



UNIVERZITET U NOVOM SADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET
DEPARTMAN ZA VETERINARSKU MEDICINU

**FORENZIČKA PROCENA
POSTMORTALNIH PROMENA KOD
SVINJA U ZAVISNOSTI OD MESTA
NALASKA LEŠA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentor:
Doc. dr Nenad Stojanac

Kandidat:
Zdravko Tomić, dr. vet. med.

Novi Sad, 2018. godine

KOMISIJA ZA OCENU I ODBRANU DOKTORSKE DISERTACIJE

Dr Nenad Stojanac, docent, mentor,

za užu naučnu oblast Bolesti životinja i higijena animalnih proizvoda

Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu,

Departman za veterinarsku medicinu

Dr Ivana Davidov, vanredni profesor, predsednik,

za užu naučnu oblast Patologija

Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu,

Departman za veterinarsku medicinu

Dr Jelena Aleksić, docent, član,

za užu naučnu oblast Veterinarska forenzika i državno veterinarstvo

Fakultet veterinarske medicine, Univerzitet u Beogradu,

Katedra za sudsku veterinarsku medicinu i zakonske propise

UNIVERZITET U NOVOM SADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj: RBR	
Identifikacioni broj: IBR	
Tip dokumentacije: TD	Monografska dokumentacija
Tip zapisa: TZ	Tekstualni štampani materijal
Vrsta rada (dipl., mag., dokt.): VR	Doktorska disertacija
Ime i prezime autora: AU	Zdravko Tomić
Mentor (titula, ime, prezime, zvanje): MN	Dr Nenad Stojanac, docent
Naslov rada: NR	Forenzička procena postmortalnih promena kod svinja u zavisnosti od mesta nalaska leša
Jezik publikacije: JP	Srpski
Jezik izvoda:: JI	Srpski / Engleski

Zemlja publikovanja: ZP	Srbija
Uže geografsko područje: UGP	Vojvodina
Godina: GO	2018.
Izdavač: IZ	Autorski reprint
Mesto i adresa: MA	Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 8
Fizički opis rada: FO	(8 poglavlja / 103 strane / 64 slike / 15 tabela / 1 grafikon / 110 referenci)
Naučna oblast: NO	Veterinarska medicina
Naučna disciplina: NO	Bolesti životinja i higijena animalnih proizvoda
Predmetna odrednica, ključne reči: PO	Leševi svinja, postmortalne promene, forenzička veterinarska medicina, raspadanje, tafonomija
UDK	599.731:612.013(043.3)
Čuva se: ČU	Biblioteka Poljoprivrednog fakulteta, Novi Sad
Važna napomena: VN	Nema
Izvod: IZ	<p>Određivanje PMI je često vrlo zahtevan i delikatan posao, koji zahteva dobro</p>

poznavanje postmortalnih promena, kao i svih faktora koji utiču na razlaganje leševa. U ovoj studiji, 16 leševa domaće svinje (*Sus scrofa*) čija je smrt nastala unutar 8 časova pred početak oglada, su istovremeno položeni na istoj lokaciji, ali u različite sredine (obešeni u vazduhu - AV, BV, CV, DV; zakopani u zemlju – AZ, BZ, CZ, DZ; stavljeni u drveni sanduk i zakopani u zemlju – AS, BS, CS, DS; potopljeni u vodu – AW, BW, CW, DW).

Po jedan leš iz svake grupe je uzorkovan 14., 28., 120. i 180. dana od početka oglada i tom prilikom je izvršena detaljna analiza postmortalnih promena i obdukcija. Kvantifikacija postmortalnih promena i stepena razlaganja je izvršena merenjem težina leševa i pomoću TBS. U ranoj fazi razlaganja leševa (14. dan oglada), razlike između oglednih grupa su bile manje izražene, dok 120. dana, a posebno 180. dana bila je ustanovljena značajna razlika. Najbrže razlaganje leša se dogodilo kod leševa stavljenih u sanduk, kod kojih je 180. dana došlo do potpune skeletizacije leša.

U ovom istraživanju, telesnu težinu su najbrže gubili leševi postavljeni u vazduhu i na početku, 14. dana (3,6 %) i na kraju istraživanja, 180. dana (64,8 %). Prilikom makroskopske opservacije leševa svih ispitivanih grupa, na početku istraživanja 14. i 28. dana, najbrže su se razlagali leševi u vazduhu koji su se nalazili u aktivnoj i naprednoj fazi raspadanja, dok je najsporije razlaganje bilo kod leševa u zemlji, koji su se nalazili u naduvenoj fazi raspadanja.

Na kraju istraživanja, 120. i 180. dana leševi u vazduhu, drvenom sanduku u zemlji i u vodi su imali brže razlaganje leševa u odnosu na leševe u zemlji kod kojih je proces razlaganja bio najsporije izražen. Ovi rezultati mogu da posluže kao ključ za određivanje PMI i komparaciju PMI između leševa pronađenih u isto vreme na istoj lokaciji, ali u različitim sredinama.

Datum prihvatanja teme od strane Senata: DP	28.12.2017.
Datum odbrane: DO	

Članovi Komisije:
KO

Mentor: _____

Dr Nenad Stojanac, docent

Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu

Predsednik: _____

Dr Ivana Davidov, vanredni profesor

Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu

Član: _____

Dr Jelena Aleksić, docent

Fakultet veterinarske medicine, Univerzitet u Beogradu

UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF AGRICULTURE

KEY WORD DOCUMENTATION

Accession number: ANO	
Identification number: INO	
Document type: DT	Monograph documentation
Type of record: TR	Textual printed material
Contents code: CC	Doctoral dissertation
Author: AU	Zdravko Tomić
Mentor: MN	Dr Nenad Stojanac, Assistant Professor
Title: TI	Forensic assessment of postmortal changes in pig carcass depending on location
Language of text: LT	Serbian
Language of abstract: LA	Serbian / English

Country of publication: CP	Serbia
Locality of publication: LP	Vojvodina
Publication year: PY	2018.
Publisher: PU	Author's reprint
Publication place: PP	Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 8

Physical description: PD	(8 chapters / 103 pages / 64 images / 15 tables / 1 graph / 110 references)
Scientific field SF	Veterinary medicine
Scientific discipline SD	Animal diseases and food hygiene
Subject, Key words SKW	Pig carcass, Postmortem changes, Forensic veterinary medicine, Decomposition, Taphonomy
UC	599.731:612.013(043.3)
Holding data: HD	Library, Faculty of Agriculture, Novi Sad
Note: N	None

Abstract:

AB

Determining PMI is often a very demanding and delicate job, which requires a good knowledge of post-mortem changes, as well as all the factors that influence the decomposition of a corpse. In this study, 16 corpses of domestic swine (*Sus scrofa*), whose death occurred within 8 hours before the start of the experiment, were simultaneously laid in the same location but in different environments (hung in the air - AV, BV, CV, DV; buried in the ground - AZ, BZ, CZ, DZ, placed in a wooden chest and buried in the ground - AS, BS, CS, DS, immersed in water - AW, BW, CW, DW).

One body from each group was sampled on the 14th, 28th, 120th and 180th day from the beginning of the experiment, and on that occasion a detailed analysis of post-mortem changes and autopsies was carried out. The quantification of post-mortem changes and the degree of decomposition was done by measuring the weight of the bodies and using TBS. In the early stage of decomposition of the corpses (day 14th of the experiment), the differences between the experimental groups were less pronounced, while on the 120th day, and especially on the 180th day, a significant difference was recorded. The fastest decomposition of the corpse occurred in the body placed in a box, in which on the 180th day the corpse was completely reduced to the skeleton.

In this study, the corpses which lost body weight the fastest were those hung in the air both at the beginning of the experiment i.e. on the 14th day (3.6%) and at the end, on the 180 day (64.8%). During the macroscopic observation of the corpses of all the investigated groups, at the beginning of the study i.e. on the 14th and the 28th day, the fastest decomposition was that of the corpses hung in the air which were in the active and advanced phase of decay, while the slowest decomposition was recorded in the corpses in the ground, in the phase of bloated decomposition.

At the end of the study, on the 120th and 180th day, the corpses in the wooden chest in the ground and those in the water decomposed faster compared to the corpses in the ground where the decomposition process was least salient. These results can serve as the key for determining PMI and comparing PMI between the bodies found at

the same time in the same location, but in different environments.	
Accepted on Senate on: AS	28.12.2017.
Defended: DE	
Thesis Defense Board: DB	<p>Mentor: _____</p> <p>Dr Nenad Stojanac, Assistant Professor Faculty of Agriculture, University of Novi Sad</p> <p>President: _____</p> <p>Dr Ivana Davidov, Associate Professor Faculty of Agriculture, University of Novi Sad</p> <p>Member: _____</p> <p>Dr Jelena Aleksić, Assistant Professor Faculty of Veterinary Medicine, University of Belgrade</p>

SPISAK SKRAĆENICA

PMI – postmortalni interval

AV – leš u vazduhu ispitivan 14. dana

BV – leš u vazduhu ispitivan 28. dana

CV – leš u vazduhu ispitivan 120. dana

DV – leš u vazduhu ispitivan 180. dana

AZ – leš u zemlji ispitivan 14. dana

BZ – leš u zemlji ispitivan 28. dana

CZ – leš u zemlji ispitivan 120. dana

DZ – leš u zemlji ispitivan 180. dana

AS – leš u drvenom sanduku u zemlji ispitivan 14. dana

BS – leš u drvenom sanduku u zemlji ispitivan 28. dana

CS – leš u drvenom sanduku u zemlji ispitivan 120. dana

DS – leš u drvenom sanduku u zemlji ispitivan 180. dana

AW – leš u vodi ispitivan 14. dana

BW – leš u vodi ispitivan 28. dana

CW – leš u vodi ispitivan 120. dana

DW – leš u vodi ispitivan 180. dana

TBS – ukupan broj poena (*total body score*)

ATP – adenzin-trifosfat

H₂S – vodonik sulfid

cm – centimetar

m – metar

l – litar

GV – glava i vrat

T – trup

E – ekstremiteti

LB – levi bubreg

DB – desni bubreg

**FORENZIČKA PROCENA POSTMORTALNIH PROMENA KOD SVINJA U
ZAVISNOSTI OD MESTA NALASKA LEŠA**

SADRŽAJ

KRATAK SADRŽAJ	i
SUMMARY	iii
1. UVOD	1
2. PREGLED LITERATURE	3
2.1. Postmortalni interval	3
2.2. Dekompozicija ili raspadanje leša	5
2.2.1. Faktori koji utiču na proces raspadanja leša	6
2.2.1.1. Temperatura	6
2.2.1.2. Vlažnost	7
2.2.1.3. Padavine	7
2.2.1.4. Individualne varijacije	8
2.2.1.5. Aktivnost insekata	8
2.2.2. Autoliza	9
2.2.3. Putrefakcija	9
2.3. Postmortalni znaci ili promene	11
2.3.1. <i>Algor mortis</i> – hlađenje leša	11
2.3.2. <i>Rigor mortis</i> – mrtvačka ukočenost	12
2.3.3. <i>Livor mortis</i> – mrtvačke mrlje	14
2.3.4. Zgrušavanje krvi (<i>coagulatio sanguinis postmortalis</i>)	15
2.3.5. Maceracija leša (<i>maceratio</i>)	15
2.3.6. Mumifikacija leša (<i>mumificatio</i>)	16
2.3.7. Saponifikacija leša (<i>saponificatio</i>)	16
2.3.8. Pseudomelanoza	17
2.4. Faze raspadanja leševa	17
2.4.1. Sveža faza raspadanja – <i>fresh stage</i>	18
2.4.2. Faza naduvenosti – <i>bloated stage</i>	18
2.4.3. Faza aktivnog raspadanja – <i>Active decay</i>	19

FORENZIČKA PROCENA POSTMORTALNIH PROMENA KOD SVINJA U ZAVISNOSTI OD MESTA NALASKA LEŠA

2.4.4. Faza naprednog raspadanja – <i>Advanced decay</i>	19
2.4.5. Faza skeletonizacije – <i>skeletonization stage</i>	19
2.5. Forenzička entomologija	20
3. CILJEVI I ZADACI ISTRAŽIVANJA	22
4. MATERIJAL I METOD RADA.....	24
4.1. Izbor leševa za ispitivanje	24
4.1.1. Leševi svinja u vazduhu	25
4.1.2. Leševi svinja zakopani u zemlju.....	26
4.1.3. Leševi svinja u drvenom sanduku u zemlji	27
4.1.4. Leševi svinja u plastičnom buretu sa vodom.....	29
4.2. Kvantifikacija postmortalnih promena	30
4.3. Obdukciona ispitivanja.....	33
5. REZULTATI	35
5.1. Meteorološki podaci	35
5.2. Težina leševa svinja u različitim medijumima	36
5.3. Makroskopski opis spoljašnjih promena na leševima svinja u različitim medijumima sa fazama dekompozicije	37
5.3.1. Leševi svinja u vazduhu	37
5.3.2. Leševi svinja zakopani u zemlji	43
5.3.3. Leševi svinja u drvenom sanduku u zemlji	46
5.3.4. Leševi svinja u vodi.....	49
5.4. Ocenjivanje različitih delova tela sa fazama raspadanja kod leševa u različitim medijumima ..	54
5.5. Pregled unutrašnjih organa.....	56
5.5.1. Leševi svinja u vazduhu	56
5.5.1.1. Bubrezi	56
5.5.1.2. Jetra	60
5.5.1.3. Slezina	62
5.5.2. Leševi svinja zakopani u zemlju.....	63
5.5.2.1. Bubrezi	63
5.5.2.2. Jetra	66
5.5.2.3. Slezina	68
5.5.3. Leševi svinja u drvenom sanduku u zemlji	69
5.5.3.1. Bubrezi	69

FORENZIČKA PROCENA POSTMORTALNIH PROMENA KOD SVINJA U ZAVISNOSTI OD MESTA NALASKA LEŠA

5.5.3.2. Jetra	72
5.5.3.3. Slezina	74
5.5.4. Leševi svinja u vodi.....	76
5.5.4.1. Bubrezi	76
5.5.4.2. Jetra	78
5.5.4.3. Slezina	78
5.5.5. Težina unutrašnjih organa u različitim medijumima i danima ispitivanja.....	79
6. DISKUSIJA.....	82
7. ZAKLJUČCI	91
8. LITERATURA	92

FORENZIČKA PROCENA POSTMORTALNIH PROMENA KOD SVINJA U ZAVISNOSTI OD MESTA NALASKA LEŠA

KRATAK SADRŽAJ

Određivanje PMI je često vrlo zahtevan i delikatan posao, koji zahteva dobro poznavanje postmortalnih promena, kao i svih faktora koji utiču na razlaganje leševa. U ovoj studiji, 16 leševa domaće svinje (*Sus scrofa*) čija je smrt nastala unutar 8 časova pred početak oglada, su istovremeno položeni na istoj lokaciji, ali u različite sredine (obešeni u vazduhu - AV, BV, CV, DV; zakopani u zemlju – AZ, BZ, CZ, DZ; stavljeni u drveni sanduk i zakopani u zemlju – AS, BS, CS, DS; potopljeni u vodu – AW, BW, CW, DW).

Po jedan leš iz svake grupe je uzorkovan 14., 28., 120. i 180. dana od početka oglada i tom prilikom je izvršena detaljna analiza postmortalnih promena i obdukcija. Kvantifikacija postmortalnih promena i stepena razlaganja je izvršena merenjem težina leševa i pomoću TBS. U ranoj fazi razlaganja leševa (14. dan oglada), razlike između oglednih grupa su bile manje izražene, dok 120. dana, a posebno 180. dana bila je ustanovljena značajna razlika. Najbrže razlaganje leša se dogodilo kod leševa stavljenih u sanduk, kod kojih je 180. dana došlo do potpune skeletizacije leša.

U ovom istraživanju, telesnu težinu su najbrže gubili leševi postavljeni u vazduhu i na početku, 14. dana (3,6 %) i na kraju istraživanja, 180. dana (64,8 %). Prilikom makroskopske opservacije leševa svih ispitivanih grupa, na početku istraživanja 14. i 28. dana, najbrže su se razlagali leševi u vazduhu koji su se nalazili u aktivnoj i naprednoj fazi raspadanja, dok je najsporije razlaganje bilo kod leševa u zemlji, koji su se nalazili u naduvenoj fazi raspadanja.

FORENZIČKA PROCENA POSTMORTALNIH PROMENA KOD SVINJA U ZAVISNOSTI OD MESTA NALASKA LEŠA

Na kraju istraživanja, 120. i 180. dana leševi u vazduhu, drvenom sanduku u zemlji i u vodi su imali brže razlaganje leševa u odnosu na leševe u zemlji kod kojih je proces razlaganja bio najsporije izražen. Ovi rezultati mogu da posluže kao ključ za određivanje PMI i komparaciju PMI između leševa pronađenih u isto vreme na istoj lokaciji, ali u različitim sredinama.

FORENSIC ASSESSMENT OF POSTMORTAL CHANGES IN PIG CARCASS DEPENDING ON LOCATION

SUMMARY

Determining PMI is often a very demanding and delicate job, which requires a good knowledge of post-mortem changes, as well as all the factors that influence the decomposition of a corpse. In this study, 16 corpses of domestic swine (*Sus scrofa*), whose death occurred within 8 hours before the start of the experiment, were simultaneously laid in the same location but in different environments (hung in the air - AV, BV, CV, DV; buried in the ground - AZ, BZ, CZ, DZ, placed in a wooden chest and buried in the ground - AS, BS, CS, DS, immersed in water - AW, BW, CW, DW).

One body from each group was sampled on the 14th, 28th, 120th and 180th day from the beginning of the experiment, and on that occasion a detailed analysis of post-mortem changes and autopsies was carried out. The quantification of post-mortal changes and the degree of decomposition was done by measuring the weight of the bodies and using TBS. In the early stage of decomposition of the corpses (day 14th of the experiment), the differences between the experimental groups were less pronounced, while on the 120th day, and especially on the 180th day, a significant difference was recorded. The fastest decomposition of the corpse occurred in the body placed in a box, in which on the 180th day the corpse was completely reduced to the skeleton.

In this study, the corpses which lost body weight the fastest were those hung in the air both at the beginning of the experiment i.e. on the 14th day (3.6%) and at the end, on the 180 day (64.8%). During the macroscopic observation of the corpses of all the investigated

FORENSIC ASSESSMENT OF POSTMORTAL CHANGES IN PIG CARCASS DEPENDING ON LOCATION

groups, at the beginning of the study i.e. on the 14th and the 28th day, the fastest decomposition was that of the corpses hung in the air which were in the active and advanced phase of decay, while the slowest decomposition was recorded in the corpses in the ground, in the phase of bloated decomposition.

At the end of the study, on the 120th and 180th day, the corpses in the wooden chest in the ground and those in the water decomposed faster compared to the corpses in the ground where the decomposition process was least salient. These results can serve as the key for determining PMI and comparing PMI between the bodies found at the same time in the same location, but in different environments.

1. UVOD

Pronalazak, otkrivanje i procena starosti leša je uvek izazov, jer da bi jedan slučaj mogao biti ispravno razrešen, neophodno je da forenzičarski eksperti utvrde prvo vreme nastanka smrti, odnosno postmortalni interval (PMI). Utvrđivanje PMI je važno medicinsko-pravno istraživanje, jer se tim uključuju/isključuju osumnjičeni i svedoci, kao i mogućnost za identifikaciju leša. Jedan od ključnih izazova u forenzičkoj veterinarskoj medicini je procena postmortalnog intervala (PMI), što je od suštinskog značaja u analizama procesa razlaganja leša. Pomoću ovog intervala determiniše se vreme koje je proteklo od momenta kad je nastupila smrt do momenta pronalaska leša.

Proces razgradnje leševa pojedinih vrsta životinja je sličan kao razgradnja leša ljudi, te se stoga životinje često koriste kao model u istraživanjima razgradnje leševa ljudi. U istraživanjima razlaganja leša često se koristi leš svinje kao model za utvrđivanje postmortalnih promena, zbog sličnosti sa anatomijom, fiziologijom i mikroflorom digestivnog trakta čoveka. Određivanje PMI, odnosno procena vremena nastanka smrti, je od krucijalnog značaja u forenzičkom ispitivanju, jer u najvećem broju slučajeva razjašnjava način nastanka smrti, uključuje/isključuje odgovornost određenih osoba. Pored opštih promena na lešu, takođe promene na pojedinim organskim sistemima i organima ukazuju na način i vreme nastanka smrti.

Razumevanje fizičkih i hemijskih promena koje se dešavaju u telu životinje posle smrti doprinosi što preciznijem tumačenju postmortalnih promena prilikom dekompozicije (raspadanja) leša. Dekompozicija leša je kontinuiran proces koji počinje od vremena smrti i završava se pojavom skeleta. Na brzinu raspadanja utiču brojni unutrašnji i spoljašnji faktori.

Unutrašnji faktori uključuju starost i veličinu leša, zdravstveno stanje životinje pre nastanka smrti, dok se spoljašnji faktori odnose na varijacije u temperaturi, vremenske uslove i prisustvo insekata. Tokom procesa dekompozicije, dolazi do autolize i putrefakcije. Za razliku od procesa autolize u kome dolazi do uništavanja ćelija delovanjem hidrolitičkih enzima, putrefakcija (truljenje) je transformativan i destruktivan proces izazvan kombinovanim delovanjem anaerobnih bakterija iz leša i aerobnih bakterija iz okoline. Tokom ovog procesa, većina postmortalnih promena su makroskopski vidljive i manifestuju se najčešće promenama u boji kože i nadutosti u pojedinim delovima tela. Kada leš dospe u fazu truljenja, ove promene mogu biti opisane kroz nekoliko faza u procesu raspadanja leša i to: sveža, nadutost, aktivno raspadanje, napredno raspadanje i faza skeleta, ali ponekad nadutost i aktivno raspadanje su spojeni u jednu fazu, kao ranu fazu raspadanja leša. Kojom brzinom će doći do ispoljavanja postmortalnih promena na lešu u velikoj meri zavisi od mase trupa i uslova sredine gde je leš skladišten. Leševi položeni na istoj lokaciji, mogu da imaju različitu brzinu raspadanja. Ovo ukazuje da leševi sa istim PMI mogu da imaju različit stepen razgradnje. Poznato je Casperovo pravilo koje kaže da se iste postmortalne promene razviju kod leševa koji se nalaze na vazduhu za jednu nedelju (ili mesec), kod leševa u vodi za dve nedelje (ili meseca), a položene u zemlji za osam nedelja (meseci). Kako je od ovog otkrića prošlo puno vremena, a i svaka regija sveta ima svoje klimatske karakteristike javila se potreba da se izvrši ovo istraživanje. Dobijeni rezultati ove disertacije će poslužiti za dobijanje jasnije slike o brzini postmortalnih promena leševa u zavisnosti od medijuma (mikrolokacije) gde se nalaze, a koja su karakteristična za Republiku Srbiju.

2. PREGLED LITERATURE

Forenzička tafonomija se bavi proučavanjem naučnih metoda za utvrđivanje vremena smrti, perimortalnih i postmortalnih događaja, diferenciranjem ljudskih aktivnosti od prirodnih pojava kao i pomoći u utvrđivanju uzroka i načina smrti (Komar i Buikstra, 2008; Jagers i Rogers, 2009). Ona ispituje kako biotičke i abiotičke varijable koje uključuju razgradnju, očuvanje, rasipanje, eroziju, sahranjivanje leševa mogu uticati na promenu dokaza u pravnim istraživanjima. Kontinuirano naglašavanje tafonomijskih istraživanja dovelo je do sve većeg razumevanja tafonomijskih procesa koji se javljaju unutar neposredno zakopanog leša kao i njihovog uticaja na brzinu i stepen raspadanja u različitim uslovima (Larizza, 2010; Ururahy-Rodrigues i sar., 2008; Schotsmans i sar., 2014).

2.1. Postmortalni interval

Jedan od ključnih izazova u forenzičkim istraživanjima je procena postmortalnog intervala (PMI), što je od suštinskog značaja u analizama procesa raspadanja leša (Keough i sar., 2017; Rivers i Dahlem, 2014). Putem ovog intervala, determiniše se vreme koje je proteklo od momenta kada je životinja uginula do momenta kada je pronađen leš (Li i sar., 2016; Smith, 2014; Hau i sar., 2014). Generalno, što je duže vreme smrti, manje je tačna procena PMI (Sutherland i sar., 2013). Postoji nekoliko načina u određivanju PMI. Madea (2005) kategoriše metode za procenu PMI u vidu kvantitativne ili subjektivne prirode i u odnosu na to da li postoji prisustvo nezavisnih varijabli ili se sprovodi samo na osnovu pretpostavki (Hau i sar., 2014). U prvih 72 časa nakon uginuća, procena PMI zasniva se na vizuelnom pregledu tela i određivanju sadržaja želuca. Tokom ovog perioda, najtačniji metod za procenu PMI je određivanje sadržaja kalijuma u staklastom telu oka (Vass i sar., 2002; Larizza, 2010; Munoz i sar., 2001). Tehnika uzimanja uzoraka očne vodice vrlo je važna.

