

Suvremene tehnologije u klaoničkoj obradi životinja

Perić, Antonio

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Veterinary Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Veterinarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:178:999218>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-17**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Veterinary Medicine -
Repository of PHD, master's thesis](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
VETERINARSKI FAKULTET

SVEUČILIŠNI INTEGRIRANI PRIJEDIPLOMSKI I DIPLOMSKI
STUDIJ *VETERINARSKA MEDICINA*

DIPLOMSKI RAD

Antonio Perić

Suvremene tehnologije u klaoničkoj obradi životinja

Zagreb, 2024.

Antonio Perić

Odjel za veterinarsko javno zdravstvo i sigurnost hrane
Zavod za higijenu, tehnologiju i sigurnost hrane

Predstojnica zavoda: prof. dr. sc. Željka Cvrtila

Mentor: prof. dr. sc. Nevijo Zdolec

Članovi Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

1. doc. dr. sc. Tomislav Mikuš
2. prof. dr. sc. Željka Cvrtila
3. prof. dr. sc. Nevijo Zdolec
4. prof. dr. sc. Vesna Dobranić (zamjena)

Rad sadržava 30 stranica, 25 slika, 46 literaturnih navoda.

Zahvala

Zahvaljujem se svome mentoru prof. dr. sc. Neviju Zdolecu na uloženom trudu i strpljenju, kao i pomoći prilikom izrade ovoga diplomskoga rada. Zahvaljujem tvrtci PIK Vrbovec plus d.o.o. na suradnji i ustupljenim fotografijama prikazanima u ovom radu.

Hvala mojoj obitelji koja me podržavala u mom izboru da postanem veterinar tijekom čitavoga studija.

Isto tako, hvala mojoj djevojci Nikolini na podršci, motivaciji i bodrenju prilikom izrade ovoga rada, a svojim prijateljima Bruni, Davidu, Mihovilu, Niki i Stjepanu zahvaljujem što su učinili da ovih 6 godina prođe u smijehu i zabavi svakoga dana našeg studiranja skupa.

POPIS KRATICA

3D – trodimenzionalni prostor

COVID-19 – koronavirusna bolest 2019 (engl. *Coronavirus disease 2019*)

MFC – robotska stanica obrade trupa (engl. *Meat factory cell*)

CFU – jedinice koje čine kolonije (engl. *Colony forming units*)

CCP – kritična kontrolna točka (engl. *Critical control point*)

HACCP – analiza opasnosti i kritičnih kontrolnih točaka (engl. *Hazard analysis and critical control points*)

DNK – deoksiribonukleinska kiselina

RNK – ribonukleinska kiselina

STEC – Shiga-toksin producirajuća *Escherichia coli* (engl. *Shiga toxin-producing Escherichia coli*)

AI – umjetna inteligencija (engl. *Artificial intelligence*)

EU – Europska unija (engl. *European union*)

CVS – sustav računalnog vida (engl. *Computer vision system*)

PRDC – kompleks respiratornih bolesti svinja (engl. *Porcine respiratory disease complex*)

APP – *Actinobacillus pleuropneumoniae*

EP – enzootska pneumonija svinja (engl. *Porcine enzootic pneumonia – mycoplasmal pneumonia*)

POPIS PRILOGA

Slika 1. Shematski prikaz klaoničke obrade svinja	4
Slika 2. Shematski prikaz klaoničke obrade goveda	6
Slika 3. Shematski prikaz klaoničke obrade peradi.....	7
Slika 4. Prikaz robota za rasijecanje trupova	10
Slika 5. Automatizirani koridor za stoku.....	11
Slika 6. Obori za stoku	11
Slika 7. Postaja za klanje.....	12
Slika 8. Lanci za ovješavanje svinja.....	12
Slika 9. Mjesto za prihvat životinja iz gondole.....	12
Slika 10. Gondola za omamljivanje	12
Slika 11. Postaja za vješanje trupova na rasplinjače	13
Slika 12. Mjesto za prihvat trupova iz „šerače"	13
Slika 13. Uređaj za početno pranje i šurenje	13
Slika 14. Bazen za iskrvarenje	13
Slika 15. Uređaj za plinsko opaljivanje.....	14
Slika 16. Postupak plinskog opaljivanja	14
Slika 17. Plinski opaljivači.....	14
Slika 18. Uređaj za poliranje 1	14
Slika 19: Uređaj za poliranje 2	14
Slika 20. Posude za prihvat trbušnih organa	15
Slika 21. Pila za grudnu kost.....	15
Slika 22. Postaja za podvezivanje rektuma	15
Slika 23. Postaja za obradu prsnih organa.....	15
Slika 24. Tunel za hlađenje polovica.....	15
Slika 25. Pomoćna pila za rasijecanje trupova	15

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PREGLED REZULTATA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA	2
2.1. Proces klaoničke obrade svinja	2
2.1.1. Omamljivanje	2
2.1.2. Iskrvarenje	2
2.1.3. Šurenje i depilacija	3
2.1.4. Evisceracija	3
2.1.5. Rasijecanje i završna obrada	3
2.2. Proces klaoničke obrade goveda	4
2.2.1. Omamljivanje	4
2.2.2. Iskrvarenje	5
2.2.3. Obrada trupa i organa	5
2.3. Proces klaoničke obrade peradi	6
2.3.1. Omamljivanje	6
2.3.2. Iskrvarenje, šurenje, čerupanje, pranje	6
2.3.3. Evisceracija i daljnja obrada	7
2.4. Automatizacija i robotika u klaoničkoj obradi svinja, goveda i peradi.....	8
2.4.1. Prikaz nekih automatiziranih faza klaoničke obrade svinja	11
2.5. Suvremene tehnologije u procjeni kontaminacije klaonički obrađenih trupova	16
2.5.1. Primjena biosenzora	17
2.6. Digitalne tehnologije i umjetna inteligencija kao nadogradnja u inspekciji mesa ...	18
3. ZAKLJUČCI	22
4. LITERATURA	23
5. SAŽETAK	28
6. SUMMARY	29
7. ŽIVOTOPIS	30

1. UVOD

Klaonička obrada životinja odnosi se na proces klanja i obrade životinja, sa ciljem dobivanja mesa i ostalih proizvoda životinjskog podrijetla koji se koriste za prehranu ljudi. Postupak klaoničke obrade razlikuje se ovisno o vrsti životinje, kao i o propisima koji vladaju na tome području, te standardima kvalitete i sigurnosti hrane. S obzirom na sve veću potražnju za proizvodima životinjskog podrijetla, u vidu hrane za ljudsku potrošnju, subjekti u poslovanju sa hranom uvijek su u potrazi za suvremenijim i naprednijim metodama i tehnologijama klaoničke obrade životinja koje bi im donijele bolju proizvodnost, kvalitetu procesa i sigurnost mesa, a samim time i veću financijsku dobit.

Važno je naglasiti da se u klaoničkoj obradi životinja treba striktno pridržavati važećeg zakonodavstva koji se odnose na zdravlje životinja, sigurnost hrane, dobrobit životinja te zaštitu okoliša. Jasno je dakle da proces klaoničke obrade životinja može utjecati i na stupanj rizika povezan s kontaminacijom trupova i organa, pri čemu je važan i veterinarski nadzor ispravne primjene tehnoloških procesa te dobre higijenske prakse (NINIOS i sur., 2014.). U odnosu na organizirane početke obrade životinja za dobivanje mesa (obrada na podu, nepoznavanje važnosti higijene, nepoznavanje zoonoza i dr.), današnja tehnologijska rješenja obrade u odobrenim objektima rezultat je tehnološkog pa i javno-zdravstvenog napretka (COLLINS i sur., 2015.).

S obzirom da tehnologije u klaoničkoj obradi životinja prate moderne trendove i neprestano napreduju, cilj je ovog rada prikazati najnovija dostignuća u tom području u smislu primjene automatizacije, robotike, senzora, digitalne i video tehnologije. Suvremene tehnologije u klaoničkoj obradi kao i detekciji pokazatelja zdravlja i dobrobiti životinja, patoloških promjena na trupu i organima, kontaminacije i sl. mogu imati utjecaj i učinak na poslove veterinaru u klaonicama. Stoga je dodatni cilj ovog rada približiti navedenu tematiku i kolegama doktorima veterinarske medicine koji djeluju ili će djelovati u području veterinarskog javnog zdravstva i sigurnosti mesa.

2. PREGLED REZULTATA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

2.1. Proces klaoničke obrade svinja

Svinje se, nakon dopreme, istovara i veterinarskog pregleda, posebnim koridorom, putem kojega se obavlja i njihovo pranje, vode na liniju klaoničke obrade koja započinje omamljivanjem.

2.1.1. Omamljivanje

Omamljivanje svinja najčešće se obavlja koristeći električnu struju, na način da se električna kliješta koja na svojim krakovima sadrže elektrode, postavljaju na područje sljepoočnica svinje. Također postoje i poluautomatska i automatska kontinuirana omamljivanja strujom u posebnim uređajima, no ona se uglavnom rabe u objektima koji imaju veći kapacitet klaoničke obrade (NJARI i ZDOLEC, 2012.).

