PM2.5 a 2.5 mikrométernél kisebb méretű, úgynevezett finom részecskéket jelöli (Linden 2014). Ez a por végigkíséri a sertéstartás teljes szakaszát, kutatások szerint főként a trágyából kerül a levegőbe (Cambra-López et al. 2011). A PM maximális, az egészséget még nem károsító értéke sertések esetében több forrás alapján 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lehet (Yang et al. 2022, Donham et al. 2006). Ennek ellenére télen az átlagos porkoncentráció a sertésistállóknban az említett határértéknek több, mint négyszerese, 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Az ok triviális, télen ugyanis csökkentett mértékben szellőztetnek az épületekben a minél magasabb hőmérséklet megőrzésének érdekében. Ezáltal az istállókba kevesebb friss levegő jut be, valamint a bent lévő levegő is kevésbé keveredik, sokkal szennyezettebb, mint az erősebben szellőztetett időszakokban (Donham et al. 2006).

A levegő nedvességtartalmának kifejezésére a relatív páratartalmat (RH) használjuk. A túlságosan száraz környezet a sertések ornyálkahártyáját károsítja, ezáltal könnyebben fertőződnek meg. A túlságosan magas páratartalom, azaz a nedves környezet sem előnyös, a vízcseppekkel ugyanis szintén terjedhetnek a kórokozók. Ezért fontos, hogy a levegő RH értékét egy bizonyos szakaszon belül tartsuk (Pedersen 2008). Az optimum 55 és 65% közé tehető. 65% RH érték felett a kórokozók könnyedén szaporodnak és terjednek, 55% relatív páratartalom alatt pedig könnyebben kaphat légzési nehézségeket, betegségeket az állat. (http14)

2.7.5. HEPA technológia

A nagy hatásfokú részecske szűrő (High Efficiency Particulate Air - HEPA filter) a levegőben található aeroszoloknak, vagyis a levegőben lévő részecskék együttes rendszerének megkötésére lett kifejlesztve. Az apró részecskék megkötéséhez a levegőnek kis átmérőjű szűrőanyagon, harmónikaszerűen hajtogatott nagy felületen keresztül kell átáramolnia. A megfelelő légelosztás biztosítása végett a HEPA szűrőben speciális rácsot, úgynevezett szeparátort alkalmaznak. A szűrőanyagok készülhetnek textilből, üvegszálból, műanyagokból, PVC-ből, de akár kerámiából is (Eigemann 2008).

A HEPA-szabványú szűrőknek meg kell felelniük bizonyos előírásoknak. A legfontosabb, hogy az ezen jelöléssel rendelkező szűrőknek meg kell kötniük a rajtuk átáramló levegő 0,3 µm átmérőjű részecskéinek legalább 99,95%-át. Ennél nagyobb részecskék esetében a hatásfok növekszik. Ez kiváló értéknek számít, de a technológia igen drága, és további hátrányokkal is rendelkezik. A szűrők cseréje költséges és sűrűn igényelt. A keletkező hulladék nem újrahasznosítható. A vírusokat bár leköti a HEPA szűrő, azonban nem sterilizálja azokat. Így a légáramlással, vagy szűrőcsere során a még aktív vírusok kiszabadulhatnak a szűrőegységből. A HEPA szűrő tehát nem sterilizálja a rajta átmenő levegőt, kizárólag megköti az aeroszolok nagy részét (http15).

2.7.6. MESP technológia

A MESP (Micro-Electrostatic Precipitator) technológiájú részecskeszűrő berendezések a HEPA technológiájúakkal szemben nem csak szűrésre, de sterilizálásra is alkalmasak. A rendszerbe kerülő részecskék elektromosan feltöltődnek, majd egy méhsejt szerkezetű szűrőrendszerbe kerülnek. Ezt a szűrőrendszert elektródalapokat tartalmazó csősorok alkotják, ezek pedig elektromos mezőket generálnak. A feltöltött részecskék ezért a csövekhez vonzódnak, ott történik a megkötésük. Egy ionizáló készülék negatívan tölti fel a beáramló levegőt, a benne lévő aeroszolókat elnyeli, a nagyfeszültségű elektrosztatikus mező pedig sterilizál. A 0,3 µm átmérőjű részecskék 99,99%-át képes megkötni és elpusztítani a vírusokat, baktériumokat. A szűrők moshatóak, mosás után azonnal 100% hatásfokon működnek. Gyakori mosással akár 10 év is lehet az élettartamuk (http15). A MESP technológiájú szűrőket az állattartásban még nem alkalmazzák.

2.7.7. Fertőtlenítő és hőmegtartó felületek

A legújabb fejlesztések lehetővé teszik azt, hogy különböző beltéri falfestékek használatával az épületekben magasabb hőmérsékletet és tisztább levegőt kapjunk.

Az ENERPAINTEK egy olyan fejlesztés, amelynek köszönhetően a helyiségek hőmegtartó képessége növelhető, az energiafelhasználás csökkenthető. A hagyományos falfestékekhez körülbelül 5%-os arányban bizonyos halmazállapot-változtató anyagokat, úgynevezett PCM-eket kevernek, melyek általában paraffinok, sóhidrátok és zsírsavak. Ezek az anyagok nagy mennyiségű hőenergia tárolására és halmazállapot-változtatásra is képesek. Nappal a PCM-ek elnyelik és megkötik a meleget miközben folyékonyra olvadnak. Este kikristályosodnak és kiengedik a nappal felvett meleget, így fűtve a helyiséget. Az AIRLITE falfesték technológia képes a levegő tisztítására. A festék képes a nitrogén-dioxid szint csökkentésére, vírus-, baktérium- és penészölő hatása van, eltávolítja a szagokat és taszítja a port. Az Airlite festék fotokatalízis segítségével bontja le a levegőben terjedő szennyező anyagokat. Amikor napsütés éri a festéket, a titánium-dioxid részecskék katalizátorként működésbe lépnek és elektronokat bocsátanak ki a fal felszínére. Az elektronok reakcióba lépnek a levegőben lévő nedvességgel, a vízmolekulákat hidroxilgyökökké bontva. Ezek a gyökök megtámadják a szennyező molekulákat és ártalmatlanítják azokat. A festéket először 2007-ben tesztelték Rómában, egy alagútban, ahol UV megvilágítással segítették a festék fotokatalízis hatásának működésbe lépését. A nitrogén-oxid szint az alagútban egy hónap alatt 20%-ot csökkent. Ma már számos iskolában, kórházban, irodában használják a fertőtlenítő hatású festéket. A festék kültéri használatával a nyári meleg során csökkenthető a belső hőmérséklet, ugyanis a festék visszaveri a napsugárzást. Ezáltal is csökkenthető a hűtésre fordított energia (Photopoulos 2020).

2.8 Állatjólét és állatjóllét

A hétköznapi ember általában nincs tisztában azzal, hogy az általa fogyasztott állati termék honnan ered. Nem tudják, hogy a haszonállatokat milyen körülmények között tartják, hogy bálnak velük. Sok esetben az ökológiai jelöléssel ellátott termékeket választják szívesebben a fogyasztók, annak tudatában, hogy az ilyen gazdaságból származó állatokat a szabadban, az igényeiket kielégítve tartják (Harper & Makatouni 2002).

Az állatjólét meglétét nem a szabadban tartás és a végtelen hely biztosítása jelenti. Az állatjólét mérhető fogalom, az állatok tartási módjának, megfelelő elhelyezésének és gondozásának módját jelenti. Nem összekeverendő az állatjólléttel, ami az állatok önmaguk által érzékelt állapotára vonatkozik, mely tulajdonság nem mérhető (Pelyva 2008). Ugyanakkor igaz, hogy a beteg, vagy rossz közérzetű állat nem termel hatékonyan, mutatóiból is következtethetünk a jóllétére (Kovács-Weber 2021, szóbeli közlés).

2.8.1 Külterjes tartásmód hatása a jólétre

A fogyasztók nagy része összekeveri, nem ismeri a “szabadtartású” és az “ökológiai / bio” fogalmakat az állati eredetű termékek vásárlásakor. Nem tudják, hogy a szabadtartású nem egyenlő a bio minősített termékkel. Sok esetben az állatok jobbnak vélt tartásmódja miatt választják a fogyasztók a drágább, nem feltétlenül jobb minőségű termékeket (Harper & Makatouni 2002).

Egy amerikai kutatás szerint a humánusabban tartott állatok tejéért, tojásáért és húsáért a megkérdezettek háromnegyede (76%-a) hajlandó többet fizetni. Érdekes ugyanakkor, hogy a megkérdezettek több, mint fele (55%-a) mégsem választja a boltban ezeket a termékeket, mert túl drágának vagy számukra nem elérhetőnek tartják (<http> 16).

Sokan gondolják, hogy a külterjes módon, szabad levegőn tartott állatok nagyobb jólétben élnek le életüket. A humánusabbnak tűnő megoldások azonban nem feltétlenül járulnak hozzá a húsmínőség javulásához (Edwards 2005). Számos érv van, ami a sertések belterjes tartásmódja mellett szól. A belterjes módon tartott sertések a betegségeknek, parazitáknak kevésbé kitéttek, táplálékfelvételük nyomon követhetőbb (Lukovic et al. 2017).

A szabadban és beltérben tartott sertések szaporodási és élettani mutatóinak összehasonlító vizsgálata során bizonyíthatóak a belterjes tartásmód előnyei. Az eredmények alapján a beltérben, intenzív körülmények között tartott sertések magasabb életkort éltek meg és jobb szaporodási eredményekkel rendelkeztek mint a szabadban tartott társaik (Akos & Bilkei 2004).

2.8.2 Az öt állati szabadságjog

A brit Farm Animal Welfare Council (Haszonállatok Jólétének Tanácsa) 1979-ben öt állati szabadságjogot határozott meg ([http17](http://17)).

Az állatoknak éhségtől és szomjúságtól mentes életet kell biztosítani.

A sertéseknek ad libitum módon történő itatásra és megfelelő táplálékra van szükségük a várt növekedés, fejlődés eléréséhez. Az itatás során figyelembe kell venni a téli fagyokat is, a sertéseknek ezeken a hideg napokon is korlátlan mennyiségben folyamatosan rendelkezésükre álló vizet kell biztosítani. Az intenzív gazdaságokban általában szakember által professzionális módon összeállított takarmánykeverékkel, egyedileg történik a sertések etetése. A kevésbé intenzív gazdaságokban sokszor a gazda hozzáértésén, hozzáállásán múlik, hogy mit esznek az állatok. A takarmányfelvétel nem követhető, mert az egyedi etetés helyett csoportos etetés történik (Lukovic et al. 2017).

Az állatoknak kényelmetlenségek nélküli életet kell biztosítani.

Az öt állati szabadságjog alapján a tartott fajnak megfelelő búvó-és pihenőhelyet kell kialakítani. Kültéren ezek lehetnek épített odúk, de a dagonyázási lehetőség is kitűnő alternatíva a sertések számára. A dagonyázás során a testre tapadt, felvett sár az állat hűtésére, napsugárzástól való védelmére és az ektoparazita fajok távoltartására szolgál (Bracke 2011).

A beltérben tartott állatoknak búvóhelyet, pihenőhelyet könnyedén biztosíthatunk. A dagonyázás kérdése nem teljesen megoldott, de a dagonyázás által kivédett káros hatások, például a napsugárzás, a klimatizálás és parazitáktól való védelem mind egyszerűbben megoldhatóak, mint a szabadtartás során. A Magyarországon hatályos szabályozás szerint állatjóléti támogatás igénybevételéhez a falkásítástól kezdve minimum 1,72 m²/állat férőhelyet kell biztosítani a kocasüldők részére a 39/2018. (XII. 13.) AM rendelet alapján ([http 18](http://18)).

Fájdalomtól, sérülésektől és megbetegedésektől mentes élet biztosítására kell törekedni.

A zsúfoltság elkerülésével, a technológia megfelelő kialakításával védekezhetünk a sérülések ellen. A kinti tartás előnye a vélhetőleg több szabad terület biztosítása az állatok számára.

Az összezsúfolt sertések gyakrabban szenvednek lábgyengeségben, körömfájásban, agresszívan viselkednek és többet verekednek, mint a nagyobb területtel rendelkező társaik. A nagy állománysűrűség gyakran okoz légzőszervi megbetegedéseket, bélbetegségeket, a rosszabb higiéniai állapotok és a levegőminőség csökkenése miatt (Nordquist et al. 2017). Az állatok vakcinával történő kezelése nagy mértékben hozzájárulhat az állatjólét fenntartásához, sőt, növelheti is azt (Morton 2007).

Biztosítani kell a normális, fajspecifikus viselkedésmód kifejezésére való lehetőséget.