Uzorak treba pažljivo aspirirati špricom i malom iglom, uz slab pritisak kako bi se kontaminacija svela na najmanju moguću meru. Može se koristiti samo čist, bezbojan uzorak. Uzorak se centrifugira, a zatim se supernatant testira. Uzorak se može zamrznuti i čuvati do testiranja. Nakon smrti, autoliza započinje kada se zaustavi ćelijski metabolizam te se posledično tome gubi integritet svih tkiva u telu. Selektivna propustljivost ćelijske membrane i aktivan transport kroz ćelijsku membranu prestaje. Staklasta tečnost je izoliranija nego ostale strukture u telu pa je samim tim i otpornija na bakterijsku razgradnju. Relativno je stabilnija nakon smrti od krvi ili cerebrospinalne tečnosti. Koncentracija kalijuma menja se nakon smrti zbog njegovog difundovanja sa sočiva i krvnih sudova mrežnjače u staklastu tečnost. Sve dok se ne postigne uravnoteženost mogu se uočiti razne količine u prednjim, centralnim i zadnjim nivoima staklaste tečnosti te stoga treba uzeti što je više moguće staklaste tečnosti kako bi se uklonio problem odstupanja koncentracije u slojevima. Kalijum staklaste tečnosti ima manju važnost u prvih 24 časa nakon smrti zbog toga što su druga merenja preciznija u tom postmortalnom intervalu. Kalijum staklaste tečnosti raste kako raste PMI, ali postoji velika varijabilnost koja je veća što je duži PMI. Koncentracije kalijuma kontrolisane su brzinom raspadanja, tako da sve što utiče na tu brzinu takođe utiče i na porast njegove koncentracije (Džaja i Grabarević, 2011; Ahi i Garg, 2011).

Vreme pražnjenja želuca kao i želudačni sadržaj su vrlo korisni u određivanju PMI kod životinja naročito kada se zna sastav i vreme uzimanja poslednjeg obroka. Na vreme pražnjenja želuca mogu uticati različiti faktori, uključujući vrstu hrane (čvrsta ili tečna), sadržaj masti i kalorija u hrani, unos vode, volumen unesene hrane, kao i činjenica da li je životinja hranjena obrocima ili po volji. Za bilo koju procenu PMI, vreme pražnjenja želuca treba staviti u kontekst sa svim ostalim postmortalnim nalazima. U većini slučajeva nemoguće je ustanoviti tačno vreme uginuća, pa je za njegovu procenu najbolje koristiti raspon između najkraćeg i najdužeg vremena pomoću sledećih metoda za procenu PMI:

1. Temperatura
2. Mrtvačka ukočenost
3. Stimulacija strujom
4. Promene na oku
5. Raspadanje
 - patologija
 - histopatologija
6. Entomologija

Znakovi uginuća posledica su niza fizičkih, hemijskih i biohemijskih promena koje posle smrti nastaju u lešu životinje. One se javljaju određenim redosledom nakon uginuća pa se na osnovu njih procenjuje starost leša, odnosno vreme uginuća. Tačno vreme smrti gotovo je nemoguće utvrditi, zbog čega je dobro opisati raspon između minimuma i maksimuma. Zato ponekad iskusni patolog u normalnim uslovima, procenu PMI određuje u vremenskim intervalima kao što su: manje od 24 časa, 1 – 3 dana, 3 – 7 dana, 7 – 21 dan, nedelje, meseci ili godine (Džaja i Grabarević, 2011).

2.2. Dekompozicija ili raspadanje leša

Dekompozicija leša je kontinuiran proces koji počinje od vremena smrti i završava se sa pojavom skeleta. Tokom ovog procesa, dolazi do hemijske i biološke degradacije tkiva mrtvih organizama kao i fizičkog uklanjanja mekih tkiva od strane artropoda (Reed, 1958). Suštinsko razumevanje fizičkih i hemijskih promena koje se dešavaju u telu životinje posle smrti doprinosi što preciznijem tumačenju postmortalnih promena prilikom raspadanja leša (Li i sar., 2016; Clark i sar., 1997).

2.2.1. Faktori koji utiču na proces raspadanja leša

Na brzinu raspadanja leša utiču brojni unutrašnji i spoljašnji faktori. Unutrašnji faktori uključuju starost i veličinu leša, zdravstveno stanje životinje pre nastanka uginuća, dok se spoljašnji faktori odnose na varijacije u temperaturi, vremenske uslove i prisustvo insekata i crva (Lynch-Aird i sar., 2015; Spicka i sar., 2011; Sutherland i sar., 2013).

2.2.1.1. Temperatura

Temperatura je jedan od najvažnijih faktora koji utiče na proces raspadanja leša, jer se na specifičnim temperaturama pojavljuju mnogi biološki procesi, npr., enzimi imaju optimalnu aktivnost na određenim temperaturama zavisno od mesta i vrste enzima (Sutherland i sar., 2013; Anderson i Cervenka, 2001). Pošto je rast bakterija pokretačka snaga u procesu raspadanja leša, temperatura u kojoj se nalazi leš može smanjiti ili povećati brzinu promena raspadanja (Smith, 1984). Temperature ispod 12,78 °C značajno će usporiti rast bakterija, dok će temperature između 0 i 5 °C u potpunosti zaustaviti rast. Temperature između 15,56 i 35 °C imaju tendenciju povećanja brzine bakterijskog rasta. Hladno vreme može sprečiti nastanak raspadanja i u nekim slučajevima usloviti prebojavanje kože u crnu boju koja se često pojavljuje sa rastom plesni. Toplo vreme može povećati raspadanje tokom čitavog ciklusa koji se javlja u dve do četiri nedelje (Bell, 2013; Larizza, 2010). Zamrzavanje i odmrzavanje leševa može u velikoj meri modifikovati procese koji su uključeni u razgradnju. Smrznuto-odmrznuti leš pokazuje veću količinu spoljašnjeg raspadanja što je posledica veće kolonizacije insekata i aktivnosti aerobnih bakterija. Nasuprot tome, sveži leševi pokazuju veći stepen promena raspadanja u unutrašnjosti leša (Myburgh, 2010). O uticaju temperature na brzinu raspadanja leša govore brojna istraživanja (Micozzi, 1997; Komar, 1998; Archer, 2004). Ovi autori navode da se temperatura ne može uvek smatrati samim faktorom jer su i druge varijable kao što je vlažnost u uskoj povezanosti sa temperaturom.

2.2.1.2. Vlažnost

Količina vlage kojoj je leš izložen ima veliki uticaj na proces raspadanja. Diskusija o ovim efektima obično se odnosi na sadržaj vlage u zemljištu, ali vrlo često i na vlažnost i padavine. Ako je ambijentalna sredina sušna, proces raspadanja često neće imati priliku da proizvede znakove napretka, jer se telo isušuje pre nego što se to može dogoditi. To znači da padavine nemaju mnogo uticaja na proces raspadanja jer se insekti često nasele ispod kože i na taj način pronadu sklonište od kiše. Istovremeno, koža će takođe pomoći organizmu da zadrži preostalu vlagu (Bell, 2013). Tela koja su izložena visokim nivoima vlage, kao što su ona koja su potopljena u vodu, raspadaju se brže od nepotopljenih tela. Kada je leš postavljen u zemlju koja lako zadržava vlagu, brzina raspadanja tog leša je značajno smanjena i često rezultira formiranjem adipocera. Carter i sar. (2010) smatraju da je vlažnost u zemljištu važniji faktor u brzini raspadanja od temperature. Naime, ovi autori ukazuju da količina vlage u zemljištu utiče na aktivnost mikroorganizama u tom zemljištu koje se ishranjuje od određenih hranljivih materija. Vlažna zemljišta imaju više hranljivih materija koje omogućavaju mikrobiološku aktivnost od suvih zemljišta (Myburgh, 2010; Carter i sar., 2010).

2.2.1.3. Padavine

Uticaj padavina kao samostalnog faktora na brzinu raspadanja leša je dosta teško ustanoviti jer su padavine u uskoj povezanosti sa temperaturom. Tokom kišnih padavina, larve bivaju stacionirane u unutrašnjoj šupljini trupa i na taj način bivaju zaštićene i nesmetano nastavljaju da se hrane. Archer (2004) u svojim istraživanjima sugerise da padavine mogu povećati stopu raspadanja kod novorođenčadi tako što penetriraju u tkiva i time obezbeđuje vlagu za bakterije i larve čime se sprečava isušivanje tkiva. Međutim, ovaj autor takođe ukazuje da padavine i vlaga u tlu mogu potencijalno ometati proces raspadanja zbog smanjenja temperature putem isparivačkog hlađenja i smanjenog gubitka mase zbog povećanog sadržaja vode (Myburgh, 2010).

2.2.1.4. Individualne varijacije

Na proces raspadanja mogu uticati i fizički uslovi između samih individua. Naime, manji leševi teže bržoj skeletonizaciji nego leševi sa višim sadržajem telesne masti iz razloga što prekomerna količina telesne masti može remetiti proces rasipanja toplote, a toplota služi kao esencijalna komponenta brze razgradnje. *Ante mortem* infekcija takođe može doprineti ubrzanom raspadanju zahvaljujući mikrobiološkim agensima koji su već aktivni unutar tela pre početka raspadanja. Rane na telu isto ubrzavaju raspadanje jer pružaju dodatna mesta za hranjenje i odlaganje jaja insekata (Dautartas, 2009; Stuart, 2003).

2.2.1.5. Aktivnost insekata

Aktivnost insekata je vrlo važna komponenta u procesu raspadanja leša. Insekti imaju veliki uticaj na promene posle smrti jer uklanjaju meko tkivo koje utiče na stopu raspadanja (Simmons i sar., 2010; Watson i Carlton, 2003; Bass, 1997). Aktivnost insekata traje sve dok ima izvora hrane na lešu. Njihova aktivnost u uklanjanju mekog tkiva predstavljena je u pet faza: ovipozicija, „minimalna aktivnost crva“, „umerena aktivnost crva“, „ekstremna aktivnost crva“ i pojava buba (Larizza, 2010). Sa forenzičkog aspekta, najvažniji artropodi su vrste iz reda *Diptera* (mušice) i *Coleoptera* (bube). *Calliphoridae* su među prvim insektima koji koloniziraju leš posle uginuća (Amendt i sar., 2004). Istraživanje koje su sprovodili Shean i sar. (1993) vezano za dekompoziciju leševa svinja izloženih delovanju sunčeve svetlosti pokazalo je da su bube bile prvi insekti koji su u prvih 20 minuta posle uginuća naselile leš uginulih životinja. One imaju veoma važnu ulogu u procesu raspadanja leševa naročito u naprednoj fazi raspadanja (Castro i sar., 2013; Teresa i sar., 2011; Ozdemir i Sert, 2009).

2.2.2. Autoliza

Autoliza je hemijski proces uzrokovan lizozomalnim unutarćelijskim enzimima koji uzrokuju razgradnju ćelija, tkiva i organa (Shirley i sar., 2011; Love i Marks, 2003). Autoliza obično počinje u ćelijama koje su metabolički aktivne ili sadrže veliku količinu vode, lizozoma i hidrolitičkih enzima (Cooper JE i Cooper ME, 2007). Na autolizu su najosetljiviji organi koji su uključeni u proizvodnju adenozin trifosfata kao što su jetra i mozak dok su mišićna vlakna, vezivno tkivo i epidermis znatno otporniji (Hau i sar., 2014). Za nastanak autolize odlučujući faktor je prestanak dotoka kiseonika. Tokom prvih 30 časova nakon smrti u srcu, jetri i bubrezima dolazi do brzog pada pH vrednosti na 4,7. Autoliza se odvija u dve faze. U prvoj fazi, glikoliza dovodi do koncentracije mlečne kiseline sa padom pH vrednosti. U drugoj fazi, oko 48 časova nakon smrti, sve više dolazi do proteolize koja pod aerobnim uslovima dovodi do raspadanja proteina i stvaranja ugljen dioksida i amonijaka, pri čemu pH vrednost raste prema alkalnoj sredini (Mayer, 2006). Autoliza zavisi od brojnih faktora, kao što su temperatura, vlažnost vazduha i uticaji iz okoline. Visoke temperature ubrzavaju autolizu, dok je hladnoća usporava. Smrzavanje može zaustaviti proces, a u nekim slučajevima i znatna toplota može inaktivisati unutarćelijske enzime. Organi koji imaju više enzima, kao što su jetra i gušterača brže podležu autolizi. Autoliza tkiva odvija se bez znakova imunološke ili upalne reakcije što je njena bitna karakteristika i po tome se može razlikovati od nekroze koja je uvek zaživotan proces. Najsnažnija autoliza razvija se pri temperaturi od 37 do 40 °C, porastom ili padom temperature može se inhibirati, a nakon zamrzavanja pa odmrzavanja ona se ubrzava (Parkinson i sar., 2009; Džaja i Grabarević, 2011).

2.2.3. Putrefakcija

Putrefakcija odnosno truljenje je transformativan i destruktivan proces izazvan kombinovanim delovanjem anaerobnih bakterija iz leša i aerobnih bakterija iz okoline (Li i sar., 2016; Byard i sar., 2008; Jain, 2004). Nakon smrti bakterije gastrointestinalnog trakta

koje uzrokuju truljenje šire se telom. Nakupine bakterija stvaraju sumporvodoničnu kiselinu koja se spaja sa hemoglobinom u sulfmetemoglobin, koji prebojava okolno tkivo, a ovu pojavu nazivamo pseudomelanozom (Dent i sar., 2004; Larizza, 2010). Truljenje se najbrže odvija na temperaturi od 25 do 30 °C uz srednju vlažnost. Temperature ispod 5 i iznad 40 °C uzrokuju slabljenje procesa truljenja. Kod visokih spoljašnjih temperatura brzina raspadanja je ubrzana i trup može dostići naprednu fazu truljenja unutar 24 časa. U zemlji se proces truljenja razvija sporo jer je temperatura ljeti oko 10, a zimi oko 5 °C u našem kontinentalnom području. Smrznuti leševi često imaju raširenu ružičastu diskoloraciju sluznice usta, potkožnog tkiva, mišića, serozne površine creva (Green i sar., 2001). Truljenje je ubrzano kod životinja koje su pre smrti bile septične što je posebno izraženo kod enterotoksemije. Krajnji produkt truljenja su tečnosti i stvaranje gasova kao što su amonijak, sumporvodoničnu kiselinu, ugljen dioksid (Gennard, 2007). Navedeni gasovi su neprijatnog mirisa prilikom čega nastaje truležni zadrž (foetor putrefactionis), a nakon toga gasovi uzrokuju truležnu naduvenost (emphysema putrefactionis) zbog čega meka tkiva pucaju, a trbušna šupljina se ispunjava gasovima (postmortalni meteorizam želuca, creva i trbušne šupljine). Ako dođe do ruptur, dolazi do izlaska gasova što ima za posledicu smanjenje težine leša, a ako se leš nalazi u vodi, isplivava na površinu (Vij, 2008). Početni stepen truljenja se karakteriše pseudomelanozom, srednjom histolizom, hemolizom, transudacijom i imbibicijom, a krajnji predstavlja stvaranje truležnih emfizema. Važnost truljenja ogleda se u sigurnosti utvrđivanja smrti – stepen truljenja može biti dobar dokaz o vremenu smrti, a ponekad truležni zadrž može pomoći pri otkrivanju leša. Nedostatak ovog postmortalnog procesa je da uništava fiziološke i anatomske odnose i patoanatomske promene, što znatno otežava dijagnostiku i identifikaciju (Hau i sar., 2014). Na truljenje se u većini slučajeva nadovezuje potpuno raspadanje (*decompositio*), većinom od četiri do šest meseci posle smrti. To se dešava zbog hemijskih procesa koji se sastoje u oksidaciji organskih sastojaka i njihovom prelasku u sumpornu i fosfornu kiselinu. Pri tome

nastaje miris užegle masti. Nastanku raspadanja uveliko doprinose insekti i to najčešće muve. Potapanje leševa u vodu ili zakopavanje u zemlju može značajno uticati na brzinu raspadanja. Naime, zakopavanje u zemlju usporava raspadanje održavajući nižu temperaturu okoline izostankom kiseonika (Džaja i Grabarević, 2011).

2.3. Postmortalni znaci ili promene

Postmortalne promene ćelija i tkiva nastaju nakon zaustavljanja cirkulacije i nazivaju se znaci smrti – *signa mortis*. Variraju po brzini nastanka, zavisno od temperature i vlažnosti okoline i stanja uhranjenosti životinje. Ono što je važno napomenuti jeste da mogu poslužiti u određivanju starosti leša, odnosno koliko je vremena prošlo od uginuća životinje do početka obdukcije (Tsokos, 2005; Listos i sar., 2018). Postmortalne promene svrstane su u dve grupe: redovne promene ili rani postmortalni znaci koje nakon određenog vremena nastaju na svakom lešu (*algor, rigor i livor mortis*) i povremene promene ili kasni postmortalni znaci - maceracija, mumifikacija i saponifikacija (Tibbett i Carter, 2009; Lunetta i Modell, 2005)

2.3.1. *Algor mortis* – hlađenje leša

Hlađenje leša je postepeno izjednačavanje telesne temperature tela sa temperaturom okoline (Goff, 2009; Reddy i Lowenstein, 2011)). Iako se uglavnom smanjuje, temperatura leša, najčešće površinska, može i porasti ako je temperatura okoline veća od telesne temperature u vreme smrti. Temperatura tela nakon uginuća može porasti za 1 do 2 stepena u slučajevima kada je uzrok uginuća zarazna bolest. U mladih i mršavih leševa, hlađenje pri niskim spoljašnjim temperaturama je brže nego u starijih i dobro uhranjenih životinja (Spencer, 2013). Koncept procene PMI na osnovu primene hlađenja leša, baziran je na pretpostavci da leš počinje da se hladi posle uginuća pilikom čega dolazi do prekida ćelijskih aktivnosti koje generišu toplotu i održavaju telesnu temperaturu (Smart, 2010).

Brzina hlađenja leša zavisi od:

1. veličine životinje – što je veća životinja, sporije se hladi

2. stepena uhranjenosti – što je životinja uhranjenija, sporije se hladi
3. spoljašnje temperature – što je temperatura okoline niža, leš se brže hladi
4. uzroka uginuća – kod tetanusa i trovanja strihninom nakon uginuća temperatura poraste

Za procenu vremena uginuća, moraju se znati telesna temperatura u vreme nastanka smrti i brzina hlađenja, imajući u vidu „fiziološku“ telesnu temperaturu za određenu vrstu (Demierre i sar., 2009). U obzir se moraju uzeti i svi faktori koji mogu uticati na telesnu temperaturu u trenutku smrti, kao što je disfunkcija mozga od traume ili bolesti, što može i podići ili spustiti telesnu temperaturu ako je zahvaćen centar za termoregulaciju. Na proces gubljenja toplote utiče provodljivost (podrazumeva gubitak toplote prenosom na objekat sa kojim je trup u kontaktu), konvekcija (podrazumeva brzinu strujanja vazduha iznad trupa koja ga tako i hladi) i radijacija (gubitak toplote trupa putem infracrvenih zraka). Uz temperaturu okoline, brzina hlađenja zavisi i od telesne kondicije jer mast deluje kao izolator i usporava hlađenje (Džaja i Grabarević, 2011; Smart i Kaliszan, 2012).

2.3.2. Rigor mortis – mrtvačka ukočenost

Potpuno razvijena mrtvačka ukočenost vrlo se lako utvrđuje i predstavlja siguran znak uginuća. Mrtvačka ukočenost se deli na običnu koja se dalje deli na ascedentni i descedentni tip i kataleptičku mrtvačku ukočenost. Najčešće nastupa oko 1 do 6 časova nakon uginuća i može trajati od nekoliko sati do nekoliko dana (Janaway, 1996; Saukko i Knight, 2004). Ona protiče kroz nekoliko faza kao što su: početak, stepen izraženosti, trajanje i završetak. Prethodi joj mrtvačka mlohavost – *flacciditas mortis*. Rigor mortis nastaje zbog razgradnje ATP-a, što ima za posledicu manjak energije koja je neophodna za održavanje relaksacije (Swift, 2006). U prvim satima nakon uginuća, mišićni glikogen napaja ciklus hidrolize i ponovne sinteze ATP-a. Osim ATP-a, mrtvačka ukočenost zavisi od mase muskulature i od spoljašnje temperature jer je ona uvek više izražena kod muskuloznih životinja nego kod

mršavih i iscrpljenih, odnosno pre dolazi do izražaja pri višim nego pri nižim temperaturama (Brooks, 2016; Dokmanović i sar., 2014).

Kataleptička mrtvačka ukočenost (*spasmus cadavericus*) nastupa u trenutku smrti i najčešće se sreće kod iznemoglih životinja, životinja sa oštećenjem nervnog sistema i grudnog koša, kao i kod iscrpljenosti životinja neposredno pre uginuća (Bedford i Tsokos, 2013).

Obična mrtvačka ukočenost je podeljena na mrtvačku ukočenost skeletne muskulature, mrtvačku ukočenost srca i mrtvačku ukočenost glatke muskulature. Kod mrtvačke ukočenosti skeletne muskulature, prvo se koče mišići koji su tokom života bili najviše u funkciji (žvakaći mišići, mišići vrata, trupa, prednjih i zadnjih ekstremiteta). Ovakav nastanak mrtvačke ukočenosti na lešu naziva se descendentni tip (*typus descendens*).

Mrtvačka ukočenost skeletne muskulature nastaje za 2 do 8 časova i traje od 24 do 48 časa. Kod bolešću ili gladovanjem iscrpljenih životinja, brzim nastankom uginuća, mrtvačka ukočenost nastaje brže i ujedno i pre popušta. Jača je ukočenost kod muskuloznih životinja kada je smrt nastupila brzo, dok je kod atrofične muskulature ili muskulature sa degenerativnim promenama, ukočenost daleko slabijeg intenziteta. Mrtvačka ukočenost pre nastaje pri visokim spoljašnjim temperaturama, nego pri nižim. Ukočenost je vrlo teško ustanoviti kod leševa koja su bila zamrznuta ili u hladnoj vodi. Mrtvačka ukočenost srčane muskulature počinje od 1 do 2 časa i traje od 20 do 30 časova nakon uginuća. Prvo na srcu nastaje rigor sistola leve komore, zatim desne i na kraju pretkomore. Srce prestaje sa radom u dijastoli, ali degenerativni i upalni procesi na srcu mogu sprečiti ili usporiti proces kočenja. Mrtvačka ukočenost glatke muskulature počinje 10 minuta nakon uginuća i traje od 1 do 2 časa. Najintenzivnija je u pilorusnom delu želuca kao i u tankim crevima (Džaja i Grabarević, 2011; Prašović i sar., 2012).

2.3.3. *Livor mortis* – mrtvačke mrlje

Prestankom rada srca se nezgrušana krv pod uticajem gravitacije sleže u distalne partije tela dovodeći do nastanka mrtvačkih mrlja koje se uočavaju na onoj strani tela na kojoj životinja leži (Lee, 2009). Zbog ishemije, u gornjim delovima tela nastaje mrtvačko bledilo (*pallor mortis*). Boja mrtvačkih mrlja zavisi od pigmentiranosti kože i sastava krvi i obično je to tamno plava do ljubičasta boja. Sama boja može upućivati na uzrok uginuća pa se tako svetlije mrtvačke mrlje, obično rozocrvene boje nalaze kod trovanja ugljen-monoksidom, karboksi-hemoglobinom, cijanidima i kod smrzavanja leševa, a tamnije u slučaju trovanja nitritima (Hau i sar., 2014). Uginuća usled asfiksije karakterišu jako dobro izražene tamnoljubičaste mrlje. Kod iskrvarenja i anemije mrlje su jedva primetne ili ih nema. U veterinarskoj medicini je, za razliku od humane medicine, uočavanje mrtvačkih mrlja na koži zbog obraslosti tela dlakom daleko teže. Njihovo prisustvo se bolje uočava prilikom obdukcije i to u potkožnom tkivu i beonjačama, a od unutrašnjih organa u mozgu, bubrezima i plućima. Hipostaza započinje prestankom rada srca, postaje vidljiva već u prvim satima nakon smrti, a najjasnije je izražena 8-12 časova postmortalno. Prvih 12 časova nakon smrti se boja hipostatskih promena na pritisak prsta gubi. Nakon tog perioda, a usled postmortalne hemolize eritrocita i izlaska hemoglobina iz krvnih sudova, dolazi do obojenja okolnog tkiva u tamnocrvenu boju, čime nastaje fiksacija mrtvačkih mrlja. Ova pojava se naziva krvnom imbibicijom i nastaje 12 do 24 časa nakon smrti. Osim imbibiranja tkiva krvnim pigmentima, postmortalno nastaje i bojenje tkiva žučnim pigmentima. Osim što boja mrtvačkih mrlja može ukazati na mogući uzrok smrti, a sam raspored na to da li je leš pomešan postmortalno, u suštini je nepouzđano tumačiti PMI na osnovu samo ove postmortalne promene (Šatrović i sar., 2011).