Također, svinje se mogu omamljivati i ugljikovim dioksidom. Taj postupak provodi se na način da se svinje kreću kroz koridor prema liniji klanja, te zatim ulaze u komoru za omamljivanje, koja najčešće može istodobno zaprimiti 3-5 svinja. One se zatim spuštaju u komoru sa ugljičnim dioksidom, nakon čega se omamljene svinje podižu na kolosijek električnom dizalicom, gdje se nastavlja daljnja obrada, odnosno iskrvarenje.

2.1.2. Iskrvarenje

Svinje se mogu iskrvariti običnim nožem, odnosno vaakumskim nožem za uklanjanje krvi, ukoliko je krv potrebno sakupiti prilikom klanja (NINIOS i sur., 2014.). Cilj iskrvarenja je brzo uklanjanje što je moguće više krvi, jer krv predstavlja idealno okruženje za rast bakterija. Glavne krvne žile na vratu se presijecaju kako bi se omogućilo što brže ispuštanje krvi iz tijela, uzrokovalo smrt životinje uslijed cerebralne anoksije te minimaliziralo oštećenje trupova. Nož mora biti oštar kako bi se osiguralo uspješno presijecanje krvnih žila.

Kod svinja, longitudinalni rez se izvodi u području prsišta (u središtu vrata, ispred prsne kosti) kako bi se presjekle dublje žile, uključujući aortu. Nepotpuno iskrvarenje može dovesti do prekomjernog zadržavanja krvi u tkivima, što rezultira bržim kvarenjem mesa. Kako bi se smanjila kontaminacija vrelom vodom pri šurenju u bazenima, rez treba biti što manji (NINIOS i sur., 2014.).

2.1.3. Šurenje i depilacija

Nakon iskrvarenja, pristupa se ispiranju vanjske površine trupa. Pranje mora biti što temeljitije, da bi se smanjila mogućnost kontaminacije u daljnjim klaoničkim postupcima. Šurenje se najčešće izvodi u bazenima s vodom temperature od 58 – 62°C, u trajanju oko 4 do 6 minuta. Pored toga koristi se i šurenje vodenom parom, kojom se izbjegava aspiracija bazenske vode te je tehnološki i higijenski napredniji postupak. Nakon šurenja uklanja se dlaka (depilacija) uređajem za depilaciju („šeranje“). Uklanjanje dlaka izvodi se rotirajućim strugačima koji izvlače dlake iz folikula zahvaljujući labavoj vezivnotkivnoj strukturi kože. Ako je temperatura šurenja bila previsoka ili je šurenje trajalo predugo, može se oštetiti koža, što predstavlja higijenski rizik. Nakon uklanjanja dlaka rotirajućim strugačima, dodatno se opaljuje trup otvorenim plamenom. Postupak se završava intenzivnim četkanjem kako bi se uklonile izgorjele dlake („crno struganje“) i temeljitim pranjem trupa, uz eventualno dodatno čišćenje („bijelo struganje“). Šurenje, opaljivanje i pranje značajno smanjuju mikrobiološko opterećenje na trupu, pri čemu su ukupne vrijednosti broja bakterija obično između 10^2 i 10^4 CFU/cm (ZDOLEC i sur., 2022.).

2.1.4. Evisceracija

Prije postupka evisceracije, potrebno je obaviti isijecanje odnosno „trimanje“ orožnjale epiderme iz međupapčanog procijepa, kožnih interdigitalnih nabora, ušne školjke, hrskavice ušnoga kanala, očnih kapaka i jabučice te ostataka opaljene epiderme. Potom se u čistom dijelu obrade započinje obrada rektuma odvajanjem perianalnih mišića i podvezivanja rektuma. Drugi je napredniji i automatiziran način korištenjem uređaja za izvlačenje i obstrukciju rektuma. Cilj ove faze je sprječavanje fekalnog onečišćenja kože, mesa i organa. Zatim se pristupa odsijecanju vanjskih spolnih organa i potom se otvara zdjelična, trbušna i prsna šupljina. Trbušni i prsni organi odvajaju se u posebna kolica, označuju klaoničkim brojem, te odvoze na pregled i daljnju obradu (NJARI i ZDOLEC, 2012.).

2.1.5. Rasijecanje i završna obrada

Svinjski trupovi rasijecaju se na polovice električnom pilom ili ručno pomoću rasjekača. Koristi se platforma koja se pneumatski pomiče tako da radnik na rasijecanju može jednostavno rasijeći trup čitavom dužinom. U ovom postupku također uključujemo i izdvajanje bubrega iz vezivnotkivne kapsule i djelomično odvajanje peritoneuma. Nakon toga obavlja se „trimanje“ polovica te uzimanje uzoraka ošita za umjetnu probavu (*Trichinella* spp.). Na kraju linije slijedi pranje polovica hladnom vodom te otprema na hlađenje i daljnju

preradu, dok se nakon završenog veterinarskog pregleda trbušni organi odlažu u prostorije za prihvata i obradu crijeva, a prsni organi obrađuju i odvoze na hlađenje u komoru (NJARI i ZDOLEC, 2012.).



Slika 1. Shematski prikaz klaoničke obrade svinja

2.2. Proces klaoničke obrade goveda

2.2.1. Omamljivanje

Goveda se najčešće omamljuju pojedinačno u tzv. boksevima za omamljivanje. Boks je konstruiran na način da su prednja i stražnja stranica fiksne, dok su bočne stranice pokretne. Kada životinja uđe u boks, ona ostaje fiksirana u položaju, te na taj način radnik ima pristup glavi goveda gdje prislanja mehanički uređaj za omamljivanje (Schermerov pištolj) na čeonu kost, na sjecištu zamišljenih dijagonala baza rogova i medijalnih očnih kuteva. Zatim se pištolj aktivira okidanjem, a ovisno o njegovoj konstrukciji, on sadrži penetrirajući ili nepenetrirajući klin koji uzrokuje u pogođene životinje stanje nalik potresu mozga, te gubitak svijesti. Važno je napomenuti kako je potonji način omamljivanja najčešći kada se govori o govedima, a postoje također i metode omamljivanja električnom strujom, no ono je rijetko (NJARI i ZDOLEC, 2012.).

2.2.2. Iskrvarenje

Kada omamljena životinja padne, otvara se postrana stranica boksa za omamljivanje te se pomoću električne dizalice podiže za jedan od stražnjih ekstremiteta i transportira do pozicije iznad bazena za iskrvarenje. Iskrvarenje goveda izvodi se u 3 faze. Prvo se otvara koža po medijalnoj liniji ventralne strane vrata, od vrha prsnog koša do vrha mandibule. Zatim se koža odvaja od vratne muskulature za lakši pristup krvnim žilama koje se zatim presijecaju. (NJARI i ZDOLEC, 2012.).

2.2.3. Obrada trupa i organa

U sljedećoj fazi obrade pristupa se odsijecanju rogova, odvajanju kože s glave i podvezivanju jednjaka. Jednjak podvezujemo nakon što ga odvojimo od okolnoga tkiva i postavljamo ligaturu pomoću posebno izrađene šipke. Ovo podvezivanje je moguće obaviti i u kasnijim fazama obrade, prije uklanjanja glave. Odsijecanje prednjih ekstremiteta u području karpalnoga zgloba slijedeći je postupak u procesu, a nakon njih, se radnja provodi na slobodnom stražnjem ekstremitetu u području tarzusa. Zatim se trup prevješava na kolosijek obrade, te se uklanja drugi distalni dio. Nakon toga slijedi odvajanje kože s butova, obrada i podvezivanje rektuma, obrada vanjskih spolnih organa i vimena te odvajanje kože s trupa. Koža se sa trupa najčešće odvaja odozgo prema dolje, ali nije neuobičajeno i suprotno od toga. Pri tome koristimo stroj za strojno odvajanje kože, dok u nekim objektima još stoji uvriježeno ručno skidanje kože. Ovom postupku treba pridati veliku važnost s obzirom da, uz evisceraciju, predstavlja najveći rizični čimbenik za kontaminaciju trupa. Nakon uklanjanja kože može se pristupiti prije spomenutom podvezivanju jednjaka, a potom uklanjanju glave i njenoj pripremi za veterinarski pregled. Prethodno je električnom pilom otvorena prsna šupljina, na što se nastavlja otvaranje trbušne šupljine nožem. Vađenje unutrašnjih organa (evisceracija) uključuje otpremu i pregled zasebno trbušnih te prsnih organa. Rasijecanje trupa slijedi nakon evisceracije, duž medijalne linije koristeći se elektromotornom pilom ili rasjekačem. Završna obrada polovica uključuje obrezivanje („trimanje“) polovica te završno pranje, a zatim otprema na tehnološko hlađenje (NJARI i ZDOLEC, 2012.).



