

# Uporabnost termovizije za blagor prašičev

Igor Pušnik<sup>1</sup>, Marina Štukelj<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Tržaška 25, 1000 Ljubljana, Slovenija

<sup>2</sup> Univerza v Ljubljani, Veterinarska fakulteta, Gerbičeva ulica 60, 1000 Ljubljana, Slovenija

E-pošta: igor.pusnik@fe.uni-lj.si

**Povzetek.** Dobro počutje prašičev je pomembno za dobro zdravstveno stanje in posledično za kakovost mesa. Prašiči so občutljivi za kakršnokoli manipulacijo. Kakšno je zdravstveno stanje prašičev, med drugim kaže tudi njihova telesna temperatura. Merjenje temperature z rektalnim termometrom, ki velja za referenčno telesno temperaturo, je za prašiče stresno in je dolgotrajno. Cilj raziskave je bil ugotoviti, na katerem delu telesa prašiča je telesna temperatura, izmerjena s termovizijsko kamero, ki prašiču ne povzroča stresa, najbolj primerljiva z rektalno temperaturo. Meritve smo izvedli pri očesu, v sluhovodu, za uhljem in na perianalni regiji. Uporabili smo dve termovizijski kameri, da bi ugotovili, če je mogoče s poceni kamerami izvajati podobno točne meritve kot z dragimi kamerami. Rezultati dveh termovizijskih kamer so bili različni. Temperature, merjene z isto termovizijsko kamero, so se razlikovale zaradi dlakavosti kože, prenosa toplote z drugih predmetov, kota merjenja in gibanja živali. Zaradi velikega raztrosa meritev toplotnega slikanja v primerjavi z meritvami rektalne temperature ni mogoče obravnavati kot zanesljivo orodje za zgodnje odkrivanje bolezní.

**Ključne besede:** termovizija, telesna temperatura, blagor prašičev

## Usefulness of thermovision for pig welfare

Pig welfare is important for the pig health and consequently for the quality of its meat. Pigs are sensitive to any kind of manipulation. One of the pig health-status indicators is its body temperature. Measuring its body temperature with a rectal thermometer, which is considered to provide the pig reference body temperature, is a long lasting stress for a pig. The aim of the study is to determine on which part of the pig body its temperature should be measured with a thermal imaging camera to be the least stressful for a pig and comparable to the rectal temperature measurement. The measurements are taken around the pig eyes, in the sluice, urinary tract, and perianal region. Two thermal imaging cameras, one cheap and one expensive, were used to investigate, how accurate such measurements are. The measurements show different temperature values, and the temperature measured with the same thermal imaging camera varies due to the pig skin hairiness, heat transfer from other objects, angle of measurement and pig movement. The conclusion drawn from these results is that using a thermal imaging camera to measure the pig temperature is unreliable for an early detection of a pig disease due to a large deviation of the measured values from the rectally measured temperature values.

**Keywords:** thermal imaging, body temperature, pig welfare

## 1 UVOD

Merjenje rektalne temperature je zamudno in za prašiča stresno dejanje, po drugi strani pa je poznavanje telesne temperature prašiča nujno, saj je povišana ali znižana

telesna temperatura znak patološkega stanja v organizmu. Rejci želijo, da bi lahko hitro, točno in brez stresa izmerili telesno temperaturo prašičev. Zato smo se odločili, da bomo telesno temperaturo izmerili s termovizijsko kamero. Obstajajo referenčne vrednosti rektalno izmerjene telesne temperature za posamezno kategorijo prašičev, medtem ko referenčnih temperatur, izmerjenih s termovizijsko kamero, v dostopni strokovni in znanstveni literaturi ni [1], [2], [3].

Meritve s termovizijsko kamero smo izvedli v sluhovodu, za uhljem, okoli oči in na perianalni regiji. Rektalno temperaturo smo merili s kalibriranim alkoholnim termometrom. Meritve smo med seboj primerjali, da bi ugotovili, ali sta rektalna temperatura, ki se v literaturi upošteva kot referenčna telesna temperatura prašičev, in temperatura, izmerjena s termovizijsko kamero, ki za prašiča pomeni meritve brez stresa, primerljivi. Želeli smo tudi ugotoviti, kje je mesto meritve, kjer sta rektalna temperatura in temperatura, izmerjena s termovizijsko kamero, enaki ali vsaj zelo podobni.