2.3.4. Zgrušavanje krvi (*coagulatio sanguinis postmortalis*)

U normalnim uslovima krv se počinje zgrušavati pola do 1 čas nakon uginuća. Najbrže se grušava u srcu i velikim krvnim sudovima gde je i volumen krvi najveći. Zgrušana krv se zajednički naziva koagulum, ali budući da se može zgrušati i zaživotno i postmortalno, postoje i različiti nazivi koji to opisuju. Zaživotno zgrušavanje krvi u krvnim sudovima naziva se tromboza, a tako nastali ugrušak tromb (*thrombus*). Postmortalni krvni ugrušak naziva se kruor (*cruor*), a može biti crven, beo i mešovit. Crveni (*hepar sanguineum*) može nastati kada je smrt nastupila brzo (*mors subitanea*) te nije bilo vremena da se eritrociti kao teži istalože u niže delove koaguluma. Beli koagulum (*crusta lardacea*) pokazuje da je agonija dugo trajala te je bilo dovoljno vremena da se eritrociti natalože. Mešoviti koagulum predstavlja zajednički nalaz i crvenog i belog što se u veterinarskoj patologiji najčešće uočava. U nekim slučajevima krv u lešu će se sporije ili se uopšte neće zgrušavati, dok će u drugim slučajevima proces zgrušavanja biti ubrzan (fibrinozna pneumonija). Krv u lešu neće se zgrušavati kod iznenadnih uginuća, a posebno onih izazvanih utapanjem, gušenjem, udarom groma i struje, septikemijskim bolestima. Veća količina krvnog ugruška u levoj polovini srca ukazuje na smrt zbog prestanka rada srca (*mors per syncopem*), odnosno na zaživotno postojanje degenerativnih bolesti ili miokarditisa, zbog čega nije nastupila postmortalna mrtvačka ukočenost miokarda (Džaja i Grabarević, 2011; Prašović i sar., 2012).

2.3.5. Maceracija leša (*maceratio*)

Maceracija predstavlja razmekšavanje tkiva u tečnosti bez prisustva ili aktivnosti bakterija. Maceracija se najčešće dešava nakon intrauterinog uginuća fetusa koji se nalazi u amnionu. Macerirani plod je razmekšan, a epidermis se odvaja od dermisa dok se ekstremiteti lako odvajaju od trupa. Odvajanje epidermisa započinje 6 časova nakon smrti, a najizraženije je nakon 12 časova (Šatrović i sar., 2011). Leš potopljen u vodu znatno se sporije raspada u odnosu na leš koji je ostavljen na vazduhu. Uprkos usporenom raspadanju pod uticajem

hladne vode, takvi su leševi nakon pronalaska često u uznapredovalom stadijumu raspadanja (Džaja i Grabarević, 2011).

2.3.6. Mumifikacija leša (*mumificatio*)

Mumifikacija je sušenje mekog tkiva (Pinheiro, 2006; Guharaj i Chandran, 2003). Ona nastaje ako se leš nalazi u struji toplog i suvog vazduha uz vlažnost od 10 do 16,5 %, što inhibitorno utiče na truležno raspadanje. Ovi uslovi dovode do veoma brzog sušenja čime je onemogućen razvoj truležnih promena. Mumifikacija nastaje u toplim i suvim vremenskim uslovima kada telo naglo dehidrira (Hau i sar., 2014; Džaja i Grabarević, 2011; Prašović i sar., 2012). Razlikujemo primarnu i sekundarnu mumifikaciju. Primarna nastaje neposredno nakon uginuća usled brzog sušenja površinskih delova tela kada je onemogućeno truljenje, a sekundarnoj prethodi truljenje i leš se u ovom slučaju suši u manje ili više raspadnutom stanju. Mumifikacija može da zahvati celi leš ili njegove pojedine delove, dugotrajan je proces i obično traje od 6 meseci do godinu dana u zavisnosti od spoljašnjih uslova u kojima se nalazi. Mumificirani leševi usled gubitka tečnosti gube na težini i postaju i do deset puta lakši. Manji leševi se suše brže od velikih (Šatrović i sar., 2011; Aturaliya i Lukasewycz, 1999).

2.3.7. Saponifikacija leša (*saponificatio*)

Saponifikacija podrazumeva nastanak voštanih masa i najuočljivija je promena u tkivima bogatim mastima, naročito u potkožnom tkivu. Nastaje kod leševa zakopanih u zemljištu koje je siromašno kiseonikom, a bogato vlagom, kao što su glina ili ilovača. Nastaje i kod leševa koji obiluju sa tečnosti i onih koji se nalaze u vodi ili u plastičnim vrećama. U procesu saponifikacije pod uticajem bakterijskih enzima dolazi do hidrolize telesnih masti na slobodne zasićene i nezasićene masne kiseline. Nezasićene masne kiseline sa vodonikom stvaraju sapun kao krajnji produkt saponifikacije (Notter i sar., 2009). Saponificirano masno tkivo je lepljivo i sapunasto, sivobele do smeđe boje, a nakon sušenja postaje čvrsto poput

gipsa. Proces saponifikacije počinje od površine tela te postepeno zahvata i unutrašnjost. Saponifikacija se obično razvija za tri meseca i dugo vremena uspeva očuvati oblik tela i organa (Šatrović i sar., 2011; Prašović i sar., 2012; Merck, 2007). Proces saponifikacije protiče kroz nekoliko faza. Prva faza se ogleda u lipolizi masnog tkiva i traje oko 2 meseca. U drugoj fazi, masno tkivo prelazi u sapun i to traje od 3 do 4 meseca. U trećoj fazi saponifikacije i belančevine iz mišića prelaze u masti, a preko njih u sapune. To se događa od 6 do 12 meseci posle uginuća. Notter i sar. (2009) u svojim istraživanjima navode da adipocere mogu da se formiraju i za mesec dana uz odgovarajuće uslove u kontrolisanom okruženju. Saponifikacija je od posebnog značaja za sudske svrhe jer dugo vremena nakon završetka procesa omogućuje identifikaciju a ujedno može da ukaže i na starost leša (Džaja i Grabarević, 2011).

2.3.8. Pseudomelanoza

Pseudomelanoza se može ustanoviti kod svih vrsta životinja kao polja zelenkaste do crne diskoloracije tkiva. Nastaje kao posledica delovanja bakterijskih truležnih procesa, pri čemu nastaje vodonik sulfid (H_2S). On se veže sa hemoglobinom i nastaje sulfmethemoglobin koji oboji tkivo sivozeleno ili tamnozeleno. Ako nastaje gvožđe sulfid, tkivo će poprimiti i crnu boju (Roberts i Dabbs, 2015). Može nastati veoma rano nakon smrti životinje, naročito na crevima. Uobičajno se ustanovi na bubrezima, jetri ili slezini u kontaktu sa crevima, kao i na samim crevima. Kod starijih leševa, pseudomelanoza se vidi i na koži koja može biti prljavocrvena ili prljavozelena (Prašović i sar., 2012).

2.4. Faze raspadanja leševa

Faze raspadanja su najčešće determinisane posmatranjem i opisivanjem postmortalnih promena koje se dešavaju na lešu nakon uginuća (Galloway i sar., 1989; Hau i sar., 2014). Postoji pet faza tokom procesa raspadanja i to su: sveža, naduvena, aktivno raspadanje, napredno raspadanje i skeletni stadijum ali ponekad faza naduvenosti i aktivnog raspadanja se

inkorporiraju u jednu fazu i to fazu ranog raspadanja (Statheropoulos i sar., 2011; Ueland i sar., 2015; Wilson i sar., 2007).

2.4.1. Sveža faza raspadanja – *fresh stage*

Sveža faza započinje odmah po nastanku uginuća i traje do prvih znakova naduvenosti. Najčešće traje od 1 časa do 3 dana u zavisnosti od nekoliko spoljašnjih faktora kao što su uticaj sezone, aktivnosti insekata i vlažnosti (Wagster, 2007; Statheropoulos i sar., 2011; Mann i sar., 1990). U ovoj fazi se javlja autoliza prilikom čega dolazi i do ispoljavanja ranih postmortalnih promena uključujući *algor*, *rigor* i *livor mortis* (Zhou i Byard, 2011; Parsons, 2009). Miris kao i ostale promene raspadanja su slabije izražene. Tokom ove faze dolazi do početnog zelenkastog prebojavanja kože i abdomena. Prvi insekti koji kolonizuju leš su u najvećem broju slučajeva muve iz familija *Calliphoridae* i *Sarcophagidae* koje se mogu pojaviti u roku od 10 minuta nakon uginuća. Ove muve započinju kolonizaciju preko prirodnih otvora kao što su nosni otvori, usta, uši i genitalni otvori (Hau i sar., 2014).

2.4.2. Faza naduvenosti – *bloated stage*

Tokom ove faze započinje proces truljenja. Kao proizvod metaboličke aktivnosti truležnih bakterija dolazi do stvaranja gasova što se prvo manifestuje naduvenošću abdomena. Prvi znaci naduvenosti abdomena se uzimaju kao početak faze naduvenosti. Kako se truljenje nastavlja tako celo telo postaje naduveno (Dekeirsschieter i sar., 2009; Gebhart i sar., 2012). U ovoj fazi leš postaje veoma privlačan adultnim movama familije *Calliphoridae*, koje su najverovatnije privučene mirisima koji postaju sve intenzivniji. Spolja na lešu se uočavaju larve muva u velikim populacijama naročito oko mesta primarne kolonizacije (prirodni otvori), međutim njihov broj je znatno veći u unutrašnjosti leša. Usled velikog pritiska gasova dolazi do curenja telesnih tečnosti kroz prirodne otvore. Na ovu fazu veliki uticaj može imati spoljašnja temperatura. Ako je spoljašnja temperatura visoka, faza naduvenosti će se pojaviti brže i trajaće od 2 do 5 dana, dok za vreme hladnijih temperatura može trajati i nekoliko

nedelja. Ovo se najčešće dešava za vreme zimskog perioda kada se javljaju procesi zamrzavanja i odmrzavanja (Goff, 2009; Statheropoulos i sar., 2011; Johnson, 1975).

2.4.3. Faza aktivnog raspadanja – *Active decay*

Ova faza započinje pucanjem kože što omogućava izlazak gasova što dalje dovodi do „ispumpavanja“ tela. Početni deo ove faze se karakteriše izuzetno jakim mirisima. U ovoj fazi dolazi do zatamnjenja kože i kada kosti postanu vidljive dolazi do završetka ove faze. Jedna od karakteristika ove faze je velika aktivnost insekata, među kojima su najdominantnije larve *Calliphoridae*. Wagster (2007) navodi dva važna procesa koja se dešavaju u ovoj fazi. Prvo, kiseonik ulazi u trup leša zahvaljujući velikoj invaziji insekata koji doprinose raspadanju, a nakon toga dolazi do sve većeg raspadanja unutrašnjeg tkiva zahvaljujući enzimima koje izlučuju crvi. Ova faza najčešće traje od desetog do dvadesetog dana (Statheropoulos i sar., 2011; Hau i sar., 2014).

2.4.4. Faza naprednog raspadanja – *Advanced decay*

Ova faza se odlikuje time da se sastoji samo od kostiju, kože i hrskavice. Ukoliko postoje još neki delovi drugih tkiva oni su najčešće potpuno sasušeni. Familije muva koje su bile dominantna karakteristika svih prethodnih faza (*Calliphoridae* i *Sarcophagidae*) se više ne mogu pronaći na lešu, a miris je značajno smanjen (Ahmad i Ahmad, 2009; Wagster, 2007; Terneny, 1997). Jedna od glavnih karakteristika ove faze raspadanja je povećanje diverziteta i brojnosti parazitoida i predatora kao i zemljišnih insekata. Ova faza najčešće traje od dvadesetog do pedesetog dana (Statheropoulos i sar., 2011).

2.4.5. Faza skeletonizacije – *skeletonization stage*

Faza skeletonizacije počinje onda kada ostanu samo kosti. U ovoj fazi raspadanja najčešće pronađeni insekti su *Cleridae*, *Dermestidae* i *Scarabaeidae* (Statheropoulos i sar., 2011; Braig i Perotti, 2009). Dužina trajanja ove faze je izuzetno promenljiva u zavisnosti od biogeoklimatske zone. Kada leš dostigne skeletnu fazu, raspadanje se usporava i napreduje u vremenskom okviru godina ili decenija (Barnes, 2000; Ross i Cunningham, 2011).

Pored vizuelnog pregleda korišćenjem prethodno navedenih faza, sprovedeno je nekoliko istraživanja sa ciljem da se pokušaju pronaći dodatni načini za utvrđivanje faza raspadanja leševa. Vass i sar. (1992) su analizirali isparljive masne kiseline koje telo oslobađa u zemljište da bi se pronašao odnos između isparljivih masnih kiselina u zemljištu ispod leša i faze razgradnje. U istraživanju je utvrđeno da su elektroliti bili prve supstance koje su propuštane u zemljište i da su isparljive masne kiseline ustanovljene u zemljištu tokom faze naduvenosti i aktivnog raspadanja. U narednim istraživanjima, Vass i sar. (2002) su ustanovili da način procene PMI može biti zasnovan na raspadanju specifičnih biomarkera pronađenih u uzorcima tkiva nekih organa. Naime, ovi autori su došli do zaključka da je oksalna kiselina važno jedinjenje koje se može koristiti za lakšu procenu PMI zbog njegove lakše detekcije pri uzimanju uzoraka i specifične reakcije redukcije kroz koje prolazi. Međutim, uprkos brojnim istraživanjima vizuelna identifikacija tokom procesa raspadanja leša i dalje ostaje najbolji način da se napravi razlika između pojedinih faza raspadanja (Bell, 2013).

2.5. Forenzička entomologija

Forenzička entomologija se bavi proučavanjem insekata koji se nalaze na trupovima u različitim fazama raspadanja i njihovih razvojnih stadijuma. Vrlo je važno pravilno skupljanje i čuvanje uzoraka. Primarni cilj baziran je na analizi insekata za sudske slučajeve kako bi se otkrio PMI (Sharanowski i sar., 2008; Tabor i sar., 2005; Bonacci i sar., 2011). Adekvatnim skupljanjem i dokumentacijom, forenzička entomologija može ustanoviti najtačniju procenu vremena uginuća. Anderson i VanLaerhoven (1996) ukazuju da je nakon 72 časa, forenzička entomologija najtačniji metod za određivanje vremena uginuća. Trup uginule životinje služi kao izvor hrane za insekte. Raspadanje životinje privlači insekte određene vrste u različito vreme, zavisno od godišnjeg doba i vremenskih uslova. Trup se menja u svom sastavu biološki, fizički i hemijski što privlači insekte tokom vremena, a to se nastavlja sve dok ima izvora hrane za insekte ili sve dok se uslovi u okolini ne promene i spreči dalje hranjenje

(Džaja i Grabarević, 2011). Visoke temperature dovode do povećanja broja i vrste insekata, a hladnije temperature smanjuju broj i vrstu insekata. Brzina raspadanja je povećana sa toplijim temperaturama i povećanom aktivnošću insekata, dok je na hladnijim temperaturama smanjena i brzina raspadanja i aktivnost insekata (Parsons, 2009). Najvažniji uzorak koji se koristi u forenzičkoj entomologiji je larva muve, jer je muva prvi insekt koji kolonizuje leš nakon uginuća. Larve muve se ustanove u otvorima na lešu i oko njih, ranama, oko prednjih nogu i drugim telesnim šupljinama. Prepoznavanjem životnog ciklusa muve, odnosno razvojnih stadijuma larvi, može se koristiti za procenu vremena uginuća kod svežih leševa i u prvim nedeljama nakon uginuća. Ako su leševi stari više od 10 dana, za procenu starosti leša može pomoći istraživanje i drugih insekata koji se ustanove na lešu (Prašović i sar., 2012; Brooks, 2016).

3. CILJEVI I ZADACI ISTRAŽIVANJA

Osnovni cilj istraživanja u ovoj disertaciji je da se izvrši komparacija brzine nastanka postmortalnih promena i diferencijacije u procesu raspadanja na leševima svinja u zavisnosti od mesta gde se nalazi leš. Imajući u vidu da svaka mikrolokacija ima svoje karakteristike, samim tim i brzina razlaganja leševa neće biti ista za leševe postavljene u različite medijume a na istoj geografskoj lokaciji. Ostali ciljevi ispitivanja u ovoj disertaciji su da se zabeleže makroskopske promene tokom vremena na leševima koji se nalaze u različitim mikrolokacijama: obešeni u vazduhu, zakopani u zemlji, položeni u drveni sanduk pa zakopani u zemlji i u vodi.

Na osnovu postavljenih ciljeva proizilaze sledeći zadaci:

- izabrati leševe svinja koje su uginule unutar 12 časova od postavljanja oglada i koji nisu imali izraženih kliničkih simptoma prisustva nekog oboljenja;
- nakon 14., 28., 120. i 180. dana od postavljanja oglada, izvršiti detaljan makroskopski pregled leševa, zabeležiti sve promene i uraditi detaljnu obdukciju, sa posebnim naglaskom na stepen razgradnje unutrašnjih organa;
- izvršiti merenje leševa na početku oglada i prilikom beleženja promena (obdukcije) i utvrditi na kojoj mikrolokaciji dolazi do najbržeg smanjenja težine leševa;
- utvrditi stepen razgradnje leševa, kvantifikovati promene i komparacijom promena ustanoviti u kom medijumu (mikrolokaciji) je došlo do najbržeg, odnosno najsporijeg razlaganja leševa.

U ovom istraživanju prilikom makroskopskih pregleda, leševi svih eksperimentalnih grupa će imati isti PMI, koji je određen na početku oglada, svi leševi su postavljeni na istoj lokaciji u isto vreme i samim tim izloženi istim atmosferskim prilikama, ali u različite medijume (mikrolokacije). Poređenje stepena razlaganja kroz iste vremenske intervale ukazaće na uticaj mesta polaganja leša na brzinu razvoja postmortalnih promena. Rezultati istraživanja treba da daju doprinos u mogućnosti određivanja PMI, što je izuzetno važno u forenzičkoj proceni vremena nastanka smrti.

4. MATERIJAL I METOD RADA

Istraživanje je sprovedeno u Republici Srbiji, na teritoriji Autonomne pokrajine Vojvodine, u ruralnom području, koje je udaljeno od naseljenog mesta, ograđeno i obezbeđeno od pristupa drugih životinja i ljudi (45°21'55.68"N 19°47'22.63"E). Domaća svinja je korišćena kao životinjski model jer je po karakteristikama slična ljudskom organizmu. Smatra se da svinje imaju slične modele razlaganja kao i ljudi zbog njihove sličnosti u samoj internoj anatomiji, crevnoj flori, odnosu masti i mišića kao i promenama na koži (Sukchit i sar., 2015; Myburgh i sar., 2013).

4.1. Izbor leševa za ispitivanje

Za potrebe istraživanja, korišćeni su leševi svinja sakupljeni sa devet komercijalnih farmi ukupne populacije 200 hiljada grla. Kriterijumi pri izboru životinja za potrebe istraživanja bili su sledeći: da životinje nisu imale kliničke simptome bolesti u momentu nastanka uginuća, uz odsustvo pozitivne anamneze bolesti, da su bile u dobroj kondiciji, i da nije prošlo više od 8 časova od uginuća životinje. Leševi su postavljeni na četiri načina: postavljanjem leša u viseći položaj u vazduhu, zakopavanjem u zemlju, postavljanjem leša u drveni sanduk koji je zakopan u zemlju i postavljanjem leša u plastično bure sa vodom. Težina leševa kretala se u intervalu između 13,5 i 45,2 kg u zavisnosti od izbora mesta za skladištenje leševa za sprovođenje istraživanja. Istraživanje je sprovedeno tokom jesenjeg, zimskog i prolećnog perioda, u intervalu od 22. oktobra 2016. godine do 29. aprila 2017. godine. Tokom ovog perioda, praćena je evidencija o temperaturi i količini padavina korišćenjem podataka od strane Republičkog hidrometeorološkog zavoda Republike Srbije, čija meteorološka stanica se nalazi u blizini mesta eksperimenta. Nakon određenog vremenskog perioda, leševi su bili uzeti iz prethodno navedenih medijuma gde su postavljeni i

dopremljeni u obdukcionu salu za patologiju na Poljoprivrednom fakultetu, Departmana za veterinarsku medicinu u Novom Sadu gde je urađena obdukcija uz detaljan opis spoljašnjih promena na lešu i pregled pojedinih unutrašnjih organa.

4.1.1. Leševi svinja u vazduhu

Istraživanje je vršeno na mestu koje je zaštićeno od direktnog uticaja sunčeve svetlosti, obraslo travom i drvećem. Četiri leša svinja, težine (AV – 19,3 kg, BV – 17,4 kg, CV – 17,7 kg, DV – 27 kg) obešena su bila kanapom u predelu vrata o metalnu cev postavljenu između dva drveta (slika 1). Razmak između svakog leša bio je 50 centimetara a visina zadnjih ekstremiteta leša oko 1,5 m iznad površine zemlje. Leševi su posmatrani prve dve nedelje svaki drugi dan, a druge dve nedelje svaki četvrti dan, a nakon četvrte nedelje svakih 10 dana u periodu između 8 i 16 časova. Svaka opservacija leševa dokumentovana je bila pisanim izveštajima i fotografijama koristeći opis promena na lešu. Za makroskopsko opisivanje promena na leševima, korišćene su faze raspadanja prema Statheropoulos i sar. (2011) (tabela 4). Leš AV je skinut sa vešanja nakon 14 dana, BV nakon 28 dana, CV nakon 120 dana, a DV nakon 180 dana od početka sprovođenja istraživanja.



Slika 1. Dan 0. Leševi svinja u vazduhu obešeni kanapom za potrebe istraživanja

4.1.2. Leševi svinja zakopani u zemlju

Za potrebe istraživanja uzeta su četiri leša svinja, težine (AZ – 31 kg, BZ– 32 kg, CZ – 22,8 kg, DZ – 45,2 kg) koja su bila postavljena sa lateralne strane i tako zakopana u rupu u zemlji, dimenzija 100 x 50 x 50 cm (slika 2). Razmak između dve rupe gde su leševi bili postavljeni bio je 5 m. AZ je iskopan iz zemlje posle 14 dana, BZ nakon 28 dana, CZ nakon 120 dana, a DZ nakon 180 dana od početka sprovođenja istraživanja. Za makroskopsko opisivanje promena na leševima, korišćene su faze raspadanja prema Statheropoulos i sar. (2011) (tabela 4).



Slika 2. Dan 0. Lateralni položaj leša svinje pri postavljanju istraživanja

4.1.3. Leševi svinja u drvenom sanduku u zemlji

Četiri leša svinja, težine (AS – 32,3 kg, BS – 33,8 kg, CS – 22 kg, DS – 14,2 kg), postavljena su bila u drvenom sanduku, sa četiri odvojene drvene pregrade, dimenzija 100 x 30 x 25 cm koji su postavljeni u zemlju na dubini od 1,2 m (slika 3 i 4). Nakon toga preko drvenih sanduka koji su pokriveni drvenim poklopcima postavljen je sloj zemlje (slika 5). AS je otkopan iz sanduka u zemlji posle 14 dana, BS nakon 28 dana, CS nakon 120 dana, a DS nakon 180 dana od početka sprovođenja istraživanja. Za makroskopsko opisivanje promena na leševima, korišćene su faze raspadanja prema Statheropoulos i sar. (2011) (tabela 4).



Slika 3. Izgled rupe i drvenog sanduka gde se postavljaju leševi svinja za potrebe istraživanja



Slika 4. Dan 0. Postavljanje leševa u odvojene pregrade u drvenom sanduku



Slika 5. Dan 0. Prekrivanje drvenog sanduka sa slojem zemlje

4.1.4. Leševi svinja u plastičnom buretu sa vodom

Četiri leša svinja, težine (AW – 18,35 kg, BW – 13,5 kg, CW – 34,8 kg, DW – 23 kg), postavljena su bila u četiri plastična bureta zapremine 300 l napunjena sa pijaćom vodom (Ca^{2+} 75.2, Mg^{2+} 14.5, K^{+} 1.25, Na^{+} 10.0, HCO_3^- 307.1, Cl^- 2.3, SO_4^{2-} 7.6, pH 7.6). Burađ su bila smeštena u mračnoj prostoriji koja je zaštićena od direktnog uticaja sunčeve svetlosti (slika 6). AW je uzet posle 14 dana, a ostali leševi nakon 180 dana od početka sprovođenja istraživanja. Za makroskopsko opisivanje promena na leševima, korišćene su faze raspadanja prema Statheropoulos i sar. (2011) (tabela 4).