Slika 2. Shematski prikaz klaoničke obrade goveda

2.3. Proces klaoničke obrade peradi

2.3.1. Omamljivanje

Proces omamljivanja peradi započinje na način da se perad, smještena u kaveze, donosi u dio prostorije za prihvata, zatim se vadi iz kaveza i ovješava o lire visećeg pokretnog konvejera (lanca). Perad se putem pokretnog lanca kreće uzduž linije klanja, pa tako prvo dopire u prostor gdje se obavlja omamljivanje. Omamljivanje se obavlja plinom ili elektrolitom. Omamljivanje plinom podrazumijeva spuštanje peradi u komoru sa ugljičnim dioksidom, dok omamljivanje elektrolitom podrazumijeva uranjanje glava peradi u elektrolitnu otopinu u kojoj su omamljene električnom strujom koja prolazi kroz otopinu (NJARI i ZDOLEC, 2012.).

2.3.2. Iskrvarenje, šurenje, čerupanje, pranje

Nakon omamljivanja peradi slijedi faza iskrvarenja. Može se raditi ručno ili pomoću uređaja, a ne smije trajati manje od 3 minute. Krv se sakuplja u posude koje se nalaze ispod linije iskrvarenja. Tako iskrvareni trupovi zatim idu u uređaj za šurenje, te prolaze kroz 2 faze

šurenja, prvu 3,5 minute pri 48 – 52°C, i drugu 1,5 minutu pri 54 – 60°C. Potom se trupovi cijede i ulaze u stroj za čerupanje, kojim se uklanja perje s trupa. Završni dio obrade u ovoj fazi podrazumijeva mehaničko uklanjanje glave, te ručno odstranjivanje zaostalog perja, i skidanje zaostalih batrljaka i paperja. Kada se sve ove faze obave, perad se prevješava na drugu liniju gdje se peru, a time završava primarna obrada peradi (NJARI i ZDOLEC, 2012.).

2.3.3. Evisceracija i daljnja obrada

Evisceracija peradi može se provoditi ručno, uz pomoć vilice za evisceraciju, ili strojno, u većim objektima većega opsega. Unutrašnje organe potrebno je ukloniti na način da ostanu prirodno povezani sa trupom i stavljaju se u posude za prihvatanje organa. Eviscerirani organi prolaze veterinarski pregled i zatim se odvajaju jestive iznutrice. Nejestive iznutrice odvajaju se u prostorije za prikupljanje konfiskata, dok se jestive dalje obrađuju i skladište. Trupovi koji su eviscerirani podvrgavaju se pranju ponajprije iznutra pa izvana. Zatim se ponovno prevješavaju na tehnološko hlađenje u tunel sa strujom hladnog zraka. Otpremom trupova i iznutrica na hlađenje i skladištenje završava faza klaoničke obrade peradi.



Slika 3. Shematski prikaz klaoničke obrade peradi

2.4. Automatizacija i robotika u klaoničkoj obradi svinja, goveda i peradi

Prema mrežnom izdanju Hrvatske enciklopedije automatizacija je upravljanje strojevima, procesom ili sustavom s pomoću mehaničkih i elektroničkih uređaja koji zamjenjuju ljudski rad, dok je robotika interdisciplinarno znanstveno područje koje se bavi projektiranjem, konstruiranjem, upravljanjem i primjenom robota. Automatizacija i robotika sve su važnije tehnologije u industriji mesa, uključujući procese klaoničke obrade zbog povećanih potreba za proizvodnjom mesa na što učinkovitiji (brži) način, zatim smanjenja troškova radne snage, ali i veće sigurnosti osoblja. Razvidno je da su razlozi primjene ovih tehnologija u klaoničkim objektima primarno veća učinkovitost, učinkovitost tj. veći kapaciteti obrade u jedinici vremena, manji utjecaj radnika na higijenu procesa, kao i povećanje standarda zaštite na radu. Jasno je da upravljanje ovim procesima zahtjeva nova specijalizirana znanja kako bi funkcioniranje sustava obrade zadovoljilo navedena očekivanja.

Obrada životinja za dobivanje mesa obavljala se proteklih stotinjak i više godina na manje-više danas neprihvatljiv način; u neprimjerenim higijensko-tehničkim uvjetima te uz nedovoljno poznavanja epidemiologije bolesti koje se prenose mesom (COLLINS i sur., 2015.). Industrijskom revolucijom pa nadalje događa se napredak u tehnikama obrade u zatvorenim objektima (klaonički objekti) s postupnim uvođenjem automatizacije i robotike gdje je to moguće u specifičnim fazama procesa. Reduciranje manualnog rada i razvoj drugih alternativnih tehnologija (poput 3D printanja ili laboratorijski uzgojenog mesa) potencijalno vodi ka smanjivanju potreba za radnom snagom, što je u krizama poput pandemije virusa COVID-19 pruža svojevrsno rješenje (NASTASIJEVIĆ i sur., 2020.). S druge strane, razvoj takvih tehnologija ne ide na ruku razvoju poljoprivrede i stočarstva općenito, te se treba sagledati kritički i iz perspektive farmera, pa i veterinarske struke.

U svakom slučaju automatizacija i primjena robota povećava brzinu i preciznost klaoničke obrade pa danas nailazimo na linije koje obrađuju preko deset tisuća pilića u jednom satu, ili linije obrade i preko tisuću svinja u satu, što je gotovo bilo nezamislivo pred pedesetak godina. Linija klaoničke obrade goveda ne može postići takve kapacitete iz razloga robusnosti obrade i veličine same životinje, te se u tom slučaju nastoje unaprijediti pojedine faze obrade u kojima je moguće uvesti tehnologije senzora/skeniranja i prateće automatizacije i robotike. Neki od primjera su faze skidanja kože ili rasijecanja trupa (MADSEN i sur., 2006.; BARBUT, 2014.). Da bi se te tehnologije mogle što preciznije koristiti, jasno je da se očekuje u optimizaciji procesa što ujednačenija konformacija trupa odnosno uniformnost životinja gdje do izražaja dolazi važnost upravljanja uzgojem i genetikom farmskih životinja (COLLINS i sur., 2015.).

U daljnjem tekstu prikazani su neki od primjera primjene automatizacije i robotike u klaoničkoj obradi svinja, goveda ili peradi. Robotska tehnologija za početnu obradu trupova, uključujući postupke kao što su uklanjanje glave sa svinjskih trupova, skidanje bubrežne čahure, rasijecanje trupa, čišćenje čeljusti ili odsijecanje nogu u karpalnom zglobu, već je komercijalizirana. Neki od tih postupaka uključuju 3D tehnologiju za prepoznavanje objekata pri obradi i poduzimanje specifičnih intervencija na trupu (CHOI i sur., 2013.; DE MEDEIROS ESPER i sur., 2021.).

Jedna od izazovnijih faza u klaoničkoj obradi u higijenskom i tehničkom smislu je evisceracija koja započinje obradom rektuma (svinje, goveda). Oštećenja trbušnih organa moguća su i pri manualnoj i automatiziranoj evisceraciji, a time i onečišćenje trupa. Iako su posljednjih godina ostvareni značajni pomaci u automatizaciji procesa evisceracije, posebice u obradi peradi potpuna automatizacija evisceracije svinja i goveda još uvijek nije ostvarena već djelomično poput faze obrade rektuma (CHEN i sur., 2021.; DE MEDEIROS ESPER i sur., 2021.; KHODABANDEHLOO, 2022.). Robotski sustavi za evisceraciju obično se sastoje od mjerne stanice, procesne stanice i upravljačke jedinice (PURNELL i LOEFFEN, 2006.). Prepoznavanje i praćenje trupa, kao i mjesto reza na trupu vođeni su sensorima, pri čemu za trupove svinja i goveda treba osigurati širok prostor manipulacije robota pri vađenju organa (MING i sur., 2019.). ZHANG i sur. (2021.) predložili su pak mogućnost automatizacije evisceracije koristeći tehnologiju računalnog vida, uređaje za sortiranje i robote s dvije ruke. U njihovom sustavu, tip i položaj svakog unutarnjeg organa prvo se identificiraju putem sustava strojnog vida, koristeći kameru. Nakon toga, dvije robotske ruke odvajaju crijeva — jedna pomoću vakuumske hvataljke, a druga pomoću uređaja za rezanje. Proces rada sustava za evisceraciju uključuje podizanje identificiranog organa vakuuskom hvataljkom, rezanje vezivnog tkiva uređajem za rezanje, a potom vraćanje odvojenog organa u predviđeni položaj pomoću vakuumske hvataljke.

U linijskom načinu klaoničke obrade, faza rasijecanja trupa goveda i svinja potpuno je automatizirana u suvremenim rješenjima nekih proizvođača klaoničke opreme (Slika 4). Za mjerenja karakteristika trupova i mjesta reza i rasijecanja koriste se snimanja kamerama, laserima, sensorima ili ultrazvukom (LI i sur., 2003.; JOSHI i sur., 2017.; KIM i sur., 2023.).



Slika 4. Prikaz robota za rasijecanje trupova (PIK Vrbovec plus d.o.o.)