## 2 VPLIV TEMPERATURE NA PRAŠIČE

Prašiči so toplokrvne živali, ki vzdržujejo stalno telesno temperaturo ne glede na temperaturo okolja, to pomeni, da sta produkcija in oddajanje toplote v ravnotežju. Kadar je okolje hladno, je oddajanje telesne toplote povečano. Ker mora telo kompenzirati s povečano produkcijo toplote iz krme, lahko pričakujemo večjo konzumacijo, slabšo konverzijo krme in zmanjšan

prirast. Po drugi strani se ob visokih temperaturah okolja lahko telesna temperatura zvišuje, živali zaužijejo manj krme in tudi v tem primeru imamo slabše proizvodne rezultate [3].

Rejci prašičev pogosto ne upoštevajo priporočenih temperatur hlevov, ki so v sodobni prašičereji natančno dognane za posamezno kategorijo prašičev, da bodo proizvodni rezultati dobri. Na primer pitancem in odraslim prašičem ustreza temperatura hleva okoli 18 °C. Zelo močno na počutje prašičev vpliva temperatura. Ščetine prašičem ne dajejo dobre termične zaščite, prav tako nimajo funkcije pri oddajanju toplote iz organizma. Najboljšo zaščito jim daje debela plast podkožnega maščobnega tkiva. Prašiči se hladijo z vlaženjem in kaluženjem. Ne morejo se potiti, ker imajo zelo malo aktivnih žlez znojnic [1].

Ustrezna temperatura hlevov bistveno vpliva na dobro počutje prašičev in posledično tudi na njihovo zdravstveno stanje. Prostor, kjer se prašiči gibljejo in spijo, mora poleg ustreznih temperature biti tudi suh, čist in udoben [2]. Termonevtralna ali komfortna cona je omejeno temperaturno območje, v katerem se za osnovne življenjske funkcije potrebuje najmanj energije. V tej coni je produkcija toplote neodvisna od temperature zraka in je zato določena s telesno maso in zaužitjem krme. Prašiči v termonevtralni coni najbolje izkoristijo krmo. Ker porabijo najmanj hranil za uravnavanje toplote, je produktivnost največja, kar pomeni dobro konverzijo krme. Optimalne temperature suhega zraka pri prašičih so naslednje:

- Presušene svinje: 15 °C – 20 °C
- Doječe svinje: 10 °C – 15 °C
- Sesni pujski: 28 °C – 32 °C
- Odstavljeni pujski, tekači: 25 °C – 28 °C
- Pitanci 20 kg – 60 kg: 16 °C – 22 °C
- Pitanci 60 kg – 110 kg: 15 °C – 18 °C

Manjši ko so prašiči, bolj so občutljivi na klimatske razmere, zato imajo večje zahteve kot odrasli prašiči. Površina prašičje kože je v razmerju z njihovo telesno maso zelo velika, zato je vpliv klime na organizem mladiča bolj ekstreman kot na odraslo žival, posebno kar se tiče izgube toplote skozi kožo. Če k temu prištejemo nebogljenost, odvisnost od materinega mleka na začetku in nepopolno razvit imunski sistem, vemo, zakaj so prašiči občutljivi za okužbe z različnimi patogenimi mikrobi [3].

Pri težjih prašičih se zaradi večje telesne mase razvije več telesne toplote in posledično so bolj nagnjeni k toplotnemu stresu. Telesno temperaturo poskušajo vzdrževati prek izdihanega zraka in s kaluženjem. Pri temperaturi 34 °C in 40-odstotni relativni vlažnosti prašiči izgubijo 80 % odvečne toplote z izdihanjem. Ko se relativna vlažnost dvigne nad 50 %, lahko prašiči oddajo le še polovico odvečne toplote, kar povzroči povečanje notranje telesne temperature. Ko je relativna vlažnost zraka povečana, prašiči hitreje sopejo, zato ne morejo absorbirati dovolj vlage iz pljuč. Pri visoki temperaturi in vlažnosti prašiči ne zmorejo več dihati

enakomerno, zato lahko ob nepravočasnem ukrepanju pride toplotnega stresa, ki vodi v pogin.