Slika 6. Izgled prostorije u kojima su plastična burad sa vodom

4.2. Kvantifikacija postmortalnih promena

Na osnovu kriterijuma prema Megyesi i sar. (2005) koji su prikazani u tabelama 1 – 3 sprovedena je bila kvantifikacija postmortalnih promena za određene delove tela i to za glavu i vrat (GV), trup (T) i ekstremitete (E) u različitim medijumima tokom 14., 28., 120. i 180. dana istraživanja. Kvantifikacija raspadanja bazirana je bila na metodi bodovanja za GV, T i E sa ciljem da se dobije ukupan broj poena (TBS) za individualni leš (Abeyasekera, 2000; Schiel, 2008; Suckling, 2011; Nawrocka i sar., 2016). Na osnovu ostvarenih poena za navedena tri anatomski područja na telu, određivana je faza raspadanja u kojima se leševi nalaze tokom 14., 28., 120. i 180. dana istraživanja u različitim medijumima.

Tabela 1. Faze raspadanja za glavu i vrat (Megyesi i sar., 2005)

Faza	Poeni	Promene
sveža	1	bez promene boje
rana	2	pink bela boja sa skidanjem kože
rana	3	sivo zelena boja
rana	4	smeđe prebojavanje na ivicama usana, ušiju i nosa
rana	5	izlazak tečnosti iz očiju, nosa, ušiju i usta, naduvenost lica i vrata
rana	6	smeđa do crna promena boje
napredno raspadanje	7	izdubljivanje očiju i grla
napredno raspadanje	8	vlažno raspadanje i pojava kosti manje od pola površine
napredno raspadanje	9	mumifikacija i pojava kostiju manje od pola površine
skeletizacija	10	pojava kostiju više od polovine površine sa masnim supstancama
skeletizacija	11	pojava kostiju i mumificiranosti tkiva
skeletizacija	12	kosti suve sa malo masti
skeletizacija	13	suva kost

Tabela 2. Faze raspadanja za trup (Megyesi i sar., 2005)

Faza	Poeni	Promene
sveža	1	bez promene boje
rana	2	pink bela boja sa skidanjem kože i mramoriranost
rana	3	sivo zelena boja
rana	4	nadukenost sa zelenim prebojavanjem
rana	5	promena boje od zelene do crne sa abdominalnim gasovima
napredno raspadanje	6	udubljenje u abdominalnoj šupljini
napredno raspadanje	7	vlažno raspadanje i pojava kosti manje od pola površine
napredno raspadanje	8	mumifikacija i pojava kostiju manje od pola površine
skeletizacija	9	kosti sa razloženim tkivom
skeletizacija	10	pojava kostiju i mumificiranosti tkiva
skeletizacija	11	kosti suve sa malo masti
skeletizacija	12	suva kost

Tabela 3. Faze raspadanja za ekstremitete (Megyesi i sar., 2005)

Faza	Poeni	Promene
sveža	1	bez promene boje
rana	2	pink bela boja sa skidanjem kože
rana	3	sivo zelena boja
rana	4	smeđa boja na ivicama, sušenje prstiju
rana	5	smeđa do crna boja
napredno raspadanje	6	vlažno raspadanje i pojava kosti manje od pola površine
napredno raspadanje	7	mumifikacija i pojava kostiju manje od pola površine
napredno raspadanje	8	kosti sa razloženim tkivom
skeletizacija	9	kosti suve sa malo masti
skeletizacija	10	suva kost

4.3. Obdukciona ispitivanja

Leševi svinja iz navedenih medijuma su nakon određenih vremenskih perioda (14., 28., 120., 180. dan) od početka istraživanja, dopremljeni u obdukcionu salu za patologiju na Poljoprivrednom fakultetu, Departmana za veterinarsku medicinu u Novom Sadu gde je vršen spoljašnji i unutrašnji pregled leša. Spoljašnji pregled leša obuhvatao je merenje težine leša, promene u boji, pregled kože i prirodnih otvora. Unutrašnji pregled leša odnosio se na pregled parenhimatoznih organa i to bubrega, jetre i slezine. Kod pregleda navedenih organa vršeno je merenje težine i opisivane su promene u boji, obliku, veličini i konzistenciji.

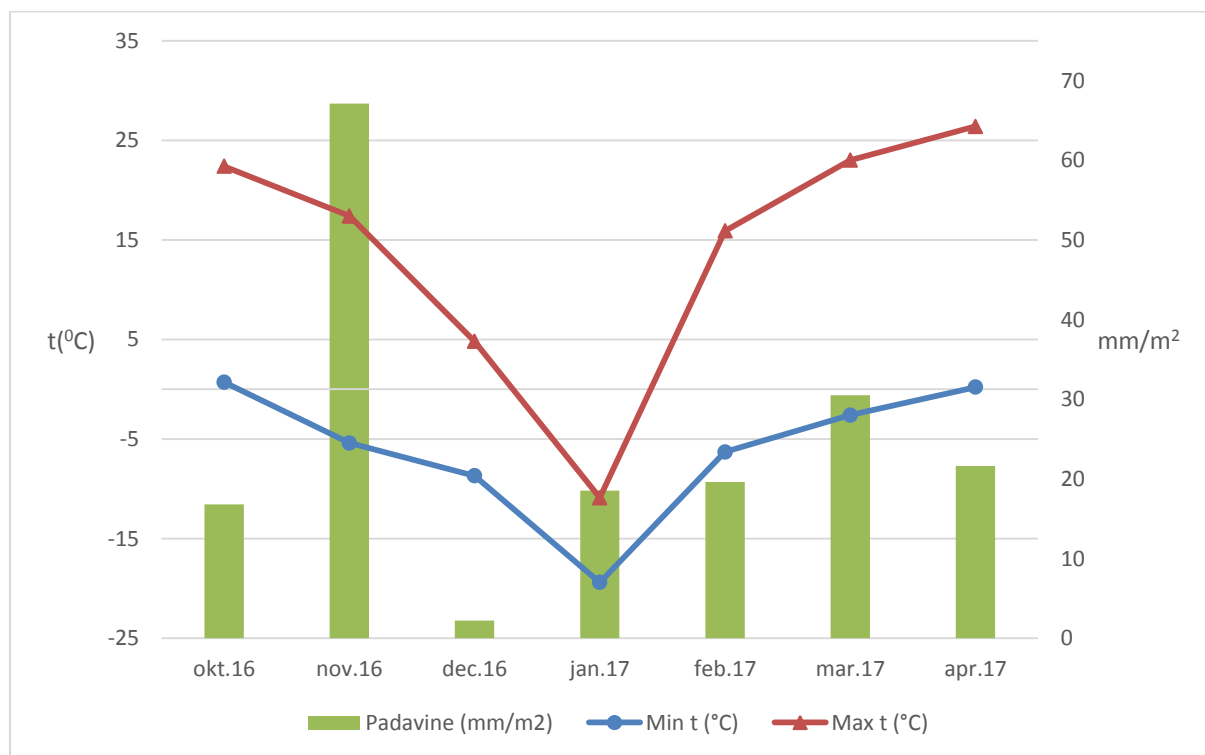
Tabela 4. Faze raspadanja leševa, Statheropoulos i sar., 2011.

Faza	Opis promena
sveža	od 1h do 3 dana
	od trenutka uginuća do prvih znakova naduvenosti
	autoliza, slaba izraženost promena raspadanja
	zelenkasto prebojavanje abdomena, prisustvo crva
naduvena	od 3 do 10 dana
	promena boje, proces raspadanja se nastavlja zahvaljujući aktivnosti bakterija
	nadutost sa mehurićima krvi u nosnim šupljinama
	prvi znaci naduvenosti javljaju se u abdomenu, izraženost mirisa
	prisustvo jaja, larvi muva i drugih insekata
	ova faza se završava kada se smanji nadutost
aktivno raspadanje	od 10 do 20 dana
	crno truljenje, zatamnjenje kože, prekid kontinuiteta kože, izraženost mirisa
	intenzivna aktivnost insekata
	ova faza se završava kada kosti budu vidljive
napredno raspadanje	od 20 do 50 dana
	kasna faza raspadanja, telo se suši i ostaje koža, hrskavica, kosti i fragmenti mesa
	najbolji pokazatelj ove faze je povećanje prisustva buba i smanjenje muva na telu
skeletizacija	od 50 do 365 dana
	u ovoj fazi vidljive su samo kosti i čekinje
	prisustvo insekata

5. REZULTATI

5.1. Meteorološki podaci

Geografska lokacija na kojoj je istraživanje bilo sprovedeno ima karakterističnu kontinentalnu klimu sa četiri godišnja doba. Istraživanje je trajalo od sredine jeseni do sredine proleća. Minimalna i maksimalna temperatura kao i količine padavina su evidentirane svakodnevno od početka do kraja ispitivanog perioda. Najviša temperatura tokom istraživanja iznosila je 26,2 °C u mesecu aprilu dok je najniža bila – 19,4 °C u januaru (grafikon 1). Bilo je ukupno 29 dana kada temperatura nije prelazila 0 °C u roku od 24 časa. Tokom perioda istraživanja ukupno je palo 176,3 mm/m² kiše dok su snežne padavine bile tokom 18 dana.



Grafikon 1. Minimalne i maksimalne temperature sa količinom padavina tokom perioda istraživanja (oktobar 2016 – april 2017)

5.2. Težina leševa svinja u različitim medijumima

Prilikom uzimanja leševa svinja iz različitih medijuma urađeno je merenje njihove težine pomoću digitalne vage. U odnosu na izmerene težine 0. dana, vršeno je poređenje sa vrednostima koje su zabeležene 14., 28., 120. i 180. dana. U svim medijumima je došlo do smanjenja težine u odnosu na težinu 0. dana, osim kod leševa svinja postavljenih u drveni sanduk u zemlju i u bure sa vodom gde je 14. dana došlo do povećanja težine u odnosu na težinu koja je bila 0. dana. Kod leševa svinja u drvenom sanduku u zemlji 180. dana je bio uočljiv samo skelet i nije bilo moguće sprovesti merenje težine. Kod leševa svinja postavljenih u bure sa vodom, 28. dana nije sprovedeno merenje težine iz tehničkih razloga, dok je 120. dana zbog niskih spoljašnjih temperatura došlo do zamrzavanja vode i nemogućnosti merenja težine. Tri leša su ispitivana 180. dana i kod dva je bio uočen samo skelet, te stoga nije bilo moguće sprovesti merenje težine dok je treći leš imao smanjenu težinu u odnosu na vrednost koja je izmerena 0. dana. Prikazi rezultata merenja težine leševa svinja u različitim medijumima sa različitim danima ispitivanja predstavljeni su u tabelama 5 – 8.

Tabela 5. Težina leševa svinja u vazduhu izražena u kg od 0. do 180. dana

Oznaka leševa	Dani				
	0	14	28	120	180
AV	19,3	18,6			
BV	17,4		15,8		
CV	17,7			13,9	
DV	27				9,5

Tabela 6. Težina leševa svinja zakopanih u zemlji izražena u kg od 0. do 180. dana

Oznaka leševa	Dani				
	0	14	28	120	180
AZ	31	30,8			
BZ	32		31,2		
CZ	22,8			16,8	
DZ	45,2				37,3

Tabela 7. Težina leševa svinja u drvenom sanduku u zemlji izražena u kg od 0. do 180. dana

Oznaka leševa	Dani				
	0	14	28	120	180
AS	32,3	33,7			
BS	33,8		30,4		
CS	22			19,1	
DS	14,2				skelet

Tabela 8. Težina leševa svinja u vodi izražena u kg od 0. do 180. dana

Oznaka leševa	Dani				
	0	14	28	120	180
AW	18,3	20,1			
BW	13,5			Zamrznutost vode	13
CW	34,8				skelet
DW	23				skelet

5.3. Makroskopski opis spoljašnjih promena na leševima svinja u različitim medijumima sa fazama dekompozicije

5.3.1. Leševi svinja u vazduhu

Kod leševa svinja postavljenih u vazduhu vršena je dosta intenzivna opservacija naročito u prvih 28 dana kako bi se što preciznije odredio početak i završetak faza dekompozicije uz evidentiranje nastalih promena kako u pisanoj formi tako i putem fotografija (slika 7 – 14). Na osnovu makroskopskog opisa spoljašnjih promena na lešu određivana je faza dekompozicije u kojoj se leš nalazi u danu kada je izvršena opservacija (tabela 9).

Tabela 9. Makroskopski opis spoljašnjih promena na leševima svinja u vazduhu sa fazama dekompozicije

Dan	Promene	Faza dekompozicije
1	zelenkasto crvena diskoloracija kože sa ventralne strane abdomena, prvi znaci naduvenosti vidljivi u predelu abdomena	sveža
2	očuvanost kontinuiteta kože, prisustvo larvi i insekata u perianalnom predelu, mumifikacija repa	naduvena
3	prisustvo insekata u perianalnom predelu, nekroza vrhova uha	naduvena
5	crno crvena diskoloracija ušiju uz nekrozu na vrhovima, zelenkasta diskoloracija kože duž cele ventralne strane abdomena koja se proteže i u ingvinalni predeo	naduvena
7	izražajnost mirisa, veća infestacija perianalnog predela sa muvama	aktivno raspadanje
8	modro zelena diskoloracija duž čitavog leša, mumifikacija ušiju, prisustvo larvi insekata i muva u predelu glave	aktivno raspadanje
10	masovna invazija čeone regije sa larvama insekata i muvama, crno crvena diskoloracija nosne šupljine i područja oko levog uha, mumifikacija desnog uha	aktivno raspadanje
14	mumifikacija glave, masovna invadiranost usne šupljine sa crvima, fokalni gubitak čekinje na desnom zadnjem ekstremitetu	aktivno raspadanje
19	masovna invazija crva sa ventralne strane abdomena i perianalnog predela, edematozni zglobovi na zadnjim ekstremitetima, početak prekida kože u ingvinalnom predelu	aktivno raspadanje
28	mumifikacija glave, prekid kontinuiteta kože u ingvinalnom predelu i između sternuma i prednjih ekstremiteta, gubitak čekinja na zadnjim ekstremitetima, gubitak morfološke strukture repa	napredno raspadanje
42	diskontinuitet kože u ingvinalnom predelu i masovno naseljavanje crva	napredno raspadanje
69	postmortalna maceracija ingvinalnog predela, prisustvo braonkasto kašaste mase u ingvinalnom predelu	napredno raspadanje
120	postmortalna maceracija organa grudne i trbušne šupljine	napredno raspadanje
180	mumifikacija celog leša, postmortalna maceracija organa trbušne šupljine, vidljivost kostiju u grudnoj šupljini, prisustvo larvi u mozgu	skeletizacija



Slika 7. **Dan 1.** Ventralna strana područja mandibule, vrata i toraksa crvena a u predelu abdomena zelenkasto crveno prebojavanje uz naduvenost – **sveža faza**



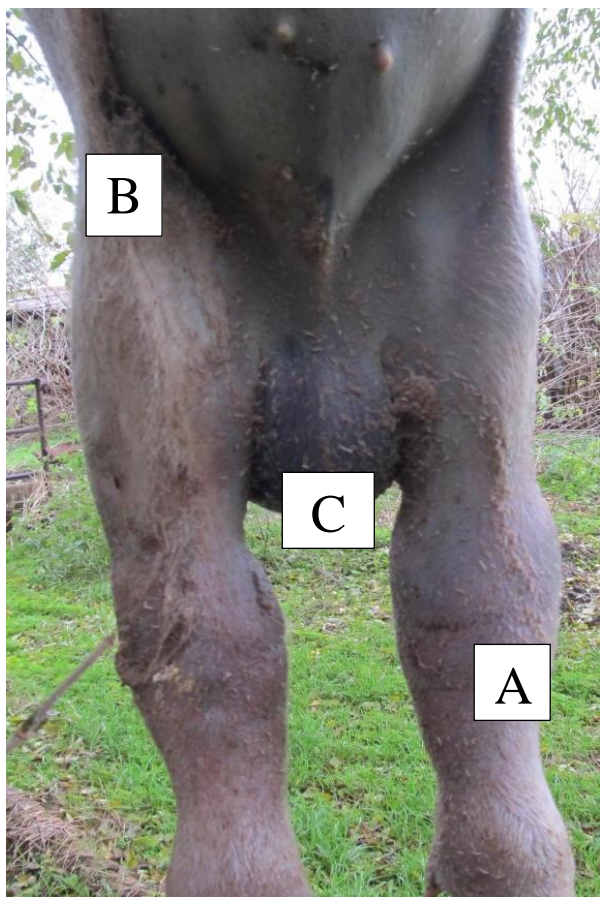
Slika 8. **Dan 6.** Prisustvo larvi i muva u perianalnom predelu – **naduvena faza**



Slika 9. **Dan 10.** Prisustvo larvi i muva u glavenoj regiji. Crno crvena diskoloracija sa mumifikacijom desnog uha kao posledica izraženosti postmortalne hipostaze – **faza aktivnog raspadanja**



Slika 10. **Dan 14.** Masovna invazija usne šupljine sa crvima – **faza aktivnog raspadanja**



Slika 11. **Dan 19.** Edematozni zglobovi na zadnjim ekstremitetima (A), prekid kontinuiteta kože u ingvinalnom predelu (B), masovna invazija crva (C) – **faza aktivnog raspadanja**



Slika 12. **Dan 42.** Diskontinuitet kože u ingvinalnom predelu i masovno naseljavanje larvi insekata – **faza naprednog raspadanja**



Slika 13. **Dan 116.** Prisustvo braonkasto crvenkaste kašaste mase u ingvinalnoj regiji kao posledica postmortalne maceracije leša – **faza naprednog raspadanja**



Slika 14. **Dan 180.** Vidljivost kostiju sa приметnim gubitkom muskulature u torakalnom predelu i postmortalna maceracija organa u trbušnoj šupljini – **faza skeletizacije**

5.3.2. Leševi svinja zakopani u zemlji

Kod leševa svinja zakopanih u zemlju, makroskopski opis nastalih promena prikazan je u tabeli 10 uz fotografisanje nastalih promena (slika 15 - 18). Istraživanja su vršena 0., 14., 28., 120. i 180. dana. U ovom medijumu nakon sprovođenja istraživanja leš nije bio dospeo u fazu skeletizacije.

Tabela 10. Makroskopski opis spoljašnjih promena na leševima svinja u zemlji sa fazama dekompozicije

Dan	Promene	Faza dekompozicije
0	crvenkasta diskoloracija kože u predelu vrata, kontinuitet kože očuvan, sa ventralne strane abdomena blago zeleno prebojavanje kože	sveža
14	prekrivenost kože sa zemljom, crvenkasto prebojavanje sa dorzalne dok sa ventralne strane zelenkasto crveno, blagi znaci naduvenosti abdomena, opadanje čekinja na distalnim delovima prednjih ekstremiteta	naduvena
28	prekrivenost kože sa zemljom, kontinuitet kože očuvan, opadanje čekinja na prednjim i zadnjim ekstremitetima	naduvena
120	koža duž celog tela u podmakloj fazi raspadanja naročito u predelu prednjih i zadnjih ekstremiteta	aktivno raspadanje
180	ruptura kože, postmortalna maceracija prednjih i zadnjih ekstremiteta i glave, prekrivenost leša sa zemljom	napredno raspadanje



Slika 15. **Dan 0.** Očuvanost kontinuiteta kože bez izraženih promena – **sveža faza**



Slika 16. **Dan 14.** Naduvenost abdomena sa ventralne strane i zelenksto crvenkasto prebojavanje uz tragove zemlje duž čitavog leša – **naduvena faza**



Slika 17. **Dan 120.** Kidanje kože duž celog leša sa najvećom izraženošću na prednjim i zadnjim ekstremitetima – **faza aktivnog raspadanja**



Slika 18. **Dan 180.** Gubitak perifernih delova leša – **faza naprednog raspadanja**

5.3.3. Leševi svinja u drvenom sanduku u zemlji

Kod leševa svinja postavljenih u drveni sanduk u zemlji, makroskopski opis nastalih promena prikazan je u tabeli 11 uz fotografisanje nastalih promena (slika 19 - 23). Istraživanja su vršena 0., 14., 28., 120. i 180. dana.

Tabela 11. Makroskopski opis spoljašnjih promena na leševima svinja u drvenom sanduku u zemlji sa fazama dekompozicije

Dan	Promene	Faza dekompozicije
0	kontinuitet kože očuvan, crvenkasta diskoloracija kože u predelu vrata	sveža
14	blago izražena zelenkasta diskoloracija kože sa ventralne strane abdomena, u ingvinalnom i predelu prednjih ekstremiteta uočavaju se polja bez pokrovnog sloja kože, u predelu abdomena enormno povećanje obima - <i>Meteorismus postmortalis intestini and gastricum</i>	naduvena
28	prolapsus rektuma, gubitak kože u predelu glave i zadnjih ekstremiteta, sivo crna diskoloracija kože sa ventralne strane abdomena, blaga saponifikacija leša	aktivno raspadanje
120	postmortalna maceracija na levom zadnjem ekstremitetu, prekid kontinuiteta kože, opadanje čekinja, ruptura papka na zadnjem ekstremitetu, saponifikacija leša dosta izražena	napredno raspadanje
180	kosti jasno vidljive, visoka infestacija crva	skeletizacija



Slika 19. **Dan 14.** Nakon otkopavanja leša iz drvenog sanduka u zemlji uočava se prljavo zelenkasta diskoloracija kože sa ventralne strane abdomena uz znake naduvenosti – **naduvena faza**



Slika 20. **Dan 14.** Nakon dopremanja leša u obdukcionu salu uočava se gubitak čekinja u predelu glave, vrata i prednjih ekstremiteta uz crvenkasto prebojavanje – **naduvena faza**



Slika 21. **Dan 28.** Saponifikacija leša sa sivo crnom diskoloracijom kože ventralne strane abdomena – **faza aktivnog raspadanja**



Slika 22. **Dan 120.** Postmortalna maceracija levog zadnjeg ekstremiteta – **faza naprednog raspadanja**



Slika 23. **Dan 180.** Masovna invazija crva na samom lešu gde se uočavaju kosti bez muskulature – **faza skeletizacije**

5.3.4. Leševi svinja u vodi

Kod leševa svinja u vodi vršena je opservacija tri puta u toku jedne nedelje kako bi se što preciznije odredio početak i završetak faza dekompozicije uz evidentiranje nastalih promena kako u pisanoj formi tako i putem fotografija (slika 24 - 30). Na osnovu makroskopskog opisa spoljašnjih promena na lešu određivana je faza dekompozicije u kojoj se leš nalazi u danu kada je izvršena opservacija (tabela 12). Na osnovu utvrđivanja nastalih promena na lešu, sveža faza je imala duže trajanje u odnosu na ostale medijume i bila je zastupljena u prva tri dana. U odnosu na ostale medijume, leševi u plastičnom buretu sa vodom nisu uzeti za obdukciona ispitivanja 28. dana iz tehničkih razloga. Zbog niskih spoljašnjih temperatura, 120. dana je došlo do zamrzavanja vode u buretu a samim tim i nemogućnosti izvođenja obdukcionih ispitivanja.