Nedavno se počela razmatrati i mogućnost alternativnih rješenja linijskom načinu obrade trupova u klaonicama. Tako je razvijen prototip koncepta robotskih stanica za obradu trupa (engl. *meat factory cell*; MFC) (ALVSEIKE i sur., 2018.; MASON i sur., 2024). MFC se drastično razlikuje od tradicionalnog pristupa klaoničkoj obradi, koji koristi pokretnu liniju s radnim stanicama postavljenim duž linije klanja. Umjesto toga, taj se koncept temelji na stacionarnim robotskim stanicama, gdje se klanje i početno rezanje mesa provode na način da se trup razdvaja „izvana prema unutra“. Pri tome, udovi, vrat, leđa i slabine uklanjaju se prije negoli unutarnji organi, čime se minimizira križna kontaminacija primarnih rezova (ALVSEIKE i sur., 2018.). Iako ovaj koncept pokazuje značajne prednosti u pogledu higijene, sigurnosti hrane i isplativosti, još je uvijek u fazi razvoja i razmatranja. Nadalje, ALVSEIKE i sur. (2020.) su također predložili, testirali i opisali alternativni pristup evisceraciji svinja, pri kojem se cijeli gastrointestinalni trakt uklanja u cjelini, za razliku od tradicionalnog postupka. Ovaj način evisceracije smanjuje rizik od puknuća određenih dijelova gastrointestinalnog trakta i curenja njegova sadržaja, čime se smanjuje mogućnost fekalne kontaminacije trupova. Autori su zaključili da ovaj pristup može biti izveden bez potrebe za zarezivanjem bilo kojeg dijela gastrointestinalnog trakta, što znatno smanjuje rizik od kontaminacije i pojednostavljuje postupak. Ovakav način evisceracije također ima potencijal da bude prikladan za automatizaciju ovog procesa u klaonicama (ALVSEIKE i sur., 2020.).

Na kraju spomenimo i primjenu automatizacije i robotike u kasnijim fazama obrade trupova, tj. pri rasijecanju/otkoštavanju gdje su te metode sve prisutnije i visoko specificirane za potrebe i zahtjeve tržišta prerade mesa (SUBRIN i sur., 2014.; BOTTI i sur., 2015.; KIM i sur., 2023.).

2.4.1. Prikaz nekih automatiziranih faza klaoničke obrade svinja

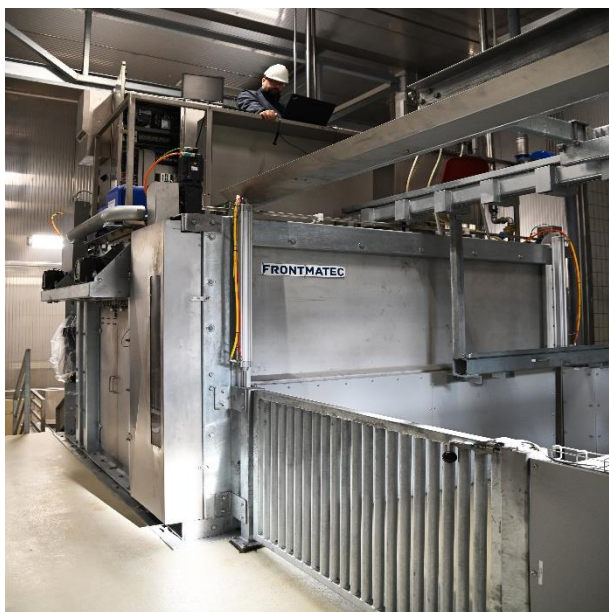
U klaoničkoj obradi svinja, posebno u europskim zemljama orijentiranim na svinjogojstvo i proizvodnju te izvoz svinjskog mesa (Danska, Njemačka, Nizozemska, Španjolska) prisutne su brze automatizirane linije obrade kapaciteta od više tisuća svinja/dnevno. Jedno od takvih postrojenja je pušteno u rad nedavno u objektu PIK Vrbovec plus d.o.o. čijom ljubaznošću su ustupljene fotografije opreme koje ovdje prikazujemo (slike 5 – 25).



Slika 5. Obori za stoku (PIK Vrbovec plus d.o.o.)



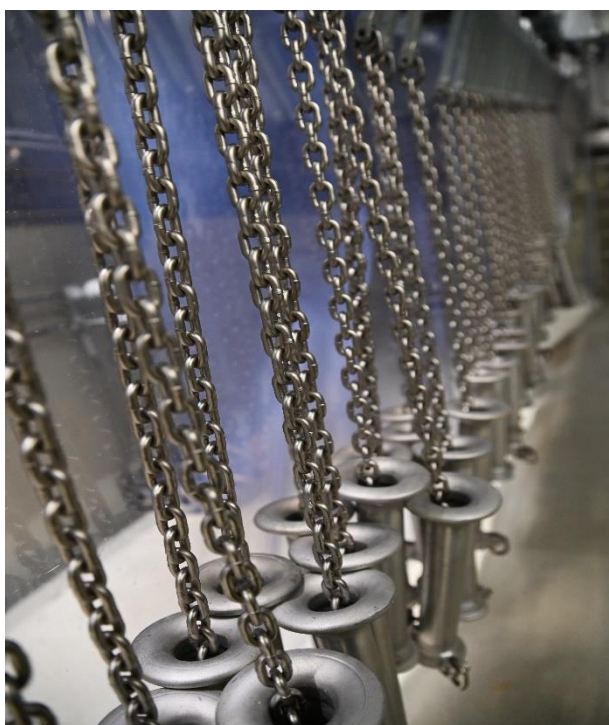
Slika 6. Automatizirani koridor za stoku (PIK Vrbovec plus d.o.o.)



Slika 7. Gondola za omamljivanje (PIK Vrbovec plus d.o.o.)



Slika 8. Mjesto za prihvatanje životinja iz gondole (PIK Vrbovec plus d.o.o.)



Slika 9. Lanci za ovješavanje svinja (PIK Vrbovec plus d.o.o.)



Slika 10. Postaja za klanje (PIK Vrbovec plus d.o.o.)



Slika 11. Bazen za iskrvarenje (PIK Vrbovec plus d.o.o.)



Slika 12. Uređaj za početno pranje i šurenje (PIK Vrbovec plus d.o.o.)



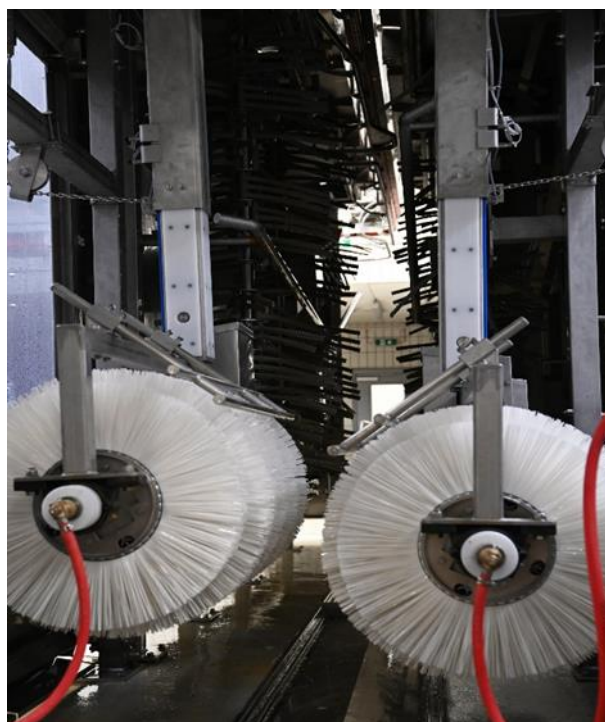
Slika 13. Mjesto za prihvat trupova iz „šerače“ (PIK Vrbovec plus d.o.o.)



Slika 14. Postaja za vješanje trupova na rasplinjače (PIK Vrbovec plus d.o.o.)



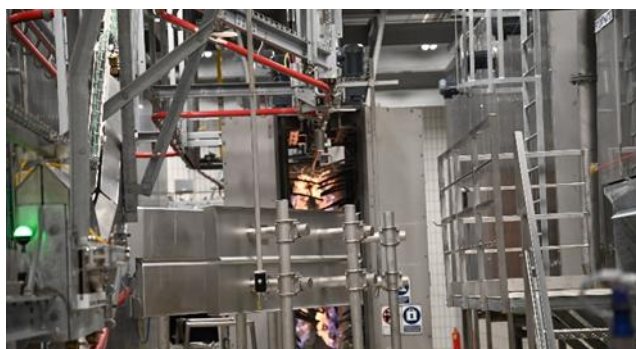
Slika 15. Uređaj za poliranje 1 (PIK Vrbovec plus d.o.o.)