A beltérben, intenzíven tartott sertések táplálkozása és viselkedése nagy mértékben eltér a szabadon tartott társaikkal szemben. Azok a sertések, amelyek alomanyagként szalmát kapnak, kevesebbet harcolnak egymással, inkább a környezetükkel, a szalmával való játszással vannak elfoglalva. A szalmázás a lábbetegségek megelőzésében is segít (Scott et al. 2007). Továbbá elegendő helyet kell biztosítani ahhoz is, hogy az esetlegesen egymással konfliktusba kerülő állatok elmenekülhessenek, elbújhassanak. Az állatot fiziológiai stressznek tehetjük ki azzal, ha szűk helyre zárjuk. Egy kísérlet szerint körülbelül 2,4-3,6 négyzetméternyi helyet kell kocánként biztosítani a stressz csökkentéséhez és az állatjólét növeléséhez. Természetesen a szükséges hely mennyisége függ a sertések méretétől, a csoportösszetételtől és az etetés típusától is (Weng et al. 1998).

Félelem- és stresszmentes életet kell biztosítani az állat számára.

A stressz alatt a szervezet által a környezeti ingerekre adott visszajelzést értjük. A stressz mértékének megállapításakor általában az alkalmazkodás mértékét vizsgáljuk (Scott 1981). A sertéstarásban az egyik legnagyobb stresszhatás választáskor érheti a malacokat. A malacok anyjuktól való korai elválasztása pszichológiai, környezeti és szociális sérüléseket okozhat a malacoknak. Komoly bél- és immunrendszeri megbetegedéseket okozhat a korai választás, amely befolyásolhatja az állatok növekedését, fejlődését és az egészségi állapotukat. A választás során fontos kellő figyelmet fordítani a takarmányozásra, az megfelelő egészségügyi állapot és a jól szervezett folyamat meglétére, hogy csökkenteni tudjuk a választáskori stressz mértékét (Campbell et al. 2013).

Az öt állati szabadságjog alapján azt a következtetést vontam le, hogy a sertések zárt térben való tartása nem feltétlenül rosszabb, mint a külterjes tartásmód. Sőt, több szempontból kedvezőbb lehet a zárt tartás, mint például a betegségek elkerülése és az időjárás viszontagságainak való kitétség.

2.9 Fenntarthatóság

Annak érdekében, hogy a sertésenyésztés, sertéshústermelés a jövőben is versenyképes ágazat legyen, lépésről-lépésre át kell terveznünk a kialakult technológiákat a fenntartható fejlődés jegyében. Az Európai Bizottság a kétezres évek elején lépéseket tett az ilyen irányú fejlődésért. Az akkor létrehozott “integrált termékpolitika” (IPP - Integrated Product Policy) lényege, hogy egy termék előállítása során nem az előállítás szakaszait kell vizsgálni a környezeti hatások megállapítása céljából, hanem a termék komplett életciklusát. Minden, a termelést érintő tényezőt figyelembe kell venni és törekedni kell a környezet védelmére (http19).

Az üvegházhatású gázok kibocsátásának és a fosszilis energia felhasználásának csökkentése a legfontosabbak a fenntartható termelés követelményei közül. A tejtermékek és húsok (marha, sertés és baromfi) fogyasztása ez Európai Unióban 670 millió tonna CO² kibocsátását eredményezi, amely mintegy 14%-át teszi ki a teljes EU-s CO² kibocsátásnak. Ennek a 14%-nak több mint a feléért a marha- és a sertéshús-előállítás felel, közel egyenlő arányban (Nguyen et al. 2010).

A trágyakezelési mód megválasztásakor nagy mértékben járulhatunk hozzá a környezetterhelés csökkentéséhez. A hígtrágyás trágyatárolás bár kisebb üvegházhatású-gáz-emissziót eredményez a szilárd trágyás módszerhez képest, a metán-emisszió mégis előbbi esetben emelkedik. A hígtrágya további hátránya a kijuttatás kori extra dinitrogén-oxid emisszió képződés, mely az almos szilárd trágyánál nem jelentős mértékű (Borka et al. 2008).

A sertésstartás során keletkező szerves trágyát megfelelően kezelve és kijuttatva kitűnő tápanyagként hasznosíthatjuk. Növényeink táplálásához és a talajélet javításához egyaránt hozzájárul a megfelelően kezelt, tárolt és kijuttatott sertéstrágya. Egy köbméter sertéstrágya átlagosan 4,2 kg nitrogént, 0,8 kg foszfort és 2,2 kg káliumot tartalmaz (McCutcheon & Quinn 2014).

A szerves trágyák javítják a talajéletet, a talajminőséget és hozzájárulnak a növények fejlődéséhez is. A műtrágyákkal ellentétben nem okoznak extra terhelést a környezet számára. A talaj textúráját és vízmegtartó képességét is jelentős mértékben javítja a szerves trágya használata. Bár a szerves trágyának rengeteg előnye van, sajnos vannak hátrányai is a gazdálkodók számára. Többek közt ilyen hátrány lehet a trágya megfelelő tárolása esetén a

minőségromlás. Amennyiben ugyanis a tárolás nem megfelelő módon történik, értékes anyagokat veszíthetünk el a trágya összetételéből.

A fertőzés veszélyével is számolni kell, számos betegség terjedhet a bélsárral és a vizelettel, így a trágya kijuttatásakor fennáll egy jelentős járványügyi kockázat is (Sharma & Chetani 2017).

A trágya kezelésére számos megoldás létezik. Az egyik ilyen megoldás az, amikor a trágyát energiává alakítjuk át. A biogáz egy biológiai folyamatnak, az anaerob lebontásnak a végterméke, melynek során a szerves anyagok különböző mikroorganizmusok által lebontásra kerülnek. A technológiát régen is használták hőenergia és elektromos energia előállítására. Jelenleg a biogáz-szektor fellendülő ágban van. A biogáz üzemek bioenergia-gyárakká fejlődésének elsődleges oka az, hogy ezen üzemek a körkörös gazdálkodásra való átállás koncepciójának alapjait képzik (Kougias & Angelidaki 2018).

A biogázokat elsősorban termelési helyük szerint csoportosítjuk. Eszerint három nagy csoportba sorolhatjuk a keletkező gázokat, depóniagázok (hulladéklerakó telepeken képződő gázok), szennyvíztelepi gázok, valamint állattenyésztési és növénytermesztési tevékenységekből származó gázokat különböztetünk meg. Az ezeken a módokon létrejövő gázok számos mellék-komponensek mellett főként metánból (45-75%) és szén-dioxidból (25-55%), nitrogénből és telített vízgőzből állnak (Galyas & Szunyog 2018).

A biogáz tisztításával biometánt nyerhetünk, ami mind fűtőértékben, mind pedig kémiaiilag egyenértékűnek tekinthető a földgázban lévő metánnal. A biometán így képes kiváltani a fosszilis földgáz felhasználásunk egy részét (Toldi & Bera 2022).

Magyarországon 2008-ig kilenc biogáz üzemet telepítettek. Az Európai Uniós támogatásoknak és a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium által a nagy létszámú állattartó telepek korszerűsítésére kiírt pályázati lehetőségeknek köszönhetően sikerült növelni a magyar biogáz üzemek számát. 2011 évben mintegy 53 db biogáz üzem működött hazánkban. A 2008-as 29,5 GWh megtermelt és az áramszolgáltatók villanyhálózatába betáplált elektromos áram helyett 2011-re már több mint háromszorosát, 92 GWh-t termeltek az üzemek. A megtermelt áram nagy részét a Kötelező Átvételi Tarifa (KÁT) alapján értékesítették az áramszolgáltatóknak, azonban két üzem esetében megtörtént a metán tisztítása, így a biometánt a földgáz hálózatra tudták feltölteni (Toldi & Bera 2022).

A világ nagy részén főként a hígtrágyát feldolgozó biogáz üzemek az elterjedtek. Az ilyen üzemekben a hígtrágya nagy mennyisége miatt a tárolás igen költséges és bonyolult lehet (Hajdú 2021).

A hígtrágya optimális, megfelelő hasznosítása, jótékony hatásainak nagyfokú kihasználása nem egyszerű. A magas víztartalom miatt ezeknek a trágyáknak a tömege nagyobb, emiatt szállításuk költségesebb és bonyolultabb az almos, szilárd trágyáknál (http20).

A magyarországi sertéstelepeken keletkező szerves trágya túlnyomórészt hígtrágya. A földterületen gazdálkodást nem folytató telepek számára haszontalan, míg a növénytermesztőknek általában nem kívánatos melléktermék a hígtrágya, értékesítésére nincs reális esély. Technológiai korszerűsítéssel el kell érni a tápanyagtartalomban koncentráltabb, kisebb mennyiségű trágya keletkezését, melyet könnyebben lehet tárolni, felhasználni és értékesíteni is. Erre a célra a biogáz-előállítás egy kifogásolhatatlan megoldás lehet (Fenyvesi & Mátyás 2013).

Póti (2014) az úgynevezett száraz fermentációs biogáz üzemek létesítésének előnyeiről ír a nedves fermentációs technológiával szemben. A hígtrágyás (nedves fermentációs) verzió hátránya, hogy általában körülbelül 10% szárazanyag tartalmú szubsztrátumból képesek a biogáz előállítására, ha ettől nagyobb a biomassza szárazanyag tartalma, hígításhoz kell folyamodni. Ezt a hígítást kérdőjelezi meg a szerző, mivel a felesleges, vízpazarló, túlbonyolított technológia helyett lehetőség van a 25-30% szárazanyag tartalmú biomasszával dolgozni. A biogáz-előállítás után megmaradó biomassza is koncentráltabb, ugyanakkor kisebb mennyiségű, könnyebben kezelhető lesz.

Ugyanebben a cikkben Póti (2014) egy példán keresztül számszerűsítette a száraz fermentációs technológia alkalmazásakor egy konkrét telep esetén keletkező energiát. Az alapanyag évi 4500 tonna almos szarvasmarha trágya, melyből éves szinten 630.000 m³ biogáz állítható elő. Ha mindet fűtésre hasznosítjuk, tisztítással biometánt állítunk elő, akkor ez körülbelül 2.500.000 kW energiatermelésnek felel meg. Ha elektromos áramot termelünk gázmotor és generátor segítségével, akkor éves szinten 1.400.000 kW-ot nyerhetünk. Fontos azonban, hogy nem csupán elektromos áram keletkezik, hanem rengeteg hő is, mintegy 1.750.000 kW-nyi .

Sok esetben nem veszik figyelembe a biogáz hasznosításának kérdését. Amennyiben a megtermelt biogázt 100%-ban fűtésre használnánk, annak tisztítására és tárolására, valamint elhasználására vagy a szolgáltatónak való átadásra is gondolnunk kell. Az elektromos áram előállítása során nyert áramot és a keletkező hulladékhőt is hasznosítanunk kell az év minden napján, télen is és nyáron is. A technológia csak akkor tud fenntarthatóan üzemelni, ha olyan helyre telepítjük, ahol az alapanyag forrása és a keletkező energia hasznosítása vagy értékesítése is adott, vagy rövidtávon előteremthető (Póti 2014).

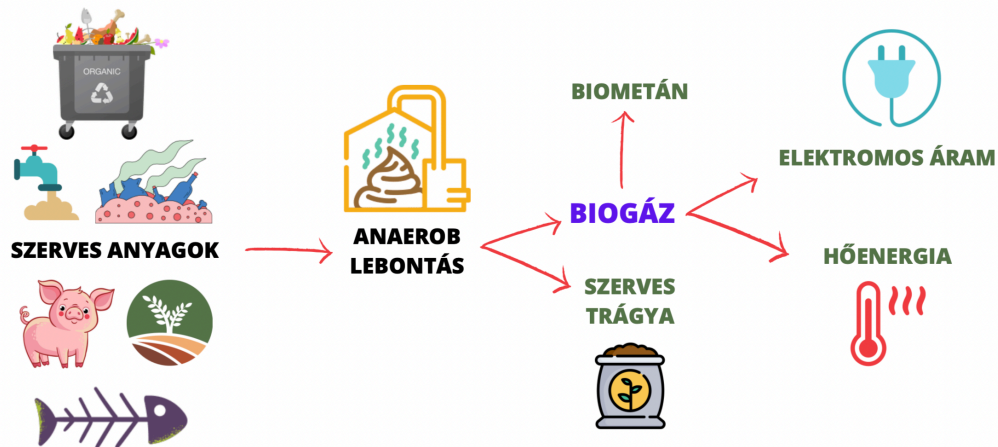
Magyarországon a biogáz-előállítás mértéke folyamatosan növekszik, 2022 szeptemberében mintegy 38 db működő biogáz üzemről számoltak be hazánkban. A depóniagázokat és szennyvíztelepi gázokat hasznosító üzemek, valamint az állattenyésztéshez kapcsolódóan létrejött és hasznosított biogáz üzemek tudnak rentábilisan működni. A mezőgazdasági és a települési szerves hulladékot feldolgozó üzemek működése nem megterülő. A fő problémák az ilyen üzemekkel a kihasználatlanság, ennek kiváltó okai az alapanyaghiány, az alapanyag és a végtermék ingadozó ára, a végtermékek nem megfelelő hasznosítása, a bonyolult és jelentős anyagi ráfordítást igénylő engedélyeztetés és a biometán termelésére vonatkozó extra támogatás hiánya (Toldi & Bera 2022).