Ko so temperature okolice višje, prašiči več pijejo in pospešeno dihajo. Povišana temperatura prostora in povišana telesna temperatura svinj negativno vplivata tudi na produkcijo mleka. Posledica tega je agalaksija in hipoglikemija sesnih pujskov, kar lahko vodi v pogin, če jih dodatno ne hranimo [1].

### 3 TERMOVIZIJA PRAŠIČEV

Termovizija nam omogoča, da hitro ugotovimo razmerje toplo-hladno. Termovizijske kamere prikazujejo merjeni objekt z barvno paletto. Če je objekt bolj vroč kot preostali predmeti v okolici, se le-ta obarva v svetlejše barve. S termovizijsko kamero po navadi merimo maksimalne ali minimalne temperature, lahko pa izvajamo samo vizualni pregled temperature, kar je bilo sprva uporabno pri ugotavljanju energetske učinkovitosti zgradb [4]. Z razvojem termovizijskih kamer prihaja čedalje več aplikacij, v katerih želimo temperaturo meriti tudi kvantitativno in ne zgolj kvalitativno. Zaradi tehnologije delovanja termovizijskih kamer te ne dosegajo primerljive točnosti kot sevalni termometri, še manj točne pa so kot kontaktni termometri [5], [6]. Termovizijske kamere se med seboj razlikujejo, saj so nekatere zanesljivejše in bolj točne kot drugih. Največkrat ima pri tem vlogo tudi cena, kajti dražje kamere so praviloma tudi boljše in imajo na voljo več funkcij.

Termovizijske meritve smo izvajali z dvema umerjenima termovizijskima kamerama, cenejšo in dražjo. Namen meritev z dvema kamerama je bil ugotoviti, ali lahko s poceni kamero dobimo primerljivo točne rezultate kot z dražjo kamero [7].

#### 3.1 Uporabljena merilna oprema

Meritve smo izvajali s prenosnima termovizijskima kamerama, ki sta na splošno namenjeni za različne aplikacije na področju tehniške diagnostike, nadzora, opazovanja premikajočih se predmetov, naprav pod napetostjo itd. Za točno merjenje moramo kamere vklopiti vsaj 15 minut pred začetkom merjenja. Med segrevanjem kamer smo prašičem merili telesno temperaturo z rektalnim termometrom.

Ker je temperatura okolice pomembna veličina, smo jo med meritvami merili ves čas, in sicer s pomočjo termometrov, vgrajenih v posameznih prostorih.

##### 3.1.1 Flir T650sc

Merjenje se je izvajalo s termovizijsko kamero FLIR T650sc, ki ima širokokotno lečo 45°, nehlašen detektor (mikrobolometer), ki deluje v spektralnem območju 7,5 µm do 13,0 µm, ločljivost detektorja 640x480, NETD - noise equivalent temperature difference 80 mK pri 30 °C, avtomatsko ostrenje in minimalno razdaljo merjenja 35 cm. Točnost po specifikacijah izdelovalca znaša ±1 °C ali ±1 % v merilnem območju od 0 °C do 120 °C, vendar smo kamero umerili v območju od 0 °C

do 70 °C, da smo določili korekcije, ki smo jih upoštevali pri meritvah. Negotovost umerjanja kamere je bila  $\pm 0,4$  °C. Za analizo toplotnih slik kamere Flir T650sc smo uporabljali program Flir researchir max 4.