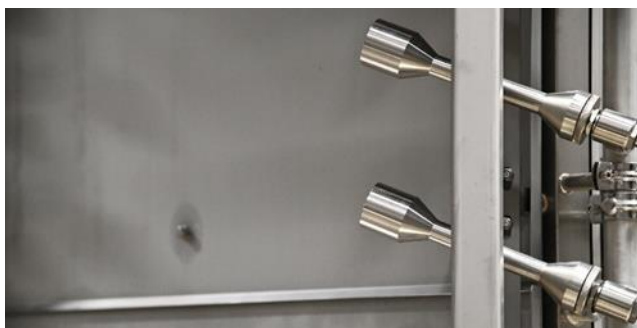
Slika 16. Uređaj za poliranje 2 (PIK Vrbovec plus d.o.o.)



Slika 17. Uređaj za plinsko opaljivanje (PIK Vrbovec plus d.o.o.)



Slika 18. Postupak plinskog opaljivanja (PIK Vrbovec plus d.o.o.)



Slika 19. Plinski opaljivači (PIK Vrbovec plus d.o.o.)



Slika 20. Postaja za podvezivanje rektuma (PIK Vrbovec plus d.o.o.)



Slika 21. Pila za grudnu kost (PIK Vrbovec plus d.o.o.)



Slika 22. Posude za prihvat trbušnih organa (PIK Vrbovec plus d.o.o.)



Slika 23. Postaja za obradu prsnih organa (PIK Vrbovec plus d.o.o.)



Slika 24. Pomoćna pila za rasijecanje trupova (PIK Vrbovec plus d.o.o.)



Slika 25. Tunel za hlađenje polovica (PIK Vrbovec plus d.o.o.)

2.5. Suvremene tehnologije u procjeni kontaminacije klaonički obrađenih trupova

Procjena kontaminacije klaonički obrađenih trupova ključna je za osiguravanje sigurnosti mesa i mogućeg prijenosa uzročnika zoonoza na potrošače. Mikrobiološko onečišćenje predstavlja ozbiljan sigurnosni problem koje se u pojedinim fazama klaoničke obrade može spriječiti i/ili smanjiti na prihvatljivu razinu te se stoga detektiraju kao kritične kontrolne točke (engl. *Critical Control Points*, CCP) u okviru HACCP (engl. *Hazard Analysis and Critical Control Points*) sustava.

Unatoč značajnom napretku tehnologije klanja, mikrobiološka kontaminacija trupova i dalje predstavlja ozbiljan problem, zajedno s rizikom od širenja bakterija. Bakterije prisutne na površini trupova mogu poticati iz samih životinja, osobito s kože, vune, nogu i iz gastrointestinalnog trakta. Pri dolasku u klaonicu, životinje već nose značajnu količinu bakterija. Iako su neki mikroorganizmi prirodni stanovnici kože, većina vanjske kontaminacije potiče od fekalne kontaminacije, koja može biti izravna ili neizravna. Trupovi se mogu kontaminirati ili doći u kontakt s kontaminiranim površinama tijekom različitih faza; od transporta, klanja do obrade.

Izvori okolišne kontaminacije uključuju podove, zidove, opremu, noževe, ruke radnika i aerosol. Opseg kontaminacije trupova i značajnost različitih izvora ovisi o nekoliko faktora, uključujući čistoću životinja, strukturalni dizajn klaonice (npr. odvajanje prljavih od čistih zona, sprječavanje križanja čistih i prljavih putova), tehnologiju klanja, režim čišćenja i dezinficiranja te opću higijenu procesa. Ključno je pridržavanje dobrih higijenskih praksi, uključujući učinkovito čišćenje i dezinficiranje, kao i stroge higijenske protokole za osoblje, kako bi se spriječila kontaminacija (NINIOS i sur., 2014.). Za osiguranje sigurnosti hrane tijekom klanja, osim konvencionalne inspekcije mesa, nužno je poduzeti dodatne mjere kako bi se smanjile prijetnje latentnih zoonoza. Iako zdrave životinje koje se koriste za proizvodnju hrane mogu biti nositelji različitih bakterijskih patogena, oni često ne uzrokuju očite kliničke ili patološke znakove u životinjama, zbog čega se ne prepoznaju tijekom tradicionalne inspekcije mesa. Stoga je ključ u prevenciji rizika, što podrazumijeva primjenu HACCP sustava za analizu rizika i uspostavljanje kritičnih kontrolnih točaka, čime se rizik od kontaminacije smanjuje na najmanju moguću mjeru (NINIOS i sur., 2014.).

Prema Uredbi 2073/2005 Europske komisije, mikrobiološko praćenje trupova svinja i goveda uključuje određivanje ukupnog broja aerobnih mezofilnih bakterija kao pokazatelja higijene, te enterobakterija kao indikatora fekalne kontaminacije. U kriterije higijene procesa također je uvršteno određivanje prisutnosti *Salmonella* spp. na trupovima. U peradi se uz salmonelu određuje i broj *Campylobacter* spp. na uzorcima kože vrata. Osim što se prati

mikrobiološki profil trupova, u klaonicama se redovito uzimaju brisevi s alata i površina koji se koriste u procesu obrade, kako bi se procijenila mikrobiološka čistoća objekta. Te klasične mikrobiološke metode trenutno su i dalje zlatni standard, no njihovi nedostaci su u dugotrajnosti procedure i odmaku dobivanja rezultata od uzorkovanja do kraja laboratorijske analize, nesigurnosti rezultata s obzirom na varijabilnosti u metodologiji uzorkovanja (utjecaj na osjetljivost/specifičnost metode), fokusu na samo dvije patogene bakterije itd. U tom smislu se posljednjih godina razvijaju metode brze detekcije prisutnosti patogenih bakterija na trupu, poput tehnologije biosenzora.

2.5.1. Primjena biosenzora

Prema mrežnom izdanju Hrvatske enciklopedije, biosenzor (bio + senzor) je uređaj za preuzimanje i mjerenje biosignala, uzrokovanih životnim procesima u živim bićima, pretvorbom neelektričnih bioloških veličina u električne signale. Biosenzor u užem smislu mjerni je uređaj za selektivnu bioanalizu na temelju fizikalno-kemijskih promjena nastalih specifičnim biokemijskim reakcijama. Neki od tipova biosenzora su (XU i sur., 2021.):

- a) imunosenzori – kao receptore koriste antitijela
- b) DNK-senzori – bazirani na visokospecifičnoj hibridizaciji komplementarnih niti DNK i RNK
- c) senzori s fagima
- d) stanični senzori

Interes subjekata u poslovanju hranom je u smislu detekcije bakterijskog onečišćenja trupova/mesa u zaprimanju brzih i pouzdanih rezultata. Uz to, pojedine vrste životinja nosioci su specifične patogene mikrobiote, uzročnika zoonoza, te je njihov monitoring i poduzimanje pravovremenih intervencija u klaonicama vrlo zahtjevan zadatak bez adekvatne dijagnostike. Upravo je primjena biosenzora jedna od metoda koja je primjenjiva u stvarnom vremenu u terenskim uvjetima, s brzim dobivanjem rezultata i bez laboratorijskog potvrđivanja (ALOCILJA, 2008.). Najznačajnije patogene bakterije u proizvodnji mesa na razini klaoničke obrade su Shiga - toksin producirajuća *Escherichia coli* (STEC) O157, *Salmonella* spp., *Campylobacter jejuni* i *Yersinia enterocolitica*, no njihova detekcija u lancu mesa još uvijek zahtijeva bolja rješenja. U tom smislu razvijeni su biosenzori primjenjivi u različitim matriksima za bakterije *E. coli* O157:H7, *Campylobacter*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* i dr. Njihova šira primjena u klaonicama nije još ostvarena, no istraživanja na mesu daju obećavajuće rezultate. Tako su DNK-biosenzori uspješno detektirali *Campylobacter* spp. u pilećem mesu s pragom detekcije od 10^3 CFU/25g (SRIDAPAN i sur., 2021.). Osim u

klaonicama, primjena biosenzora moguća je i potrebna u primarnoj proizvodnji u upravljanju zdravljem farmskih životinja, posebno uzročnicima zoonoza, što posljedično unaprjeđuje i sigurnost mesa odnosno smanjuje javno-zdravstveni rizik (BOODHOO i sur., 2024.).

Senzori se mogu koristiti i u brznoj detekciji pokazatelja kakvoće mesa, kao i detekciji kemijsko-toksikoloških opasnosti poput okolišnih onečišćenja ili rezidua u mesu, što ima veliku komparativnu prednost u odnosu na dugotrajnu standardnu analitiku te strategije uzorkovanja u njihovom monitoringu (REIG i TOLDRA, 2008.; NANDA i sur., 2022.).

Njihova primjena u tom smislu može unaprijediti i sustave kontrole mesa odnosno uklopiti se u razvijanje sustava sigurnosti mesa temeljenog na riziku tj. koristiti u radu ovlaštenih veterinaru i/ili sustavima samokontrole subjekata (FERRI i sur., 2023.).