A szerves trágya biogázzá alakításával egyszerre tehetünk eleget a környezettudatos gazdálkodási elvárásoknak és profitálhatunk a trágya fermentálásából (1. ábra). Kutatásokat végeztek a biogáz előállítás során keletkező fermentált trágya hasznosításával kapcsolatban Kínában, egy olajkamélia (*Camellia oleifera*) ültetvényen. Az eredmények alapján a kezelt trágyában az ammónium-ion érték és a pH növekedett, míg a szénkoncentráció csökkent. Megállapították, hogy a biogáz melléktermékeként keletkező trágya több, a növények által hasznosítható állapotban lévő nitrogént tartalmaz, mint más trágyák (You et al. 2015). Véleményem szerint a kísérlet során hasznos lett volna, ha az ültetvényen összehasonlítják a kezelt trágyát a kezeletlen, friss szerves trágyával is.

A szerves trágyából keletkező biogáz nagy része metán, amely égetésével felszabadul a benne rejlő energia. A felszabaduló energia egy része elektromos árammá alakítható, fontos azonban kiemelni, hogy nagy mennyiségű hőenergia is rendelkezésre áll (Póti 2014).

Fontosnak tartom kiemelni, hogy a szakirodalmi adatok alapján a melléktermékként keletkező hőenergia felhasználására is érdemes gondolni a biogáz üzem tervezése során, diverzifikációs stratégia alkalmazásával extraprofitra lehet szert tenni.

A melléktermékként keletkező szerves trágyából a fermentáció során kinyerésre kerültek értékes anyagok, de az mégsem tekinthető másodosztályú trágyának. Egy vizsgálat során megállapították, hogy a fermentált trágya összehasonlítva friss szarvasmarha és sertés trágyákkal - bár összetételükben eltérést mutatnak - hatásuk közel azonos, nincs számottevő különbség a kezelt és a kezeletlen trágyák között ilyen tekintetben (Risberg et al. 2016).



1. ábra: A száraz fermentációs biogáz technológia bemutatása, a keletkező biogáz felhasználási lehetőségei.
(Saját szerkesztés, piktogramok: Canva)

Valóban fenntarthatónak akkor nevezhető a fejlődés, ha a környezeti, gazdasági és társadalmi fenntarthatóságot is magában foglalja. Környezeti fenntarthatóság alatt a megújuló energiahasználatot és természetes anyagkörforgást, gazdasági fenntarthatóság alatt a komplett termelési tevékenység nyereségességét, társadalmi fenntarthatóság alatt pedig a hagyományok megőrzését, a helyi munkaerő megnyerését vagy például a megfelelő életmód, életszínvonal biztosítását kell szem előtt tartani (Póti 2021, szóbeli közlés).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

Diplomadolgozatom elkészítéséhez két vizsgálatot is folytattam, amelyek mind az állatjólétet, állategészségügyet és a fenntartható gazdálkodás szemléletét segítik elő a sertéstartásban. Vizsgáltam az almostrágya biogázzá alakításának folyamatát, egy innovatív, Magyarországon még alig ismert száraz fermentoros biogáz üzem bekerülési költségeit, annak működtetéséhez szükséges erőforrásokat és az anyagi megtérülést. Ezen túl lehetőségem volt részt venni egy kísérletben, amely során egy új, állattartásban még nem elterjedt technológiájú légtisztító (MESP) berendezés üzemi eredményeit értékeltem.

3.1. Vizsgálati helyszínek

Vizsgálataimat két helyszínen végeztem. A biogáz előállításal kapcsolatos számításokat saját családi vállalkozásunk, a BIO-GOODS Mezőgazdasági és Kereskedelmi Korlátolt Felelősségű Társaság újcsanálói telephelyén végeztem. A légtisztítással kapcsolatos vizsgálatot egy másik sertéstelepen végeztem. A vezetőség kérésére a telep beazonosítását szolgáló adatokat nem közölhetek.

3.1.1. Saját gazdaság bemutatása

Újcsanálós egy apró falu Borsod-Abaúj-Zemplén vármegyében, Miskolctól körülbelül 15 kilométerre, kevesebb, mint ezer lakossal. Az állattartó telep a falu határától mintegy ötszáz méterre, külterületen helyezkedik el. A terület 8 hektár, körbekerítve kerítéssel, a kerítésen belül pedig erdősávval. A telep jelenlegi befogadóképessége 500 koca és annak szaporulata. A fejlesztések önerőből történtek, de a jövőben pályázatok megvalósításával is szeretnék fejleszteni a telepen. Tavaly, 2022. évben “Állattartó telepek korszerűsítése” pályázat keretein belül modern hizlalda épület megvalósítására nyert a cég pályázatot, de az nem került megvalósításra. A pályázatról való lemondás legfőbb oka az infláció, az építőipar jelentősen megnövekedett költségei nem tették lehetővé a gazdaságos kivitelezést. Bizonyos technológiai elemek ára a többszörösére nőtt a pályázat megírása és beadása óta. Azonban még ugyanebben az évben beadásra került új pályázat, melynek keretein belül két hizlalda épület megvalósítása a cél. A két új épülettel a telep befogadóképessége 1000 hízóállattal nő. A pályázat elbírálására diplomamunkám elkészültéig nem került sor.

Jelenleg 495 db mangalica koca, 25 db kan és szaporulata van a telepen, elsődleges cél a saját genetikára alapozott mangalica vágósertés előállítás. A tulajdonosok húsboltot is működtetnek, ahol a saját mangalica állomány egy része feldolgozásra kerül. Mangalica tökehúsokkal és késztermékekkel egyaránt jelen vannak a piacon, erősségük az éttermek és a lakosság prémium termékekkel való kompromisszumoktól mentes, gyors ellátása, az egyedi igények kielégítése. Jelenleg a saját feldolgozás még csak igen csekély része a teljes leadásra kerülő állománynak, de a folyamatos a fejlesztés, az új piacok felkutatása és az állomány bővítése. A vágásra szánt állatállomány nagyobb részét az Olmos és Tóth Kft. vásárolja meg, akik tovább hizlalják a sertéseket 135 kg-os végsúlyig. A hizlalás után Magyarországon levágásra kerülnek, fő termék a mangalica comb, mely Spanyolországba kerül. Ott érlelés után az Olmos és Tóth Kft. saját márkanéve, Monte Nevado név alatt kerül a boltok polcaira az érlelt sonka. A többi tökehúst főként éttermek részére értékesítik Magyarországon.

Az állattartó telep egy régi termelőszövetkezeti (TSZ) telepből került kialakításra. Jelenleg négy különálló épületben történik a mangalica sertéstartás. A telep személyforgalmi bejáratánál lévő épületen belül fekete-fehér öltöző, szociális helyiség (konyha, étkező, mosdó), iroda és műhely található.

A járványvédelmi szempontok betartására igen nagy gondot fordítanak jelenleg is, mivel történt már a telepen járvány miatti állománylelés korábban. A telep munkálatait ellátó dolgozók fekete-fehér öltözőn keresztül közlekednek. Érkezéskor az utcai, "fekete" ruhát a fekete öltözőrészen saját öltözőszekrényükben hagyják, a fehér öltözőrésze vezető közlekedőfolyosón fertőtlenítő zuhanyt vesznek, majd a fehér részen szintén saját öltözőszekrényükből a telepi ruhát veszik fel. A munkavégzés után a dolgozók a telepi ruháikat a fehér részen hagyják, ahol mosógép is található, így a telepről nem kell kivinniük, majd visszavinniük a munkaruházatot. A fertőtlenítés a szociális helyiségekben is mindennapos. Minden épület minden bejáratánál megtalálhatóak a párnás lábfertőtlenítő szőnyegek, melyek feltöltésére, folyamatos utántöltésére is kellő figyelmet fordítanak. A nagy melegben könnyen kiszáradnak ezek a fertőtlenítők, így még gyakrabban kell őket utántölteni.

A négy épület közül egy karantén istállóként funkcionál, ahova esetleges betelepítés esetén az első 60 napra kerülnek a sertések. A karantén istállónak külön gondozója és külön öltözője van. A karantén istállóban használt gépek, eszközök, berendezések nem kerülhetnek a karantén ideje

alatt át a többi istállóba, ha mégis szükség van rájuk, akkor kizárólag alapos fertőtlenítés után, az átszennyeződés esélyét minimalizálva lehetséges a mozgatás.

A takarmánysilók elhelyezkedése járványvédelmi szempontból kitűnő, a kerítés közelében, kívülről tölthető módon kerültek telepítésre. Ugyanilyen módon, kívülről jól megközelíthetően lett elhelyezve a hullatároló is. Így elkerülhető a takarmány- és hullaszállító járművek telepre való beengedése, ezáltal is csökkentve a fertőzésveszély kialakulását. A takarmány az Agrifirm Zrt. kabai takarmánykeverő üzeméből érkezik, granulált formában.

Az istállóban betonpadozat van, az almozás szalmabálával történik. A szalmabálákat a kerítésen kívülről rakodják be a telep állatoktól legtávolabbi pontjába, ahol a beérkezéstől számított 90 napos karantén alá kerülnek.

3.1.2. MESP technológiájú légtisztítási kísérlet helyszínének bemutatása

Vizsgálataimat az újcsanálosi sertéstelep adottságai miatt nem tudtam elvégezni a saját telepünkön. Ezen a telepen nincs két egyforma istálló, így bármilyen vizsgálatot végeztem volna el, annak eredménye nem lett volna szakszerűen értékelhető. Ezért a vizsgálati céloknak megfelelő, másik sertéstelepen tartott kísérletben vettem részt, ahol az épületek adottságai megfeleltek az elvárásoknak. A telep vezetőségének kérésére a helyszín és a vállalat nevét nem ismertethetem, így csak felületesen, pontos, a beazonosítást lehetővé tevő részletek nélkül ismertetem a telep főbb jellemzőit.

Az épületek az 1970-es évek elején épültek, 530 négyzetméter alapterületűek, vas szerkezetűek. Tetejük pala borítású, belső burkolatuk egyrétegű poliészter síklemez, 10 cm hungarocell szigeteléssel. A padozat taposórács, alatta 40 cm mély lagúnás rendszerrel. Az istállók Big Dutchman PigNic száraz-nedves önetetővel és Big Dutchman 307 PRO számítógép által vezérelt szellőztetéstechnikával felszereltek. A férőhelyet tekintve 400 hízósertés a kapacitás istállónként. Az állomány DanBred hibrid sertésekből áll.

3.2. Vizsgálatok módszerének bemutatása

3.2.1. Az alkalmazni kívánt biogáz technológia ismertetése és a modellszámításhoz használt adatok bemutatása

3.2.1.1 A Pöttinger “MobiGas” biogáz erőmű bemutatása

Vizsgálatomhoz egy osztrák cég, a Pöttinger Entsorgungstechnik GmbH által gyártott és forgalmazott, száraz fermentációs biogáz technológián alapuló, már kereskedelmi forgalomban lévő egységet választottam (2. és 3. ábrák). Választásomhoz hozzájárult a jelenleg még igen szűk piac is, nem találtam más gyártót, aki komolyabban foglalkozna a biogáz ilyen formájú, száraz fermentációs hasznosításával. A Pöttinger szárazfermentoros technológia egyszerű telepíthetősége és üzemeltethetősége, valamint környezeti hatékonysága miatt vált érdekessé számomra. Az alapegység 3 db fermentor konténerből és 1 db technikai konténerből áll. A konténerek betonpadozaton állnak, maximum 500 négyzetméteres helyet foglal el a teljes üzem. A működtetéshez 1 db homlokrakodó gépre van szükség. A fermentáló konténerek légmentesen zárhatóak, egyenként 45-60 köbméter térfogatúak. A konténereket 21 naponta kell üríteni, a fermentált szerves trágya 50%-át hozzákeverni a friss alapanyaghoz, a maradékot pedig szerves trágyaként lehet hasznosítani. A több konténer megléte biztosítja a folyamatos gáztermelést. A fermentáció és ezáltal a gáztermelés is gyorsítható a trágyából keletkező folyadék visszajuttatásával, az alapanyagra való permetezésével. A folyamat optimális végbemeneteléhez 40 Celsius-fokos hőmérsékletre van szükség. Ezt befolyásolni túl magas hőmérséklet esetén szellőztetéssel, túl alacsony hőmérséklet esetén pedig padlófűtéssel tudjuk. Természetesen a padlófűtés biztosítható a folyamat során keletkező hővel. Az előállított biogáz a 4., úgynevezett technológiai konténerbe jut csővezetékeken keresztül, ahol gázmotor segítségével a biogáz elégetésével energia nyerhető. Ezen energia egy része villamos energia, másik része hőenergia (Hajdú 2021).

A Pöttinger MobiGas száraz fermentációs biogáz technológián alapuló alap négykonténeres trágyahasznosító biogáz erőműve mintegy 450.000.- Eurós nettó áron beszerezhető a legfrissebb, 2021-es adatok alapján. Ebben az árban a komplett technológia benne foglaltatik, homlokrakodóval együtt (Hajdú 2021).