Slika 1: Termovizijska kamera FLIR T650sc

### 3.1.2 Fluke TiS45

Kot slabšo smo uporabljali termovizijsko kamero Fluke TiS45, ki ima lečo z vidnim poljem  $23^\circ \times 17^\circ$ , nehlajen detektor (mikrobolometer), ki deluje v spektralnem območju  $8,0 \mu\text{m}$  do  $14,0 \mu\text{m}$ , ločljivost detektorja  $160 \times 120$ , NETD 20 mK pri 30 °C, ročno ostrenje in minimalno razdaljo merjenja 15 cm. Točnost je po specifikacijah izdelovalca  $\pm 2$  °C ali  $\pm 2$  % v merilnem območju od 20 °C do 100 °C, vendar smo kamero umerili v območju od 0 °C do 70 °C, da smo določili korekcije, ki smo jih upoštevali pri meritvah. Negotovost umerjanja kamere je bila  $\pm 2,0$  °C. Za analizo toplotnih slik kamere Fluke TiS45 smo uporabljali program SmartView 4.3.17.0 podjetja Fluke.



Slika 2: Termovizijska kamera Fluke TiS45

### 3.1.1 Alkoholni termometer

Za merjenje rektalne temperature svinj smo uporabili umerjeni alkoholni termometer z razširjeno merilno negotovostjo  $\pm 0,2$  °C. Počasi, da živali ne prestrašimo,

dvignemo rep in v rektum vstavimo kontaktni termometer. V rektumu ga pustimo vsaj eno minuto, ga izvlečemo ter odčitamo temperaturo. Pri merjenju rektalne temperature prašiča ne smemo fiksirati z nosno zanko, ga stisniti zraven stene hleva ali kako drugače fiksirati, ker stres vpliva na točnost meritve oziroma na višino izmerjene temperature.



Slika 3: Alkoholni termometer

## 3.2 Izvedba meritev

Merili smo na farmi, ki ima 50 plemenskih svinj in kjer so vse proizvodne faze, od prasitve do pitanja, na isti lokaciji. Meritve so bile težavne, saj svinje niso bile ves čas meritve pri miru, da bi s termovizijsko kamero lahko izmerili temperaturo na izbranih mestih. Ta problem smo rešili deloma tako, da sta meritve izvajali dve osebi (merilec in pomočnik).

V čakališču in pripustišču smo merili samo z eno termovizijsko kamero (Flir T650sc), ker so svinje v čakališču skupinsko vhljane in se gibljejo nekontrolirano. V pripustišču pa so svinje vhljane individualno in zaradi nedostopnosti merilnih mest v danem trenutku ni mogoče opraviti dveh kakovostnih meritev z obema kamerama.



Slika 4: Plemenski svinji v čakališču



Slika 5: Plemenska svinja v prasilišču

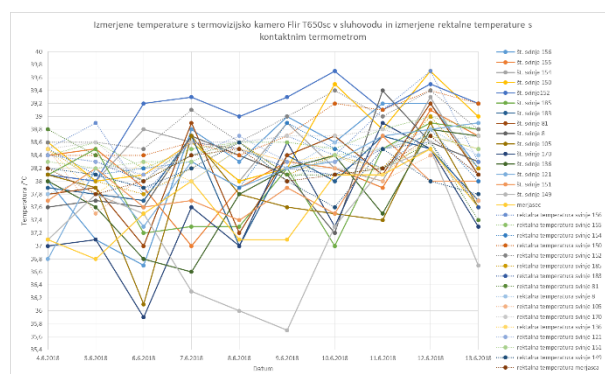
V prasilišču smo izmerili temperaturo petim svinjam, identifikacijske številke: 156, 155, 154, 150 in 152. V pripustišču smo izmerili temperaturo petim svinjam z identifikacijskimi številkami: 185, 183, 81, 8 in 105 in merjascu. V čakališču smo izmerili temperaturo petim svinjam z identifikacijskimi številkami: 170, 136, 121, 151 in 149. Meritve smo izvajali s termovizijsko kamero v desetih zaporednih dneh na istih svinjah in na štirih merilnih mestih. S kontaktnim termometrom smo izmerili rektalno temperaturo, ki nam je služila kot referenčna temperatura.