Kako je navedeno, primjena biosenzora još nije u široj primjeni u svrhu kontrole i praćenja proizvodnje mesa, međutim, postignut je razina njihovog razvoja da su primjenjivi u kvalitativnom i kvantitativnom otkrivanju kontaminacije mesa. Tako primjerice imamo biosenzore za detekciju *Salmonella enteritidis* i *Escherichia coli* O157:H7 sa razinom osjetljivosti od 10^1 CFU/ml (NASTASIJEVIĆ i sur., 2023.). *Campylobacter* u uzorcima mesa (peradi) s razinom detekcije od $1,5 \times 10^1$ CFU/g, toksina *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli* na razinama detekcije od 1 do 10^3 CFU/mL (NASTASIJEVIĆ i sur., 2023.). Međutim, učinkovitost biosenzora zahtijeva dodatna istraživanja, s obzirom da su do sada testirani na *in vitro* obogaćenim kulturama stanica, dok u izvedbi u stvarnom okruženju farma – klaonica još nema dovoljno podataka (NASTASIJEVIĆ i sur., 2023.).

2.6. Digitalne tehnologije i umjetna inteligencija kao nadogradnja u inspekciji mesa

Digitalne tehnologije i umjetna inteligencija (engl. *Artificial Intelligence*, AI) sve više se koriste kao nadogradnja u sustavima kontrole sigurnosti mesa uključujući i inspekciju mesa, čime se dodatno unaprjeđuje sigurnost hrane i potrošača te točnost, brzina i sveukupna učinkovitost procesa. Uvođenje novih propisa EU-a o službenim kontrolama u proizvodnji hrane omogućilo je primjenu sustava računalnog vida (engl. *Computer Vision System*, CVS) kao komplementarnih alata u inspekciji mesa, a s obzirom na sve veću usmjerenost na sustave sigurnosti mesa temeljenima na riziku. Jedan od ključnih elemenata jest selekcija životinja s obzirom na način post mortem pregleda (vizualno ili dodatnim pregledima) temeljem podataka o lancu prehrane i harmoniziranih epidemioloških podataka. Ovaj pristup podržava integraciju novih tehnologija, uključujući digitalizaciju inspekcije mesa, kako bi se poboljšala učinkovitost i kvaliteta pregleda. U tom kontekstu, sustavi računalnog vida predstavljaju korisnu podršku u inspekciji mesa. Iako CVS tehnologija još nije široko prihvaćena, zbog

zakonskih ograničenja koristi se kao pomoćni alat za pregled mesa, a za očekivati je da će u budućnosti biti koristan alat u radu službenih veterinarara. Sustavi računalnog vida mogu time smanjiti fizičku prisutnost službenih veterinarara na liniji klanja, istovremeno povećavajući brzinu, dosljednost i ukupnu učinkovitost inspekcije, dok će održavati istu razinu osjetljivosti i specifičnosti kao što to osigurava prisutnost veterinarara (BLAGOJEVIĆ i sur., 2021.; ANTUNOVIĆ i sur., 2021.).

CVS tehnologija nudi širok spektar primjena. Na primjer, ALMQVIST i sur. (2021.) ističu veliki potencijal post-mortem inspekcije na daljinu, koja se temelji na softveru za video prijenos uživo u stvarnom vremenu. Ovaj pristup, uz dovoljno standardiziranu metodu inspekcije, omogućava inspekciju životinja u manjim udaljenim klaonicama i objektima za rukovanje divljači.

Higijenska procjena klaonički obrađenih trupova i organa sa javnozdravstvenog stajališta temelji se na veterinarskom pregledu i otkrivanju kliničkih znakova bolesti, lezija ili patognomoničnih promjena. Na tome pregledu temelji se i odluka službenog veterinarara hoće li se određeni trup ili dio trupa u potpunosti ili djelomično neškodljivo ukloniti (VIEIRA-PINTO i sur., 2020.). Implementacija CVS tehnologije u ovoj fazi inspekcije koristila bi se za automatiziranu identifikaciju ranije navedenih promjena koje utječu na zdravstvenu ispravnost hrane. Kada govorimo primjerice o peradi, službene kontrole usmjerene su na procjenu zdravlja cijelog jata, a ne nužno pojedinačnih trupova. Praćenje pojedinačnih trupova pilića često je nemoguće ako uzmemo u obzir brzinu linije, što zahtijeva redizajn postojećih linija kako bi se omogućilo odvajanje trupova zahvaćenih patološkim promjenama. Implementacija CVS-a ovdje bi omogućila praćenje svakog pojedinačnog trupa u stvarnom vremenu (JØRGENSEN, 2018.; YANG i sur., 2010.). Pretpostavlja se da bi omogućili veterinaru da obavi post-mortem pregled brže, preciznije i točnije, olakšavajući obradu i izdvajanje neprikladnih trupova pa samim time doprinijeli smanjenju tehnološkog otpada te rizika od pogreške.

Princip na kojem funkcioniraju konvencionalni sustavi računalnog vida (CVS) temelji se na oponašanju ljudskog vida koristeći tri osnovne boje svjetlosti: crvenu, zelenu i plavu, kako bi prikupili informacije o karakteristikama ciljanih objekata (trupova). Kada rade u vidljivom spektru, ovi sustavi mogu analizirati različite značajke poput oblika, boje, veličine i teksture objekata (FENG i SUN, 2012.), dok je kod fluorescentnog snimanja stvaranje slike omogućeno koristeći svjetlost koju emitiraju snimani predmeti (XIONG i sur., 2015.). Fluorescentno snimanje pokazalo je visoku učinkovitost u detekciji životinjskih fekalija sa točnošću detekcije izmeta od 96,6 % (BURFOOT i sur., 2011.). Međutim, nisu svi materijali

sposobni fluorescirati. Zbog toga je potrebno kombinirati fluorescentno snimanje s drugim tehnologijama snimanja, poput mikroskopskog i hiperspektralnog snimanja, što dovodi do poboljšanja u točnosti detekcije (XIONG i sur., 2015.).

Hiperspektralno snimanje spaja računalni vid i spektroskopske tehnike, omogućujući istovremeno prikupljanje spektralnih i prostornih informacija (XIONG i sur., 2015.) te uključuje specijalizirani hardver za snimanje i softver za obradu podataka, što omogućuje dobivanje korisnih informacija iz snimaka, posebno u analizi hrane (FENG i SUN, 2012.).

Integracija ovih tehnologija predstavlja značajan napredak u procjeni kvalitete i sigurnosti mesa, omogućujući precizniju detekciju higijenskih rizika i podizanjem standarda sigurnosti hrane.

U Danskoj je osmišljen sustav računalnog vida (CVS) za post mortem inspekciju pilića koji koristi multispektralnu analizu slika i algoritme neuronskih mreža (JØRGENSEN i sur., 2017.; 2018.; 2018.; 2019.). Ovaj sustav obavlja inspekciju trupova i unutarnjih organa prema popisu lezija temeljenom na službenom danskom popisu kodova lezija. Sastoji se od tri kamere postavljene duž linije klanja: jedna kamera snima slike vanjske površine trupa, druga unutrašnjost trupa, dok treća kamera provodi pregled kontaminacije na površini trupa. Za svinje su razvijena i testirana dva različita sustava računalnog vida (CVS) za otkrivanje i ocjenjivanje respiratornih lezija uzrokovanih zaraznim mikroorganizmima, koji često djeluju zajedno i uzrokuju poznati „kompleks dišnih bolesti svinja“ (PRDC). Ovi sustavi specijalizirani su za prepoznavanje svinjske pleuropneumonije (APP) (TRACHTMAN i sur., 2020.), uzrokovane bakterijom *Actinobacillus pleuropneumoniae* te enzootske pneumonije (EP), koju izaziva *Mycoplasma hyopneumoniae* (SANDBERG i sur., 2023.).

Nadalje, istraživanja i testiranja ovih CVS-ova pokazali su visoko specifične kao i osjetljive rezultate. Za svinjsku pleuropneumoniju (APP), prosječna specifičnost i osjetljivost sustava bile su 85,5 % i 92,0 % (TRACHTMAN i sur., 2020.), dok su za enzootsku pneumoniju (EP) bile izuzetno visoke, 95,31 % odnosno 99,38 % (BONICELLI i sur., 2021.). Također, MCKENNA i suradnici (2020.) opisali su još jedan CVS za svinje, fokusiran na prepoznavanje mliječno bijelih mrlja na jetri, uzrokovanih migracijama larvi *Ascaris suum*, te perikarditisa. U sektoru goveda, primjena sustava računalnog vida (CVS) nije široko prihvaćena, a oni koji su korišteni brzo su povučeni zbog netočnih i nepouzdatih rezultata.

Ipak, korištenje CVS-ova predstavlja ključnu tehnologiju za budućnost linije klanja. U razvitku su CVS-ovi za detekciju površinske kontaminacije na svinjskim trupovima tijekom završne obrade (Marchen Hviidt, Tehnološki institut, Danska), dok su u Italiji razvijena dva CVS-a koja se trenutno testiraju u Norveškoj, a njihova primjena fokusira se na

prepoznavanje pleuritisa i upale pluća kod svinja u klaonici (BONICELLI i sur., 2021.; TRACHTMAN i sur., 2020.)