2. ábra: A Pöttinger MobiGas száraz fermentációs biogázrőmő rajza
 Forrás: Pöttinger Entsorgungstechnik



3. ábra: A Pöttinger MobiGas száraz fermentációs biogázrőmő fotója
 Forrás: Pöttinger Entsorgungstechnik

3.2.1.2. A sertéstrágya modellszámításához használt adatok

A modellszámításhoz a jelenlegi sertésállományt vettem alapul. A 2023-as évben ez a következőképpen alakul: tenyészállatok koca (n=495), kan (n=25) és szaporulatuk (n=1300), melyből 10% (n=130) végsúlyig (átlagsúly 130 kg) nevelt hízó, 90% (n=1170) pedig 30 kg átlagsúlyú növendék. A tenyészállatokat és a végsúlyig nevelt hízókat kifejlett egyedeknek, míg a 30 kilogrammos súlyuk miatt négy növendékeket egy kifejlett egyednek tekintettem.

Az éves keletkező trágya mennyiségét a becsült bélsár és vizelet mennyisége (http 21), valamint az éves, almozáshoz felhasznált szalma (500 kg) mennyisége alapján határoztam meg. A számításnál a rendelkezésemre álló értékekből mindig az alsó, kisebb értékeket vettem figyelembe. A száraz fermentációs biogáz számításához szükséges számításokat Póti (2014) alapadataiból kiindulva végeztem el, mely adatokat az 1. táblázatban foglaltam össze.

A biogáz erőműben termelt áram eladásának számításakor a diplomamunkám készítésekor aktuális, 2023. január 1-én kiadott KÁT (Kötelező Átvételi Tarifa) árral számoltam (http22). Ez az a legalacsonyabb ár, amelyért az áramszolgáltató köteles átvenni és megvásárolni a megtermelt áramot. Csúcs és völgyidőszakokban is történhet az áram átvétele a hálózatra töltés során, így nem mindig ugyanazon az áron adható el az áram, ezért a hivatalos 32,94 Ft / kWh nettó átlagárral kalkuláltam számításaim során.

1. táblázat: Sertéstrágyából évente keletkező energia mennyisége
(Forrás: saját szerkesztés, Póti (2014) alapján)

Alapanyag (szerves trágya) éves mennyisége	Keletkező villamos energia (évente)	Keletkező hőenergia mennyisége (évente)
4500 t	1.400.000 kW	1.750.000 kW

3.2.2. A MESP technológia sertéstelepi üzemi értékelésének módszere

A vizsgálat két, egymással teljesen megegyező épületben történt 2023. januárja és 2023. áprilisa között a 3.1.2 fejezetben közöltek szerinti épületekben. A vizsgáltak két teljesen egyforma 400 hízósertés befogadására alkalmas épületben történtek.

2023.01.13-án betelepítésre került a teszt és kontroll épületbe 400 - 400 db 28,75 kg-os átlagsúlyú DanBred sertés. A kísérlet során vizsgálni kívánt főbb adatok a következők:

- napi testtömeg-gyarapodás
- fajlagos takarmány felhasználás
- kiesés mértéke
- A kísérlet során az egyes mérési napokon HT9600 típusú hordozható levegőminőség vizsgáló készülékkel (4. ábra, http23) végeztünk méréseket a teszt és kontroll istállókban. A készülék képes a levegőben lévő szállópor-koncentráció, azaz a 10 mikrométernél és a 2,5 mikrométernél kisebb átmérőjű részecskék (PM10 és PM2,5) mérésére. Továbbá méri a hőmérsékletet (T) és a relatív páratartalmat (RH) is. A mérések mindig napközben, 12 és 13 óra között történtek.



4. ábra: HT9600 levegőminőség
vizsgáló készülék
Forrás: Dongguan Xintai Instrument
Co., Ltd., gyári leírás

A teszt istállóban 10 db MESP technológiájú, NUXON-FSA550M-A típusú légtisztító berendezés került beüzemelésre (5. ábra, [http24](http://24)). A mennyezetre szerelhető készülék önállóan képes a levegő tisztítására és fertőtlenítésére formaldehid szűrőjének köszönhetően. Saját, beépített ventilátorral dolgozik, így egyszerűen telepíthető, más légtisztítókkal ellentétben működtetéséhez nem kell összekapcsolni az épület már meglévő légtechnikai rendszerével. A levegőt az épületen belül keringeti, szűri. A szűrő speciális vegyszeres mosására nincs szükség, elegendő vízzel tisztítani. A szűrő élettartama tíz év. Önműködő funkcióval rendelkezik, programozható, de akár távirányítással is szabályozható a berendezés.



5. ábra: A kísérleti istállóban felszerelt légtisztító berendezés
Fotó: Márton Ferenc, 2023

3.3 Az eredmények kiértékelésének módszerei

3.3.1 A jelenlegi trágyamennyiség biogáz üzemben történő felhasználása során keletkező energiamennyiség számításának módszerei

Az újcsanálói telepen nevelt sertésállományra a rendelkezésemre álló átlagos, általános sertés ürülék (bélsár és vizelet) adatok alapján becsültem meg az éves szinten keletkező ürülék mennyiségét (http21). Ezen adatok segítségével becsültem meg az újcsanálói telepen keletkező trágya mennyiségét.

3.3.2 A légtisztítási kísérlet eredményeinek kiértékelési módszerei

Az adatok statisztikai értékelését az IBM Statistics SPSS 27.0 program segítségével végeztük. A következő tesztek alkalmaztuk:

- normalitásvizsgálat: az adatsor eloszlásának vizsgálata Shapiro Wilk és Kolmogorov-Smirnov tesztekkel
- Wilcoxon teszt: nemparametrikus módszerrel értékelhető adatsorok összehasonlítása (istállólevegő portartalma)
- független mintás t-próba: normál eloszlást követő mutatók összevetése (relatív légnedvesség és hőmérsékleti értékek összehasonlítása a teszt- és kontroll istállóban)
- Levene teszt: varianciák homogenitásának vizsgálata
- páros t-próba: normál eloszlást követő adatsorok páros vizsgálata (relatív légnedvesség és hőmérsékleti értékek a teszt- és kontroll istállóban)
- Spearman-féle rangkorreláció: összefüggések számszerűsítése a vizsgált paraméterek között

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

4.1. A sertéstrágyából keletkező biogáz mennyiségének számítása

A jelenlegi sertésállománynak becslésem alapján keletkező napi ürülék mennyiségét a 2. táblázatban foglaltam össze.

2. táblázat: A jelenlegi sertésállomány napi ürülék mennyisége
(Forrás: saját szerkesztés, adatok: http21)

	1 db kifejlett sertés napi ürülék mennyisége	650 db kifejlett sertés napi ürülék mennyisége	1170 db növendék sertés napi ürülék mennyisége
Bélsár	1,2 kg - 2,5 kg	780 kg	351 kg
Vizelet	2,5 kg - 4,5 kg	1625 kg	731,25 kg

A napi szinten keletkező ürülékmenyiségeket a 3. táblázatban egy évre vetítve tüntettem fel.

3. táblázat: Újcsanálási sertések napi bélsár mennyisége
(Forrás: saját számítás az újcsanálási állomány adataival)

	650 db kifejlett sertés éves ürülék mennyisége	1170 db növendék sertés éves ürülék mennyisége	Az újcsanálási telep sertéseinek éves ürülék mennyisége
Bélsár	284.700 kg	128.115 kg	412.815 kg
Vizelet	593.125 kg	266.906 kg	860.031 kg
Összesen évente keletkező ürülék			1.272.846 kg = 1.273 t

A Pöttinger BioGas biogáz erőmű fermentor konténereibe a sertésürülék az alomanyaggal együtt kerül be. Tekintve, hogy az újcsanálási telepen mélyalmos rendszerben történik a nevelés és a hizlalás, a teljes, a telepre beérkező búzaszalma mennyiséggel (500 t / év) számoltam.

A 3. táblázatban számolt éves ürülékmenyiséghez adtam hozzá az éves felhasznált szalma mennyiséget. Ezt a számítást a 4. táblázatban tüntettem fel.

4. táblázat: Újcsanálison keletkező trágya éves mennyisége
(Forrás: saját számítás az újcsanálisi állomány adataival)

Az újcsanálisi telep sertéseinek éves ürülék (bélsár + vizelet) mennyisége	Alomanyagként használt szalma mennyisége éves szinten	Teljes keletkező trágyamennyiség évente
1273 t	500 t	1773 t

A vizelet párolgásából és a minimálisnak tekinthető szalmafogyásból adódó trágyacsökkenést kompenzálni kívántam azzal, hogy a keletkező trágya mennyiségének becslése során az alacsonyabb értékeket vettem figyelembe. A keletkező bélsár mennyisége akár több, mint a duplája, a vizeleté is közel az a számolt alsó érték kétszerese is lehet. A teljes ürülék mennyiséghez hozzáadva az éves 500 tonna felhasznált búzaszalma alomanyagot, kiszámítottam a becsült biogáz mennyiségét, mely eredményt az 5. táblázatban foglaltam össze.

5. táblázat: Újcsanálison, biogáz erőműben keletkező becsült éves energia mennyiség
(Forrás: saját számítás az újcsanálisi állomány és Póti (2014) adataival)

Alapanyag (szerves trágya) éves mennyisége	Keletkező villamos energia (évente)	Keletkező hőenergia mennyisége (évente)
1773 t	551.600 kWh	689.500 kWh

Az erőművekben termelt áram átvételi árait kormányrendelet szabályozza, az aktuális, 2023. január 1-től érvényes rendelet alapján 32,94 Ft / kWh nettó árral kalkuláltam. Ezt az aktuális 32,94 Ft / kWh árat összeszorozva a biogáz erőműben keletkező 551.600 kWh villamos energiával minimum 18.169.704.- Ft-ért lehet eladni, ennyiért köteles jelenleg a szolgáltató átvenni az áramot. Ezt a 6. táblázatban foglaltam össze.

6. táblázat: Újcsanálisi biogáz erőműben megtermelt energia átvételi ára (nettó)
(Forrás: saját szerkesztés)

Hulladékból nyert energiával termelt villamos energia átvételi ára (nettó)	Keletkező villamos energia értéke évente (nettó)
32,94 Ft / kWh	18.169.704.- Ft

Pénzügyi megtérüléssel kapcsolatos számítást a 2021. évben Ausztriában telepített alap 3 fermentáló és 1 technikai konténeres üzem 450.000.- Eurós bekerülési árát feltételezve végeztem. Az akkori ár az infláció nagy mértékének köszönhetően már valószínűleg növekedett, de a technológiai fejlődés lassíthat ezen a növekedésen. Továbbá ez az ár tartalmazott egy homlokrakodó gépet is, amellyel újcsanálói telepünkön rendelkezünk, így nem szükséges újat vásárolni. Ezen okok miatt nem növeltem a 2021-es árat a számításaim elvégzésekor.

Diplomamunkám írásakor 1 Euró 380 Forintba került, középárfolyamon. Így a biogáz üzem bekerülési ára 171.000.000.- Ft volt, nettó áron. A korábbi becslések és számítások alapján az előállított villamos energiáért kapott összeg 18.169.704.- Ft évente. Feltételezve ezeket az összegeket a projekt várható megtérülési ideje 113 hónap, azaz közel 9,5 év lenne, amennyiben a hulladékhőként keletkező hőenergiát nem tudnánk hasznosítani. A megtérülésnél nem vettem figyelembe, hogy a technológia végén biológiailag stabil, érett szerves trágya keletkezik, amely feltehetően egyre nagyobb értéket fog képviselni a jövőben a megnövekedett műtrágya árak és a környezeti hatékonyság miatt.

4.2. A MESP technológiájú légtisztítási kísérlet eredményeinek ismertetése

A légtisztítási és légfertőtlenítési kísérletben a HT9600 készülékkel mért adatokat részletesen ismertetem a 7. táblázatban. A táblázatban második és harmadik oszlopaiban szerepel a szálló por mért értéke az egyes mérési napokon. A PM 2,5 és PM 10 a levegőben lévő részecskék méretére utalnak. Minél alacsonyabbak az értékek, annál kedvezőbb, egészségesebb a levegő minősége. A betelepítés előtti napon, 2023. január 12-én történtek az első mérések. Az első méréskor már fel voltak szerelve a légtisztító berendezések, de még nem voltak üzembe helyezve. A következő méréskor arra voltunk kíváncsiak, hogy a sertésektől mentes üres istálló levegője milyen mértékben javul a beüzemelést követően. A beüzemelés napjának reggele és délutánja, mintegy 8 óra alatt a teszt istállóban a szálló por koncentrációja PM 2,5 54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -ről 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -re, a PM 10 pedig 62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -ről szintén 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -re csökkent. Ez előbbi esetben mintegy 87%-os, utóbbi esetben pedig mintegy 89%-os csökkenést jelent a levegőben lévő szállópor mennyiségében. Fontos figyelembe venni, hogy ez az érték azért alakult ilyen pozitívan, mert nem volt betelepített állat az istállóban, nem volt úgynevezett "zavaró tényező". A sertések betelepítésével kisebb mértékű eltérésre számítottunk a teszt és a kontroll istálló levegőjének minősége között.