Tabela 12. Makroskopski opis spoljašnjih promena na leševima svinja u vodi sa fazama dekompozicije

Dan	Promene	Faza dekompozicije
1	kontinuitet kože očuvan, sa latero - ventralne strane abdomena blago zeleno prebojavanje kože, prvi znaci naduvenosti u predelu abdomena	sveža
3	crvenkasto prebojavanje perianalnog dela	sveža
5	prisustvo muva i larvi insekata na abdomenu, u perianalnom i ingvinalnom delu tela, naduvenost abdomena, zelenkasta diskoloracija kože sa ventralne strane abdomena, crvenkasto prebojavanje zadnjih ekstremiteta i kičmenog stuba	naduvena
7	kružno ograničena promena sa lateralne strane abdomena sa gubitkom čekinja, nekroza repa, izraženost mirisa	naduvena
14	prekid kontinuiteta kože sa desne ventralne strane abdomena, rozikasta prebojenost kože po celom telu osim sa ventralne strane abdomena gde je ustanovljen diskontinuitet kože	aktivno raspadanje
21	oštro ograničena promena sa lateralne strane abdomena, blagi prekid kontinuiteta kože pri dnu promene koja je sivo crne boje	aktivno raspadanje
28	izražen prekid kontinuiteta kože sa lateralne strane abdomena i u perianalnom predelu sa pojavom kašaste mase i prisustvom crva i muva	aktivno raspadanje
36	masovna invazija crva u predelu abdomena, uočavanje unutrašnjih organa van abdominalne šupljine	napredno raspadanje
70	smrzavanje leša u vodi sa pojavom crva	napredno raspadanje
120	smrzavanje leša u vodi sa pojavom crva	napredno raspadanje
180	pojava kostiju, masovna pojava crva na deskvamisanim organima i u vodi	skeletizacija



Slika 24. **Dan 1.** Blago uvećanje abdomena sa zelenkastim prebojavanjem – **sveža faza**



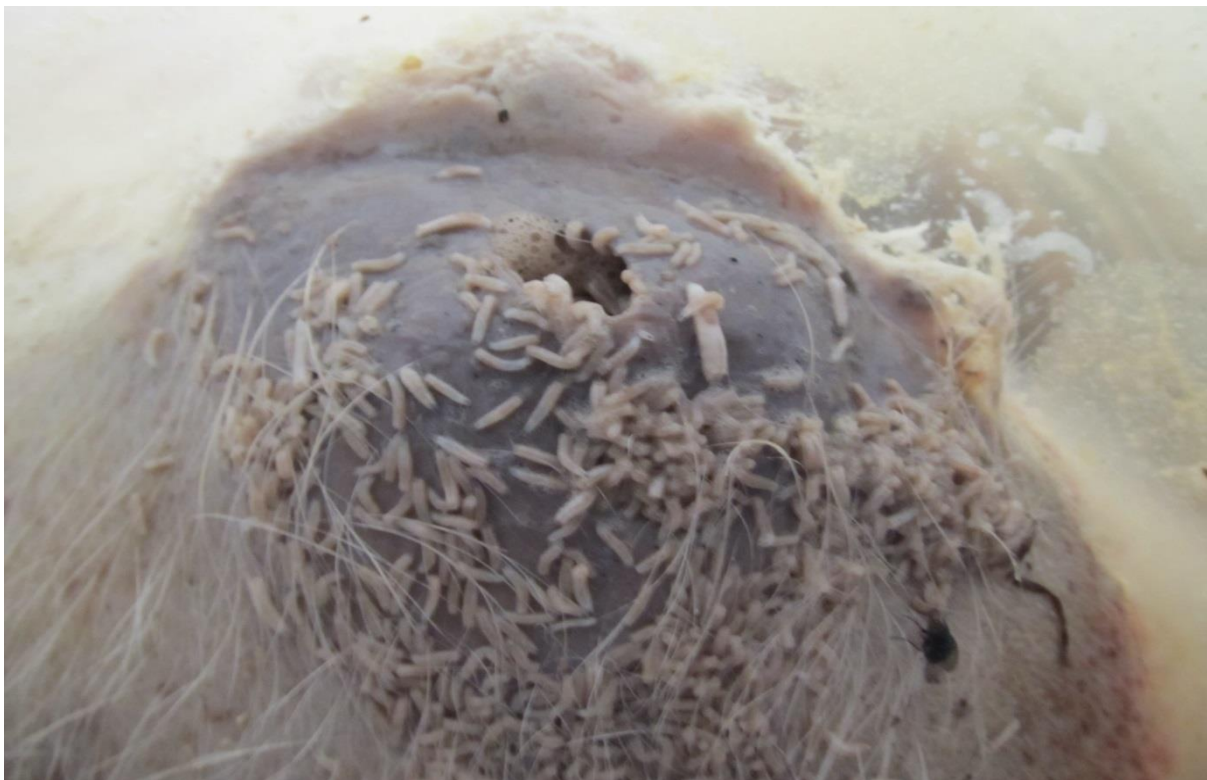
Slika 25. **Dan 3.** Crvenkasta diskoloracija kože u perianalnom predelu – **sveža faza**



Slika 26. **Dan 5.** Prisustvo muva i larvi insekata na abdomenu i ingvinalnom delu – **naduvena faza**



Slika 27. **Dan 14.** Kružno ograničena promena prekida kontinuiteta kože u ventralnom delu abdomena prljavo zelene boje – **faza aktivnog raspadanja**



Slika 28. **Dan 28.** Prekid kontinuiteta kože u perianalnom predelu sa prisustvom muva i crva – faza aktivnog raspadanja



Slika 29. **Dan 36.** Masovna invazija crva u predelu abdomena – faza naprednog raspadanja



Slika 30. **Dan 180.** Prisustvo postmortalne maceracije sa braonkasto kašastim sadržajem gde se uočavaju kosti i veliki broj larvi crva – **faza skeletizacije**

5.4. Ocenjivanje različitih delova tela sa fazama raspadanja kod leševa u različitim medijumima

Kvantifikovanje postmortalnih promena je vršeno za regije tela GV, T i E primenom metode dodeljivanja poena u cilju dobijanja TBS (tabela 13) za svaki individualni leš u različitim danima i medijumima ispitivanja (Megyesi i sar., 2005).

Tabela 13. Bodovanje tri anatomska područja na telu sa fazama raspadanja u različitim medijumima i danima ispitivanja

PMI	Delovi tela	Vazduh	Zemlja	Sanduk	Voda
14	GV	2	1	1	1
	T	2	1	1	1
	E	1	1	1	1
	TBS	5	3	3	3
	faza raspadanja	naduvena	naduvena	naduvena	naduvena
28	GV	8	2	3	2
	T	5	1	3	2
	E	4	2	3	2
	TBS	17	5	9	6
	faza raspadanja	aktivno raspadanje	naduvena	aktivno raspadanje	naduvena
120	GV	8	4	7	4
	T	7	4	5	4
	E	5	4	5	3
	TBS	20	12	17	11
	faza raspadanja	aktivno raspadanje	aktivno raspadanje	napredno raspadanje	aktivno raspadanje
180	GV	10	8	12	7
	T	9	6	11	10
	E	7	6	9	7
	TBS	26	20	32	24
	faza raspadanja	napredno raspadanje	napredno raspadanje	skeletizacija	napredno raspadanje

Prilikom sprovođenja istraživanja 14. dana, leševi iz svih ispitivanih medijuma su bili približno u istoj fazi raspadanja (TBS od 3 do 5). Međutim, 28. dana istraživanja uočavale su se značajne razlike u TBS u različitim medijumima. Leševi zakopani u zemlju i postavljeni u bure sa vodom su imali približno istu fazu raspadanja (TBS od 5 do 6). Leševi u drvenom

sanduku u zemlji su imali brži stepen raspadanja (TBS 9), dok su leševi u vazduhu imali najbrže dostizanje TBS od 17 u istom vremenskom periodu ispitivanja. Istraživanja koja su sprovedena 120. dan pokazala su da su leševi u vodi i zemlji imali i dalje približno istu fazu raspadanja (TBS od 11 do 12), dok su kod leševa u drvenom sanduku u zemlji i vazduhu promene raspadanja bile brže i više izraženije (TBS od 17 do 20). Do 120. dana, raspadanje je bilo najbrže zastupljeno kod leševa u vazduhu, međutim od 120. do 180. dana najbrže promene su se dešavale na leševima u drvenom sanduku u zemlji. Na kraju istraživanja koje je sprovedeno 180. dana, faza skeletizacije je bila zastupljena kod leševa u drvenom sanduku u zemlji (TBS 32), dok je najmanja faza raspadanja (TBS 20) uspostavljena kod leševa zakopanih u zemlju (tabela 13). Leševi iz preostala druga dva medijuma, u vodi i vazduhu su bili u približno jednakoj fazi raspadanja (TBS od 24 do 26).

5.5. Pregled unutrašnjih organa

Tokom sprovođenja istraživanja, kod leševa u vazduhu, drvenom sanduku u zemlji i u vodi, 180. dan bila je izražena faza skeletizacije koja predstavlja završnu fazu u procesu raspadanja leša. Parenhimatozni organi su bili deskvamisani i spojeni u jednu celinu te zbog nemogućnosti uočavanja makroskopske strukture bubrega, jetre i slezine, opis patomorfoloških promena i merenje težine nije bilo moguće sprovesti.

5.5.1. Leševi svinja u vazduhu

5.5.1.1. Bubrezi

14.dan – težina desnog bubrega je bila 44 grama dok je težina levog bubrega bila 46 grama. Veličinom, oba bubrega su odgovarala vrsti i starosti životinje. Oblik oba bubrega je bio blago izmenjen kao posledica delovanja pritiska creva na bubrege. Desni bubreg je bio braonkasto crvene boje sa reljefastim izgledom površine (slika 31) i za nijansu je bio tamniji od levog bubrega koji je imao glatku površinu (slika 32). Oba bubrega su bila trošne konzistencije dok se na poprečnom preseku uočavala nejasna granica između kore i srži.



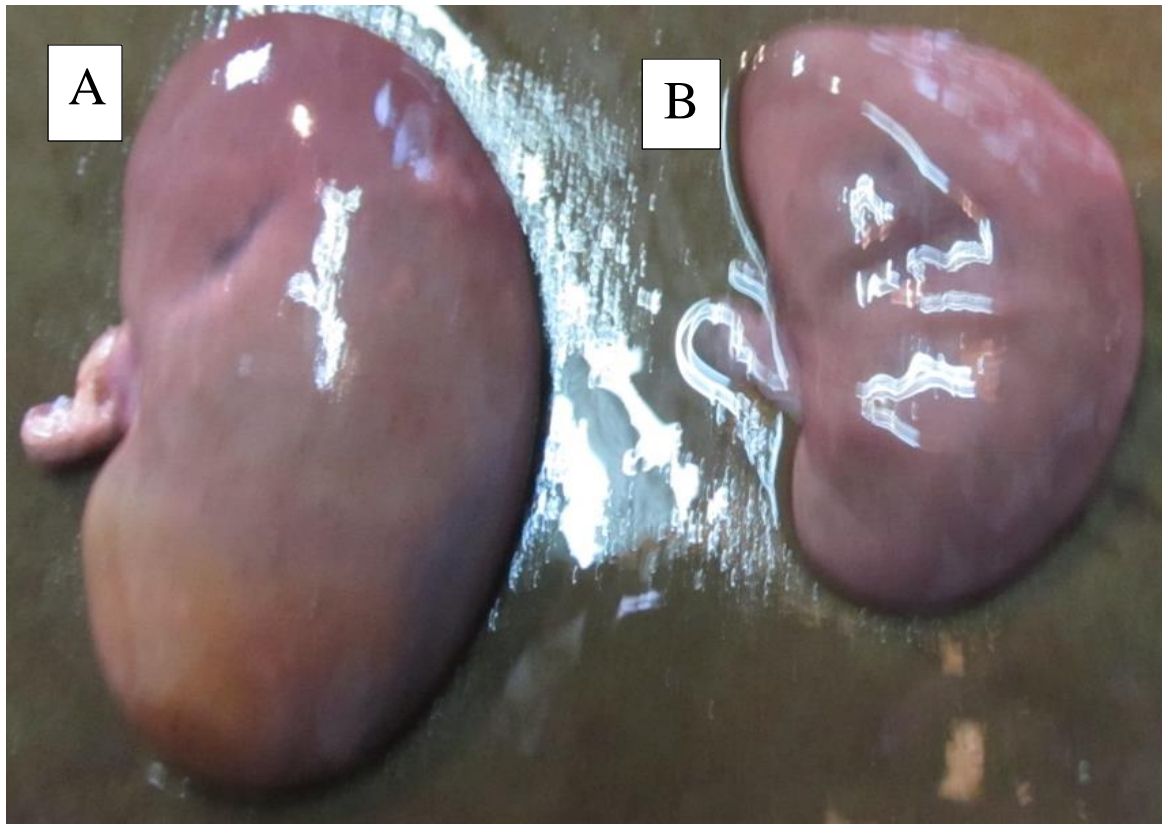
Slika 31. Reljefast izgled površine desnog bubrega



Slika 32. Glatka površina levog bubrega sa neizraženim reljefastim izgledom

28.dan – težina desnog bubrega je bila 91 gram dok je težina levog bubrega bila 43 grama. Za razliku od desnog bubrega koji je oblikom i veličinom odgovarao vrsti i starosti životinje (slika 33a), kod levog bubrega veličina je bila smanjena i oblik je bio blago izmenjen (slika 33b). Desni bubreg je bio žućkasto prebojen sa fokalno ekstenzivnim nijansama zelenkasto braon boje sa tamnim tačkicama, dok je levi bubreg bio braon crvene

boje. Oba bubrega su bila trošne konzistencije dok se na poprečnom preseku uočavala nejasna granica između kore i srži.



Slika 33. Uporedni prikaz oba bubrega sa promenama. Desni bubreg (A) je duplo veći od levog (B) sa blagim udubljenjima na oba bubrega

120.dan – težina desnog bubrega je bila 23 grama, dok je težina levog bubrega bila 21 gram. Oblik je bio očuvan dok je veličina desnog bubrega bila blago smanjena. Levi bubreg je bio povećane veličine i blago izduženog oblika sa izraženim reljefastim izgledom (slika 35). Desni bubreg je bio braon crvene boje (slika 34) i tamniji u odnosu na levi bubreg. Prilikom palpacije jasno se uočavala razlika između desnog bubrega koji je bio tvrde konzistencije i levog koji je bio izrazito trošne konzistencije.



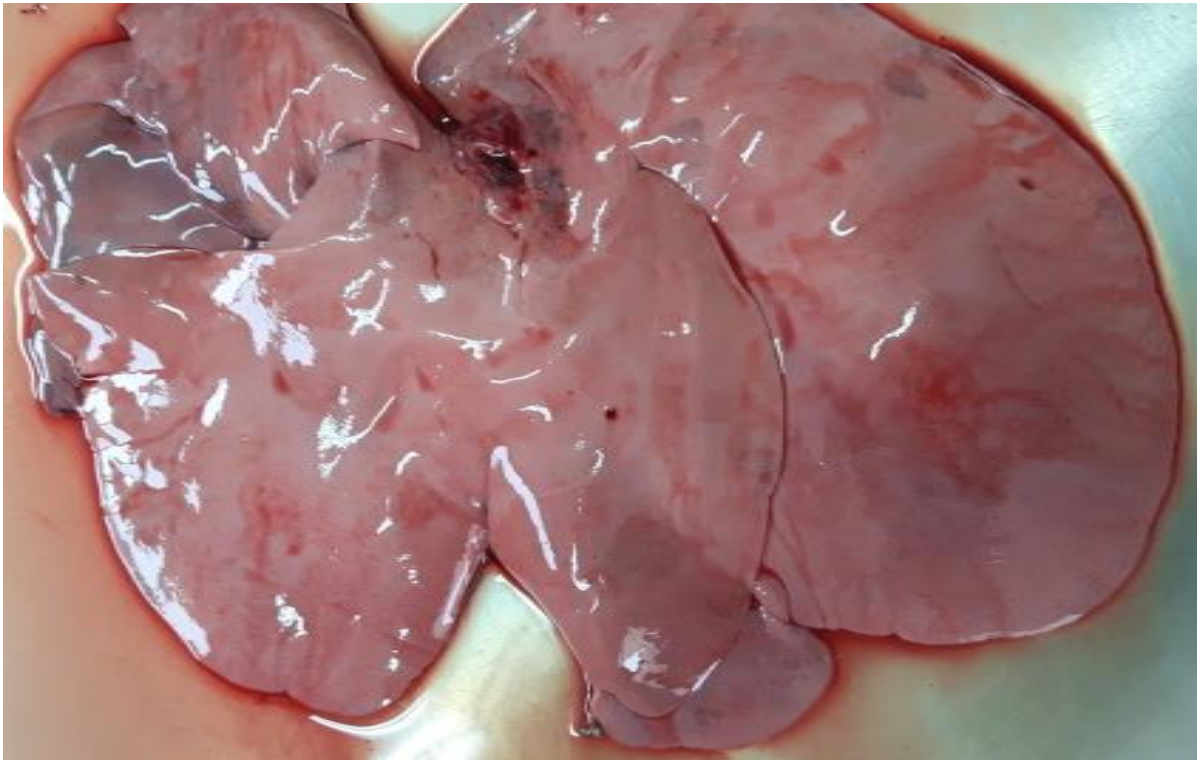
Slika 34. Očuvanost morfološke strukture spoljašnjeg izgleda desnog bubrega sa braon crvenim prebojavanjem oba pola



Slika 35. Narušenost morfološke strukture spoljašnjeg izgleda levog bubrega gde se uočava izražena reljefnost. Ovaj izgled ne odgovara izgledu svežeg bubrega

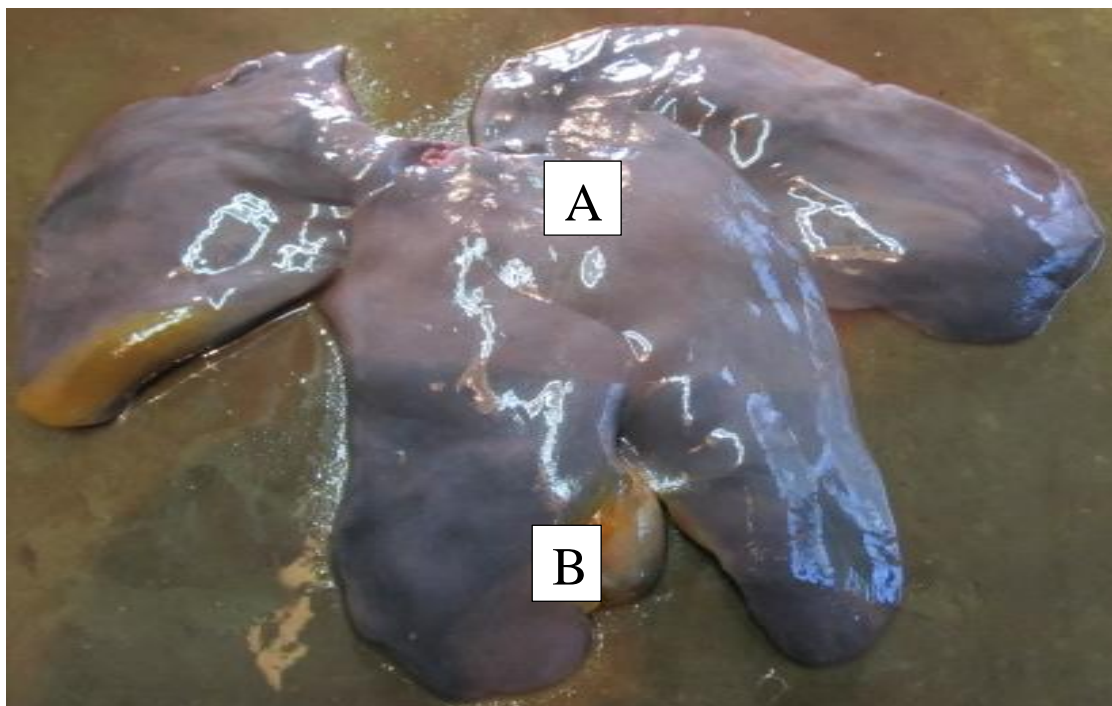
5.5.1.2. Jetra

14.dan – težina jetre je bila 814 grama. Oblikom i veličinom je odgovarala vrsti i starosti životinje bez izraženih postmortalnih promena (slika 36). Centralni deo jetre je bio svetlo ljubičasto braon boje dok su rubovi bili zaobljeni sa fokalnim tamnijim područjima. Prilikom palpacije uočavala se trošna konzistencija.



Slika 36. Jetra bez izraženih vidljivih postmortalnih promena

28.dan – težina jetre je bila 625 grama. Oblik i veličina su bili blago izmenjeni. Adspekcijom se mogla ustanoviti i promena u boji. Naime, centralni deo jetre je bio sivkaste boje dok su rubovi bili sa tamnim područjima i fokalnim crnim poljima (slika 37a,b). U blizini žučne kese pojavila se imbibicija žučnim bojama kao i zelenkasto crno prebojavanje na krajevima jednog reznja. Usled pritiska na parenhim ostajao je otisak prsta.



Slika 37. Centralni deo jetre sivkaste boje (A) dok su rubovi sa tamno žutim područjima (B)

120.dan – težina jetre je bila 113 grama. Pri palpaciji, jetra je bila izrazito trošne konzistencije sa izmenjenim oblikom i smanjenom veličinom (slika 38). Boja je bila svetlo rozikasta sa lokalnim nijansama zelenkasto crne boje na jednom reznju.



Slika 38. Regresija parenhima jetre svetlo rozikaste boje i trošne konzistencije

5.5.1.3. Slezina

14.dan – težina slezine je bila 42 grama. Duguljastog oblika, blago uvećane veličine sa zaobljenim rubovima i mekanom konzistencijom. Adspekcijom se primećivala crvenkasto ljubičasta boja sa multifokalnim tamnim poljima i zaobljenim rubovima (slika 39).



Slika 39. Slezina sa zaobljenim rubovima i multifokalnim tamnim poljima

28.dan – težina slezine je bila 62 grama. Površina je bila hrapava sa blagim tamnim oteknućem uz rubove. Primetna je bila i diskoloracija boje koja je celom dužinom bila tamno ljubičasta sa fokalnim svetlo crvenim poljima (slika 40).



Slika 40. Slezina tamno ljubičaste boje sa svetlo crvenim poljima u srednjem delu

120.dan – težina slezine je bila 12 grama. Primetna je bila narušenost morfološke strukture sa izmenjenim oblikom i veličinom (slika 41) i jako trošnom konzistencijom. Boja je bila svetlo crvena sa mestimičnim nijansama zelenkasto crne.

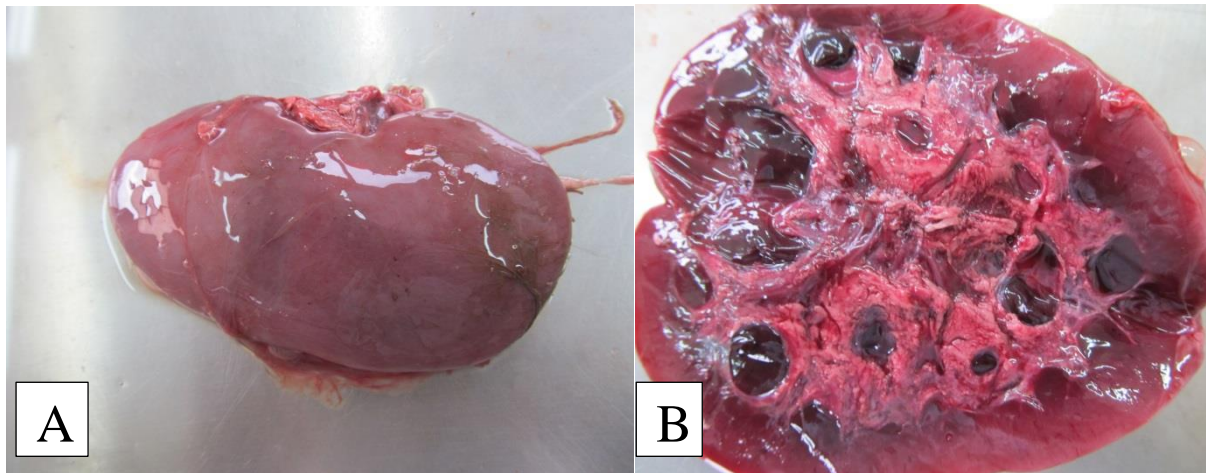


Slika 41. Narušenost morfološke strukture i regresija parenhima slezine kao posledica izraženijih procesa raspadanja

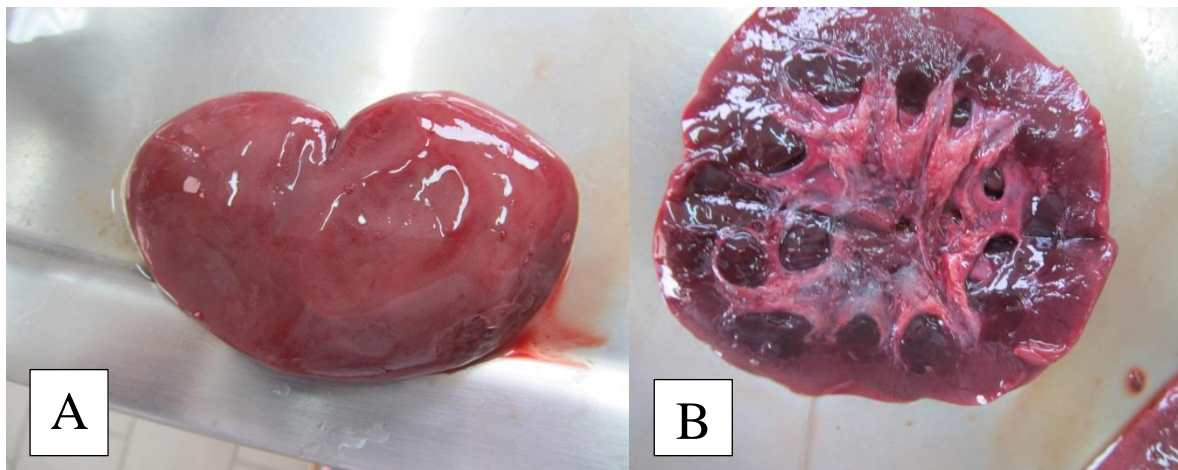
5.5.2. Leševi svinja zakopani u zemlju

5.5.2.1. Bubrezi

14.dan – težina desnog bubrega je bila 95 grama dok je težina levog bubrega bila 67 grama. Veličinom i oblikom, oba bubrega su odgovarala vrsti i starosti životinje (slika 42a, 43a). Desni bubreg je bio tamno crvene boje dok je levi bio svetliji. Oba bubrega su bila relativno očuvane građe na poprečnom preseku između kore i srži (slika 42b, 43b), sa trošnom konzistencijom.