Glavni izazov u implementaciji kompleksnih sustava poput CVS-a jest nepouzdanost, koja se manifestira kroz visoki broj lažno pozitivnih i lažno negativnih nalaza. U slučaju CVS-a za svinje i goveda, ključna prepreka leži u potrebi za promjenama u zakonodavstvu, kako bi se omogućilo njihovo korištenje kao alata za osiguranje sigurnosti i higijenske ispravnosti mesa. Unatoč tim izazovima, CVS predstavlja ključni element buduće digitalizacije u industriji mesa. Nadolazeći digitalni sustavi omogućit će učinkovitije prikupljanje i upravljanje podacima, s ciljem unapređenja sigurnosti hrane, te zdravlja i dobrobiti životinja (SANDBERG i sur., 2023.).

Integracija digitalnih tehnologija u sustave sigurnosti hrane te veterinarsku inspekciju otvorila bi put drugim tehnologijama, kao i integraciji podataka kao što su podatci o lancu prehrane, te epidemiološki podatci o farmama s kojih potječu životinje za klanje. Samim time, poboljšala bi se sljedivost svih životinja i njihovih proizvoda kao i dostupnost informacija potrošačima i svim onima koji sudjeluju u lancu prehrane „od farme do stola“.

3. ZAKLJUČCI

Suvremene tehnologije u klaoničkoj industriji i obradi životinja značajno su unaprijedile učinkovitost, sigurnost i održivost proizvodnih procesa. Automatizacija, robotizacija i napredni sustavi za nadzor omogućuju preciznije i brže izvođenje ključnih operacija, što smanjuje ljudsku pogrešku i povećava produktivnost. Tehnologije poput senzora za praćenje zdravlja životinja, biosenzora za otkrivanje kontaminacije mikroorganizmima, robotskih sustava za rezanje, rasijecanje i pakiranje, te digitalnih platformi za praćenje kvalitete mesa, pridonose smanjenju stresa za životinje, povećavaju učinkovitost, donose veće prihode i osiguravaju višu kvalitetu finalnog proizvoda.

S obzirom na rastuće zahtjeve za etičkim pristupom u industriji, razvoj tehnologija koje omogućuju humane uvjete za životinje, kao i osiguravanje njihove dobrobiti u svakom trenutku putovanja od farme do klaonice postaje ključan faktor za prihvaćanje i regulaciju sektora na globalnoj razini.

U konačnici, iako suvremene tehnologije donose brojne prednosti, potrebno je održati ravnotežu između tehnološkog napretka i etičkih standarda. Budući razvoj klaoničke industrije trebao bi se usmjeriti na daljnje poboljšanje uvjeta za životinje, smanjenje negativnog utjecaja na okoliš i osiguranje visoke kvalitete proizvoda za potrošače, kao i prilagodbu trenutnog europskoga zakonodavstva kako bi se moderne tehnologije lakše implementirale u samu struku, s naglaskom na ključan ljudski faktor u tome procesu, koji tehnologija ne može nadomjestiti.

4. LITERATURA

ALMQVIST, V., C. BERG, J. HULTGREN (2021): Reliability of remote post-mortem veterinary meat inspections in pigs using augmented-reality live-stream video software. *Food Control* 125, 107940.

ALOCILJA, E. C. (2008): *Biosensors for Detecting Pathogenic Bacteria in the Meat Industry*. U: *Meat Biotechnology*, Springer New York, str. 335–359.

ALVSEIKE, O., M. PRIETO, P. H. BJØRNSTAD, A. MASON (2020): Intact gastro-intestinal tract removal from pig carcasses in a novel Meat Factory Cell approach. *Acta Vet. Scand.* 62, 47.

ALVSEIKE, O., M. PRIETO, K. TORKVEEN, C. RUUD, T. NESBAKKEN (2018): Meat inspection and hygiene in a Meat Factory Cell—An alternative concept. *Food Control* 90, 32–39.

ANTUNOVIĆ, B., B. BLAGOJEVIĆ, S. JOHLER, C. GULDIMANN, M. VIEIRA-PINTO, I. VÅGSHOLM, D. MEEMKEN, O. ALVSEIKE, M. GEORGIEV, L. ALBAN (2021): Challenges and opportunities in the implementation of new meat inspection systems in Europe. *Trends Food Sci. Technol.* 116, 460–467.

BARBUT, S. (2014): Review: Automation and meat quality-global challenges. *Meat Sci.* 96, 335–345.

BLAGOJEVIĆ, B., T. NESBAKKEN, O. ALVSEIKE, I. VÅGSHOLM, D. ANTIĆ, S. JOHLER, K. HOUF, D. MEEMKEN, I. NASTASIJEVIĆ, M. V. PINTO, OTHERS (2021): Drivers, opportunities, and challenges of the European risk-based meat safety assurance system. *Food Control* 124, 107870.

BONICELLI, L., A. R. TRACHTMAN, A. ROSAMILIA, G. LIUZZO, J. HATTAB, E. MIRA ALCARAZ, E. DEL NEGRO, S. VINCENZI, A. CAPOBIANCO DONDONA, S. CALDERARA, G. MARRUCHELLA (2021): Training Convolutional Neural Networks to Score Pneumonia in Slaughtered Pigs. *Anim.* 11, 3290.

BOODHOO, N., J. SHOJA DOOST, S. SHARIF (2024): Biosensors for Monitoring, Detecting, and Tracking Dissemination of Poultry-Borne Bacterial Pathogens Along the Poultry Value Chain: A Review. *Anim.* 14, 3138.

- BOTTI, L., C. MORA, A. REGATTIERI (2015): Improving ergonomics in the meat industry: A case study of an Italian ham processing company. *IFAC-Pap.* 48, 598–603.
- BURFOOT, D., D. TINKER, R. THORN, M. HOWELL (2011): Use of fluorescence imaging as a hygiene indicator for beef and lamb carcasses in UK slaughterhouses. *Biosyst. Eng.* 109, 175–185.
- CHEN, Y., K. FENG, J. LU, Z. HU (2021): Machine vision on the positioning accuracy evaluation of poultry viscera in the automatic evisceration robot system. *Int. J. Food Prop.* 24, 933–943.
- CHOI, S., G. ZHANG, T. FUHLBRIGGE, T. WATSON, R. TALLIAN (2013): Applications and requirements of industrial robots in meat processing. In: 2013 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE), str. 1107–1112.
- COLLINS, D. S., R. J. HUEY, J. F. GRACEY (2015): *Gracey's meat hygiene*. Chichester: John Wiley & Sons Inc.
- DE MEDEIROS ESPER, I., P. J. FROM, A. MASON (2021): Robotisation and intelligent systems in abattoirs. *Trends Food Sci. Technol.* 108, 214–222.
- FENG, Y.-Z., D.-W. SUN (2012): Application of Hyperspectral Imaging in Food Safety Inspection and Control: A Review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 52, 1039–1058.
- FERRI, M., B. BLAGOJEVIĆ, P. MAURER, B. HENGL, C. GULDIMANN, S. MOJSOVA, I. SAKARIDIS, B. ANTUNOVIĆ, E. GOMES-NEVES, N. ZDOLEC, M. VIEIRA-PINTO, S. JOHLER (2023): Risk based meat safety assurance system – An introduction to key concepts for future training of official veterinarians. *Food Control* 146, 109552.
- JØRGENSEN, A. (2018): *Computer vision analysis of broiler carcass and viscera*. Disertacija. Aalborg Universitetsforlag, Danska.
- JØRGENSEN, A., J. FAGERTUN, T. B. MOESLUND (2017): *Diagnosis of Broiler Livers by Classifying Image Patches*. U: *Image Analysis*, Springer International Publishing, str. 374–385.

JØRGENSEN, A., J. FAGERTUN, T. B. MOESLUND (2018): Classify Broiler Viscera Using an Iterative Approach on Noisy Labeled Training Data. U: *Advances in Visual Computing*, Springer International Publishing, str. 264–273.

JØRGENSEN, A., M. PEDERSEN, R. GADE, J. FAGERTUN, T. B. MOESLUND (2019): Reaching Behind Specular Highlights by Registration of Two Images of Broiler Viscera. U: *Computer Vision – ACCV 2018 Workshops*, Springer International Publishing, str. 357–372.

JOSHI, K., T. NORTON, J. M. FRÍAS, B. K. TIWARI (2017): Robotics in meat processing. U: *Emerging Technologies in Meat Processing: Production, Processing and Technology*, (Enda J. Cummins, James G. Lyng, ur.), str. 211–229.

KHODABANDEHLOO, K. (2022): Achieving robotic meat cutting. *Animal Front.* 12, 7–17.

KIM, J., Y.-K. KWON, H.-W. KIM, K.-H. SEOL, B.-K. CHO (2023): Robot technology for pork and beef meat slaughtering process: a review. *Animals* 13, 651.

LI, Z., P. RING, K. MACRAE, A. HINSCH (2003): Control of industrial robots for meat processing applications. In: *Proceedings of the Australasian Conference on Robotics and Automation*.