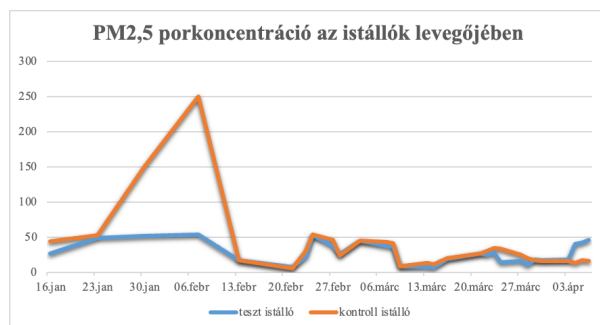
A betelepítést követő nap délutánján is rendkívül pozitív eredmények születtek. A PM 2,5 esetében 38 %-os, míg a PM 10 esetében 36 %-os csökkenés történt. Ezt követően mintegy 4 héten keresztül tökéletesen működtek légtisztítók, a mérési eredmények is a remélt teljesítményen működtek. Voltak olyan napok, amikor a teszt és a kontroll istállók között mintegy ötszörös különbség volt a levegőben szálló por koncentrációjában a teszt istálló javára. Mivel az általunk használt MESP technológiát állattartásban még nem használják, nem volt pontos információnk a tisztítás rendszerességével kapcsolatban. Ezért megvártuk, amíg az első olyan eredmény születik, amikor a két istálló levegőjének minősége közel azonos, illetve azonos mért értékekkel rendelkezik. Ez az állapot a betelepítést követő negyedik héten következett be, február 13-án. A berendezések szűrői olyan szinten tömődtek el, hogy a berendezés már egyáltalán nem működött. Február 17-én a készülékek folyóvízes tisztításra került sor. A következő napon a szellőztető rendszer erős szellőztetést végzett, így a tisztítás eredményessége nem volt rögtön tapasztalható. Másnap a hidegebb külső hőmérséklet miatt a szellőztetőrendszer kevesebb kinti levegőt engedett be, így a kisebb szellőztetésnél jobban tudott érvényesülni a légtisztító hatása. Április 6-ig tartott a kísérlet, de az utolsó pár nap adatai a sok állatmozgatás miatti nagy por keletkezése miatt nem relevánsak, ezért a statisztikai számítások során az utolsó három mérés eredményét figyelmen kívül hagytam.

7. táblázat: A MESP légtisztítási kísérletben mért levegőminőség eredmények
(Forrás: saját szerkesztés a mért adatok alapján)

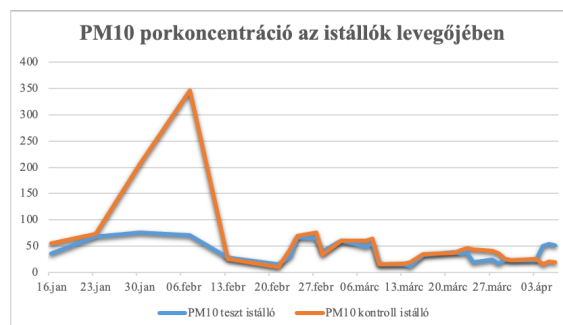
		PM 2,5		PM 10		RH		T		megjegyzések
		teszt	kontroll	teszt	kontroll	teszt	kontroll	teszt	kontroll	
január	12. (A)	54	54	62	62					légtisztítók felszerelése után, beüzemelésük előtt, üres istálló
	12. (B)	7	54	7	62					légtisztítók beüzemelését követő 1 óra múlva, üres istálló
	16. (A)	17	17	20	20					
	16. (B)	27	44	36	56					
	23.	49	53	68	73					
	30.	52	150	76	206					
február	7.	54	250	71	346	70,6	83,80	14,38	12,68	
	13.	17	17	28	26	43,90	60,00	20,48	20,87	a berendezések szűrői eltömödtek, nem működtek
	17.									az első tisztítás napja
	21.	8	6	15	10	44,20	48,70	19,72	21,21	erős szellőztetés történt
	23.	22	31	31	45	51,40	55,00	17,48	17,44	hűvösebb idő, kevesebb szellőztetés
	24.	53	54	67	69	60,50	64,20	18,65	18,80	erős szellőztetés és tisztítás történt
	27.	37	46	64	76	54,90	69,80	15,50	16,60	
	28.	26	24	40	33	54,40	61,80	16,47	16,42	
március	3.	45	45	60	61	64,70	70,40	16,10	16,68	tisztítás történt
	7.	37	43	49	60	51,60	72,00	17,38	16,85	
	8.	36	41	56	65	54,40	59,70	18,60	17,60	
	9.	9	9	15	15	63,60	68,40	17,72	17,90	
	10.									tisztítás történt
	13.	8	13	16	17	57,80	63,20	19,45	19,45	
	14.	7	11	12	20	49,90	56,10	20,30	20,30	
	16.	19	20	33	35	50,80	51,50	18,93	19,40	
	17.									tisztítás történt
	20.									
	21.	27	27	39	38	50,20	70,32	18,75	21,25	hűvösebb idő, kevesebb szellőztetés
	22.	25	31	36	42	54,80	70,52	19,15	20,47	hűvösebb idő, kevesebb szellőztetés
	23.	28	35	38	46	53,20	60,45	19,27	19,85	
	24.	14	34	20	44	51,27	69,23	18,47	19,27	tisztítás történt
	26.									az állomány fele elszállításra került
	27.	16	25	24	41	48,42	67,35	17,60	15,84	
	28.	10	20	17	36	59,70	69,40	15,80	15,99	
	29.	18	17	25	26	60,99	68,40	15,69	16,24	
	30.	17	16	23	23	61,27	67,23	15,48	16,48	tisztítás történt
	31.									
április	3.	18	16	23	26	57,70	51,10	21,31	20,75	
	4.	40	13	50	16	65,40	52,50	14,45	14,40	Elszállítás miatt nagy por
	5.	42	17	54	21	63,30	55,86	13,39	13,92	Elszállítás miatt nagy por
	6.	46	16	52	20	66,40	56,72	14,56	14,49	Elszállítás miatt nagy por

A 7. táblázatban feltüntetett mérési eredményeket diagramok formájában foglaltam össze (6-9. ábra), a könnyebb szemléltethetőség érdekében.

A PM_{2,5} porkoncentráció értékei a teszt és a kontroll istálló levegőjében is hasonlóan változtak, kivéve a kezdeti időszakot, az indulástól az első tisztítás előtti eltömődés napjáig. Itt a teljesen tiszta, új légtisztító berendezések nagy hatásfokkal üzemeltek, a két istálló levegőjében lévő PM_{2,5} porkoncentráció (6. ábra) jelentős mértékben tért el egymástól, a teszt istálló levegőjének portartalma szinte végig 50 µg/m³ körül alakult, míg a kontroll istállóé egy alkalommal elérte a 250 µg/m³-t is, ami az emberi és állati egészségre is kifejezetten ártalmas szint. A PM₁₀ porkoncentráció (7. ábra) értékei nagyon hasonlóan alakultak mindkét istállóban a PM_{2,5} porkoncentráció értékeihez.

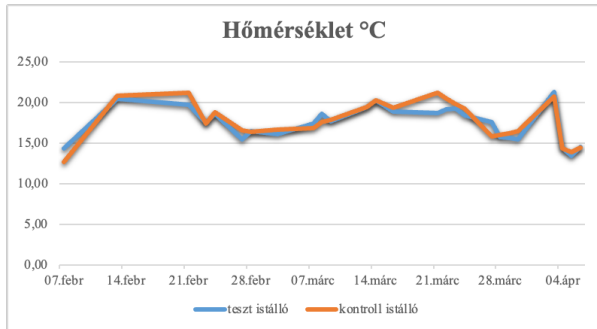


6. ábra: A teszt és kontroll istállókban mért PM_{2,5} értékek összehasonlítása

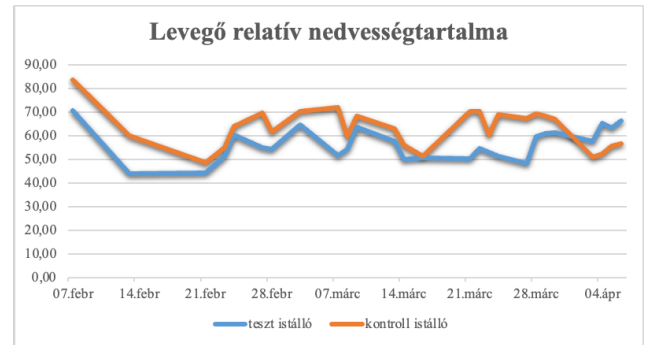


7. ábra: A teszt és kontroll istállókban mért PM₁₀ értékek összehasonlítása

A 8. ábrán szemléltetett teszt és kontroll istállókban mért hőmérsékleti értékekben nagy eltérés nem látható. A relatív nedvességtartalom mért értékeiben (9. ábra) viszont jelentős különbségek keletkeztek a teszt és a kontroll istállót összehasonlítva. A teszt istállóban az utolsó napokat figyelmen kívül hagyva (a szállítás miatt nem megfelelően üzemeltek a légtisztító készülékek, szemmel láthatóan is sok volt a pormennyiség, nagy huzat volt tapasztalható) megállapítható, hogy a teszt istállóban végig alacsonyabb szintű RH értékeket mértünk a kontroll istállóhoz képest.



8. ábra: A teszt és kontroll istállókban mért hőmérséklet értékek összehasonlítása



9. ábra: A teszt és kontroll istállókban mért relatív nedvességtartalom értékek összehasonlítása

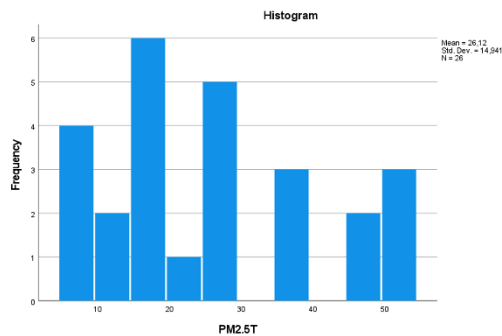
A levegő PM_{2,5} és PM₁₀ méretű porfrakció tartalmára vonatkozó leíró statisztikai értékeket a teszt és kontroll istállókra vonatkozóan a 8. táblázatban foglaltam össze.

8. táblázat: A kontroll és teszt istállók levegőjében lévő portartalom alapstatisztikai mutatói

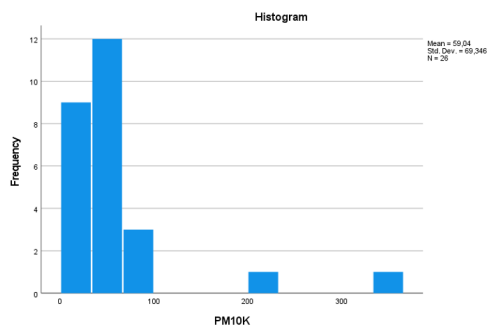
Porszemcse mérete	Istálló	Átlag (µg/m ³)	Szórás	Medián	Minimum	Maximum
PM _{2,5}	teszt	26,12	14,94	23,50	7	54
	kontroll	41,46	50,66	29,00	6	250
PM ₁₀	teszt	37,77	19,86	34,50	12	76
	kontroll	59,04	69,34	41,5	10	346

A kontroll istállóban mindkét porfrakció értéke tágabb határok közt mozgott; a maximum értékek többszörösei voltak a teszt istállóban mértékhez képest.

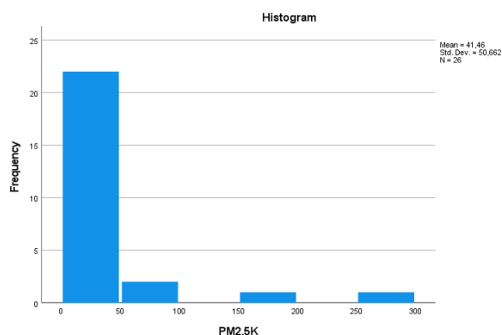
A porszennyezettséget hisztogramok segítségével is szemléltethetjük, ezek az 10-13. ábrákon láthatók. A 2,5 mikrométernél kisebb méretű porszennyezettség mértéke a tesztistállóban a legtöbb mérési alkalommal a 15-20 µg/m³ tartományba esett. A kontroll istállóban leggyakrabban 50 µg/m³ alatti értékeket mértünk. A 10 mikrométeres határértékű porszemcse méretre vonatkozóan a teszt istállóban 15 µg/m³ és 25 µg/m³; valamint 45 µg/m³ és 50 µg/m³ közötti értékek fordultak elő a legtöbb mérési alkalommal, míg a kontroll istállóban 45 µg/m³ és 75 µg/m³ közti tartomány volt a legjellemzőbb. A kontroll istállóban mért átlagos tartomány a korábban említett 23 µg/m³ maximális, még az egészségesnek tekinthető értéktől jelentősen eltér, a sertések egészségére ártalmas lehet.