### 3.3 Analiza meritev

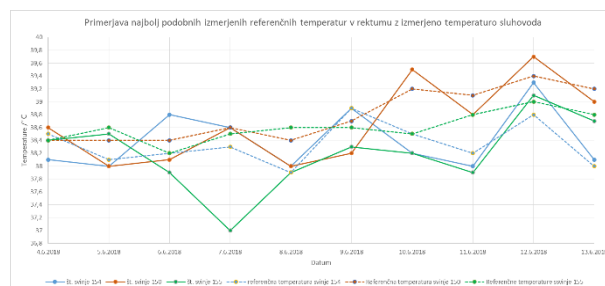
Po končni obdelavi in analizi podatkov smo ugotovili, da nekatere izmerjene temperature močno odstopajo med seboj. Vzrokov za to je lahko več. Če žival leži na tleh, toplota prehaja z njene površine na podlago (beton). Posledično je temperatura živali na mestu, ki je bilo v stiku s podlago, nižja. To smo skušali rešiti tako, da smo žival opazovali dalj časa v stoječem položaju in ji za tem izmerili temperaturo. Drugi vzrok je podoben prvemu s to razliko, da toplota prehaja s površine kože na ogrodje opreme. Tretji vzrok je poraščenost kože. Na mestih, kjer je prašič bolj poraščen, se prikaže nižja temperatura.

Ob primerjavi izmerjenih temperatur v sluhovodu prašiča se termovizijska kamera Flir 650sc najbolj približa vrednostim rektalne temperature (slika 6). Na preostalih merilnih mestih se temperature še bolj razlikujejo od referenčne rektalne temperature, opazili pa smo tudi razlike izmerjenih vrednosti na istem merilnem mestu med dvema termovizijskima kamerama. Dostop skozi sluhovod do bobniča se je izkazal za veliko težavo. Ker so prašiči le redko in malo časa v mirovanju, je s termovizijsko kamero težko »zadeti« membrano bobniča. Druga težava je poraščenost sluhovoda. Nekatere svinje so zelo poraščene, zato smo izmerili nižjo temperaturo, kot je dejanska. Pri svinjah, ki so bile manj poraščene in so v času meritev mirovale, smo dobili rezultate z zelo majhnim odstopanjem oziroma rezultate, ki so identični rezultatom, izmerjenim z umerjenim

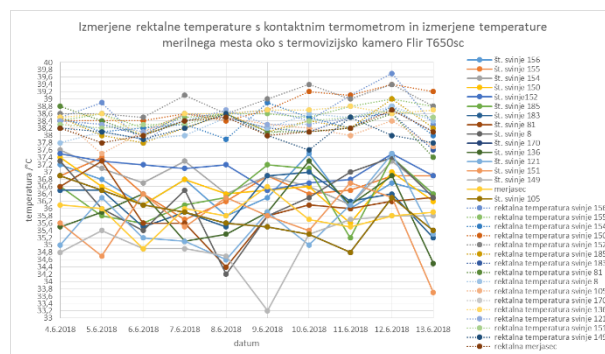
kontaktnim termometrom v rektumu (slika 7). Za najslabša mesta merjenja so se izkazali oko (slika 8), perianalna regija (slika 9) in uhlj. Oko je problematično predvsem zaradi poraščenosti kože, trepalnic in kota merjenja, perianalna regija pa zaradi časa merjenja in aktivnosti živali tik pred meritvijo. Pri uhlju je meritev odvisna od upognjenosti in poraščenosti uhlja. Če je uhlj spuščen, je izmerjena temperatura nekoliko višja, saj je zajet tudi del za uhljem, ki je viden samo pri spuščeni uhljih. Del za uhljem je po navadi tudi manj poraščen. Ko ima prašič uhlja dvignjena, se del za uhljem naguba, s tem pa postane mesto merjenja slabo opredeljeno.



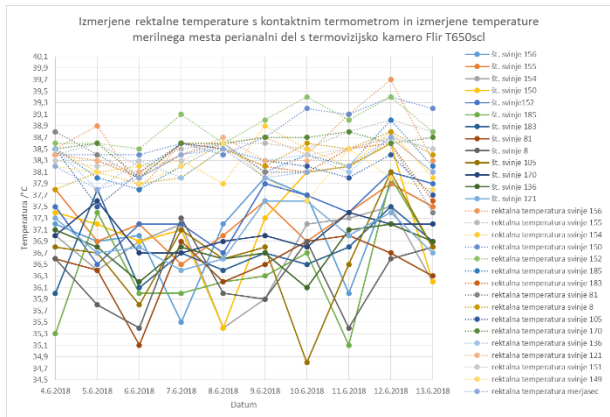
Slika 6: Temperature, izmerjene s termovizijsko kamero Flir T650sc v sluhovodu, in rektalne temperature, izmerjene s kontaktnim termometrom



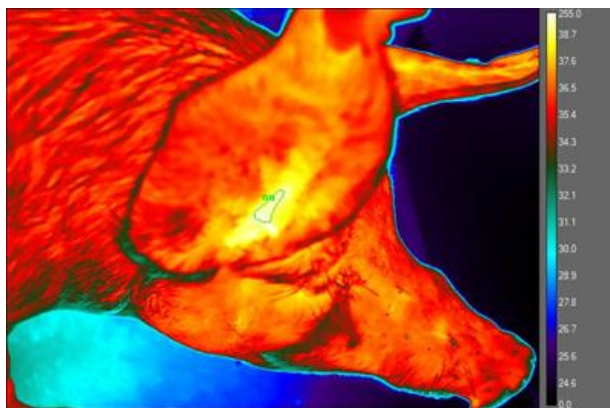
Slika 7: Primerjava najbolj podobnih rektalnih temperatur s temperaturo sluhovoda



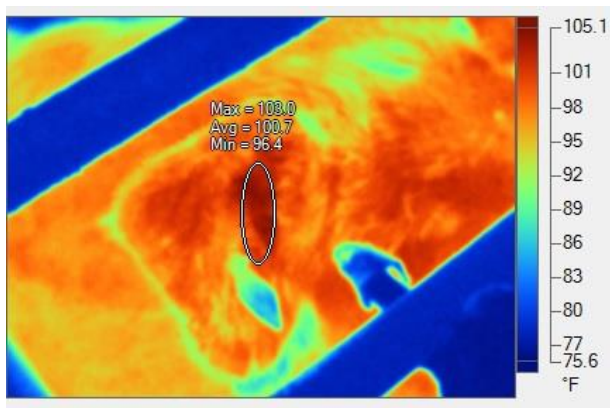
Slika 8: Rektalne temperature, izmerjene s kontaktnim termometrom, in temperature merilnega mesta oko, izmerjene s termovizijsko kamero Flir T650sc



Slika 9: Rektalne temperature, izmerjene s kontaktnim termometrom, in temperature merilnega mesta perianalni del, izmerjene s termovizijsko kamero Flir T650sc

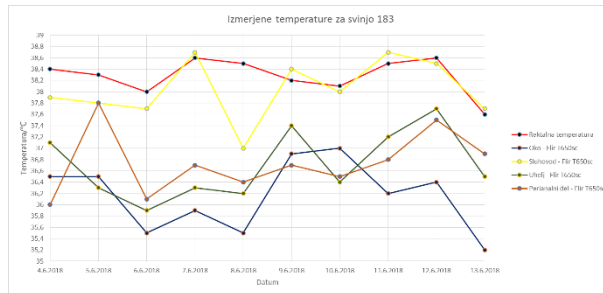


Slika 10: Temperatura sluhovoda, izmerjena s kamero Flir T650sc



Slika 11: Merjenje temperature v sluhovodu s kamero Fluke TiS45

Pri svinji številka 183 (slika 12) se z izmerjeno rektalno temperaturo najbolj ujema temperatura sluhovoda, izmerjena s termovizijsko kamero Flir T650sc. Na preostalih merilnih mestih so bila odstopanja opazno večja.