MADSEN, N. T., J. U. NIELSEN, J. K. MØNSTED (2006): Automation—the meat factory of the future. In: *52nd International Congress of Meat Science and Technology*., str. 35–42.

MASON, A., I. DE MEDEIROS ESPER, O. KOROSTYNSKA, L. E. CORDOVA-LOPEZ, D. ROMANOV, M. PINCEKOVÁ, P. H. BJØRNSTAD, O. ALVSEIKE, A. POPOV, O. SMOLKIN, OTHERS (2024): RoBUTCHER: A novel robotic meat factory cell platform. *Int. J. Robot. Res.* 43, 11, 1711-1730.

MCKENNA, S., T. AMARAL, I. KYRIAZAKIS (2020): Automated classification for visual-only postmortem inspection of porcine pathology. *IEEE Trans. Autom. Sci. Eng.* 17, 1005–1016.

MING, C., W. HE, R. XIANG, D. YU, L. DONG (2019): Design of porcine abdomen cutting robot system based on binocular vision. In: *2019 14th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE)*., str. 188–193.

NANDA, P. K., D. BHATTACHARYA, J. K. DAS, S. BANDYOPADHYAY, D. EKHLAS, J. M. LORENZO, P. DANDAPAT, L. ALESSANDRONI, A. K. DAS, M. GAGAOUA (2022): Emerging role of biosensors and chemical indicators to monitor the quality and safety of meat and meat products. *Chemosensors* 10, 322.

NASTASIJEVIĆ, I., I. PODUNAVAC, S. JANKOVIĆ, R. MITROVIĆ, V. RADONIĆ (2023): Challenges in agri-food chain: Biosensors in the meat production system. *Meat Technol.* 64, 101–105.

NASTASIJEVIĆ, I., S. VESKOVIĆ, M. MILIJAŠEVIĆ (2020): Meat Safety: Risk Based Assurance Systems and Novel Technologies. *Meat Technol.* 61, 97–119.

NINIOS, T., J. LUNDÉN, H. KORKEALA, M. FREDRIKSSON-AHOMAA (2014): *Meat Inspection and Control in the Slaughterhouse*. John Wiley and Sons.

NJARI, B., N. ZDOLEC (2012): *Klaonička obrada i veterinarski pregled. Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Veterinarski fakultet, Grafički zavod Hrvatske.*

PURNELL, G. L., M. LOEFFEN (2006): *Automation for the modern slaughterhouse. U: Advanced technologies for meat processing, Taylor & Francis Group, str. 43–71.*

REIG, M., F. TOLDRÁ (2008): Veterinary drug residues in meat: Concerns and rapid methods for detection. *Meat Sci.* 78, 60–67.

SANDBERG, M., S. GHIDINI, L. ALBAN, A. C. DONDONA, B. BLAGOJEVIĆ, M. BOUWKNEGT, L. LIPMAN, J. S. DAM, I. NASTASIJEVIĆ, D. ANTIĆ (2023): Applications of computer vision systems for meat safety assurance in abattoirs: A systematic review. *Food Control.* 150, 109768.

SRIDAPAN, T., W. TANGKAWSAKUL, T. JANVILISRI, T. LUANGTONGKUM, W. KIATPATHOMCHAI, S. CHANKHAMHAENGDECHA (2021): Rapid and simultaneous detection of *Campylobacter* spp. and *Salmonella* spp. in chicken samples by duplex loop-mediated isothermal amplification coupled with a lateral flow biosensor assay. *Plos one* 16, e0254029.

SUBRIN, K., L. SABOURIN, F. STEPHAN, G. GOGU, M. ALRIĆ, Y. MEZOUAR (2014): Analysis of the human arm gesture for optimizing cutting process in ham deboning with a redundant robotic cell. *Ind. Robot* 41, 190–202.

TRACHTMAN, A. R., L. BERGAMINI, A. PALAZZI, A. PORRELLO, A. CAPOBIANCO DONDONA, E. DEL NEGRO, A. PAOLINI, G. VIGNOLA, S. CALDERARA, G. MARRUCHELLA (2020): Scoring pleurisy in slaughtered pigs using convolutional neural networks. *Vet. Res.* 51.

VIEIRA-PINTO, M., J. AZEVEDO, P. POETA, I. PIRES, L. ELLEBROEK, R. LOPES, M. VELOSO, L. ALBAN (2020): Classification of Vertebral Osteomyelitis and Associated Judgment Applied during Post-Mortem Inspection of Swine Carcasses in Portugal. *Foods* 9, 1502.

XIONG, Z., D.-W. SUN, H. PU, W. GAO, Q. DAI (2015): Applications of emerging imaging techniques for meat quality and safety detection and evaluation: A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 57, 755–768.

XU, L., X. BAI, A. K. BHUNIA (2021): Current state of development of biosensors and their application in foodborne pathogen detection. *J. Food Prot.* 84, 1213–1227.

YANG, C.-C., K. CHAO, M. S. KIM, D. E. CHAN, H. L. EARLY, M. BELL (2010): Machine vision system for on-line wholesomeness inspection of poultry carcasses. *Poult. Sci.* 89, 1252–1264.

ZDOLEC, N., A. KOTSIRI, K. HOUF, A. ALVAREZ-ORDÓÑEZ, B. BLAGOJEVIĆ, N. KARABASIL, M. SALINES, D. ANTIĆ (2022): Systematic review and meta-analysis of the efficacy of interventions applied during primary processing to reduce microbial contamination on pig carcasses. *Foods*. 11, 2110.

ZHANG, Q., W. XU, Z. ZHANG, M. STOMMEL, A. VERL (2021): Discussion of soft tissue manipulation for the harvesting of ovine offal. *U: Mechatronics and Machine Vision in Practice*, Springer str. 105–115.

5. SAŽETAK

Suvremene tehnologije u klaoničkoj obradi životinja

Antonio Perić

Meso ima važan značaj kao izvor prehrane ljudi i životinja. Sa rastućim brojem stanovništva, raste i potražnja za istim, te se posljedično tome svakoga dana otkrivaju nove tehnologije i metode kako njegovu proizvodnju učiniti što učinkovitijom i bržom. Suvremene tehnologije u klaoničkoj obradi životinja sežu od samog početka obrade, omamljivanja, preko iskrvarenja, šurenja, skidanja kože, evisceracije i rasijecanja pa sve do završne obrade trupova. U svakoj ovoj fazi postoji dio procesa koji se može unaprijediti i/ili automatizirati. Napredak je prisutan i moguć u svakoj točki proizvodnje, pa se tako uvelike implementiraju tehnologije poput biosenzora, digitalnih tehnologija, umjetne inteligencije, robotskih sustava za rezanje i rasijecanje i slično. Svi ovi sustavi prolaze kroz periode i procese odobrenja i prilagodbe na specifične uvjete u mesnoj industriji, te se, sukladno sa legislativama zemalja u kojima se implementiraju, mogu koristiti u manjoj ili većoj mjeri, bez zanemarivanja ljudskog čimbenika koji i dalje predstavlja ključnu figuru u navedenim procesima i kontroli istih sa aspekta zdravlja, sigurnosti i higijenske ispravnosti konačnih proizvoda.

Ključne riječi: javno zdravstvo, sigurnost hrane, klaonica, suvremena tehnologija, modernizacija

6. SUMMARY

Modern technologies in animal slaughter processing

Antonio Perić

Meat is important as a source of nutrition for humans and animals. With the growing number of the population, the demand for the same grows, and as a result, new technologies and methods are discovered every day to make its production as efficient and fast as possible. Modern technologies in the slaughterhouse processing of animals extend from the very beginning of processing, stunning, bleeding, skinning, evisceration and cutting up to the final processing of carcasses. In each of these stages there is a part of the process that can be improved and/or automated. Progress is present and possible at every point of production, so technologies such as biosensors, digital technologies, artificial intelligence, robotic systems for cutting and slicing, and the like are widely implemented. All these systems go through periods and processes of approval and adaptation to specific conditions in the meat industry, and, in accordance with the legislation of the countries in which they are implemented, can be used to a lesser or greater extent, without neglecting the human factor, which continues to represent a key figure in the aforementioned processes and their control from the aspect of health, safety and hygiene of the final products.

Key words: public health, food safety, slaughterhouse, modern technology, modernisation

7. ŽIVOTOPIS

Rođen sam 24. travnja 1999. godine u Zagrebu. Pohađao sam Osnovnu školu Sesvetski Kraljevec, nakon koje sam upisao Nadbiskupsku klasičnu gimnaziju s pravom javnosti u Zagrebu. 2018. godine upisao sam Veterinarski fakultet u Zagrebu. Za vrijeme studija bavio sam se košarkom, igrao za košarkašku momčad Veterinarskoga fakulteta te sam volontirao i radio u specijalističkoj veterinarskoj praksi za male životinje Dugi Dog u Dugom Selu, te sam bio stipendist veterinarske stanice Vrbovec.