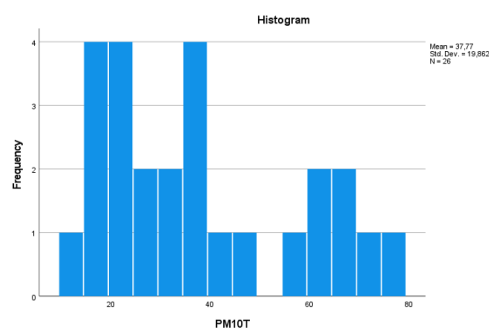
10. ábra: PM2,5 szennyezettség hisztogramja a teszt istállóban



11. ábra: PM10 szennyezettség hisztogramja a kontroll istállóban



12. ábra: PM2,5 szennyezettség hisztogramja a kontroll istállóban



13. ábra: PM10 szennyezettség hisztogramja a teszt istállóban

A hisztogramokról az is leolvasható, hogy az adatok eloszlása eltért a normál eloszlás görbétől, amelyet a normalitásvizsgálatok (Shapiro-Wilk teszt) eredményei is megerősítettek ($P < 0,05$; 9. táblázat), így a kontroll és teszt istálló összehasonlításához a továbbiakban nemparametrikus tesztet alkalmaztunk.

9. táblázat: A levegő portartalom adataira vonatkozó normalitásvizsgálat eredménye a kontroll és a teszt istállóban

Jellemző	Istálló	Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
PM2,5	Teszt	,912	26	,029
	Kontroll	,560	26	,000
PM10	Teszt	,911	26	,028
	Kontroll	,555	26	,000

A Wilcoxon teszt eredménye (10. táblázat) arra utalt, hogy mind a 2,5; mind a 10 mikrométer méretű porszennyezettség értékekben különbség volt ($P < 0,001$) a kontroll és a teszt istállók között. A teszt istállók értékei kedvezőbben alakultak, az értékek statisztikailag igazolhatóan alacsonyabbak.

10. táblázat: A Wilcoxon teszt eredménye a kontroll és a teszt istállók levegőjének PM2,5 és PM10 porszennyezettségének összehasonlítására

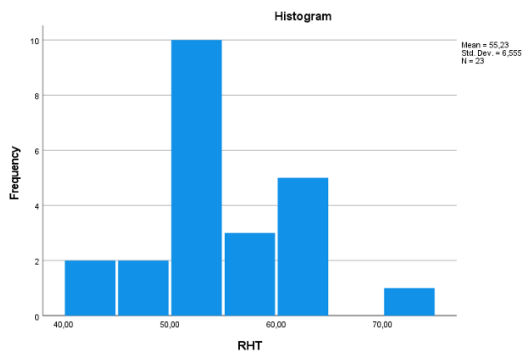
Statisztikai mutatók	PM2,5	PM10
N	26	26
Test Statistic	230,000	270,000
Standard Error	30,759	34,971
Standardized Test Statistic	3,365	3,431
Asymptotic Sig.(2-sided test) (P)	0,001	0,001

Az istállólevegő relatív nedvességét, valamint a mért hőmérsékleti értékeket jellemző statisztikai mutatók a 11. táblázatban láthatók.

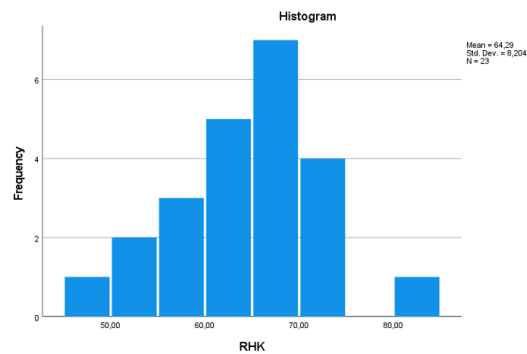
11. táblázat: A kontroll és teszt istálló relatív légnedvesség (RH) tartalmának és hőmérsékletének (T) leíró statisztikája

Paraméter	Istálló	Átlag	Szórás	Medián	Minimum	Maximum
RH, %	teszt	55,20	6,55	54,40	43,90	70,60
	kontroll	64,28	8,20	67,23	48,70	83,80
T, °C	teszt	17,94	1,85	18,47	14,38	21,31
	kontroll	18,18	2,21	17,90	12,68	21,25

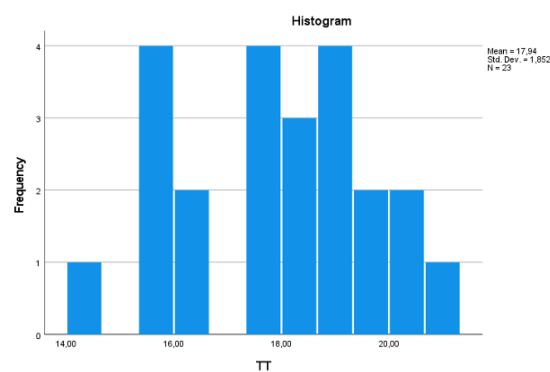
A hisztogrammos ábrázolás (14-17. ábrák) mutatja, hogy a relatív légnedvesség tartalmát illetően a teszt istállóban 50-54%, míg a kontroll istállóban 65-70% közti értékeket mértek leggyakrabban. A szakirodalom szerint optimálisan 55 és 65% között javasolt tartani a relatív páratartalmat.



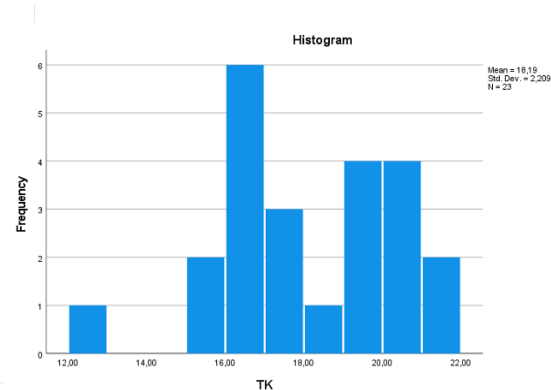
14. ábra: A mért RH értékek eloszlása a vizsgált időszakban a teszt istállóban



15. ábra: A mért RH értékek eloszlása a vizsgált időszakban a kontroll istállóban



16. ábra: A vizsgálati időszakban mért hőmérsékleti értékek eloszlása a vizsgált időszakban a teszt istállóban



17. ábra: A vizsgálati időszakban mért hőmérsékleti értékek eloszlása a vizsgált időszakban a kontroll istállóban

A normalitásvizsgálat eredményei (12. táblázat) szerint az adatsorok eloszlása mindkét istállóra vonatkozóan normál volt ($P > 0,05$).

12. táblázat: A normalitásvizsgálat eredményei

Paraméter	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
RH, teszt istálló	,129	23	,200*	,975	23	,799
RH, kontroll istálló	,162	23	,122	,944	23	,223
T, teszt istálló	,134	23	,200*	,968	23	,637
T, kontroll istálló	,123	23	,200*	,933	23	,129

A relatív légnedvesség (RH) és hőmérséklet (T) átlagértékek összevetése a két istálló között t-próbával történt, melynek eredményei a 13. táblázatban olvashatók. A csoportok varianciái nem különböztek egymástól (Levene teszt, $P > 0,05$ mindkét paraméter esetén). A teszt istálló légnedvesség tartalmának átlaga (55,2%) igazolhatóan ($P < 0,001$) alacsonyabb volt a kontroll istállóénál (64,28%). A hőmérsékleti átlagérték közt nem volt bizonyítható eltérés ($P > 0,05$).

13. táblázat: A kontroll és teszt istálló légnedvesség és levegő hőmérsékleti értékeinek összehasonlítása

Paraméter	Levene teszt		t-teszt		
	F	P	t	df	P
RH	1,142	,291	-4,137	44	0,001
T	1,155	,288	-,409	44	0,68

Az adatokat páros próbával értékelve (14. táblázat) az előzőhöz hasonló eredményre jutottunk:

- relatív légnedvesség: $t = -6,285$; $df = 22$; $P < 0,001$;
- hőmérséklet: $t = -1,217$; $df = 22$; $P = 0,237$.

Mivel nem minden paraméter követett normál eloszlást, a mért istállólevegő jellemzők közötti összefüggések számszerűsítésére Spearmann-féle rangkorrelációs együtthatókat számítottunk, melyek a 14. és 15. táblázatokban láthatók.

14. táblázat: Az istállólevegő minőségét jellemző értékek közti összefüggés a teszt istállóban

		PM10	RH	T
PM2,5	$r_{\text{Spearmann}}$,968**	,506**	-,534**
	P	,000	,008	,005
PM10	$r_{\text{Spearmann}}$,405*	-,499**
	P		,040	,009
RH	$r_{\text{Spearmann}}$			-,683**
	P			,000

A teszt istállóban statisztikailag igazolható, szoros pozitív összefüggéseket tapasztaltunk a levegő PM2,5 és PM10 portartalma között ($r > 0,9$). A relatív légnedvesség pozitív összefüggésben volt a levegő PM2,5 ($r = 0,506$) és PM10 ($r = 0,405$) portartalmával. A levegő hőmérséklete mind a portartalmakkal ($r = -0,534$ és $-0,499$), mind a relatív nedvességtartalmával ($r = -0,683$) igazolható, közepes szorosságú negatív összefüggéseket mutatott.

15. táblázat: Az istállólevegő minőségét jellemző értékek közti összefüggés a kontroll istállóban

		PM10	RH	T
PM2,5	r_{Spearman}	,983**	0,575**	-,153
	P	,000	,002	,454
PM10	r_{Spearman}		,541**	-,101
	P		,004	,622
RH	r_{Spearman}			-,178
	P			,384

A kontroll istállóban, a teszthez hasonlóan, szoros pozitív összefüggés volt a levegő PM2,5 és PM10 portartalma között ($r > 0,9$). A relatív légnedvesség szintén közepes szorosságú pozitív összefüggésben volt a levegő pm2,5 ($r = 0,575$) és pm10 ($r = 0,541$) portartalmával. A levegő hőmérséklete gyenge negatív, statisztikailag nem mutatott összefüggéseket a többi vizsgált paraméterrel.

A teszt és kontroll istállóban a hizlalási eredmények közel azonosak, ezeket az eredményeket a 16-19. táblázatokban foglaltam össze.

16. táblázat: A teszt istálló betelepítési, elhullási és vágási eredményei

Betelepítve	400 db	11500 kg	28,75 kg/db
Hulla	4 db	350 kg	87,5 kg/db
Kényszer	7 db	540 kg	77,14 kg/db
Vágás	389 db	47869 kg	123,06 kg/db

17. táblázat: A kontroll istálló betelepítési, elhullási és vágási eredményei

Betelepítve	400 db	11500 kg	28,75 kg/db
Hulla	4 db	215 kg	53,75 kg/db
Kényszer	8 db	455 kg	56,88 kg/db
Vágás	388 db	49540 kg	127,68 kg/db

18. táblázat: A teszt istálló takarmányfelhasználási és testtömeg gyarapodási eredményei

Összes takarmány felhasználás	99735 kg
Összes takarmányozási nap	34406 kg
Összes súlygyarapodás	37258 kg
Fajlagos takarmányfelhasználás /kg	2,68 kg
Napi testtömeg gyarapodás	0,923 kg

19. táblázat: A kontroll istálló takarmányfelhasználási és testtömeg gyarapodási eredményei

Összes takarmány felhasználás	104030 kg
Összes takarmányozási nap	35687 kg
Összes súlygyarapodás	38709 kg
Fajlagos takarmányfelhasználás /kg	2,69 kg
Napi testtömeg gyarapodás	0,922 kg

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

- A vizsgált irodalmi adatok alapján megállapítható, hogy a természetszerű tartás ugyan előnyösebbnek tűnik az állat számára, azonban járványvédelmi, állategészségügyi szempontból a megfelelően kialakított zárt tartásmód kedvezőbb lehet. Ezért célszerű az állatjóléti szempontból is minden igényt kielégítő zárt tartásmód alkalmazása a sertéstartó telepeken, ennek fejlesztése saját telepünkön.
- A fertőtlenítő és hőmegtartó felületek kialakítását nem volt lehetőségem a gyakorlatban vizsgálni, de az irodalmi adatok alapján alkalmasnak tartom az állattartásban való használatra. Ennek megállapításához azonban további vizsgálatok szükségesek.
- Az újcsanálói telepen a számított adatok alapján nagy értékű (18.169.704.- Ft / év) villamos energia termelhető meg száraz fermentációs biogáz erőmű telepítésével. Az előállított áramot a legcélszerűbb lenne a telepen belül, vagy annak közelében felhasználni, mivel jelenleg a villamosenergia piaci ára ott 150 Ft / kWh, mintegy ötszöröse a kötelező átvételi tarifa alapján feltüntetett 32,94 Ft / kWh árnak.
- A biogáz áramtermelésre történő hasznosítása esetén nagy mennyiségű (689.500 kWh) hőenergia is keletkezik, amelynek felhasználására jelenleg szintén nincs lehetőség. Ezért célszerű lenne a jövőben saját terményszárító, üvegház, vagy egyéb, energiaigényes projekt lehetőségét megvizsgálni.
- A száraz fermentációs technológia egyszerű, hatékony, környezetbarát, és fentarthatósági szempontból kiemelt előnye, hogy talajerő utánpótlásra alkalmas érlelt trágya állítható elő megfelelő használatával.
- A pénzügyi szempontokat figyelembe véve jelenlegi 450.000 Eurós árán 9,5 év becsült megtérülési idővel is már megfontolandó számos potenciális előnye miatt a száraz fermentációs technológián alapuló biogáz erőmű megvalósítása, ezért a továbbiakban ennek további komplex értékelésére van szükség.
- A légtisztítási kísérlet során mért eredmények alapján a teszt istálló levegője jelentős mértékben javult a kontroll istállóéhoz képest. A vizsgálat során folyamatosan érzékelhető volt műszeres mérés nélkül is a kevesebb por miatti jobb levegőminőség a teszt istállóban.
- Az épületek kialakítása a korszerűtlen levegőztetési rendszernek (erős légmozgásnak) köszönhetően jelentős hatással volt a levegő tisztító (MESP) berendezések hatékonyságára, amit a kisebb légmozgású napokon mért kedvezőbb eredmények igazolnak.