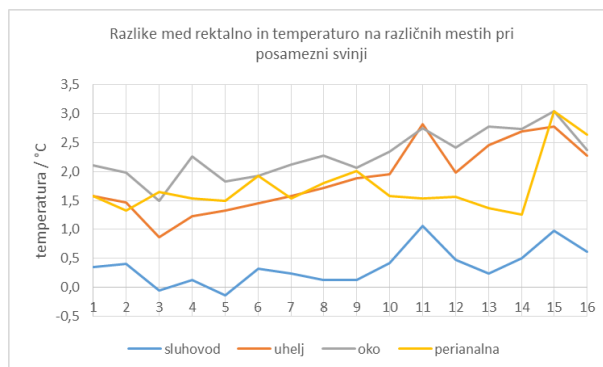


Slika 12: Vse izmerjene temperature za svinjo 183

Tabela 1: Izmerjene temperature svinj na različnih mestih

svinja	rektalna	sluhovod	uhelj	oko	perianalna
156	38,7	38,3	37,1	36,6	37,1
155	38,6	38,2	37,1	36,6	37,3
154	38,3	38,4	37,5	36,8	36,7
150	38,8	38,7	37,6	36,5	37,2
152	38,9	39,0	37,6	37,1	37,4
185	38,3	38,0	36,9	36,4	36,4
183	38,3	38,0	36,7	36,2	36,7
81	38,3	38,1	36,6	36,0	36,5
8	38,3	38,2	36,4	36,2	36,3
105	38,2	37,8	36,2	35,8	36,6
170	38,6	37,5	35,8	35,8	37,1
136	38,3	37,8	36,3	35,9	36,8
121	38,4	38,1	35,9	35,6	37,0
151	38,4	37,9	35,7	35,6	37,1
149	38,1	37,1	35,3	35,1	35,1
M	38,2	37,6	35,9	35,8	35,6
povp.	38,4	38,0	36,5	36,1	36,7
razlika		0,4	1,9	2,3	1,7

Na podlagi temperatur svinj, izmerjenih na različnih merilnih mestih, so bile izračunane povprečne vrednosti za posamezna mesta, kar je prikazano v tabeli 1. Razlike med rektalno temperaturo in temperaturami na preostalih mestih so prikazane na sliki 13.



Slika 13: Razlike med rektalno in temperaturo na različnih merilnih mestih

#### 4 SKLEP

Merjenje temperature s termovizijsko kamero prašičem sicer ne povzroča stresa, je pa zamudno, nerodno in skrajno naporno, saj je prašičem, ki niso individualno vhlavljeni (čakališče), težko izmeriti temperaturo. Prašič je živahna žival in ga je težko povsem umiriti za določen čas. Veliko težavo povzročajo tudi prašiči, ki se nahajajo v istem boksu in tako ovirajo izvajanje meritev. Zato morata biti za učinkovito merjenje temperature s termovizijsko kamero prisotna dva človeka. Eden meri s termovizijsko kamero, drugi pa skuša žival čim bolj umiriti in jo nastaviti pravilen položaj za merjenje (npr. dvigne uhelj, da se lahko izmeri notranjost ušesa), kar pa lahko za prašiča že pomeni stres.

Ko smo svinjam izmerili temperaturo, smo naleteli do druge težave zaradi poraščenosti s ščetinami. Svinji, ki je zelo poraščena, smo s termovizijsko kamero izmerili nižjo temperaturo, kot smo jo izmerili v rektumu s kontaktnim termometrom. To smo opazili predvsem na predelu očesa, uhlja in v perianalni regiji.

Temperatura, ki je najbolj podobna izmerjeni rektalni temperaturi z umerjenim kontaktnim termometrom, je temperatura sluhovoda, izmerjena s termovizijsko kamero. Od referenčne rektalne temperature je bila v povprečju nižja za 0,4 °C. Preostale temperature so se spreminjale glede na poraščenost z dlakami, aktivnost svinj pred merjenjem temperature (prenos toplote s svinje na beton) in kot merjenja.