Slika 42. Očuvanost morfološke strukture spoljašnjeg izgleda desnog bubrega (A) i poprečni presek desnog bubrega sa očuvanom građom između kore i srži (B)



Slika 43. Očuvanost morfološke strukture spoljašnjeg izgleda levog bubrega sa blagim udubljenjem (A) i poprečni presek levog bubrega sa očuvanom građom između kore i srži (B)

28.dan – težina levog bubrega je bila 115 grama, dok je težina desnog bubrega bila 103 grama. Oblikom i veličinom oba bubrega su odgovarala vrsti i starosti životinje. Desni bubreg je bio braon crvene boje dok je levi za nijansu bio svetliji. Na poprečnom preseku oba bubrega uočavala se nejasna granica između kore i srži. Prilikom palpacije kod oba bubrega se uočavala trošna konzistencija.

120.dan – težina desnog bubrega je bila 34 grama dok je težina levog bubrega bila 31 gram. Kod oba bubrega bila je izražena bledo crvena boja (slika 44) sa reljefastim izgledom spoljašnje površine levog bubrega (slika 45). Za razliku od oblika koji je bio očuvan, veličina oba bubrega je bila smanjena. Konzistencija oba bubrega je bila trošna a naročito je to bilo izraženo kod desnog bubrega gde se moglo uočiti da pri malo jačem pritisku dolazi do raspadanja.



Slika 44. Bledo crvena boja desnog bubrega sa blagim udubljenjima po površini



Slika 45. Reljefast izgled spoljašnje površine levog bubrega

5.5.2.2. Jetra

14.dan – težina jetre je bila 942 grama. Oblikom i veličinom odgovarala je vrsti i starosti životinje. Centralni deo jetre je bio svetlo crveno braon boje dok su rubovi bili zaobljeni sa fokalnim tamnijim područjima (slika 46). Prilikom palpacije uočavala se trošna konzistencija.



Slika 46. Centralni deo jetre svetlo crvene boje sa zaobljenim rubovima i tamnim područjima

28.dan – težina jetre je bila 1178 grama. Oblik i veličina odgovarali su vrsti i starosti životinje. Adspekcijom se uočavala tamno ljubičasta boja sa jasnim i oštro ograničenim rubovima i tvrdom konzistencijom (slika 47).



Slika 47. Jetra tamno ljubičaste boje sa tvrdom konzistencijom

120.dan – težina jetre je bila 267 grama, a kao posledica sve većeg stepena izraženosti postmortalnih promena došlo je i do narušavanja anatomske strukture samog organa. Pri palpaciji, jetra je bila trošne konzistencije a usled jačeg pritiska dolazilo je do prekida kontinuiteta (slika 48). Pored smanjene veličine primetan je bio i blago izmenjen oblik, dok je boja bila bledo žuta sa pojavom crvene na unilateralnom delu.



Slika 48. Regresija parenhima jetre sa trošnom konzistencijom i izraženim bledilom

5.5.2.3. Slezina

14.dan – težina slezine je bila 67 grama. Oblikom i veličinom odgovarala je vrsti i starosti životinje sa zaobljenim rubovima i mekanom konzistencijom. Adspekcijom se primećivala izrazito tamno ljubičasta boja (slika 49).



Slika 49. Slezina tamno ljubičaste boje, zaobljenih rubova i mekane konzistencije

28.dan – težina slezine je bila 109 grama. Makroskopski opis nastalih promena je bio identičan promenama koje su bile ustanovljene 14. dana.

120.dan – proces raspadanja je bio sve više izražen dovodeći do narušavanja anatomske strukture samog organa. Naime, težina slezine je bila 22 grama dok je veličina bila izrazito smanjena (slika 50) sa izmenjenim oblikom. Boja je bila tamno crvena dok je konzistencija bila izrazito trošna.



Slika 50. Smanjenje veličine i narušenost oblika slezine

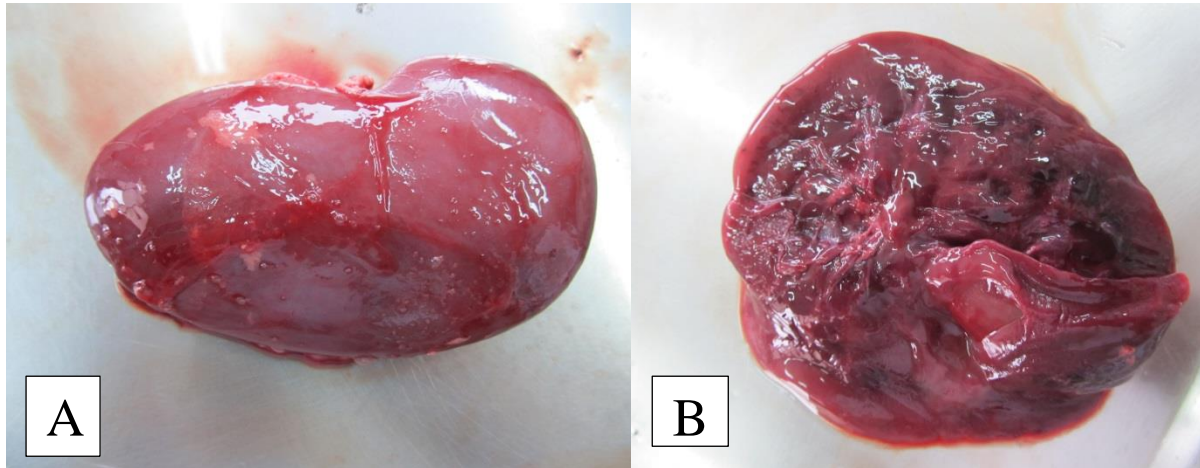
U ovom medijumu, prilikom istraživanja 180. dana bila je zastupljena napredna faza raspadanja gde je samo jetra bila delimično očuvanog oblika dok su bubrezi i slezina bili u vidu kašaste mase i potpunog gubitka morfološke i anatomske strukture ovih organa, te na osnovu toga nije bilo moguće uraditi opis nastalih promena na navedenim organima.

5.5.3. Leševi svinja u drvenom sanduku u zemlji

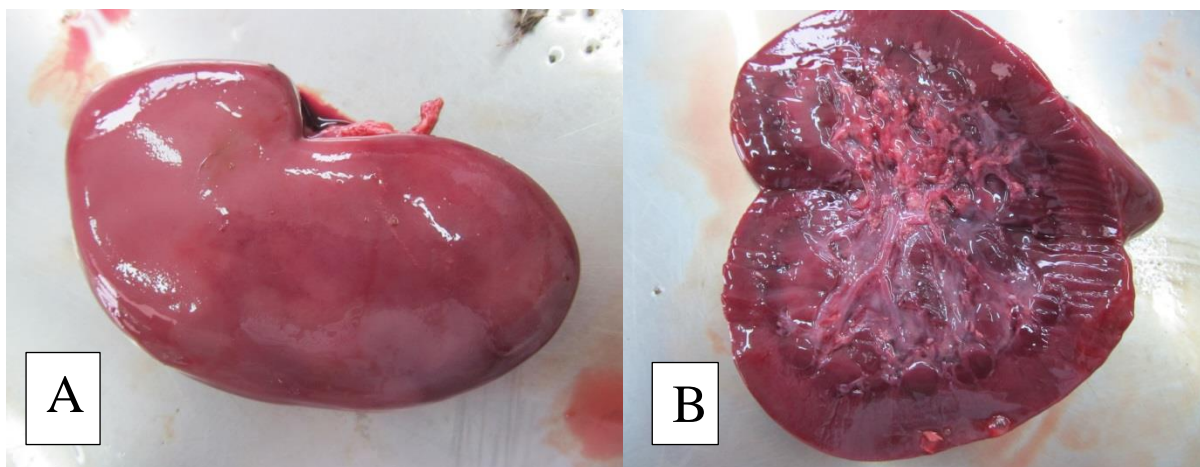
5.5.3.1. Bubrezi

14.dan – težina desnog bubrega je bila 87 grama dok je težina levog bubrega bila 83 grama. Veličinom i oblikom, oba bubrega odgovarala su vrsti i starosti životinje. Desni bubreg je bio braonkasto crvene boje (slika 51a) i za nijansu je bio tamniji od levog bubrega

koji je bio svetlo crvene boje (slika 52a). Oba bubrega su bila trošne konzistencije. Za razliku od levog bubrega, gde se na poprečnom preseku jasno uočavala granica između kore i srži, kod desnog bubrega ta granica je bila nejasna (slika 51b, 52b).



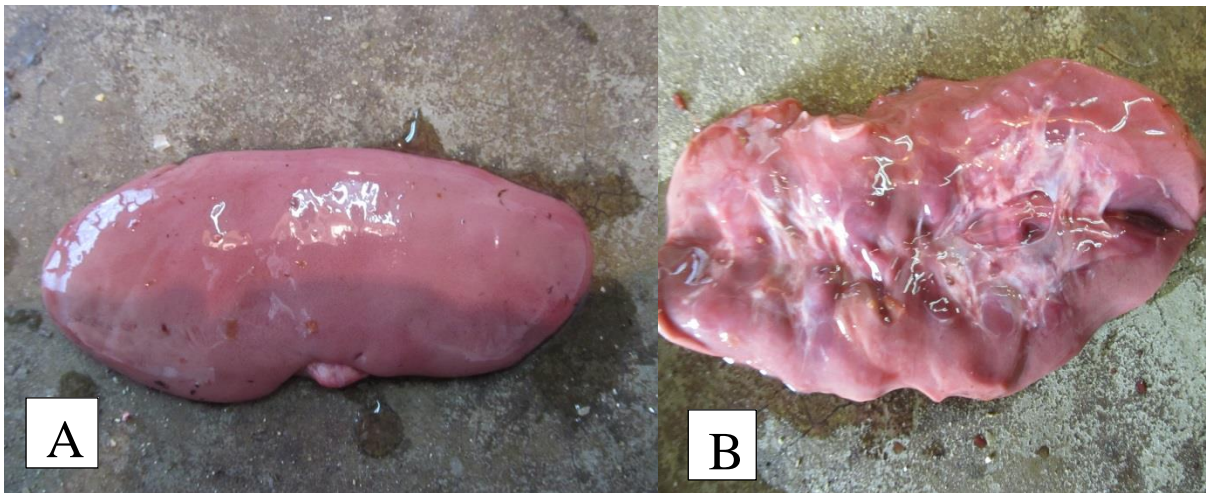
Slika 51. Morfološka struktura spoljašnjeg izgleda desnog bubrega sa braon crvenom bojom (A) i poprečni presek desnog bubrega gde se ne uočava jasna granica između kore i srži (B)



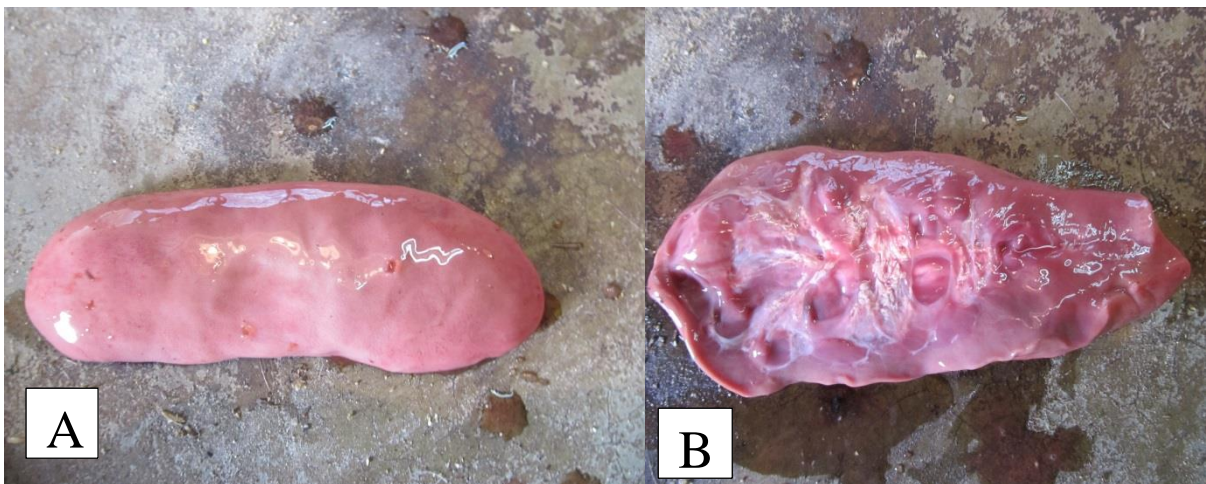
Slika 52. Morfološka struktura spoljašnjeg izgleda levog bubrega sa svetlijom bojom (A) i poprečni presek levog bubrega gde se uočava jasna granica između kore i srži (B)

28.dan – težina levog bubrega je bila 67 grama, dok je težina desnog bubrega bila 65 grama. Oblikom oba bubrega odgovarala su vrsti životinje, dok je veličina levog bubrega bila blago umanjena u odnosu na desni bubreg. Desni bubreg je bio braonkasto crvene boje dok je levi bubreg bio svetlo crvene boje (slika 53a, 54a). Oba bubrega su bila trošne konzistencije.

Na poprečnom preseku oba bubrega nije bilo moguće uočiti jasnu granicu između kore i srži (slika 53b, 54b).



Slika 53. Spoljašnji izgled desnog bubrega braonkasto crvene boje (A) i poprečni presek desnog bubrega sa nemogućnosti uočavanja granice između kore i srži (B)

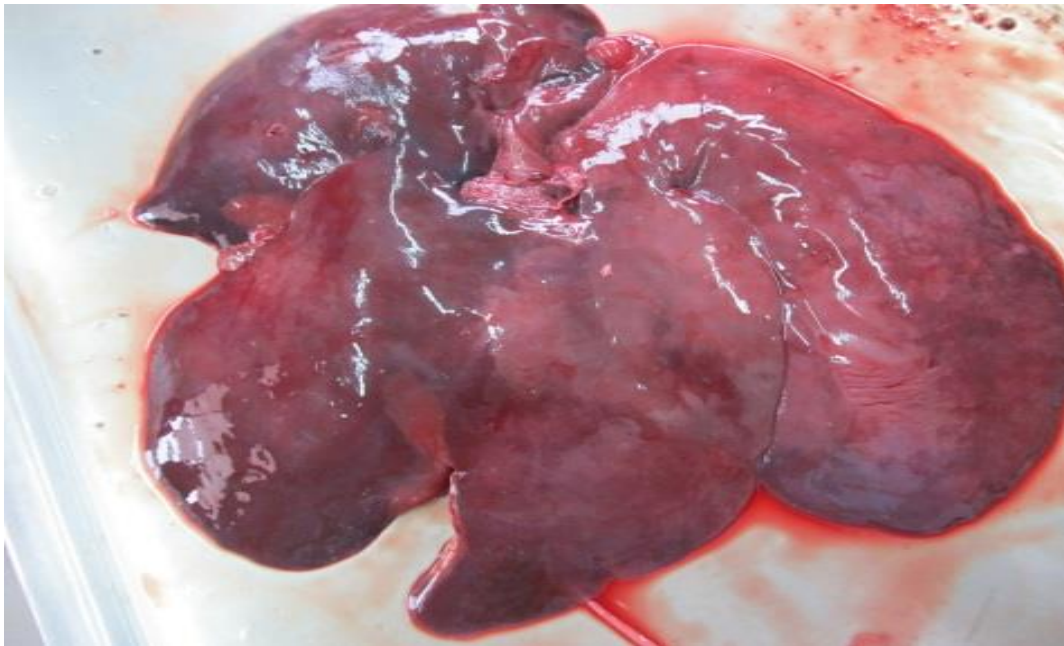


Slika 54. Spoljašnji izgled levog bubrega svetlo crvene boje (A) i poprečni presek levog bubrega sa nemogućnosti uočavanja granice između kore i srži (B)

120.dan – težina desnog bubrega je bila 37 grama, a težina levog 41 gram. Makroskopske promene u boji i konzistenciji kod oba bubrega su bile identične promenama koje su bile ustanovljene 14. i 28. dan. Oblikom oba bubrega odgovarala su vrsti životinje dok je veličina desnog bubrega bila blago umanjena a levog je ta promena bila više izraženija.

5.5.3.2. Jetra

14.dan – težina jetre je bila 1133 grama. Oblikom i veličinom odgovarala je vrsti i starosti životinje. Centralni deo jetre je bio svetlo crvenkasto braon boje dok su rubovi bili zaobljeni sa fokalnim tamnijim područjima (slika 55). Prilikom palpacije uočavala se trošna konzistencija.



Slika 55. Jetra sa fokalnim tamnim područjima na rubovima

28.dan – primetna je bila narušenost anatomske strukture jetre koja se ogledala u blago izmenjenom obliku i veličini. Težina jetre je bila 458 grama. Adspekcijom se mogla ustanoviti i promena u boji u vidu bledo svetlo rozikaste boje (slika 56). Prilikom palpacije uočavala se trošna konzistencija.



Slika 56. Jetra bledo svetlo rozikaste boje sa blago izmenjenim oblikom i smanjenom veličinom

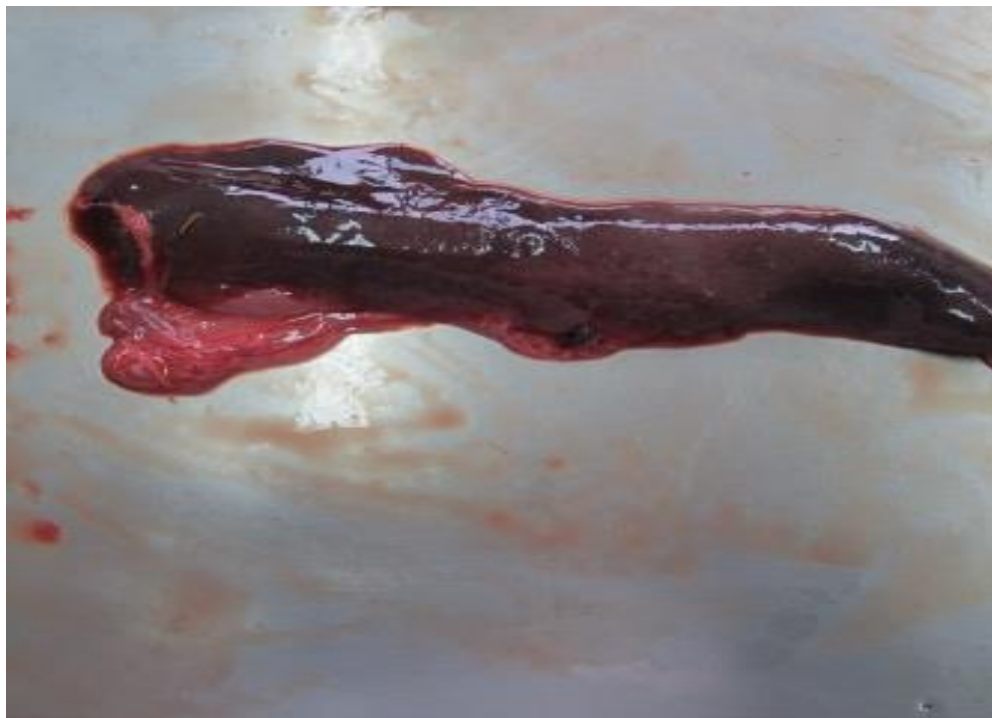
120.dan – težina jetre je bila 301 gram. Oblik i veličina su bili izmenjeni (slika 57). Centralni deo jetre je bio svetlo crvenkaste boje dok su pojedini rubovi bili sa fokalnim tamnijim područjima. Prilikom palpacije uočavala se trošna konzistencija.



Slika 57. Narušenost oblika i veličine u spoljašnjem izgledu jetre

5.5.3.3. Slezina

14.dan – težina slezine je bila 61 gram sa duguljastim oblikom i mekom konzistencijom. Veličina je odgovarala vrsti životinje. Adspekcijom se primećivala tamno crvena boja (slika 58).



Slika 58. Slezina tamno crvene boje naročito izražena na rubovima

28.dan – težina slezine je bila 53 grama. Tokom adspekcije na parenhimu su se uočavale sunderasto mehuraste promene (slika 59). Oblikom je odgovarala vrsti životinje, dok je veličina bila blago umanjena. Celom dužinom boja je bila tamno crvena.



Slika 59. Mehuraste promene na parenhimu slezine

120.dan – kao posledica sve veće izraženosti procesa raspadanja, uočavao se diskontinuitet i izmenjenost morfološke strukture slezine sa jako trošnom konzistencijom (slika 60). Težina je bila 18 grama. Boja je bila svetlo crvena sa mestimičnim nijansama zelenkasto crne.



Slika 60. Diskontinuitet i izmenjenost morfološke strukture spoljašnjeg izgleda slezine

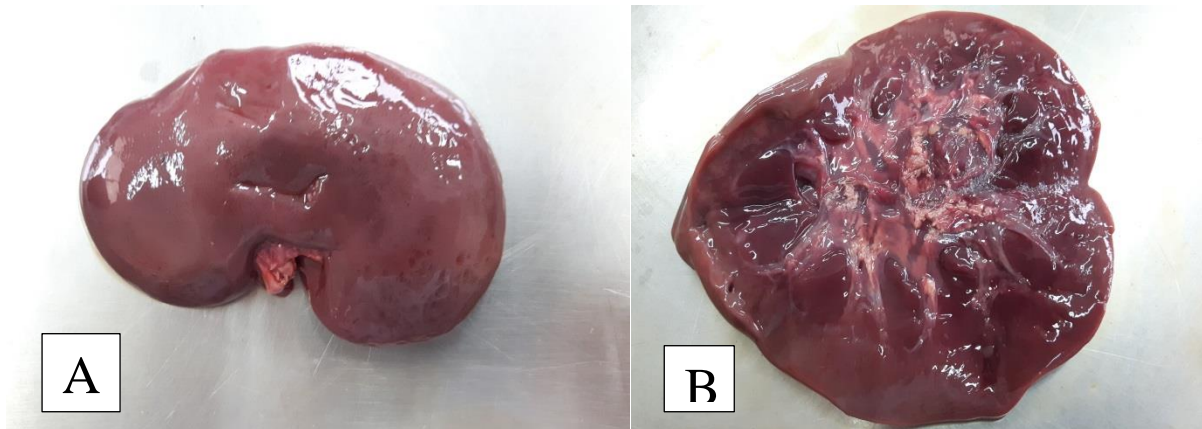
5.5.4. Leševi svinja u vodi

Pregled unutrašnjih organa kod leševa svinja postavljenih u vodu nije vršen 28. dana iz tehničkih razloga. Usled niskih spoljašnjih temperatura koje su bile zastupljene 120. dana istraživanja došlo je do zamrzavanja leša u vodi te stoga nije bilo moguće uraditi unutrašnji pregled leša i makroskopski opis promena.

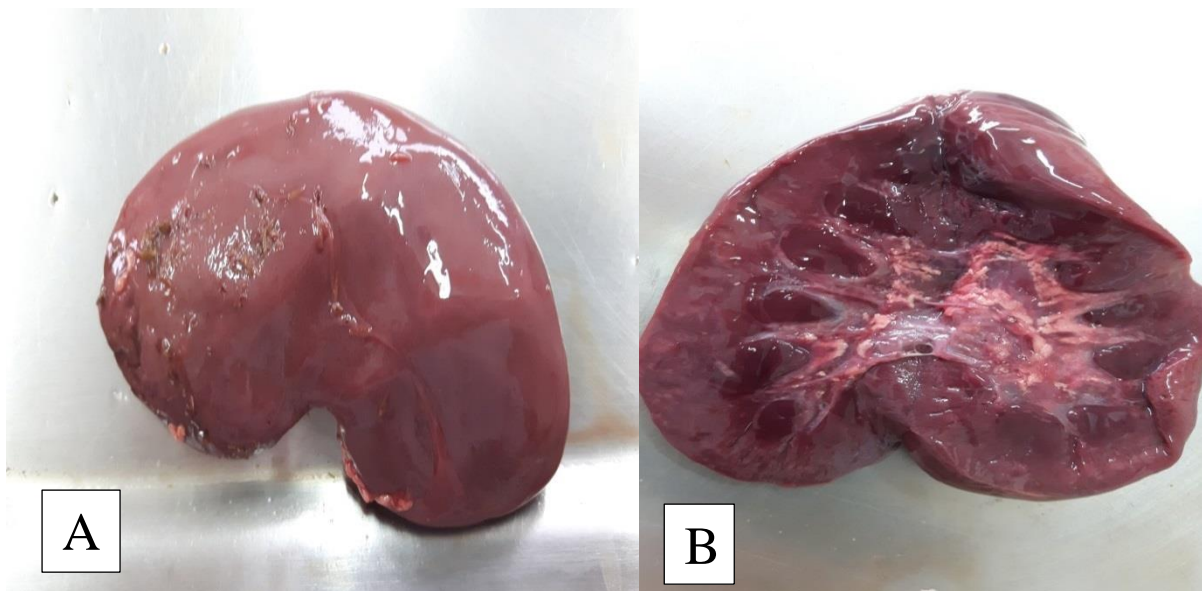
5.5.4.1. Bubrezi

14.dan – težina desnog bubrega je bila 51 gram dok je težina levog bubrega bila 54 grama. Veličinom i oblikom, oba bubrega odgovarala su vrsti i starosti životinje. Distalni deo levog bubrega je bio braonkasto crvene boje dok je ostatak bio prošaran od svetlije do tamnije

boje, a desni bubreg je bio svetlo crvene boje (slika 61a, 62a). Oba bubrega su bila izuzetno trošne konzistencije. Kod desnog bubrega se na poprečnom preseku nije mogla uočiti jasna granica između kore i srži, dok je kod levog bubrega postojala delimična očuvanost granice između kore i srži (slika 61b, 62b).



Slika 61. Spoljašnji izgled desnog bubrega sa blagim udubljenjima (A) i poprečni presek desnog bubrega sa nepostojanjem jasne granice između kore i srži (B).



Slika 62. Spoljašnji izgled levog bubrega braonkasto svetlo crvene boje (A) i poprečni presek levog bubrega sa delimičnom očuvanosti granice između kore i srži (B).

5.5.4.2. Jetra

14.dan – težina jetre je bila 477 grama. Oblikom i veličinom odgovarala je vrsti i starosti životinje, izuzetno je bila tanka i bledo ljubičaste boje sa izraženom trošnom konzistencijom (slika 63).



Slika 63. Jetra blede ljubičaste boje i trošne konzistencije sa blago izraženim raspadanjem

5.5.4.3. Slezina

14.dan – težina je bila 79 grama. Oblikom i veličinom odgovarala je vrsti i starosti životinje. Boja je bila tamno ljubičasta sa tvrdom konzistencijom (slika 64).



Slika 64. Slezina tamno ljubičaste boje sa tvrdom konzistencijom

5.5.5. Težina unutrašnjih organa u različitim medijumima i danima ispitivanja

Prilikom pregleda unutrašnjih organa (bubrezi, jetra i slezina), pored makroskopskog opisa nastalih promena vršeno je i merenje težine navedenih organa koje je prikazano u prethodno navedenim rezultatima. Na osnovu dobijenih rezultata težine, urađena je relativna (%) težina organa u odnosu na ukupnu težinu leša u danu ispitivanja u različitim medijumima koja je prikazana u tabelama 14 – 15.

Tabela 14. Težina bubrega (LB – levi bubreg, DB – desni bubreg) izražena u % u odnosu na ukupnu težinu leša na dan ispitivanja u različitim medijumima

Medijumi	14.dan		28.dan		120.dan	
	LB	DB	LB	DB	LB	DB
Vazduh	0,25	0,24	0,27	0,57	0,15	0,16
Zemlja	0,22	0,31	0,37	0,33	0,18	0,20
Sanduk	0,25	0,26	0,22	0,21	0,21	0,19
Voda	0,27	0,25	tehnička nemogućnost merenja		zamrznutost leša u vodi	

Tabela 15. Težina jetre i slezine izražena u % u odnosu na ukupnu težinu leša na dan ispitivanja u različitim medijumima

Medijumi	Jetra			Slezina		
	14.dan	28.dan	120.dan	14.dan	28.dan	120.dan
Vazduh	4,38	3,95	0,81	0,22	0,39	0,09
Zemlja	3,06	3,77	1,59	0,22	0,35	0,13
Sanduk	3,36	1,51	1,57	0,18	0,17	0,09
Voda	2,37	tehnička nemogućnost merenja	zamrznutost leša u vodi	0,39	tehnička nemogućnost merenja	zamrznutost leša u vodi

Prilikom sprovođenja istraživanja 14. dana, težina LB i DB je bila približno jednaka u svim ispitivanim medijumima (0,24 do 0,27 %) izuzev kod leševa zakopanih u zemlju gde je težina LB bila 0,22 % a težina DB 0,31 % (tabela 14) u odnosu na ukupnu težinu leša. Težina jetre je bila najveća kod leševa u vazduhu (4,38 %) dok je najmanja težina zabeležena kod leševa u vodi (2,37 %). U preostala dva medijuma, u zemlji i drvenom sanduku u zemlji vrednosti su bile približno slične. Za razliku od jetre, težina slezine je bila približno jednaka u svim ispitivanim medijumima (0,18 do 0,22 %) izuzev kod leševa u vodi gde je zabeležena najveća težina (0,39 %).

Istraživanja koja su sprovedena 28. dana pokazala su postojanje značajne razlike u težini između LB i DB kod leševa u vazduhu. Naime, težina LB je bila 0,27 % dok je težina DB bila 0,57 % u odnosu na ukupnu težinu leša na dan ispitivanja. Kod leševa u zemlji i drvenom sanduku u zemlji nije bilo značajnije razlike u težini između LB i DB. Leševi u vazduhu su imali najveću težinu jetre (3,95 %) i težinu slezine (0,39 %), dok su leševi u drvenom sanduku u zemlji imali najmanju težinu jetre (1,51 %) i težinu slezine (0,17 %) u odnosu na ukupnu težinu leša na dan ispitivanja. Kod leševa u vodi, 28. dana nije vršeno ispitivanje iz tehničkih razloga.

Prilikom istraživanja 120. dana, težine LB i DB su bile približno jednake i nije bilo značajnijih razlika između ispitivanih medijuma. Slični rezultati su bili i prilikom merenja težine slezine. Međutim, razlike u težini jetre su bile uočljive. Naime, težina jetre je bila najmanja kod leševa u vazduhu (0,81 %) dok je kod leševa u zemlji i drvenom sanduku u zemlji, težina jetre bila približno jednaka (tabela 15). Kod leševa u vodi, ispitivanje nije sprovedeno 120. dana zbog zamrzavanja leša u vodi.

6. DISKUSIJA

Temperatura je faktor koji igra važnu ulogu u procesu raspadanja leševa (Schotsmans i sar., 2014; Sutherland i sar., 2013). U našem istraživanju, u prvih 28 dana prosečna maksimalna temperatura je bila 12,8 °C (grafikon 1) što je omogućilo veću aktivnost insekata i nastajanje brzih promena raspadanja i to kod leševa u vazduhu i vodi. Sa druge strane, zimski periodi mogu biti često vrlo suvi i bez padavina i na taj način prolongirati procese raspadanja (Myburgh i sar., 2013). U našem istraživanju, u periodu od novembra do marta, prosečna minimalna temperatura je bila ispod 0 °C što je uticalo na usporavanje procesa raspadanja kod leševa u vazduhu i vodi. Iako je fizički dosta teško bilo insektima da dospeju do leševa zakopanih u zemlju i u drvenom sanduku u zemlji, zahvaljujući dobroj termoizolaciji pre svega drvenog sanduka stvoreni su bili bolji uslovi usled veće temperature za aktivnost insekata i više izraženije promene raspadanja. Brojna istraživanja od strane drugih autora pokazuju da faza naduvenosti kod leševa ima produženo vreme trajanja za vreme niskih spoljašnjih temperatura (Johnson, 1975; Terneny, 1997). Oni u svojim istraživanjima navode da kada postoje fluktuacije u temperaturi sa vrednostima oko 8 °C, trupovi se smanjuju a zatim naduvenost se ponovo razvija kada dođe do porasta temperature. Rezultati ovih autora se delimično slažu sa rezultatima u našem istraživanju kod leševa zakopanih u zemlju u prvih 28 dana ispitivanja. Naime, tokom ovog perioda bila je izražena faza naduvenosti što nije bio slučaj u ostalim medijumima u kojima je ova faza imala kraće trajanje (do 14. dana). Ovo se može objasniti činjenicom da je temperatura u zemlji u prvih 28 dana ispitivanja bila niža nego spoljašnja temperatura kod leševa koji su bili u vazduhu i vodi. Pored toga, u aktivnoj fazi raspadanja dolazi do povećane aktivnosti insekata na trupovima u danima nakon padavina što rezultira i brzim nastankom napredne faze raspadanja (Wagster,

2007). Micozzi (1997) je u svojim istraživanjima upoređivao stepen raspadanja trupova od sveže uginulih leševa sa zamrznutim trupovima. Rezultate koje je dobio pokazivali su da kod zamrznutih trupova koji su nakon toga otopljeni, promene raspadanja započinju prvo spolja pa tek onda u unutrašnjosti dok je kod trupova koji potiču od sveže uginulih leševa obrnut slučaj (Micozzi, 1997). Do sličnih rezultata smo došli u našem istraživanju kod leševa u vodi koji su tokom januara i februara bili zamrznuti da bi sa porastom temperatura tokom marta i aprila, procesi raspadanja počeli prvo spolja na lateralnoj strani abdomena pa tek onda na unutrašnjim organima.

U našem istraživanju, proces raspadanja leševa svinja u vazduhu je bio brži i intenzivniji u nastanku ranih faza raspadanja u odnosu na leševe zakopane u zemlju. Na to ukazuju i rezultati TBS koji su kod leševa u vazduhu bili najviši u odnosu na rezultate u ostalim medijumima (tabela 13). Naime, kod leševa u vazduhu karakteristična je bila pojava mumifikacije kao posledica izloženosti površine trupa suncu i vetru što doprinosi i makroskopskim promenama u izgledu unutrašnjih organa. Za razliku od leševa u vodi gde je sveža faza raspadanja imala produženo trajanje do 3. dana, kod leševa u ostalim medijumima bila je zastupljena samo 0. i 1. dana. Dobijeni rezultati u našem istraživanju nisu u potpunoj saglasnosti sa rezultatima drugih autora koji ukazuju da je sveža faza raspadanja bila zastupljena samo 0. dana a da već od 1. dana dolazi do pojave prvih znakova naduvenosti abdomena (Lynch-Aird i sar., 2015; Li i sar., 2016). Tokom makroskopske opservacije leševa u prva dva dana uočena je zelenkasta diskoloracija sa ventralne strane abdomena koja se tokom narednih pet dana proširivala i na ostale delove tela. Prvi znaci naduvenosti leša bili su uočeni već od drugog dana i bili su sve izraženiji kako se proces raspadanja nastavljao. Zahvaljujući nastanku intenzivnijih promena raspadanja kod leševa u vazduhu, faza naduvenosti je trajala od 2. do 5. dana, dok je u ostalim medijumima trajanje ove faze bilo znatno duže. Drugi autori prilikom makroskopske opservacije leševa postavljenih u otvorenu

kutiju napominju da već od trećeg dana dolazi do zelenkasto crne diskoloracije celog tela, a od petog dana dolazi do veoma izraženog mirisa i razlaganja tkiva u pojedinim delovima glave, kao i izražene aktivnosti insekata (Statheropoulos i sar., 2011; Anderson, 2011).

Istraživanje koje je sprovodio Anderson (2011) odnosilo se na poređenje nastanka faza raspadanja između leševa postavljenih spolja na travnatoj površini i leševa postavljenih unutra u zatvorenoj prostoriji pokazalo je brže nastajanje promena a samim tim i faza raspadanja kod leševa postavljenih spolja na travi. U našem istraživanju, kod leševa postavljenih u vazduhu drugog dana uočena je kolonizacija larvi i insekata i to u predelu oko anusa što je u saglasnosti sa rezultatima istraživanja od strane Andersona (2011) kod leševa postavljenih na površinu trave, dok nije u saglasnosti sa rezultatima kod leševa u zatvorenoj prostoriji gde nije bilo kolonizacije insekata i larvi. Za razliku od leševa postavljenih na travu gde je faza naduvenosti trajala od 1. do 7. dana, kod leševa u zatvorenoj prostoriji ova faza je bila zastupljena od 1. do 15. dana što je u saglasnosti sa našim rezultatima kod leševa u drvenom sanduku u zemlji. Međutim, razlike u rezultatima se uočavaju u drugim medijumima i to kod leševa zakopanih u zemlju (od 2. do 28. dana) i kod leševa u vodi (od 5. do 12. dana). U prvih dvadeset osam dana istraživanja, temperature su bile pogodne (grafikon 1) za aktivnost insekata što je doprinelo da procesi raspadanja kod leševa u vazduhu budu sve više izraženi. Aktivna faza raspadanja koja se manifestovala mumifikacijom ušiju i glave kao i masovnom invazijom larvi i insekata na glavi trajala je od 7. do 19. dana što je u saglasnosti sa rezultatima od strane Andersona (2011) koji navodi da je aktivna faza raspadanja kod leševa na travi trajala od 7. do 14. dana sa znacima prebojavanja kože, ekstenzivne putrefakcije kao i masovne invazije crva u predelu glave. Međutim, ovaj autor navodi kasniji početak i duže trajanje aktivne faze raspadanja kod leševa u zatvorenoj prostoriji i to od 17. do 31. dana. Ovi rezultati se dosta razlikuju u odnosu na naše rezultate kod leševa zakopanih u zemlju, gde je tek 120. dana bila zastupljena aktivna faza raspadanja što je posledica uticaja nižih

temperatura koje su bile zastupljene u zemlji. Između 28. i 120. dana, kod leševa u vazduhu bila je zastupljena napredna faza raspadanja. Slični rezultati su bili i kod leševa u vodi, s tim da je kod leševa u ovom medijumu početak napredne faze raspadanja bio od 36. dana. Za razliku od leševa u drvenom sanduku u zemlji, gde je napredna faza raspadanja bila zastupljena 120. dana, kod leševa zakopanih u zemlju ova faza je bila 180. dana. Anderson (2011) u svojim istraživanjima navodi da napredna faza raspadanja sa promenama u vidu vidljivosti kostiju, crnog zatamnjenja kože i izlaska unutrašnjih organa kod leševa na travi započinje od 15. dana i traje do 24. dana dok kod leševa u zatvorenoj prostoriji od 32. do 42. dana (Anderson, 2011). Tokom našeg istraživanja, posle 120. dana, temperature ponovo beleže porast vrednosti sa prosečnom maksimalnom temperaturom preko 16 °C što rezultira nastankom brzih promena raspadanja i porastom vrednosti TBS u svim ispitivanim medijumima.

Kod leševa zakopanih u zemlju, 14. i 28. dana uočavala se dobra očuvanost leša (TBS od 3 do 5) sa blagim zelenim prebojavanjem duž abdomena i blago izraženom naduvenosti abdomena, dok je makroskopski izgled unutrašnjih organa bio nepromenjen. Slične rezultate u svojim istraživanjima su dobili i drugi autori, koji su 13. dana imali identične promene, dok je 27. dana prisutan bio neprijatan truo miris, konture ušiju i nosa nisu bile više jasno definisane i gubitak kože je bio izražen (Niederegger i sar., 2015). Rezultati ovih autora pokazuju da prilikom otkopavanja leševa 7., 13. i 20. dana bila je i dalje izražena faza naduvenosti, dok prilikom otkopavanja 27. dana uočavaju se promene koje karakterišu aktivnu fazu raspadanja (Niederegger i sar., 2015). Ovi rezultati nisu u saglasnosti sa rezultatima u našem istraživanju, jer prilikom ispitivanja spovedenih 28. dana bila je zastupljena faza naduvenosti (tabela 10.). Ovi autori u svojim istraživanjima navode da je 13. dana nakon otkopavanja leša došlo do prekida kontinuiteta kože u predelu abdomena i izlaska unutrašnjih organa u spoljašnju sredinu što nije bilo zastupljeno u našem istraživanju, a prilikom sledećeg otkopavanja 27.

dana došlo je do kolabiranja leša i gubitka u težini. Kod leševa zakopanih u zemlju posle 120. dana dolazi do slabije izraženih promena raspadanja na trupu što je rezultat nižih temperatura u zemlji nego na površini zemlje i u vazduhu i smanjene aktivnosti insekata. Do ovih rezultata su došli Troutman i sar. (2014) koji navode da raspadanje trupa u zemlji može biti osam puta sporije u poređenju sa trupovima koji se nalaze na površini zemlje.

Kod leševa u drvenom sanduku u zemlji zastupljen je bio najveći stepen raspadanja trupova kao rezultat uticaja aktivnosti insekata i temperature. Zahvaljujući drvenom sanduku koji je bio dobar termoizolator (Fiedler i Graw, 2003) i postavljen u zemlju na dubinu od 1,2 m i temperaturi koja je 29 dana bila 0 °C, procesi raspadanja su bili izraženi a u drugim medijumima su bili smanjeni. Tokom procesa raspadanja, 14. dana došlo je do prekida kontinuiteta kože a u predelu abdomena uočavalo se enormno povećanje obima – *Meteorismus postmortalis*. Slične rezultate u svojim istraživanjima dobili su i drugi autori prilikom makroskopske opservacije leševa svinja postavljenih u zatvorenu kutiju (Statheropoulos i sar., 2011). Pri ispitivanju 9. dana uočena je tamno zelena diskoloracija celog tela sa izuzetno jakim mirisom, intenzivnim propadanjem mekih tkiva na glavi, odvajanjem pokožice i kože (Statheropoulos i sar., 2011; Niederegger i sar., 2015). Tokom istraživanja 28. dana, uočen je veći intenzitet promena u ovom medijumu kao posledica nedostatka kiseonika što doprinosi anaerobnoj fermentaciji koju obavljaju različiti mikroorganizmi u telu čime se povećava stepen raspadanja (Dent i sar., 2004). Iako su trupovi bili postavljeni u drveni sanduk duboko u zemlji prisutan je bio veliki broj larvi 120. i 180. dana. Ovo je najverovatnije posledica kontaminacije leševa i/ili drvenih sanduka tokom perioda od smrti do sahranjivanja jer su u tom periodu temperature bile preko 20 °C. Takođe, prisustvo larvi može biti rezultat viših temperatura u drvenom sanduku nego u vazduhu tokom zimskog perioda a time i povoljnijih uslova za aktivnost insekata (Archer, 2004; Lyu i sar., 2016) koji su doprineli da procesi raspadanja u ovom medijumu na kraju ispitivanja dospeju u

fazu skeletizacije sa najvišim vrednostima TBS od 32 u odnosu na ostale medijume (TBS od 20 do 26).

Kod leševa potopljenih u vodu, najbrže promene su se desile na delu trupa koji je bio iznad vode tokom aktivne faze raspadanja zato što je voda predstavljala fizičku barijeru za insekte. Deo trupa koji je bio iznad vode imao je brže i izraženije promene raspadanja zahvaljujući mnogo višoj izloženosti nivoa kiseonika a samim tim i većoj dostupnosti insektima (Madea i sar., 2007). Istraživanja drugih autora pokazuju da do raspadanja mekih tkiva tela dolazi istom brzinom i kod leševa u vodi i kod leševa spolja na površini (Haglund, 1993; Anderson i Hobischak, 2004). Međutim, u ovom našem istraživanju stepen raspadanja trupa u vodi je pod uticajem i zavisi od karakteristika vode kao što su flora i fauna i dubina na kojoj se nalazi trup i svakako će se razlikovati od stepena raspadanja trupa u prirodnom obliku vode (Heaton i sar., 2010).

Težina ili veličina trupa igra značajnu ulogu u nastanku brzine postmortalnih promena jer poznato je da leševi sa manjom težinom imaju brži stepen raspadanja od leševa sa većom težinom (Sutherland i sar., 2013). U našem istraživanju, leševi sa manjom težinom (DS i DW) su imali brži stepen raspadanja sa pojavom skeleta nego leševi sa većom težinom (DV i DZ). Međutim, istraživanje koje su sprovodili Hewadikaram i Goff (1991) upoređujući stepen raspadanja kod trupova svinja težine 8,4 i 15,1 kg je u suprotnosti sa rezultatima prethodnih autora, jer su ustanovili brže raspadanje trupa kod leševa sa većom težinom. Za razliku od ovih autora, Komar i Beattie (1998) su radili istraživanje na malim leševima svinja, težine između 19 i 26 kg, srednjim leševima, težine između 36 i 80 kg i velikim leševima, težine između 156 i 162 kg koji su bili odeveni sa odećom sa ciljem da utvrde kod kojih leševa se najbrže dešavaju promene raspadanja. U njihovom istraživanju, najbrže promene raspadanja su bile zastupljene kod leševa sa manjom težinom (Komar i Beattie, 1998; Kelly i sar., 2009). Brand (2008) je upoređivao brzinu nastanka promena raspadanja kod leševa svinja težine 10,

15 i 20 kg ukazujući da ne postoje signifikantno značajne razlike u brzini nastanka promena raspadanja između ovih navedenih leševa. Međutim, Simmons i sar. (2010) u svojim istraživanjima navode da je težina trupa leša faktor od esencijalnog značaja u brzini nastanka promena raspadanja ali samo ukoliko su trupovi prethodno bili kolonizovani od strane insekata (Simmons i sar., 2010). Lynch-Aird i sar. (2015) u svojim istraživanjima ukazuju na povezanost između stope raspadanja i gubitka težine leša. Do sličnih rezultata došli su i Matuszewski i sar. (2014) koji ukazuju da je težina trupa faktor od ključnog značaja za procese raspadanja leša. Rezultati ovih autora pokazuju da je aktivna faza raspadanja manje efikasna na trupovima leševa sa većom težinom i da procesi raspadanja počinju znatno ranije na leševima sa manjom težinom (Matuszewski i sar., 2014; Sutherland i sar., 2013) što je u saglasnosti sa rezultatima u našem istraživanju. Ovi autori navode da je brzina raspadanja leševa svinja težine ispod 35 kg za oko 2,8 puta brža u odnosu na brzinu raspadanja kod leševa između 60 i 90 kg. Niederegger i sar. (2015) u svojim istraživanjima navode da kod leševa zakopanih u zemlji 40. dana od početka ispitivanja dolazi do gubitka težine za 38,6 % u odnosu na početnu težinu. Rezultati ovih autora nisu u saglasnosti sa rezultatima iz naših istraživanja. S obzirom da su promene i faze raspadanja kod leševa zakopanih u zemlju u prvih 28 dana ispitivanja bile najslabije izražene, samim tim i gubici u težini su bili značajno manji u odnosu na rezultate u drugim medijumima. Naime, kod leševa zakopanih u zemlju, nakon 14. dana od početka ispitivanja došlo je do gubitka težine za 0,6 %, a nakon 28. dana za 2,5 % u odnosu na početnu težinu. Kod leševa u vazduhu, kako su procesi raspadanja bili sve više izraženiji tako su i gubici u težini bili sve veći od početka do kraja ispitivanja. Na početku ispitivanja, posle 14. dana, gubici u težini su bili manji za 3,6 %, dok su posle 28. dana gubici u težini bili za 9,2 % manji u odnosu na početnu težinu. Tokom daljih istraživanja, leševi u vazduhu su imali najveći gubitak težine pri čemu je 120. dana došlo do smanjenja za 21,5% u odnosu na početnu težinu, dok je 180. dana težina bila smanjena za

64,8% u odnosu na početnu težinu što je rezultat visokog uticaja stepena dehidracije i mumifikacije. U našem istraživanju, rezultati su jedino pokazivali povećanje težine za 9,8 % kod leševa u vodi i 4,3 % kod leševa u drvenom sanduku u zemlji i to samo 14. dana u odnosu na početnu težinu. Razlog koji je doprineo povećanju težine kod leševa u vodi može se objasniti pasivnim ulaskom vode u organe respiratornog i digestivnog trakta. Kasnija istraživanja sprovedena 120. i 180. dana kod leševa zakopanih u zemlju i kod leševa u drvenom sanduku u zemlji pokazala su veće gubitke u težini u odnosu na početak istraživanja. Naime, 120. dana kod leševa zakopanih u zemlju, gubici u težini su bili manji za 26,3 %, dok su 180. dana gubici u težini bili manji za 17,5 % u odnosu na početnu težinu što je posledica znatno više izraženijih promena raspadanja kao i činjenice da su leševi bili u aktivnoj i naprednoj fazi raspadanja. Dobijene rezultate u našem istraživanju sa gubicima u težinama leša potvrdila su i istraživanja drugih autora (Adlam i Simmons, 2007; Shalaby i sar., 2000).

Kako su procesi raspadanja napredovali tako su makroskopske promene na parenhimatoznim organima bile sve više izraženije sa narušavanjem oblika, veličine, promenama u boji i smanjenjem težine u svim ispitivanim medijumima. Na početku istraživanja, težine LB i DB su bile približno ujednačene kod leševa u vazduhu i drvenom sanduku u zemlji (tabela 14), jer su postmortalne promene bile više zastupljenije na spoljašnjim proksimalnim i distalnim delovima tela sa prisustvom muva i larvi insekata u predelu anusa i glave dok su na unutrašnjim organima te promene bile znatno manje izražene. Međutim, 120. dana istraživanja prekid kontinuiteta kože u ingvinalnom predelu je omogućio naseljavanje crva u unutrašnje organe što je imalo za posledicu pojavu postmortalne maceracije i smanjene težine bubrega. Kod leša CV, 120. dana težina LB i DB je bila 0,15 i 0,16 % u odnosu na ukupnu težinu leša na dan ispitivanja, dok je kod leša CS težina LB i DB bila 0,21 i 0,19 % u odnosu na ukupnu težinu leša. Oba bubrega su u ispitivanim medijumima bila trošne konzistencije izuzev kod leša CV gde je 120. dan, desni bubreg bio tvrde

konzistencije kao posledica izraženog stepena mumifikacije leša. S obzirom da su procesi raspadanja bili najslabije izraženi kod leševa zakopanih u zemlju, to je dovelo i do dobre očuvanosti parenhimatoznih organa u ovom medijumu naročito u prvih 28 dana ispitivanja. Tokom ovog perioda bila je zastupljena faza naduvenosti sa blago uvećanim abdomenom što je dovelo i da težine organa budu povećane u odnosu na težine organa u drugim medijumima (tabela 14 – 15). Neuočavanje postmortalnih promena tokom ispitivanja 14. dana, doprinela su da kod oba bubrega na poprečnom preseku postoji jasna granica između kore i srži dok u ostalim medijumima nije bilo moguće uočiti jasnu granicu.

Razlike u promeni boje jetre u prvih 28 dana istraživanja nisu se mogle uočiti izuzev kod leša BS gde je 28. dana, boja jetre bila bledo svetlo rozikasta. Na početku istraživanja, boja jetre je bila sivo do tamno ljubičasta bez izraženih promena osim u konzistenciji gde je kod leševa BV i BS 28. dana bila trošne konzistencije, a kod leševa u zemlji tvrde konzistencije. Prilikom ispitivanja 120. dana u svim medijumima primetna je bila regresija jetre i slezine sa značajnim narušavanjem oblika oba ova organa. Zahvaljujući aktivnoj i naprednoj fazi raspadanja u kojima su se nalazili leševi 120. dana ispitivanja, težine jetre i slezine su bile značajno smanjene u odnosu na težine koje su bile na početku ispitivanja u odnosu na ukupnu težinu leša (tabela 15).

7. ZAKLJUČCI

Na osnovu izloženih rezultata sopstvenog istraživanja, mogu se izvesti sledeći zaključci:

1. Nakon PMI 14., 28. i 120. dana, najbrži stepen razlaganja je bio kod leševa koji su se nalazili u vazduhu. Takođe, spoljašnje razlaganje leševa u vazduhu je pratilo i najbrže razlaganje unutrašnjih organa.
2. Nakon PMI 180. dana, najbrži stepen razlaganja je bio kod leševa koji su se nalazili u drvenom sanduku u zemlji. Takođe, spoljašnje razlaganje leševa u drvenom sanduku u zemlji je pratilo i najbrže razlaganje unutrašnjih organa.
3. Telesnu težinu su najbrže gubili leševi postavljeni u vazduhu i to na početku istraživanja, 14. dana i na kraju istraživanja, 180. dana.
4. Nakon 28. dana, telesnu težinu su najbrže gubili leševi u drvenom sanduku u zemlji, dok je nakon 120. dana, najbrži gubitak telesne težine ustanovljen kod leševa zakopanih u zemlju.
5. Leševi zakopani u zemlji su se najsporije razlagali u odnosu na sve ostale ogledne grupe, tokom celog ogleda (PMI 14., 28., 120. i 180. dana).

8. LITERATURA

1. Abeyasekera, S., 2000. Quantitative analysis approaches to qualitative data: why, when and how. Reading, U.K.: Statistical Services Centre, University of Reading.
2. Ahi, R.S., Garg, V., 2011. Role of vitreous potassium level in estimating postmortem interval and the factors affecting it. *Journal of Clinical and Diagnostic Research* 5(1), 13-15.
3. Ahmad, A., Ahmad, A.H., 2009. A preliminary study on the decomposition and dipteran associated with exposed carcasses in an oil palm plantation in Bandar Baharu, Kedah, Malaysia. *Tropical Biomedicine* 26(1), 1-10.
4. Amendt, J.R., Krettek, Zehner, R., 2004. Forensic entomology. *Naturwissenschaften*, 91(2), 51-65.
5. Anderson, G.S., 2000. Minimum and maximum development rates of some forensically important *Calliphoridae* (Diptera). *J Forensic Sci* 45: 824-832.
6. Anderson, G.S., Cervenka, V.J., 2001. Insects associated with the body: their use and analyses. In: Haglund and Sorg (Eds.). *Forensic Taphonomy: The postmortem fate of human remains*. Boca Raton, CRC Press.
7. Anderson, G.S., Hobischak, N.R., 2004. Decomposition of carrion in the marine environment in British Columbia, Canada. *Int J Legal Med*, 118(4), 206-209.
8. Anderson, G.S., VanLaerhoven, S.L., 1996. Initial studies on insect succession on carrion in southwestern British Columbia. *J For Sci*. 41(4), 617-625.
9. Archer, M., 2004. Rainfall and temperature effects on the decomposition rate of exposed neonatal remains. *Sci Justice* 44(1), 35-41.

10. Aturaliya, S., Lukasewycz, A., 1999. Experimental forensic and bioanthropological aspects of soft tissue taphonomy: 1. Factors influencing postmortem tissue desiccation rate. *Journal of Forensic Sciences*, 44(5), 893-896.
11. Barnes, S., 2000. Forensic entomological case study and comparison of burned and unburned *Sus scrofa* specimens in the biogeoclimatic zone of northwestern Montana. Master thesis, University of Montana.
12. Bass, W.M., 1997. Outdoor decomposition rates in Tennessee. In W.D. Haglund and M.H. Sorg (Eds.), *Forensic Taphonomy: The Postmortem fate of human remains*. New York, CRC Press: 181-186.
13. Bedford, P.J., Tsokos, M., 2013. The occurrence of cadaveric spasm is a myth. *Forensic science, medicine and pathology* 9(2), 244-248.
14. Bell, S., 2013. Effects of wrappings on the decomposition process. Master thesis, Texas Tech University.
15. Bonacci, T., Brandmayr, T.Z., Brandmayr, P., Vercillo, V., Porcelli, F., 2011. Successional patterns of the insect fauna on a pig carcass in southern Italy and the role of *Crematogaster scutellaris* (Hymenoptera, Formicidae) as a carrion invader. *Entomological Science*, 14, 125-132.
16. Braig, H.R., Perotti, M.A., 2009. Carcasses and mites. *Experimental and Applied Acarology* 49(1), 45-84.
17. Brand, H.J., 2008. The effect of carcass weight on the decomposition of pigs (*Sus scrofa*). *Proc Am Acad Forensic Sci XIV*, 324.
18. Brooks, J.W., 2016. Postmortem changes in animal carcasses and estimation of the postmortem interval. *Veterinary Pathology Vol.53(5)*, 929-940.

19. Byard, R.W., Farrell, E.R., Simpson, E., 2008. Diagnostic yield and characteristic features in a series of decomposed bodies subject to coronial autopsy. *Forensic Sci Med Pathol*, 4, 9 – 14.
20. Carter, D., Yellowlees, D., Tibbett, M., 2010. Moisture can be the dominant environmental parameter governing cadaver decomposition in soil. *Forensic Science International* 200, 60-66.
21. Clark, M.A., Worrell, M.B., Pless, J.E., 1997. Postmortem changes in soft tissues. In W.D., Haglund and M.H., Sorg (Eds.), *Forensic Taphonomy: The Postmortem fate of human remains*. New York, CRC Press, 151-164.
22. Cooper, J.E., Cooper, M.E., 2007. *Introduction to Veterinary and Comparative Forensic Medicine*. Blackwell Publishing Ltd. UK, 182-196.
23. Dautartas, A.M., 2009. The effect of various coverings on the rate of human decomposition. Masters Theses, University of Tennessee, Knoxville.
24. Dekeirsschieter, J., Verheggen, F., Gohy, M., Hubrecht, F., Bourguignon, L., Lognay, G., Haubruge, E., 2009. Cadaveric volatile organic compounds released by decaying pig carcasses (*Sus domesticus L.*) in different biotopes. *Forensic Science International* 189(1), 46-53.
25. Demierre, N., Wyler, D., Zollinger, U., Bolliger, S., Plattner, T., 2009. Elevated body core temperature in medico-legal investigation of violent death. *The American journal of forensic medicine and pathology* 30(2), 155-158.
26. Dent, B., Forbes, S., Stuart, B., 2004. Review of human decomposition processes in soil. *Environmental Geology* 45(4), 576-585.
27. Dokmanović, M., Baltić, M., Marković, R., Bošković, M., Lončina, J., Glamočlija, N., Đorđević, M., 2014. Relationships among pre-slaughter stress, rigor mortis, blood

- lactate, and meat and carcass quality in pigs. *Acta Veterinaria Beograd* 64(1), 124-137.
28. Džaja, P., Grabarević, Ž., 2011. *Sudsko veterinarstvo. Opći dio*. Veterinarski fakultet sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
29. Fiedler, S., Graw, M., 2003. Decomposition of buried corpses, with special reference to the formation of adipocere. *Naturwissenschaften*, 90(7), 291-300.
30. Galloway, A., Birkby, W.H., Jones, A.M., Henry, T.E., Parks, B.O., 1989. Decay rates of human remains in an arid environment. *J Forensic Sci* 34(3), 607-616.
31. Gebhart, F.T.F., Brogdon, B., Zech, W.D., Thali, M.J., Germerott, T., 2012. Gas at postmortem computed tomography – an evaluation of 73 non-putrefied trauma and non-trauma cases. *Forensic Science International* 222(1), 162-169.
32. Gennard, D.E., 2007. *Forensic Entomology: An Introduction*. West Sussex: John Wiley, Sons Ltd.
33. Goff, L.M., 2009. Early post-mortem changes and stages of decomposition in exposed cadavers. *Exp Appl Acarol* 49, 21–36.
34. Green, H., Gilbert, J., James, R., Byard, R.W., 2001. An analysis of factors contributing to a series of deaths due to exposure to high environmental temperatures. *Am J Forensic Med Pathol*; 22, 196 – 199.
35. Guharaj, P.V., Chandran, M.R., 2003. *Forensic Medicine*. Second edition, Orient Longman.
36. Haglund, W.D., 1993. Disappearance of Soft Tissue and the Disarticulation of Human Remains from Aqueous Environments. *J Forensic Sci*. 38, 806-815.
37. Hau, T.C., Hamzah, N.H., Lian, H.H., Hamzah, A.A., 2014. Decomposition process and post mortem changes: Review, *Sains Malaysiana* 43(12), 1873-1882.

38. Heaton, V., Lagden, A., Moffatt, C., Simmons, T., 2010. Predicting the post-mortem submersion interval for human remains recovered from U.K. waterways. *J Forensic Sci*, 55(2), 302-307.
39. Hewadikaram, K.A., Goff, M.L., 1991. Effect of carcass size on rate of decomposition and arthropod succession patterns. *Am J Forensic Med Pathol* 12, 235–240.
40. Jaggars, K.A., Rogers, T.L., 2009. The effects of soil environment on postmortem interval: a macroscopic analysis. *J Forensic Sci*;54(6), 1217–1222.
41. Jain, B., 2004. *Guide to forensic medicine and toxicology*. New Delhi: B. Jain Publishers Ltd, 55 – 59.
42. Janaway, R.C., 1996. The decay of buried human remains and their associated materials. In Hunter, J., Roberts, C., Martin, A., (eds.): *Studies in Crime: An Introduction to Forensic Archaeology*. London: Batsford, 58-85.
43. Johnson, D., 1975. “Seasonal and microserai variation in the insect population on carrion”. *American Midland Naturalist* 93(1), 79-90.
44. Kelly, J.A., Van der Linde, T.C., Anderson, G.S., 2009. The influence of clothing and wrapping on carcass decomposition and arthropod succession during the warmer seasons in Central South Africa. *J Forensic Sci* 54, 1105–1112.
45. Keough, N., Myburgh, J., Steyn, M., 2017. Scoring of decomposition: A proposed amendment to the method when using a pig model for human studies. *J Forensic Sci*, vol.62, No.4.
46. Komar, D.A., 1998. Decay rates in a cold climate region: A review of cases involving advanced decomposition from the medical examiner’s office in Edmonton, Alberta. *J Forensic Sci*. 42(1), 57-61.
47. Komar, D., Beattie, O., 1998. Effects of carcass size on decay rates of shade and sun exposed carrion. *Can Soc Forensic Sci J* 31, 35–43.

48. Komar, D.A., Buikstra, J.E., 2008. Forensic anthropology: contemporary theory and practice. New York, NY: Oxford University Press.
49. Larizza, M., 2010. Physical and chemical analysis of pig carcass decomposition in a fine sand. Master thesis, University of Ontario Institute of Technology.
50. Lee, G.M., 2009. Early post-mortem changes and stages of decomposition in exposed cadavers. *Experimental and Applied Acarology* 49(1), 21-36.
51. Li, L., Wang, J., Wang, Y.A., 2016. Comparative study of the decomposition of pig carcasses in a methyl methacrylate box and open air conditions. *Journal of Forensic and Legal Medicine* 42, 92-95.
52. Listos, P., Gryzinska, M., Batkowska, J., Dylewska, M., 2018. Temperature reduction in internal soft tissues in relation to rectal temperature in dogs in the early post-mortem period. *Veterinarski arhiv* 88(2), 225-234.
53. Love, J.C., Marks, M.K., 2003. Taphonomy and time: estimating the postmortem interval. In: Steadman DW, editor. *Hard evidence: case studies in forensic anthropology*. Pearson Education, Inc: New Jersey. p 160-175.
54. Lunetta, P., Modell, J.H., 2005. Macroscopical, microscopical and laboratory findings in drowning victims: a comprehensive review. In: Tsokos, M., ed. *Forensic Pathology Reviews*. Totowa, Humana Press; 3-77.
55. Lynch-Aird, J., Moffatt, C., Simmons, T., 2015. Decomposition rate and pattern in hanging pigs. *Journal of Forensic Sciences*, September, Vol. 60, No.5.
56. Mann, R.W., Bass, W.M., Meadows, L., 1990. Time since death and decomposition of the human body: variables and observations in case and experimental field studies. *J Forensic Sci*; 35, 103–111.
57. Mayer, R.G., 2006. *Embalming: history, theory, and practice*. 4th ed. New York: McGraw- Hill, 112 – 116.

58. Megyesi, M.S., Nawrocki, S.P., Haskell, N.H., 2005. Using accumulated degree-days to estimate the postmortem interval from decomposed human remains. *J Forensic Sci* 50(3), 1-9.
59. Merck, M.D., 2007. *Veterinary Forensics: Animal Cruelty Investigations*. Blackwell Publishing, USA., 241-258.
60. Micozzi, M., 1997. Frozen environments and soft tissue preservation. In: Haglund, W.D., Sorg, M.H., editors. *Forensic Taphonomy: The post-mortem fate of human remains*. Boca Raton: CRC Press, 171-180.
61. Munoz, J.I., Suarez-Penaranda, J.M., Otero, X.L., Rodriguez-Calvo, M.S., Costas, E., Miguens, X., Concheiro, L., 2001. A new perspective in the estimation of postmortem interval (PMI) based on vitreous. *Journal of Forensic Sciences*, 46(2), 209-214.
62. Myburgh, J., 2010. Estimating the Post-mortem interval using Accumulated Degree – Days in a South African Setting.
63. Nawrocka, M., Fraczak, K., Matuszewski, S., 2016. Inter-rater reliability of total body score-a scale for quantification of corpse decomposition. *J Forensic Sci*, 61(3), 798-802.
64. Notter, S.J., Stuart, B.H., Rowe, R., Langlois, N., 2009. The initial changes of fat deposits during the decomposition of human and pig remains. *J Forensic Sci* 54(1), 195-201.
65. Ozdemir, S., Sert, O., 2009. Determination of *Coleoptera* fauna on carcasses in Ankara province. *Turk Forensic Sci Int*;183, 24 – 32.
66. Parkinson, R.A., Dias, K.R., Horswell, J., Greenwood, P., Banning, N., Tibbett, M., Vass, A.A., 2009. Microbial community analysis of human decomposition on soil. *Dlm. Criminal and Environmental Soil Forensics*, edited by Ritz, K., Dawson, L., Miller, D., Bradford, Springer Science & Business Media. pp. 379-394.

67. Parsons, H.R., 2009. The postmortem interval: A systematic study of pig decomposition in West Central Montana. Master Thesis, University of Montana.
68. Pinheiro, J., Decay process of a cadaver. In: Schmit,t A., Cunha, E., Pinheiro, J., editors. Forensic anthropology and medicine: complementary sciences from recovery to cause of death. Totowa: Humana Press., p 85-116.
69. Prado Castro, C., García, M.D., Da Silva, P.M., Silva, I.F., Serrano, A., 2013. Coleoptera of forensic interest: a study of seasonal community composition and succession in Lisbon, Portugal. *Forensic Sci Int*;232, 73 – 83.
70. Prašović, S., Kadrić, M., Beširović, H., Alić, A., 2012. Osnovi veterinarske obdukcione tehnike i makroskopske patomorfološke dijagnostike.
71. Reed, H., 1958. A study of dog carcass communities in Tennessee, with special reference to the insects, *Am. Midl. Nat.* 59, 213–245.
72. Reddy, K., Lowenstein, E.J., 2011. Forensics in dermatology: part I. *Journal of the American Academy of Dermatology* 64(5), 801-808.
73. Rivers, D.B., Dahlem, G.A., 2014. The science of forensic entomology. 1st ed. Oxford: Wiley-Blackwell.
74. Roberts, G.L., Dabbs, R.G., 2015. A taphonomic study exploring the differences in decomposition rate and manner between frozen and never frozen domestic pigs (*Sus scrofa*). *J Forensic Sci*, Vol. 60, No.3.
75. Ross, A.H., Cunningham, S.L., 2011. Time-since-death and bone weathering in a tropical environment. *Forensic Science International* 204(1), 126-133.
76. Saukko, P.J., Knight, B., 2004. The pathophysiology of death. In: Saukko, P.J., Knight, B., eds. *Knight's Forensic Pathology*. 3rd ed. New York: Oxford University Press, 52–97.

77. Schiel, M., 2008. Using accumulate degree days for estimating the postmortem interval: a re-evaluation of Megyesi's regression formulae, MSc thesis, University of Indianapolis, Indiana.
78. Schotsmans, E.M.J., Fletcher, J.N., Denton, J., Janaway, R.C., Wilson, A.S., 2014. Long-term effects of hydrated lime and quicklime on the decay of human remains using pig cadavers as human body analogues: Field experiments. *Forensic Science International* 238, 141.e1–141e.13.
79. Schotsmans, E.M.J., Van De Voorde, W., De Winne, J., Wilson, A.S., 2011b. The impact of shallow burial on differential decomposition to the body: A temperate case study. *Forensic Science International* 206(1), e43-e48.
80. Shalaby, O.A., De Carvalho, L.M., Goff, M.L., 2000. Comparison of patterns of decomposition in a hanging carcass and a carcass in contact with soil in xerophytic habitat on the island of Oahu, Hawaii. *J Forensic Sci.* 45(6), 1267-1273.
81. Sharanowski, B.J., Walker, E.G., Anderson, G.S., 2008. Insect succession and decomposition patterns on shaded and sunlit carrion in Saskatchewan in three different seasons. *Forensic Science International*, 79, 219-240.
82. Shean, B.S., Messinger, L., Papworth, M., 1993. Observations of differential decomposition on sun exposed v. shaded pig carrion in coastal Washington State. *Journal of Forensic Sciences*, 38(4), 938-949.
83. Shirley, N.R., Wilson, R.J., Jantz, L.M., 2011. Cadaver use at the University of Tennessee's Anthropological Research Facility. *Clinical Anatomy* 24(3), 372-380.
84. Simmons, T., Adlam, R.A., Moffatt, C., 2010. Debugging decomposition data - comparative taphonomic studies and the influence of insects and carcass size on decomposition rate. *J Forensic Sci* 55, 8–13.

85. Simmons, T., Cross, P.A., Adlam, R.E., Moffat, C., 2010. The influence of insects on decomposition rate in buried and surface remains. *Journal of Forensic Sciences*, July; Vol. 55, No. 4.
86. Smart, J.L., 2010. Estimation of time of death with a fourier series unsteady-state heat transfer model. *J Forensic Sci*, 55(6), 1481-1487.
87. Smart, J.L., Kaliszan, M., 2012. The post mortem temperature plateau and its role in the estimation of time of death. A review. *Leg Med (Tokyo)*;14(2), 55-62.
88. Smith, S.A., 1984. Studies in identification, no. 3. In Rathburn, T.A., Buikstra, J.E., (eds.) *Human Identification: Case Studies in Forensic Anthropology*. Springfield, Ill: Charles C. Thomas Publishing, 19-27.
89. Spencer, J.R., 2013. Defining postmortem changes in Western Montana: The effects of climate and environment on the rate and sequence of decomposition using pig (*Sus scrofa*) cadavers. Master thesis, University of Montana.
90. Spicka, A., Johnson, R., Bushing, J., Higley, L.G., Carter, D.O., 2011. Carcass mass can influence rate of decomposition and release of ninhydrin-reactive nitrogen into gravesoil. *Forensic Sci Int*. 209(1-3), 80-85.
91. Stuart, J., 2003. The effect of human body mass on the rate of decomposition. *AAFS Proc*.9, 259.
92. Suckling, J.K., 2011. A longitudinal study on the outdoor human decomposition sequence in Central Texas, MSc thesis, Texas State University, Texas.
93. Sutherland, A., Myburgh, J., Steyn, M., Becker, P.J., 2013. The effect of body size on the rate of decomposition in a temperate region of South Africa. *Forensic Science International* 231, 257-262.
94. Swift, B., 2006. The timing of death. *Essentials of autopsy practice: current methods and modern trends*, edited by Rutty, G.N., New York: Springer, 189-214.

95. Šatrović, E., Krkalić, L., Goletić, T., Hadžiomerović, Z., 2011. Postmortalne promjene i procena postmortem intervala. *Veterinaria* 60(3-4), 235-244, Sarajevo.
96. Tabor, K.L., Fell, R.D., Brewster, C.C., 2005. Insect fauna visiting carrion in Southwest Virginia. *Forensic Science International*, 150, 73-80.
97. Teresa, B., Silvia, G., Tullia, Z.B., 2011. Insect fauna and degradation activity of Thanatophilus species on carrion in Southern Italy (*Coleoptera: Silphidae*). *Entomol Gener* ;33(1/2), 63-70.
98. Terneny, T.T., 1997. Estimation of time since death in humans using mature pigs. Masters Thesis, University of Montana.
99. Tibbett, M., Carter, D.O., 2009. Research in forensic taphonomy: A soil-based perspective. In. *Criminal and Environmental Soil Forensics*, edited by Ritz, K., Dawson, L., Miller, D., Bradford: Springer Science & Business Media, 317-331.
100. Troutman, L., Moffatt, C., Simmons, T., 2014. A preliminary examination of differential decomposition patterns in mass graves. *J Forensic Sci* 59(3), 621-626.
101. Tsokos, M., 2005. Postmortem changes and artifacts occurring during the early postmortem interval. In: Tsokos, M., editor. *Forensic pathology reviews*, vol. 3. Totowa: Humana Press, p.183-237.
102. Ueland, M., Nizio, K.D., Forbes, S.L., Stuart, B.H., 2015. The interactive effect of the degradation of cotton clothing and decomposition fluid production associated with decaying remains. *Forensic Science International* 255, 56-63.
103. Ururahy-Rodrigues, A., Albertino, J.R., Wanderley, R.F., Marques, H., Pujol-Luz, J.R., 2008. *Coprophanaeus lancifer* (Linnaeus, 1767) (*Coleoptera, Scarabaeidae*) activity moves a man-size pig carcass: Relevant data for forensic taphonomy, short communication. *Forensic Science International* 182, 19-22.

104. Vass, A.A., Barshick, S.A., Sega, G., Caton, J., Skeen, J.T., Love, J.C., Synsteliën, J.A., 2002. Decomposition chemistry of human remains: a new methodology for determining the postmortem interval. *Journal of Forensic Sciences*, 47(3), 542-553.
105. Vass, A.A., Bass, W.M., Wolt, J.D., Foss, J.E., Ammons, J.T., 1992. Time since death determinations of human cadavers using soil solution. *J Forensic Sci* 37(5), 1236-1253.
106. Vij, K., 2008. Textbook of forensic medicine and toxicology. 4th ed. New Delhi: Elsevier Ltd, 112-134.
107. Wagster, L.B., 2007. Decomposition and the Freeze-thaw Process in Northwestern Montana: A Preliminary Study. Masters thesis in Forensic Anthropology, University of Montana.
108. Watson, E.J., Carlton, C.E., 2003. Spring succession of necrophilous insects on wildlife carcasses in Louisiana. *Journal of Medical Entomology* 40, 338-347.
109. Wilson, A.S., Janaway, R.C., Holland, A.D., et al., 2007. Modelling the buried human body environment in upland climates using three contrasting field sites. *Forensic Sci Int.* 169(1), 6-18.
110. Zhou, C., Byard, R., 2011. Factors and processes causing accelerated decomposition in human cadavers - An overview. *Journal of Forensic and Legal Medicine* 18, 6-9.