- A mérések gyakoriságának növelésével pontosabb képet lehet kapni a légtisztítók hatékonyságáról, ami a légtisztítók sertéshizlaldákba való technológiai beillesztését segíthetné.
- Az állattartásban, mivel ez volt az első tesztje a MESP légtisztító technológiának, a további kísérletekhez már nagyobb tapasztalattal, felkészültebben lehet majd hozzákezdeni a pontosabb és sikeresebb végeredmény érdekében, amelyek elvégzése nélkülözhetetlen az állattenyésztési technológiákba való bevezetéséhez, mely kutatásokban amennyiben lehetséges a továbbra is részt szeretnék venni.
- A hizlalási eredmények nem mutatnak jelentős különbséget, ez valószínűleg a korszerűtlen technológiára és a nem megfelelő gyakorisággal végzett szűrőtisztításra vezethető vissza.
- Saját farmom tervezésekor, áttervezésekor feltehetően nagy hasznát fogom venni mind a Pöttinger MobiGas technológiával előállított biogázzal kapcsolatos számításoknak, mind pedig a légtisztítási (MESP technológiájú) kísérlet eredményeinek.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A sertéságazatot folyamatos csapások érték az elmúlt években, mint például az Afrikai Sertéspestis terjedése, Magyarországon való megjelenése és a takarmányárak rohamos ütemben történő növekedése, az infláció hatása és az energiaárak elszabadulása. Rendkívül fontos ezekben az időkben a járványvédelem megfelelő szintre emelése mellett az energiahatékonyság kialakítása. A fenntartható, körkörös gazdálkodás már nem csak hangzatos, de szinte kötelező irány az ágazatban.

A családi tulajdonunkban lévő BIO-GOODS Kft. közel 500 kocás újcsanálosi mangalica telepét fejleszteni szeretnénk, ezért diplomamunkám célja, hogy olyan vizsgálatokat folytassak, aminek eredményeinek felhasználásával hozzá tudok járulni a jövőben innovatív módon saját mangalica sertéstelepünk környezeti és gazdasági fenntarthatóságához. Dolgozatomban olyan almostrágya kezelési (száraz fermentoros biogáz) technológiát értékeltem, amely környezeti szempontból hatékonyan kezeli a telepünkön keletkező almostrágyát úgy, hogy közben értéket teremt, jövedelmet termel a biogáz, elektromosáram, hő, és kezelt értékesíthető szervesrágyának köszönhetően. Ezen túlmenően az állatjóllét és járványvédelem szempontjából döntő fontosságú olyan légtisztítási (MESP) technológiát vizsgálok, amely hatékonyan, környezetbarát módon és egyben könnyen üzemeltethetően optimális közeli levegőt biztosít a sertéseknek.

A célkitűzésemnek megfelelően két vizsgálatot is folytattam, amelyek mind az állatjóllétet, állategészségügyet és a fenntartható gazdálkodás szemléletét segítik elő a sertéstartásban. Vizsgáltam az almostrágya biogázzá alakításának folyamatát, egy innovatív, Magyarországon még alig ismert Pöttinger MobiGas száraz fermentoros biogáz erőmű működtetéséhez szükséges erőforrásokat és lehetőségeket, valamint a megtérülést vizsgáltam. Ezen túl lehetőségem volt részt venni egy kísérletben, amely során egy új, állattartásban még nem elterjedt technológiájú légtisztító (MESP) berendezés üzemi eredményeit értékeltem.

A biogáz előállításával kapcsolatos számításokat saját családi vállalkozásunk, a BIO-GOODS Mezőgazdasági és Kereskedelmi Kft. újcsanálosi telephelyén végeztem. A légtisztítással kapcsolatos vizsgálatot egy másik intenzív hizláló sertéstelepen végeztem.

A számított adatok alapján saját újcsanálosi telepünkön 9,5 év megtérülési idővel kalkulálhatunk a Pöttinger MobiGas száraz fermentációs biogáz technológia kiépítése esetén. Ez a megtérülési idő rövidebb lehet, amennyiben a vizsgált technológia alkalmazása során keletkező minden értékes erőforrást (elektromos áram, hőenergia, érett szerves trágya) felhasználunk. A száraz fermentációs technológia előnyei egyértelműek. A nedves fermentációs eljárás során a 10% szárazanyag tartalmú szubsztrátumot képesek feldolgozni, ami miatt ha nem hígfázisú alapanyag (pl. hígtrágya) áll rendelkezésre, az alapanyag hígítása szükséges. A hígtrágyás biogázerőművek üzemeltetése a 25-30 % szárazanyag tartalmú, szilárd almostrágyát alapanyagként hasznosító száraz fermentoros biogáz erőműveknél bonyolultabb, költségesebb, több a hibalehetőség üzemeltetése során, valamint a fermentor maradék tárolása nagyobb beruházás igényű, a felhasználása jelentősen korlátozottabb, költségesebb, és kisebb hatékonyságú.

A MESP technológiájú légtisztítási kísérlet során két azonos paraméterekkel rendelkező istállóba ugyanazon időpontban betelepített azonos állományösszetételű DanBred sertések napi testtömeg-gyarapodását, fajlagos takarmány felhasználását, kiesésük mértékét vizsgáltuk. A teszt istállóban 10 db MESP technológiájú légtisztító- és fertőtlenítő berendezés került felszerelésre. A kísérlet során mértük a két istálló szállópor-koncentrációját, a hőmérsékletet és a relatív nedvességtartalmat is. A levegő minősége a két istállóban jelentős, szignifikáns eltérést mutatott a kísérlet során. A légtisztító berendezések az istállókba beépített korszerűtlen levegőtető rendszernek köszönhetően nem tudtak a várt hatékonysággal működni, valamint a tisztításuk gyakorisága sem volt megfelelő. Mindezek ellenére az istállók levegőminőségének mérése során igazolhatóan jobb eredmények születtek a teszt istállóban. A berendezés még az ott tapasztalt, előnytelen körülmények között is képes volt a levegő tisztítására, a páratartalom szabályozására. A napi testtömeg gyarapodás, fajlagos takarmány felhasználás és a kiesés mértéke tekintetében azonban nincs különbség a teszt és a kontroll istállókba kikerülő állományok között. Ez valószínűleg a már említett korszerűtlen technológiai elemek és a nem megfelelő gyakorisággal végzett szűrőtisztítás az oka. Gyakrabban végzett mérésekkel és korszerűbb technológiával hatékonyabb eredményeket lehet elérni, ezért a jövőben szeretnék a témában folytatott további vizsgálatokban is részt venni.

Mind a száraz fermentációs biogáz előállítási technológiával kapcsolatos számításokat, mind pedig a MESP technológiájú légtisztítási kísérlet eredményeit figyelembe fogom venni a saját telepünkön való fejlesztés során.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Első sorban szeretnék köszönetet mondani belső konzulensemnek, Dr. Póti Péter tanszékvezető, egyetemi tanárnak, aki szakértelmével kitartóan segítette végig diplomadolgozatom elkészítésének folyamatát, közben rengeteg hasznos tanáccsal és ötlettel segítve munkámat.

Köszönöm az egyetemi tanulmányaim során szerzett hasznos tudást és szemléletmódot tanáraimnak és az oktatást segítő dolgozóknak is.

Köszönöm a MESP technológiájú légtisztítási kísérletben való részvétel lehetőségét a telep vezetőségének és a vizsgált berendezés forgalmazójának.

Köszönöm édesapámnak, Horváth Gábornak és üzlettársának, Hajdu Dávidnak a segítséget a saját sertéstelepünk vizsgálatához szükséges adatoknak a rendelkezésemre bocsátásával kapcsolatban.

Továbbá szeretném megköszönni az egész családomnak a tanulmányaim alatti folyamatos támogatást.

IRODALOMJEGYZÉK

- Akos K., Bilkei G. (2004): Comparison of the reproductive performance of sows kept outdoors in Croatia with that of sows kept indoors. *Livestock Production Science* 85(2-3) 293-298.
- Amass, S.F., Clark L.K. (1999): Biosecurity considerations for pork production units. *Swine Health and Production* 7(5) 217-228.
- Bocskay Zs. (2021): Robosztus és flegma az amerikai duroc. <https://magyarmezogazdasag.hu/2021/03/17/robusztus-es-flegma-az-amerikai-duroc> (2023 január)
- Bognár L. (2009): Közlemény a sertések influenza betegségéről https://portal.nebih.gov.hu/nebih_wire_cikkeloszto/-/asset_publisher/Maz3Nho4lr5G/content/kozlemeny-a-sertesek-influenza-betegsegerol/ujabb-informaciok-a-tse-rol (2022 december)
- Borka Gy., Szalay I., Kisné D.T.D.X., Györkös I. (2008): Környezetvédelmi és állatjóléti célkonfliktusok az állattermék-előállításban. http://real-j.mtak.hu/14913/2/EPA02067_animal_welfare_2008_2.pdf#page=101 (2023 március)
- Bracke, M.B.M. (2011): Review of wallowing in pigs: Description of the behaviour and its motivational basis (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168159111000219>) (2023 március)
- Cambra-López, M., Hermosilla, T., Lai, H.T.L., Aarnink A.J.A., Ogink, N.W.M. (2011): Particulate Matter Emitted from Poultry and Pig Houses: Source Identification and Quantification <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=36466> (2023 április)
- Campbell, J.M., Crenshaw, J.D., Polo, J. (2013): The biological stress of early weaned piglets <https://link.springer.com/article/10.1186/2049-1891-4-19> (2022 december)
- Casal, J., De Manuel, A., Mateu, E., Martín, M. (2007): Biosecurity measures on swine farms in Spain. Perceptions by farmers and their relationship to current on-farm measures. *Preventive Veterinary Medicine* 82(1-2) 138-150.
- Donham, K., Aherin, R., Baker, D., Hetzel, G. (2006): Safety in Swine Production Systems <https://porkgateway.org/resource/safety-in-swine-production-systems/> (2023 április)
- Edwards, S. A. (2005): Product quality attributes associated with outdoor pig production <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301622604002696> (2023 február)
- Egerszegi I., Rátky J., Solti L. & Brüssow, Klaus-Peter (2003): Mangalica - an indigenous swine breed from Hungary. *Archiv für Tierzucht* 46(3): 243-256
- Egerszegi I. (2022): Szóbeli közlés, Gödöllő, Részletes állattenyésztés III., egyetemi docens
- Egerszegi I. (2022b): Szóbeli közlés, Gödöllő, Részletes állattenyésztés III., egyetemi docens
- Egerszegi I. (2022c): Szóbeli közlés, Gödöllő, Részletes állattenyésztés III., egyetemi docens
- Eigemann J. G. (2008): Aeroszol és gáztisztító szűrők minősítése a Paksi Atomerőmű technológiai rendszereiben. PhD értekezés, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest, 121 p.
- Eisenlöffel, L., Reutter, T., Horn, M., Schlegel, S., Truyen, U., Speck, S. (2019): Impact of UVC-sustained recirculating air filtration on airborne bacteria and dust in a pig facility <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0225047> (2023 január)
- Fábián I. (2014): Személyi higiénia az állattartó telepeken <https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2014/12/allategeszsegugy/szemelyi-higienia-az-allattarto-telepeken> (2022 december)
- Fábián I. (2016) Technológia a biológiai biztonság szolgálatában <https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2016/05/allattenyesztes/technologia-a-biologiai-biztonsag-szolgalataban> (2023 január)
- Fenyvesi L., Mátyás L. (2013): Hígrágyából energia. <https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2002/3/allattenyesztes/higragyabol-energia> (2023 február)
- Fung, J. (2018): <https://drjasonfung.medium.com/the-shocking-origin-of-vegetable-oil-garbage-1c2ce14ae513> (2022 december)
- Galyas A.B., Szunyog I. (2018): Biogáz-előkészítés I. <https://www.gas.uni-miskolc.hu/files/7832/Biogaz%20oktatasi%20segedlet%20I%20Publ%2020180903.pdf> (2023 március)
- Gundel J., Hermán I., Regiusné M.Á., Mihók S., Bodó I. (2006): A mangalica gazdaságos hizlalása. *Állattenyésztés és takarmányozás*, 55(3): 247-256.
- Hajdú J. (2009): Biogázüzemek működése és biogáz üzemi technológiák <https://www.medgyesegyhaza.hu/adat/htmlfiles/Biogaz%20tech%20le%C3%ADrás.pdf> (2023 január)
- Hajdú J. (2021): Biogáz konténerekből - Pöttinger MobiGas száraz eljárású biogázfermentorok http://technika.gmgi.hu/uploads/termek_2018/pottinger_mobigas_szaraz_eljarasu_biogazfermentorok_21_01.pdf (2023 január)
- Harper, C. G., Makatouni, A. (2002): Consumer perception of organic food production and farm animal welfare. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/00070700210425723/full/html> (2023 február)
- http 1: A mangalica eredete. <https://www.mangalica.com/hu/tortenelem-a-mangalica-eredete/> (2022 december)