Primerjava dveh kamer dražje – boljše in cenejše – slabše je pri prašičih zelo težavna. Prašiča je namreč težko dalj časa zadržati umirjenega v določenem položaju in hkrati izmeriti z dvema termovizijskima kamerama enako merilno mesto ter tako primerjati kakovost merjenja z obema termovizijskima kamerama. V nekaterih primerih v prasilišču, kjer so svinje vkleščene, nam je temperaturo prašiča uspelo izmeriti v podobnem položaju z obema termovizijskima kamerama. Izkazalo se je, da je Flir T650sc (boljša in dražja) bolj točna termovizijska kamera, saj je tudi ločljivost precej boljše in lažje določimo merjeno površino. Ko primerjamo rektalno referenčno temperaturo in temperaturo, izmerjeno s termovizijsko kamero Flir T650sc, vidimo majhno odstopanje oziroma sta si temperaturi precej podobni.

Po merilnem procesu in analizi podatkov lahko trdimo, da temperature, izmerjene s termovizijsko kamero, ne glede na mesto meritve niso primerljive z referenčno rektalno temperaturo, saj so bila odstopanja okoli 2 °C. Poleg tega je merjenje s termovizijsko kamero bolj zamudno in težavnejše glede na merjenje temperature z rektalnim kontaktnim termometrom. Nazadnje se je izkazalo, da tudi ni povsem brez stresa, saj je moral pomočnik imeti kontakt s svinjo, da jo je umiril oziroma da je stala. Posamezen zajem termograma s termovizijsko kamero je sicer relativno hiter, vendar je za analizo termogramov potrebnega precej več dodatnega časa, poleg tega pa še računalniška oprema in znanje. Ko upoštevamo investicijo za nakup termovizijske kamere,

vidimo, da je merjenje temperature prašičev s termovizijsko kamero nepraktično, slabo ponovljivo, odvisno od številnih parametrov in ekonomsko popolnoma neupravičeno in tudi ne povsem brez stresa za prašiča. Pri ugotavljanju zdravstvenega statusa prašiča oziroma pojavu določene bolezni temperature, izmerjene s termovizijskima kamerama, niso primerljive z rektalno temperaturo, izmerjeno s kontaktnim termometrom. Zato ne moremo zanesljivo ugotavljati zdravstvenega statusa ali pojava bolezni.

#### LITERATURA

- [1] Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko, Enota za prašičerejo, Potrebe prašičev in produktivnost. Domžale 2014.
- [2] J. Plut, M. Štukelj, klinična praksa pri predmetu bolezni in zdravstveno varstvo prašičev, Ljubljana: Veterinarska fakulteta, 2015.
- [3] Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko, Enota za prašičerejo, SPREMLJANJE proizvodnosti prašičev. -1. izd. – Domžale 2003.
- [4] Pušnik, Igor. Problematika merjenja s termografskimi kamerami pri ugotavljanju energetske učinkovitosti zgradb. Elektrotehniški vestnik, 2008, letn. 75, št. 4, str. 171–176.
- [5] Kodrič, Slavko, Pušnik, Igor, Drnovšek, Janko. Merjenje vpliva velikosti vira pri termovizijski kameri. Elektrotehniški vestnik, 2016, letn. 83, št. 5, str. 273–278.
- [6] Pušnik, Igor, Grgič, Goran. Razvoj sistema za določitev vpliva velikosti tarče. Elektrotehniški vestnik, 2006, letn. 73, št. 4, str. 173–178.
- [7] CIPOT, Tadej. Merjenje temperature prašičev s termovizijsko kamero in določitev najprimernejšega mesta za merjenje: diplomsko delo visokošolskega strokovnega študija. Ljubljana: 2018, 50 str.

**Igor Pušnik** je diplomiral, magistriral in doktoriral na Fakulteti za elektrotehniko v letih 1995, 1997 in 2004. Kot izredni profesor je zaposlen v Laboratoriju za metrologijo in kakovost. Poudarek njegovega raziskovalnega dela je na brezkontaktnih temperaturnih merjenjih, medicinski instrumentaciji in energetski učinkovitosti zgradb.

**Marina Štukelj** je diplomirala, magistrirala in doktorirala na Veterinarski fakulteti v letih 1996, 2002 in 2013. Kot docentka je zaposlena na Veterinarski fakulteti, na Kliniki za reprodukcijo in velike živali, Oddelek za zdravstveno varstvo prašičev. Poudarek njenega raziskovalnega dela so bolezni in zdravstveno varstvo prašičev.