- http 2: Mangalicateenyésztők Országos Egyesülete. <http://moe.org.hu> (2022 november)
- http 3: Az Olmos és Tóth Kft. bemutatása. <https://www.mangalica.com/hu/tortenelem-az-olmos-es-toth-kft/> (2022 november)
- http 4: Magyar Állattenyésztők Szövetsége. <https://www.allattenyesztok.hu/aktualis/hirek/a-tenyesztok-vedelme-ma-mar-legalabb-olyan-fontos-mint-a-fajtake> (2022 december)
- http 5: A mangalica értékmérő tulajdonságai. <http://www.moe.org.hu/tenyesztes/kanneveles/> (2023 január)
- http 6: A duroc. [http://www.mfse.eu/hu/fajtaismeretes/hu/\[5\]Duroc-sertes](http://www.mfse.eu/hu/fajtaismeretes/hu/[5]Duroc-sertes) (2023 január)
- http 7: DanBred ismertető. https://danbred.com/wp-content/uploads/2021/01/Brochure_Hybrid_HU_A4_PRINT.pdf (2023 április)
- http 8: DanBred eredmények. <https://danbred.com/Documented-Results/> (2023 április)
- http 9: DanBred (DanAvl) technológia. <https://www.babolnatakarmany.hu/az-agrogaz-kft-is-a-danavl-genetikaval-vaszaltotta/> (2023 április)
- http 10: Az Afrikai Sertéspestis Vírussal kapcsolatos MFSE által kiadott tájékoztató. <http://www.mfse.eu/hu/letoltesek> (2022 december)
- http 11: Az ASP megjelenése Magyarországon. <https://www.nak.hu/tajekoztatasi-szolgaltatas/mezogazdasagi-termeles/93107-az-afrikai-sertespestis-megjelenese-magyarorszag-kozeleben> (2022 november)
- http 12: NÉBIH Járványvédelmi Intézkedési Terv. <https://portal.nebih.gov.hu/-/tamogatja-a-nebih-az-allattartokat-a-jarvanyvedelmi-intezkedesi-terv-elkesziteseben> (2022 december)
- http 13: Jogtár - az állami kártalanításról. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1300074.vm> (2023 március)
- http 14: Optimális RH szint az állattartásban. <https://www.pic.com/resources/ventilation-air-exchange/> (2023 április)
- http 15: HEPA és MESP technológiák összehasonlítása. <https://en.airquality.com/technology/mesp-vs-hepa.shtml> (2023 február)
- http 16: Amerikai kutatás a humánusan tartott állatokból készült termékek piacával kapcsolatban. <https://www.americanhumane.org/blog/five-freedoms-the-gold-standard-of-animal-welfare/> (2023 február)
- http 17: Az öt állati szabadságjog. https://www.canr.msu.edu/news/an_animal_welfare_history_lesson_on_the_five_freedoms (2023 február)
- http 18: Állattartási támogatáshoz szükséges férőhely <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1800039.am> (2023 március)
- http 19: Integrált Termékpolitika. <https://ec.europa.eu/environment/ipp/pdf/ippsum.pdf> (2023 február)
- http 20: A trágyaszállítással kapcsolatos problémák. <https://www.agroinform.hu/kornezetvedelem/problemat-okoz-a-tragyaszallitas-a-biogazuzemekbol-33600-001> (2023 február)
- http 21: Sertésrágya általános súlyadatai. http://agrarपालयगत.eu/wp-content/uploads/2015/11/tragya_masz_fvm_kiadvany.pdf (2023 március)
- http 22: Kötelező Átvételi Tarifa átvételi árak. <https://www.mekh.hu/kotelezo-atveteli-rendszer-villamos-energia> (2023 március)
- http 23: HT-9600 levegőminőség vizsgáló készülék. <https://hti-instrument.com/products/ht-9600-pm2-5detector> (2023 április)
- http 24: Légtisztító. <https://nuxon.hu/product/fsa-plafonra-szerelhető-legtisztító-es-fertőtlenítő/> (2023 április)
- Julio Pinto, C., Santiago Urcelay, V. (2003): Biosecurity practices on intensive pig production systems in Chile. Preventive Veterinary Medicine 59(3) 139-145.
- Kougias, P.G., Angelidaki I. (2018): Biogas and its opportunities—A review <https://link.springer.com/article/10.1007/s11783-018-1037-8> (2023 február)
- Kovács J. (2006): A mangalica fajta múltja, szerepe Magyarország XIX. és XX. századi állattenyésztésében. Állattenyésztés és Takarmányozás 55(3): 195-202.
- Kovács-Weber M. (2021): Szóbeli közlés, Gödöllő, Húsfeldolgozás és húsgazdaságtan, egyetemi docens
- Lamm, K., Zangaro, C. (2020): Simple ventilation tips as warm weather approaches <https://www.canr.msu.edu/news/simple-ventilation-tips-as-warm-weather-approaches> (2023 április)
- Lau, A.K., Vizcarra, A.T., LO, K.V., Luymes, J. (1996): Recirculation of filtered air in big barns https://library.csbe-scgab.ca/docs/journal/38/38_4_297_ocr.pdf (2023 január)
- Linden, J (2014): Ambient Air Quality Regulations That Impact Swine Operations <https://www.thepigsite.com/articles/ambient-air-quality-regulations-that-impact-swine-operations> (2023 április)
- Lukovic, Z., Skorput D., Karolyi, D. (2017): Pig welfare at different production systems https://www.researchgate.net/profile/Dubravko-Skorput/publication/320558374_PIG_WELFARE_AT_DIFFERENT_PRODUCTION_SYSTEMS/links/59edac710f7e9bfbdeb71c5e9/PIG-WELFARE-AT-DIFFERENT-PRODUCTION-SYSTEMS.pdf (2023 február)

- Mátyus F. (2019): Az Agrogáz Kft. is a DanAvl genetikát választotta <https://www.bonafarmintegracio.hu/articles/8/a-danbred-genetika-magyarorszagon> (2023 április)
- McCutcheon, G., Quinn, A. (2020): Pig Manure: A Valuable Fertiliser <https://www.teagasc.ie/media/website/publications/2020/pig-manure-a-valuable-fertiliser.pdf> (2023 február)
- Morton, D. B. (2007): Vaccines and animal welfare <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17633300/> (2023 március)
- Nagy L. (szerk.) (2018): Magyarországon először a Mátra térségét érte el az afrikai sertéspestis https://www.oec.hu/hirek/agazati-szakmai/magyar_eloszor_sertespestis_matra (2022 december)
- Nguyen, T.L.T., Hermansen, J.E., Morgensen, L. (2010): Fossil energy and GHG saving potentials of pig farming in the EU <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421510000078> (2023 február)
- Nordquist, E. R., Van der Staay, F. J., Van Eerdenburg, F. J. C. M., Velkers, F. C., Fijn, L., Arndt, S. S. (2017): Mutilating Procedures, Management Practices, and Housing Conditions That May Affect the Welfare of Farm Animals: Implications for Welfare Research <https://www.mdpi.com/2076-2615/7/2/12> (2023 február)
- Olasz F., Mészáros I., Tamás V., Bálint A., Bruczynska, M., Zádori Z. (2019): Az afrikai sertéspestis járványtana és a védekezés lehetőségei. https://univet.hu/wp-content/uploads/2020/12/2019_141_101_Olasz_virologia.pdf (2022. november)
- Ortuay Gy. (1977): Disznó, sertés (lat. *Sus domestica*). <http://mek.niif.hu/02100/02115/html/1-1606.html> (2022 december)
- Paládi-Kovács A., Balassa I., Bodrogi T., Domonkos O., Dömötör T., Gunda B., Hofer T., Orosz I., Takács L., Tálasi I., Vargyas L. (2001): Háziastítás és a magyar sertéstartás története <http://mek.niif.hu/02100/02152/html/02/356.html> (2022 november)
- Pedersen, B.K. (2008): Controlling the environment of the pig. https://www.pig333.com/articles/controlling-the-environment-of-the-pig_78/ (2023 április)
- Pelyva I. (2010): Állatjólét, környezetvédelem, állatszállítás állatvédelme. Szakmai tankönyv, Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet, Budapest, 24 p.
- Photopoulos, J. (2020): The paints that eat pollutants and heat homes <https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/horizon-magazine/paints-eat-pollutants-and-heat-homes> (2023 január)
- Póti P. (2014): Legyen, vagy ne legyen biogáz? <https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2009/06/gepesites/legyen-vagy-ne-legyen-biogaz> (2023 február)
- Póti P. (2021): Szóbeli közlés, Gödöllő, Részletes állattenyésztés II., tanszékvezető, egyetemi tanár
- Risberg, K., Cederlund, H., Pell, M., Arthurson, V., Schnürer, A. (2017): Comparative characterization of digestate versus pig slurry and cow manure – Chemical composition and effects on soil microbial activity <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X1630753X> (2023 március)
- Scott, G.H. (1981): What is Animal Stress and How is it Measured? <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/52/1/150/4658239?login=false> (2023 február)
- Scott, K., Chennels, D.J., Armstrong, D., Taylor, L., Gill, B.P., Edwards S.A. (2007) The welfare of finishing pigs under different housing and feeding systems: liquid versus dry feeding in fully-slatted and straw-based housing <https://www.cambridge.org/core/journals/animal-welfare/article/abs/welfare-of-finishing-pigs-under-different-housing-and-feeding-systems-liquid-versus-dry-feeding-in-fullyslatted-and-strawbased-housing/638B9BAAB885FA93296772532A567586> (2023 február)
- Sharma, A., Chetani R. (2017): A Review on the Effect of Organic and Chemical Fertilizers on Plants https://www.researchgate.net/profile/Ameeta-Sharma/publication/315650911_A_Review_on_the_Effect_of_Organic_and_Chemical_Fertilizers_on_Plants/links/6034c2b44585158939c2c489/A-Review-on-the-Effect-of-Organic-and-Chemical-Fertilizers-on-Plants.pdf (2023 február)
- Szabó P. (2006): A mangalica reneszánsza. Állattenyésztés és takarmányozás, 55(3): 203-216.
- Toldi O., Bera P. (2022): A biogáz-termelés helyzete és jövője Magyarországon. <https://klimapolitikaiintezet.hu/elemez/biogaz-termeles-magyarorszag-szakpolitikai-elemzes> (2022 december)
- Walton A.G. (2016): Animal Or Vegetable? The Debate About Healthy Fats Continues - Forbes <https://www.forbes.com/sites/alicegwalton/2016/04/13/the-animal-vs-vegetable-fat-saga-continues/?sh=6228890f7bd0> (2022 december)
- Weng, R.C., Edwards, S.A. (1998): Behaviour, social interactions and lesion scores of group-housed sows in relation to floor space allowance <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168159197001433> (2023 február)
- Yang, X., Haleem, N., Osabutey, A., Cen, Z., Albert, K.L., Autenrieth D. (2022): Particulate Matter in Swine Barns: A Comprehensive Review <https://www.mdpi.com/2073-4433/13/3/490> (2023 április)

You, L., Yu, S., Liu, H., Wang, C., Zhou, Z., Zhang, L., Hu, D. (2019): Effects of biogas slurry fertilization on fruit economic traits and soil nutrients of *Camellia oleifera* Abel
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6508714/> (2023 február)

4. sz. függelék – Hallgatói és konzulensi nyilatkozat

NYILATKOZAT

Alulírott Horváth Kende, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Agrármérnöki osztatlan szak nappali tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy diplomadolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: 2023. év 04. hó 28. nap



Hallgató

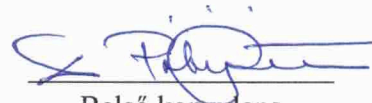
NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: 2023. év 04. hó 28. nap



Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni