



UNIVERZITET U NOVOM SADU  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET  
ANIMALNA PROIZVODNJA

# KVANTITATIVNO - GENETSKA ANALIZA OSTVARENOG VREMENA U TRCI KOD KASAČA

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentori: Prof. dr Snežana Trivunović

Kandidat: MSc. Ljuba Štrbac

Prof. dr Mirjana Baban

Novi Sad, 2017. године

# 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	Ljuba Štrbac
Mentor (titula, ime, prezime, zvanje): MN	dr Snežana Trivunović, vanredni profesor dr Mirjana Baban, redovni profesor
Naslov rada: NR	Kvantitativno - genetska analiza ostvarenog vremena u treci kod kasača
Jezik publikacije: JP	Srpski
Jezik izvoda: JI	Srpski / Engleski
Zemlja publikovanja: ZP	Republika Srbija
Uže geografsko područje: UGP	Vojvodina
Godina: GO	2017.
Izdavač: IZ	Autorski reprint
Mesto i adresa: MA	Poljoprivredni fakultet, Departman za stočarstvo, Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad

Fizički opis rada: FO	(8 poglavlja / 130 stranica / 57 tabela / 15 grafikona / 168 referenci /)
Naučna oblast: NO	Biotehničke nauke
Naučna disciplina: ND	Kvantitativna genetika
Predmetna odrednica, ključne reči: PO	Oplemenjivanje životinja Kasači, vreme u trci, heritabilnost, oplemenjivačke vrednosti, genetski trend
UDK	636.082.2:636.1.088.6(043.3)
Čuva se: ČU	Biblioteka Poljoprivrednog fakulteta, Novi Sad
Važna napomena: VN	Nema
Izvod: IZ	<p>Disertacijom su obuhvaćena istraživanja zasnovana na metodama kvantitativne genetike za ostvareno vreme u trci kasača koje predstavlja najbitniju meru za selekciju trkačkih konja. Cilj istraživanja je bio da se utvrdi najpovoljniji model za ocenu genetskih parametara i procena oplemenjivačkih vrednosti kasača u Srbiji. Podaci su analizirani sa ukupno pet različitih modela za genetsku analizu (univarijantni model oca za ponovljena merenja, univarijantni model životinje za ponovljena merenja, multivarijantni model oca za ponovljena merenja, multivarijantni model životinje za ponovljena merenja i model sa slučajnom regresijom), pri čemu su prvo analizirani fenotipski parametri i uticaj različitih fiksnih faktora na ostvareno vreme u trci kod kasača. Rezultati deskriptivne statistike, tumačeni u odnosu na druga istraživanja na ovu temu, ukazuju da se prosečna vrednost posmatrane osobine, koja u ispitivanoj populaciji iznosi 84,13 s/km, nalazi na nižem nivou od mogućeg, te da prostora za unapređenje ima. Fiksni faktori su obuhvatali uticaj pola, meseca i godine rođenja, sezone i godine trke, starosti, hipodroma, distance i načina starta, pri čemu je jednofaktorskom analizom varijanse utvrđen statistički visoko značajan uticaj (<math>P &lt; 0,001</math>) svakog faktora posebno. Primenom opšteg linearnog modela fiksni faktori su kombinovani na različite načine, a na osnovu visine koeficijenta determinacije je od ukupno deset ispitanih modela izabran najbolji model za dalju genetsku analizu. Najviši koeficijent determinacije (0,51) je imao model koji je sadržao fiksni uticaj pola, starosti i interakcije: mesec i godina rođenja, sezona trke, godina trke i hipodrom, te interakciju distance i načina starta. Primenom pet različitih modela za genetsku analizu izračunata je srednja do visoka vrednost heritabilnosti što je sa aspekta efekta selekcije poželjno jer ukazuje na to da bi u ispitivanoj populaciji direktna selekcija na osnovu vremena u trci bila efikasna. Dobijeni rezultati u ovom istraživanju ukazuju na prednost modela životinje za ponovljena merenja prilikom genetsko vrednovanje kasača, s obzirom na to da je njime postignuta potpuna konvergencija podataka, da je izračunata visoka vrednost heritabilnosti (0,551), te niska greška ovog koeficijenta</p>

<p>(0,058). Bez obzira na primenjeni model, procenjen je povoljan genetski trend, te se može zaključiti da je u posmatranom periodu ostvareno genetsko poboljšanje u okviru posmatrane populacije kasača za ostvareno vreme u trci, odnosno brzinu.</p>	
<p>Datum prihvatanja teme od strane Senata: DP</p>	<p>24.12.2014.</p>
<p>Datum odbrane: DO</p>	
<p>Članovi komisije: (ime i prezime / titula / zvanje / naziv organizacije / status) KO</p>	<p>dr Snežana Trivunović, vanredni profesor Uža n.o. Oplemenjivanje životinja Poljoprivredni fakultet, Novi Sad Mentor</p> <p>dr Mirjana Baban, redovni profesor Uža n.o. Biotehničke znanosti – Stočarstvo Poljoprivredni fakultet, Osijek Mentor</p> <p>dr Ivan Radović, vanredni profesor Uža n.o. Stočarstvo Poljoprivredni fakultet, Novi Sad Predsednik</p> <p>dr Snežana Matić-Kekić, redovni profesor Uža n.o. Matematika Poljoprivredni fakultet, Novi Sad Član</p> <p>dr Klemen Potočnik, docent Uža n.o. Stočarstvo Poljoprivredni fakultet, Ljubljana Član</p>

University of Novi Sad  
Faculty  
Key word documentation

Accession number: ANO	
Identification number: INO	
Document type: DT	Monograph documentation
Type of record: TR	Textual printed material
Contents code: CC	PhD Thesis
Author: AU	Ljuba Štrbac
Mentor: MN	Snežana Trivunović, PhD, Associate professor Mirjana Baban, PhD, Professor
Title: TI	Quantitative - genetic analysis for racing times of trotter horses
Language of text: LT	Serbian
Language of abstract: LA	Serbian/English
Country of publication: CP	Republic of Serbia
Locality of publication: LP	Vojvodina
Publication year: PY	2017
Publisher: PU	Author's reprint
Publication place: PP	Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad

Physical description: PD	8 chapters / 130 pages / 15 graphs / 57 tables / 168 references
Scientific field SF	Biotechnical science
Scientific discipline SD	Quantitative genetic
Subject, Key words SKW	Animal breeding, Trotter horses, racing times, heritability, breeding value, genetic trend
UC	636.082.2:636.1.088.6(043.3)
Holding data: HD	The Faculty Library of Faculty of Agriculture, Novi Sad
Note: N	None
Abstract: AB	<p>This thesis encompasses research based on quantitative genetics methods for racing times of trotter horses, which is the most important measure for the selection of racehorses. The aim of this study was to determine the most suitable model for the evaluation of genetic parameters and prediction of breeding values for trotter horses in Serbia. A total of five different models were used for this genetic analysis (univariate sire model for repeated measures, univariate animal model for repeated measures, multivariate sire model for repeated measures, multivariate animal model for repeated measures and a random regression model), by which phenotypic parameters and the effects of different fixed factors on racing times of trotter horses were initially analyzed. Results of descriptive statistics, interpreted in relation to other studies on this subject, indicate that the average value of the observed trait (speed), which in the study population was 84.13 s/km, was low compared with the possible level, and that there is scope for improvement. Fixed factors included the effects of sex, year and month of birth, year and season of the race, age, racetrack, distance and start method, and single factor ANOVA analysis showed statistically highly significant effects (<math>P &lt; 0.001</math>) of each these individual factors. Using a general linear model, the fixed factors were combined in different ways, and based on the coefficient of determination, the best model from a total of ten surveyed models was selected for further genetic analysis. The highest coefficient of determination (0.51) was produced by a model that included the fixed effects of sex, age and interactions: the month and year of birth, season, year of race and racetrack, and the interaction of distance and start method. By using the five different models for genetic analysis, a medium to high level of heritability was calculated, which is desirable from the aspect of selection effects because it indicates that in the study population, direct selection on the basis of race time should be effective. The results obtained in this study indicate the advantage of the univariate repeatability animal model for genetic evaluation of trotters, given the fact that this model achieved full convergence of data, as was calculated by the high heritability value (0.551) and low error of this coefficient (0.058). Regardless of the applied</p>

<p>model, based on the average breeding values by year of birth, the estimated genetic trend was positive, and it can be concluded that over the reporting period, genetic improvement of racing times, i.e. speed, was achieved in the observed trotter horse population.</p>	
<p>Accepted on Senate on: AS</p>	<p>24.12.2014.</p>
<p>Defended: DE</p>	
<p>Thesis Defend Board: DB</p>	<p>Snežana Trivunović, PhD, Associate professor Scientific field – Animal Breeding Faculty of Agriculture, Novi Sad Mentor</p> <p>Mirjana Baban, PhD, Professor Scientific field – Biotechnical Science, Animal Production Faculty of Agriculture, Osijek Mentor</p> <p>Ivan Radović, PhD, Associate professor Scientific field – Animal Production Faculty of Agriculture, Novi Sad President</p> <p>Snežana Matić-Kekić, PhD, Professor Scientific field – Mathematics Faculty of Agriculture, Novi Sad Member</p> <p>Klemen Potočnik, PhD, Assistant professor Scientific field – Animal Production Faculty of Agriculture, Ljubljana Member</p>

# Sadržaj

<b>1. Uvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Pregled literature.....</b>	<b>4</b>
2.1. Stanje kasačkog sporta u Srbiji.....	4
2.2. Proizvodna svojstva kasača .....	8
2.2.1. Vreme u trci .....	8
2.2.2. Nagrade - zarada .....	10
2.2.3. Plasman u trci.....	13
2.2.4. Ostale mere trkačke performanse kasača.....	13
2.3. Uticaj sistematskih faktora na proizvodne sposobnosti kasača .....	14
2.3.1. Uticaj meseca rođenja i meseca trke.....	14
2.3.2. Uticaj godine rođenja i godine trke.....	15
2.3.3. Uticaj pola.....	15
2.3.4. Uticaj starosti .....	16
2.3.5. Uticaj hipodroma, distance i načina starta .....	17
2.3.6. Ostali faktori .....	19
2.4. Matematičko - statistički modeli za genetsku procenu kasača .....	19
2.5. Metode za ocenu komponenti (ko)varijansi i genetskih parametara .....	22
2.5.1. Hendersonov pristup oceni komponenti varijansi .....	23
2.5.2. Metod maksimalne verovatnoće .....	23
2.5.3. Metod ograničene maksimalne verovatnoće.....	24
2.6. Ocena genetskih parametara osobina kod kasača .....	25
2.7. Primena mešovityh modela u kvantitativno - genetskoj analizi .....	28
2.7.1. Model sa ponovljenim merenjima .....	28
2.7.2. Model za više osobina.....	29
2.7.3. Model sa slučajnom regresijom .....	31
2.8. Procena oplemenjivačke vrednosti kod kasača.....	33
2.9. Tačnost oplemenjivačkih vrednosti .....	35



<b>3. Radna hipoteza .....</b>	<b>36</b>
<b>4. Materijal i metod rada.....</b>	<b>37</b>
4.1 Materijal.....	37
4.2 Metod.....	41
4.2.1 Fenotipski parametri .....	41
4.2.2 Uticaj sistematskih faktora i izbor fiksnog dela modela.....	42
4.2.3 Genetska analiza .....	43
<b>5. Rezultati istraživanja .....</b>	<b>51</b>
5.1 Fenotipski parametri vremena u trci .....	51
5.2 Uticaj sistematskih faktora na ostvareno vreme u trci.....	53
5.2.1 Razlike između polova u ostvarenom vremenu u trci.....	54
5.2.2 Razlike između meseca rođenja u ostvarenom vremenu u trci.....	55
5.2.3 Razlike između godina rođenja u ostvarenom vremenu u trci.....	56
5.2.4 Razlike između sezona trke u ostvarenom vremenu u trci .....	57
5.2.5 Razlike između godina trke u ostvarenom vremenu u trci .....	57
5.2.6 Razlike između starosti u ostvarenom vremenu u trci.....	59
5.2.7 Razlike između hipodroma u ostvarenom vremenu u trci .....	59
5.2.8 Razlike između distanci u ostvarenom vremenu u trci .....	60
5.2.9 Razlike između načina starta u ostvarenom vremenu u trci .....	61
5.3 Izbor fiksnog dela modela za genetsku analizu .....	61
5.4 Genetska analiza i ocena parametara disperzije.....	65
5.4.1 Univarijantna analiza sa ponovljenim merenjima.....	66
5.4.2 Multivarijantna analiza sa ponovljenim merenjima.....	68
5.4.3 Model sa slučajnom regresijom .....	76
5.5 Poređenje primenjenih analiza.....	82
5.5.1 Pouzdanost i tačnost oplemenjivačkih vrednosti .....	82
5.5.2 Spirmanov koeficijent korelacije ranga .....	84
5.6 Genetski trend .....	86
<b>6. Diskusija .....</b>	<b>92</b>
<b>7. Zaključak.....</b>	<b>112</b>
<b>8. Literatura .....</b>	<b>116</b>

## 1. Uvod

Od trenutka kada je čovek pripitomio konja (pre nekih 5.000 – 6.000 godina), oni su bili predmet različitih oblika selekcije. Selekcija je proces koji omogućava samo pojedinim grlima da se razmnožavaju, a ogleda se u odabiranju roditelja za narednu generaciju. Oplemenjivanje životinja proučavajući varijabilnost, pre svega genetsku, i služeći se različitim statističkim metodama, omogućava da se odaberu roditelji sledećih generacija koje karakteriše visoka proizvodna sposobnost, odgovarajuće funkcionalne i konformacijske osobine, te mogućnost da se iste prenesu na potomstvo. Svaki roditelj prenosi jednu polovinu svojih gena na potomstvo i ako su pojedina grla superiornija u odnosu na prosek populacije za neku osobinu, očekuje se da će i njihovo potomstvo biti iznad proseka za tu osobinu. Danas postoji sve veće interesovanje za primenu saznanja iz oblasti genetike i oplemenjivanja životinja na uzgoj i selekciju konja, a sve u cilju bržeg genetskog unapređenja, koristeći pre svega genetsku varijabilnost unutar populacije u tu svrhu.

Cilj programa oplemenjivanja jeste postizanje maksimalnog genetskog napretka za ekonomski važna svojstva uvažavajući pri tome socijalnu i ekološku dobrobit životinja. Prilikom njegovog dizajniranja od presudne važnosti je izbor roditelja sledeće generacije putem sistema genetskih procena i rangiranja priplodnih grla. Većina ekonomski važnih svojstava su kvantitativnog karaktera što znači da se njihova genetska vrednost životinje ne može izmeriti. Fenotip se može izmeriti i on se manifestuje kao rezultat delovanja genotipa, okoline i njihove interakcije. Da bi neko grlo bilo odabrano za dalji priplod neophodno je izvršiti merenje fenotipa za osobine koje se žele unaprediti. Varijacije na nivou genotipa postoje, s obzirom na to da životinje vode poreklo od različitih roditelja. Okruženja u kome se grla nalaze takođe mogu biti različita. Prema tome, i varijacije između fenotipova za izmerene osobine se pojavljuju. Da bi se povećala preciznost selekcije, varijacije usled delovanja faktora spoljne sredine treba svesti na minimum, tako da se razlike između životinja mogu pripisati razlikama na genetskom nivou. Kvantitativno – genetska analiza oslanjajući se na napredne matematičko – statističke metode i računare velikih kapaciteta, omogućava eliminisanje uticaja faktora spoljne sredine i dobijanje takvih procena priplodnih grla koje jasno ukazuju na genetske razlike između njih.

Kada se u populaciji razmatraju genetički odnosi, onda se obično polazi od velikih populacija, jer se tada stvaraju povoljni uslovi za primenu odgovarajućih statističkih metoda. Međutim, nekada smo primorani da radimo i sa malim populacijama u zavisnosti od stepena razvijenosti pojedine grane stočarstva. U poslednjim decenijama, konjarstvo u Srbiji je suočeno sa smanjenjem ukupnog broja grla, dok se istovremeno povećava interes za konje namenjene sportu i rekreaciji. Kasački sport ima izuzetno dugu istoriju u našoj zemlji, pogotovo u Vojvodini. Sama činjenica da ima oko 20 hipodroma sa kasačkom stazom, dovoljno govori o značaju i potrebi za razvoj i unapređenje kasačkog sporta na ovim prostorima. U Srbiji se selekcija u konjarstvu temelji isključivo na eksterijeru grla i fenotipskim parametrima, dok se mogućnost ocene genetskih parametara i procene oplemenjivačkih vrednosti kao kriterijuma selekcije još uvek nije razmatrala. Suština genetskog unapređenja životinja putem programa oplemenjivanja jeste izabrati životinje koje imaju najvišu oplemenjivačku vrednost, a koje će biti roditelji sledeće generacije.

Osnovni preduslov za uspešno konstruisanje programa oplemenjivanja, sa ciljem genetskog unapređenja kvantitativnih osobina, jeste jasno definisanje odgajivačkih ciljeva. U uzgoju kasača cilj je proizvesti dobre (uspešne, izdržljive, zdrave) trkačke konje, koji su sposobni da što mlađi započnu sportsku (trkačku) karijeru, jer su kao dokazani u sportu ranije raspoloživi za reprodukciju. Brzina je najvažnija osobina i predstavlja osnovu za ispitivanje njihove radne sposobnosti. Preračunava se na osnovu izmerenog vremena koje je potrebno da bi se istrčala određena distanca. Stoga se vrlo često umesto brzine koristi mera vreme u treci. S obzirom na to da su ove dve osobine kvantitativnog karaktera, efekat selekcije zavisi i od toga kolika je genetska varijabilnost na nivou populacije, a koja je posledica aditivnih efekata gena. Iako za konje važe isti principi nasleđivanja kao i za druge domaće životinje, ipak postoje neke prednosti i nedostaci prilikom genetskog unapređenja u poređenju sa drugim vrstama. Prednosti se ogledaju u temeljnom pedigreu, odnosno mogućnosti da se prate precizno unazad nekoliko generacija, a važne osobine se ispoljavaju i mogu se meriti i na muškim i na ženskim grlima i vrlo često na velikom delu populacije. Nedostaci koji u velikoj meri doprinose smanjenju efekta selekcije su niska stopa reprodukcije i dug generacijski interval. Zatim, posebno treba istaći činjenicu da se vrlo često dobri trkački konji, naročito kobile ne mogu za

vreme trkačke karijere koristiti u priplodu, te da se u priplodu koriste grla koja nikada i nisu učestvovala u trkama.

Navedene stavke iziskuju primenu najboljih metoda za što precizniju procenu oplemenjivačke vrednosti koje su danas dostupne, uključujući optimalno korišćenje svih informacija iz pedigreea. U cilju postizanja boljih rezultata u trkama i unapređenja odgoja trebalo bi pokazati veći interes za primenu modernih saznanja i metodologija iz oblasti oplemenjivanja životinja. U Srbiji se metodi procenjivanja oplemenjivačke vrednosti kao što su selekcijski indeksi i metod najboljeg linearnog objektivnog predviđanja (Best Linear Unbiased Prediction - BLUP) praktično nisu koristili kod konja, a veoma malo su se sprovodila i naučna istraživanja.

Iz svega navedenog nameće se potreba ažurnijeg teorijskog i praktičnog rada na ovom problemu kao i uvođenje procena oplemenjivačkih vrednosti priplodnih grla upotrebom prethodno navedenih metoda, u cilju postizanja bržeg genetskog napretka za ekonomski važna svojstva. Na taj način bi se omogućila i veća konkurentnost grla iz domaćeg odgoja na našim i inostranim hipodromima. Kako se u Srbiji ocena genetskih parametara i procena oplemenjivačkih vrednosti priplodnih grla ranije nikada nisu sprovodili, cilj ovih istraživanja je da se:

- 📖 Ocene fenotipski parametri za osobinu vreme u trci kako bi se stekao uvid u sadašnje stanje;
- 📖 Ispita uticaj fiksnih faktora: godine rođenja, meseca rođenja, pola, godine trke, sezone trke, starosti, hipodroma, distance, načina starta na posmatranu osobinu;
- 📖 Uporedi tačnost različitih modela za ocenu genetskih parametara i procenu oplemenjivačke vrednosti kasača.

## 2. Pregled literature

Kvantitativno-genetska analiza oslanjajući se na dve veoma važne nauke, statistiku i genetiku, omogućava da se preciznije sagleda varijabilnost proizvodnih svojstava koja predstavlja osnovni alat za oplemenjivanje domaćih životinja. Podatke za ove analize obezbeđujemo putem različitih metoda kontrole produktivnosti. U slučaju trkačkih konja, podaci se prikupljaju na hipodromima. Kasačke trke predstavljaju ispit kasačkih konja u brzini, izdržljivosti i pravilnosti kasa. Brzina je najvažnija osobina kod kasača i predstavlja osnovu za ispitivanje njihove radne sposobnosti.

Odgaj kasača u Srbiji ima dugogodišnju tradiciju, koja datira još sa početka dvadesetog veka. Prve kasačke trke na našim prostorima koje su održane u Beogradu 1930. godine imale su revijalni karakter. Prve takmičarske kasačke trke održane su posle Drugog svetskog rata, septembra 1945. godine u Pančevu.

### 2.1. Stanje kasačkog sporta u Srbiji

Veličina populacije je jedan od pokazatelja stanja konjarstva pri čemu treba razlikovati ukupnu od aktivne populacije. Ukupnu populaciju konja čine sva grla koja se nalaze na teritoriji Srbije, dok aktivnu populaciju čine grla upisana u matičnu evidenciju glavne odgajivačke organizacije tj., glavnu matičnu evidenciju i ona se nalaze pod redovnom kontrolom produktivnosti.

Konjarstvo u Srbiji je suočeno sa smanjenjem broja grla. Prema podacima iz Republičkog zavoda za statistiku (*Statistički godišnjak*, 2014) ukupan broj konja u Srbiji je 2005. iznosio 20.000, da bi 2010. taj broj pao na svega 14.000 grla. Međutim, prema podacima iz 2014. godine ukupan broj konja se povećao na 16.000, što je, između ostalog posledica povećanja interesa za konje namenjene sportu i rekreaciji. Kasačke trke su veoma značajan konjički sport u Srbiji, pogotovo u Vojvodini. Sama činjenica da ima oko 20 hipodroma sa kasačkom stazom, dovoljno govori o značaju i potrebi za razvoj kasačkog sporta na ovim prostorima.

Populacija konja rase kasač u Srbiji predstavlja oko 4% svih konja u zemlji, a u poslednjih pet godina uočava se negativan trend brojnog stanja (tabela 1). Pod redovnom kontrolom produktivnosti nalazi se manje od 1% grla.

Tabela 1: Brojno stanje kasača u Srbiji (Izvor: *Udruženje za kasački sport Srbije*)

Kategorija	2010	2011	2012	2013	2014
Priplodni pastuvi	31	29	23	25	23
Priplodne kobile	134	155	139	134	120
Sportska grla	439	421	396	379	358
Ždread	112	117	104	109	104
<b>Ukupno</b>	<b>716</b>	<b>722</b>	<b>662</b>	<b>647</b>	<b>605</b>

Uzgoj kasača i kasačke trke su veoma popularne u Evropi, a dvadeset zemalja čini tzv. Evropsku kasačku organizaciju zvanu - UET (*Union Europeenne du Trot*). UET je osnovana 1973. godine sa ciljem da zaštiti, koordinira i usklađuje pravila kasačkih trka, a od 2010. godine Udruženje za kasački sport Srbije (UKSS) je njen punopravni član.

Istraživanja vezana za uzgoj kasača i rezultate kasačkih trka u Srbiji su retka. *Ranković i Mijatović* (1998) su ispitivanjem strukture populacije kasača u Jugoslaviji utvrdili određene parametre kao što su: struktura genotipova u populaciji, prosečna starost potomstva, pastuva odnosno kobila i generacijski interval (sa očeve i majčine strane, te prosečni generacijski interval). *Mitrović i sar.* (2008) su analizirali rezultate kasačkih trka na distanci 1600 m u 2006-oj godini na hipodromu Beograd, a *Đermanović i sar.* (2011) su ispitivali fenotipsku varijabilnost i povezanost telesnih mera kod različitih genotipova kasača. *Štrbac i Trivunović* (2013) su ispitivali uticaje pojedinih paragenetskih faktora na ostvareno vreme u trci i utvrdili da pol, hipodrom, sezona, starost i distanca imaju statistički visoko značajan uticaj na ostvareno vreme u trci. Analizom uzgoja kasača i rezultata kasačkih trka u Srbiji bavili su se *Štrbac i sar.* (2015a), a na osnovu podataka o brojnog stanju, odnosno veličini populacije i rezultata trka u 2010. godini. Iz njihovog istraživanja se može videti da se Srbija u odnosu na ostale zemlje, članice UET-a, nalazi na petnaestom mestu po veličini populacije i po broju startova. Detaljniji prikaz rezultata kasačkog sporta se može sagledati iz priloženih tabela koje

se odnose na broj sportskih (takmičarskih) grla (tabela 2) i broj trka (tabela 3) (Izvor: UET, 2014).

Tabela 2: Broj sportskih konja rase kadač u periodu od 2010. do 2014. godine

Zemlja	2010	2011	2012	2013	2014	2010- 2014 %	Prosečan godišnji indeks, %
<b>Toplokrvne rase</b>							
Francuska	15.887	16.121	15.794	15.857	16.168	1,77	0,45
Švedska	11.556	11.949	11.973	12.017	11.741	1,60	0,42
Italija	10.193	9.745	8.030	6.679	5.899	-42,13	-12,62
Belgija	1.527	1.673	1.634	1.661	1.850	21,15	5,07
Rusija	3.632	3.572	3.448	3.821	3.850	6,00	1,61
Danska	2.625	2.686	2.792	2.735	2.751	4,80	1,20
Holandija	1.159	1.307	1.273	1.253	1.193	2,93	0,95
Norveška	3.838	3.812	3.726	3.580	3.517	-8,36	-2,15
Finska	5.527	5.441	5.311	5.218	5.051	-8,61	-2,22
Nemačka	3.194	3.062	2.957	2.894	2.806	-12,15	-3,18
Litvanija	107	133	124	592	136	27,10	79,48
Slovenija	207	205	195	204	231	11,59	3,00
Mađarska	443	419	426	461	485	9,48	2,42
Švajcarska	312	290	317	305	323	3,53	1,09
Španija	995	996	943	957	956	-3,92	-0,96
Malta	869	765	774	738	750	-13,69	-3,45
<b>Srbija</b>	<b>439</b>	<b>421</b>	<b>396</b>	<b>379</b>	<b>358</b>	<b>-18,45</b>	<b>-4,97</b>
Austrija	996	922	841	884	790	-20,68	-5,43
Estonija	112	119	116	85	80	-37,80	-7,22
Češka	291	221	186	136	181	-37,80	-8,42
<b>Ukupno</b>	<b>63.909</b>	<b>63.859</b>	<b>61.256</b>	<b>60.456</b>	<b>59.116</b>	<b>-7,50</b>	<b>-1,92</b>
<b>Hladnokrvne rase</b>							
Švedska	1.579	1.585	1.656	1.684	1.655	4,81	1,21
Norveška	2.235	2.223	2.235	2.172	2.072	-7,29	-1,85
Finska	2.329	2.225	2.220	2.171	2.113	-9,27	-2,39
<b>Ukupno</b>	<b>6.143</b>	<b>6.033</b>	<b>6.111</b>	<b>6.027</b>	<b>5.840</b>	<b>-4,93</b>	<b>-1,24</b>

Na osnovu podataka iz tabele 2 vidimo da se ukupan broj takmičarskih grla toplokrvnih rasa u 2014. u odnosu na 2010. smanjio za 1,45%, dok se u posmatranom periodu uočava prosečno godišnje smanjenje za 1,92%. Kasači hladnokrvnih rasa se uzgajaju samo u tri zemlje, a na ukupnom nivou se takođe uočava negativan trend brojnog stanja. U našoj zemlji smanjenje broja grla u 2014. u odnosu na 2010. iznosi 18,45%, a prosečno godišnje smanjenje 4,97%.

Tabela 3: Broj trka u periodu od 2010-2014. godine

Zemlja	2010	2011	2012	2013	2014	2010-2014 %	Prosečan godišnji indeks, %
<b>Toplokrvne rase</b>							
Francuska	11.071	11.113	11.088	11.023	11.086	0,14	0,03
Švedska	8.018	8.106	8.112	8.122	7.797	-2,76	-0,68
Italija	12.862	10.902	8.618	7.609	7.806	-39,31	-11,33
Belgija	805	913	994	1.000	1.004	24,72	-19,30
Rusija	3.367	3.784	3.186	3.757	3.853	14,43	4,26
Danska	2.053	2.075	2.166	2.161	2.230	8,62	2,10
Holandija	809	912	883	852	789	-2,47	-0,34
Norveška	2.802	2.789	2.619	2.570	2.496	10,92	-2,83
Finska	4.224	3.996	3.798	3.798	3.776	-10,61	-2,73
Nemačka	2.507	2.626	2.577	2.333	2.164	13,68	-3,46
Litvanija	189	150	209	178	179	-5,29	1,11
Slovenija	172	148	152	136	186	8,14	3,75
Mađarska	523	510	502	504	514	-1,72	-0,42
Švajcarska	217	243	240	236	261	20,28	4,92
Španija	1.577	1.574	1.541	1.454	1.455	-7,74	-1,97
Malta	532	508	505	463	430	-19,17	-5,14
<b>Srbija</b>	<b>331</b>	<b>335</b>	<b>297</b>	<b>309</b>	<b>243</b>	<b>-26,59</b>	<b>-6,86</b>
Austrija	898	751	747	692	640	-28,73	-7,94
Estonija	133	113	93	117	102	-23,31	-4,94
Češka	255	214	154	127	234	-8,24	5,65
<b>Ukupno</b>	<b>53.345</b>	<b>51.762</b>	<b>48.481</b>	<b>47.442</b>	<b>47.245</b>	<b>-11,43</b>	<b>-2,97</b>
<b>Hladnokrvne rase</b>							
Švedska	975	1.000	1.008	1.010	983	0,82	0,22
Norveška	1.813	1.665	1.605	1.605	1.635	-9,82	-2,47
Finska	1.891	1.859	1.802	1.779	1.671	-11,63	-3,03
<b>Ukupno</b>	<b>4.679</b>	<b>4.524</b>	<b>4.415</b>	<b>4.394</b>	<b>4.289</b>	<b>-8,34</b>	<b>-2,15</b>

Na osnovu podataka iz tabele 3 vidimo da se ukupan broj trka kasača toplokrvnih rasa u 2014. u odnosu na 2010. smanjio za 11,43%, dok se u posmatranom periodu uočava prosečno godišnje smanjenje za 2,97%. Broj trka kasača hladnokrvnih rasa se u 2014. u odnosu na 2010. smanjio za 8,34, a na godišnjem nivou u proseku za 2,15. U našoj zemlji smanjenje broja trka u 2014. u odnosu na 2010. iznosi 26,59%, a prosečno godišnje smanjenje 6,86%.



## 2.2. Proizvodna svojstva kasača

Proizvodna svojstva kod kasača se zasnivaju na merenju njihove radne sposobnosti. Cilj ispitivanja radne sposobnosti je proceniti upotrebnu vrednost grla. Osnovni ispit proizvodnih, odnosno sportskih rezultata su rezultati trka. U unapređenju kvaliteta kasačkih grla bitno je postizanje što veće brzine u kasu, koja se zasniva se na merenju vremena potrebnog da bi se istrčala određena distanca. Prema tome, kasači se testiraju na hipodromima, a proizvodna sposobnost se meri najboljim istrčanim vremenom na 1.000 m. Pored brzine, bitna je i zarada, plasman u trci, broj startova, kao i izdržljivost, dobra narav i korektan izgled.

### 2.2.1. Vreme u trci

Vreme je jednostavna mera koja se prikuplja rutinski za sve učesnike u kasačkoj trci (Ricard i sar., 2000). Iako njegovo uključivanje kao kriterijuma za selekciju nije uvek neophodno, preporučuje se, s obzirom na to da najbolje odgovara na zahteve odgajivača (Langlois, 1989a,b), imajući u vidu da pokazuje sposobnost životinje da brzo trči kasom (Thiruvankadan i sar., 2009). Ipak, vreme koje konj ostvari u trci ne odražava samo brzinu kojom može da pređe zadatu distancu. To je mera sposobnosti da se grlo prilagodi uslovima trke i pokaže svoj učinak u određenoj situaciji. Ova promenljiva se može posmatrati i kao najbolje vreme (rekord).

Vreme na kraju trke preračunato na 1.000 m je dostupno za sve učesnike, a sumira rezultate na osnovu vremena utrošenog za pretrčavanje zadate distance (Ricard i sar., 2000). Prema Bugislaus i sar. (2005b) prosečno vreme u trci je najvažnija varijabla za selekciju jer ima najveću heritabilnost od svih osobina koje su analizirali. To je dobro definisana promenljiva (Ricard, 1998) koja ima prilično homogenu heritabilnost posmatrano između zemalja (Ricard i sar., 2000) i često se koristi od strane vlasnika kao pokazatelj brzine životinje u trci (Ekiz i Kocak, 2005). Vrlo često je upotrebljavana kao mera trkačkog učinka kod kasača (Roningen, 1975; Katona i Osterkon, 1977; Ojala i Van Vleck, 1981; Tolley i sar., 1983; Thuneberg-Selonen, 1999; Rohe i sar., 2001; Bugislaus i sar., 2005; Bugislaus i sar., 2006; Gomez i sar., 2010a, 2010b; Suontama, 2012; Štrbac i sar., 2015a). Međutim, ova varijabla predstavlja dokaz samo jednog kvaliteta dobrog trkačkog konja,

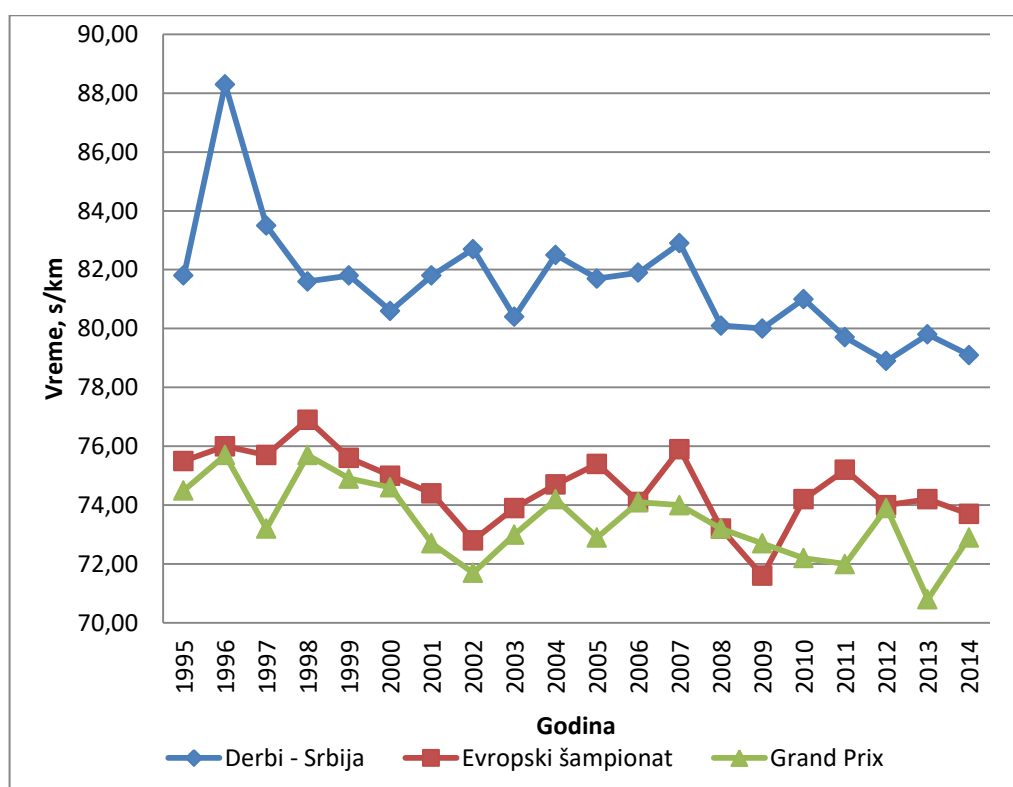
njegove brzine, zaboravljajući druge bitne kvalitete za pobjedu, kao što su njegova sposobnost da se prilagodi uslovima trke i da stigne prvi (*Ricard i sar.*, 2000).

Najbolje vreme u trci takođe se koristi kao kriterijum za selekciju. Ukoliko ono pokazuje najbolje (najbrže) pobjedničko vreme koje je konj ostvario u zvaničnim trkama u toku jedne godine, naziva se najbolje godišnje vreme. Takođe, može se posmatrati i kao najbolje životno vreme koje se odnosi na najbolje pobjedničko vreme u karijeri. Rekord se mogu voditi po dva kriterijuma:

- po načinu starta na rekorde postignute autostartom ili startom iz gume;
- po dužini trke na rekorde na kratkim stazama (1600-1999 m), srednjim (2000-2499 m) i dugim stazama (2500 m i duže).

Najvažnija trka u životu svakog trkačkog konja (bilo da se radi o kasačima ili galoperima) je derbi. Derbi se održava u svim zemljama sveta gde se uzgajaju trkački konji, a u njemu učestvuju samo predstavnici jedne generacije. Prvi kasački derbi na prostorima bivše Jugoslavije održan je 1923. godine u Zagrebu, a pobedila je kobila Silvija u vremenu od 1'33" (Izvor: UKSS). Od 1991. godine kasači iz Slovenije i Hrvatske trče svoj nacionalni derbi, dok kasači iz Srbije nastavljaju da se bore za pobjedu u derbiju Savezne Republike Jugoslavije, zatim u derbiju Srbije i Crne Gore, a nakon osamostaljenja Crne Gore 2006. godine trče Srpski kasački derbi. Danas kasači u Srbiji trče derbi sa četiri godine starosti na distanci od 2.100 m. Na grafikonu 1 su prikazani rezultati kasačkog derbija u Srbiji ([UKSS; www.serbia-trot.org.rs](http://www.serbia-trot.org.rs)) i dve najznačajnije klasne trke u Evropi (*UET*, 2014).

Grafikon 1. Rezultati najznačajnijih klasnih trka u Srbiji i Evropi



### 2.2.2. Nagrade - zarada

Na kraju svake kasačke trke dodeljuje se novčana nagrada konjima koji su se plasirali među prva četiri ili prvih pet mesta. Ukupan iznos novca koji se raspodeljuje na trci zavisi od visine nagradnog fonda, odnosno ekonomskih mogućnosti organizatora i nivoa konkurencije (Tavernier, 1991). Uobičajno je da se iznos raspodeljuje eksponencijalno, na sledeći način: ako prva životinja dobije količinu X, druga dobija  $(0.5) X$ , treća  $(0.5)^2 X$ , četvrta  $(0.5)^3 X$ , i tako dalje (Langlois, 1983).

Upotreba zarade kao promenljive za ispitivanje trkačke performanse kasača je opravdana po navodima mnogih autora (Katona, 1979; Langlois, 1983, 1984, 1989ab; Saastamoinen i Nylander, 1996; Thuneberg-Selonen, 1999; Rohe i sar., 2001; Bugislaus i sar., 2005; Gomez i sar., 2011; Suontama, 2012), s obzirom na to da je heritabilnost za nju merljiva i dovoljno visoka da olakša selekciju, a korelacije sa vremenom negativne i visoke, tako da

su povoljne (*Thiruvankadan i sar.*, 2009). Problem u vezi sa upotrebom zarade kao kriterijuma za genetsku procenu kasača predstavlja to da ova varijabla ne zauzima normalnu raspodelu, već je neophodno prethodno uraditi matematičku transformaciju radi uspostavljanja normalizacije. Logaritamska transformacija je jedna od mogućih metoda i ona se široko koristi (*Langlois*, 1980, 1989b; *Meinardus i Burns*, 1987; *Tavernier*, 1988, 1989; *Árnason i sar.*, 1989; *Klemetsdal*, 1989; *Minkema*, 1989; *Rohe i sar.*, 2001). Pored toga problem može da predstavlja i to što neki konji nemaju evidentirane nagrade, uprkos tome što su učestvovali u trkama.

Nagrada kao kriterijum za genetsku procenu može se posmatrati na dva načina: kao kumulativna (godišnja ili tokom života) ili nagrada po startu. Iako ima neke nedostatke (*Ricard*, 1997), godišnje nagrade su vrlo često upotrebljavane mere trkačke performanse (*Thiruvankadan i sar.*, 2009) i smatraju se korisnom i pouzdanom za odgajivače u cilju procene nivoa performanse (*Langlois i Blouin*, 2004). U tabeli 4 su prikazane visine nagrada po grlu preuzete iz statističkog godišnjaka kasačkog sporta (*UET*, 2014).

Tabela 4: Visina nagrada u periodu od 2010-2014. godine (evra/grlu)

Zemlja	2010	2011	2012	2013	2014	2010-2014 %	Prosečan godišnji indeks, %
<b>Toplokrvne rase</b>							
Francuska	14.150	14.326	15.144	15.469	15.419	8,97	-0,32
Švedska	5.508	6.540	6.961	6.541	5.971	8,41	-8,71
Italija	10.052	10.196	7.294	7.611	8.534	-15,10	12,13
Belgija	1.460	1.735	2.078	2.196	2.069	41,71	-5,78
Rusija	128	208	87	257	279	117,97	8,56
Danska	2.183	2.483	2.455	2.452	2.514	15,16	2,53
Holandija	1.650	1.986	2.049	2.118	2.147	30,12	1,37
Norveška	4.781	5.213	5.095	5.725	4.711	-1,46	-17,71
Finska	2.439	2.607	2.636	2.942	2.468	1,19	-16,11
Nemačka	1.639	2.123	2.419	2.265	2.355	43,69	3,97
Litvanija	2.441	1.614	2.406	944	1.055	-56,78	-11,76
Slovenija	790	787	790	743	970	22,78	30,55
Mađarska	1.568	1.605	1.696	1.657	1.618	3,19	-2,35
Švajcarska	5.359	6.970	6.128	6.837	6.872	28,23	0,51
Španija	1.463	1.584	1.942	2.073	2.330	59,26	12,40
Malta	546	516	519	496	485	-11,17	-2,22
<b>Srbija</b>	<b>357</b>	<b>385</b>	<b>359</b>	<b>422</b>	<b>394</b>	<b>10,36</b>	<b>-6,64</b>
Austrija	2.131	1.743	1.813	1.643	2.065	-3,10	25,68
Estonija	347	420	312	501	474	36,60	-5,39
Češka	1.021	1.166	1.204	1.174	1.425	39,57	21,38
<b>Hladnokrvne rase</b>							
Švedska	3.826	4.829	4.157	4.848	4.271	11,63	-11,90
Norveška	2.560	2.641	2.766	2.992	2.787	8,87	-6,85
Finska	5.363	5.682	5.625	6.261	5.155	-3,88	-17,66

Na osnovu podataka iz tabele 4 vidimo da se u našoj zemlji visina nagrada u 2014. u odnosu na 2010. povećala za 10,36%, dok se u posmatranom periodu uočava prosečno godišnje smanjenje za 6,64%. Najveće prosečno godišnje povećanje visine nagrade po grlu se beleži u Sloveniji (30,55%), a najveće smanjenje u Norveškoj (17,71%).

### 2.2.3. Plasman u trci

Konačan plasman životinje u trci odražava njen potencijal (*Rohe i sar.*, 2001), njen temperament, sportski duh i spremnost da osvoji nagradu (*Thirukenkadan i sar.*, 2009), stoga je korišćen od strane više autora kao kriterijum za genetsku procenu kasača (*Árnason i sar.*, 1982, *Katona*, 1985, *Ojala i sar.*, 1987; *Rohe i sar.*, 2001; *Bugislaus i sar.*, 2005; *Suontama*, 2012). Takođe, plasman u trci omogućava jasno poređenje rezultata između zemalja jer se meri na isti način u različitim zemljama (*Bokor i sar.*, 2005). Postoji više načina da se plasman uključi u genetske procene npr., kao procenat prvih mesta postignutih tokom godine ili kao procenat prva tri odnosno četiri mesta. Ova varijabla pokazuje u kom procentu je životinja od ukupnog broja trka ostvarila prvu, odnosno prve tri-četiri pozicije, a omogućava da se indirektno proceni temperament životinje u odnosu na želju da pobedi na takmičenjima i njen sportski duh (*Thirukenkadan i sar.*, 2009).

### 2.2.4. Ostale mere trkačke performanse kasača

Pored ove tri, najčešće korišćene, kao mere trkačke performanse kasača se koriste i pravilnost kasa i broj startova. Pravilnost kasa uzima u obzir broj grešaka koje je grlo napravilo tokom trkačke karijere. Kasači moraju da trče u pravilnom kasu. Nepravilnosti su:

- a. pas - konj istovremeno izbacuje prednju i zadnju levu nogu i obrnuto;
- b. triangl (nečist kas) – konj prednjim nogama kasa, a zadnjim galopira;
- c. galop.

Ova mera se može iskazati i preko procenta diskvalifikacija, a prema Pravilniku UKSS uzroci diskvalifikacije su:

- a. Pas ili triangl, dozvoljen je jednom u toku trke i to ne duže od 60 m. Drugi put u toku trke nečist kas povlači diskvalifikaciju iz trke;
- b. Galop, tokom trke za grla od 3 godine i starija, dozvoljen je jedan u dužini od 60 m, pri čemu vozač grla ne sme napredovati na stazi, ali ni smirivanjem konja remetiti tok trke i bezbednost ostalih učesnika. Galop duži od 60 m, ili drugi galop u istoj trci povlači i diskvalifikaciju grla iz trke.

- c. Za grla od dve godine dozvoljena su dva galopa u ukupnoj dužini od 100 m. Galop duži od 100m ili treći galop povlači obaveznu diskvalifikaciju grla.
- d. U trkama na 'B' stazama dozvoljena su dva galopa do 100 m za starija grla, a za dvogode kasače tri galopa do 150 m. U trci dvoprega dozvoljeno je ukupno 3 galopa po zaprezi do 150m.
- e. U slučaju nepravilnosti u kasu grla (pas, triangel ili galop) u završnici trke, od distancnog stuba do ciljnog stuba (200 m do cilja), grla se obavezno diskvalifikuju iz trke.

Broj startova se posmatra prema starosti ili za celu karijeru, a vrlo često su u istraživanjima povezani sa zaradom. U tom slučaju se broj startova u model uključuje kao kovariabla, s obzirom na to da povećanje broja startova utiče na povećanje zarade.

### **2.3. Uticaj sistematskih faktora na proizvodne sposobnosti kasača**

Rezultati trka nisu odraz maksimalne brzine kojom pojedino grlo može da pređe datu distancu, već oni ukazuju na njegovu sposobnost da odgovori na određeni splet okolnosti. Većina svojstava koja su predmet oplemenjivanja su promenljiva u zavisnosti od delovanja faktora spoljne sredine. Prema Štrbac i Trivunović (2013) pol, hipodrom, sezona, starost i distanca imali su statistički visoko signifikantan uticaj ( $P < 0,01$ ) na ostvareno vreme u trci. Do sličnih rezultata su došli Rohe i sar. (2001) i Bugislaus i sar. (2006), a na osnovu ovakvih analiza se donosi odluka o tome koje faktore bi trebalo uključiti u modele za procenu oplemenjivačke vrednosti. Veliki broj faktora spoljne sredine utiče na fenotipsku ispoljenost trkačke performanse kasača, a najčešće ispitivani su: uticaj meseca rođenja ili trke (sezone), pola, starosti, godine trke, godine rođenja, hipodroma, distance i načina starta.

#### **2.3.1. Uticaj meseca rođenja i meseca trke**

Uticaj meseca na trkačku sposobnost kasača može biti posmatran kroz uticaj meseca rođenja i kroz uticaj meseca trke. Takođe, može biti grupisan po godišnjim dobima (zima, proleće, leto, jesen) pa se vrlo često ovaj uticaj razmatra kroz uticaj sezone.

Uticaoj meseca, odnosno sezone trke se najčešće manifestuje kroz vremenske uslove koji mogu da utiču na stanje na stazi. Pored toga, Čaćić i Šimundža (2012) su pronašli u literaturi da rezultati u trci zavise od temperature vazduha.

Uticaoj meseca oždrebjenja i superiornost konja oždrebjenih ranije u godini utvrđena je u istraživanjima *Saastamoinen i Ojala* (1991a) i *Langlouis i Bloun* (1997a,b). Nije potvrđeno da je superiornost posledica većeg broja trka ili startova, jer konji oždrebjeni ranije u godini nisu imali veći broj startova od svojih vršnjaka oždrebjenih kasnije u godini. *Saastamoinen i Ojala* (1991a) su uvideli da je uticaoj meseca rođenja na trkačku performansu bio izraženiji kod američkih nego kod finskih kasača. U njihovim istraživanjima ovaj uticaoj je najjasnije bio izražen kod trogodišnjih grla rase američki kasač, a konji rođeni u periodu od januara do marta bili su brži ( $p < 0,001$ ), donosili su veću zaradu ( $p < 0,01$ ) i imali su veći procenat kako prvih ( $p < 0,05$ ) tako i prva tri mesta ( $p < 0,001$ ) u poređenju sa trkačkim konjima rođenim kasnije u toku godine. Najslabije rezultate kod obe rase pokazali su konji rođeni u kasno leto ili na jesen.

### 2.3.2. Uticaoj godine rođenja i godine trke

Uticaoj godine se u modele za statističku obradu podataka može uključiti kao uticaoj godine oždrebjenja ili uticaoj godine trke. *Arnason i Svendsen* (1991) u svom istraživanju navode da je uticaoj godine oždrebjenja skroman, a da je to posledica malog broja uzastopnih godina oždrebjenja u setu podataka. Čaćić i Šimundža (2012) predlažu da je uticaoj godine u modele bolje uključiti kao uticaoj godine trke, ali kada se posmatra genetski trend da je neophodno uključiti godinu oždrebjenja kao fiksni faktor.

### 2.3.3. Uticaoj pola

Pastuvi su pokazali prednost nad kobilama u pogledu najboljeg postignutog vremena (za 1,6 s/km), vremenu na kraju trke (za 1,2 s) i zarade na godišnjem nivou (*Thravankudan i sar.*, 2009). Takođe, pastuvi su bili superiorniji nad kobilama u procentu osvojenih trka, procentu rangiranih grla i zarada po startu (*Rönningen*, 1975; *Katona i Osterkorn*, 1977; *Minkema*, 1989). *Minkema* (1975) je uočio da su dvogodišnja ženska grla holandskih kasača osvojila više



novca nego pastuvi i kastrati iste starosti. *Langlois* (1983b) je izračunao da su muška grla bila brža od ženskih za 0,4 s/km. Ova prednost je smanjena nakon 5 godina i nestala je sa 7 godina starosti, što autor objašnjava primenom selekcije, odnosno da su samo najbolja ženska grla nastavila da učestvuju u trkama. Što se tiče rekorda, prednost u brzini pastuva i kastrata nad kobilama je iznosila 1,2s. Superiornost muških grla nad ženskim takođe je dokazana u istraživanju *Langlois* (1982). *Ojala i Hellman* (1987) su ukazali na superiornost muških grla nad ženskim ispitujući najbolje trkačko vreme američkih kasača u Finskoj i finskih kasača. *Ojala i sar.* (1987) su došli do drugačijih rezultata, ali istražujući na manjem broju podataka. *Leroy i sar.* (1989) su sprovedli istraživanje na belgijskim kasačima i dobili da su pastuvi ostvarili bolje rezultate u odnosu na kastrate i kobile. Pastuvi su bili brži 0,498 s/km od kobila i 0,385 s/km od kastrata, dok su kastrati bili brži za 0,113s od ženskih grla. Ukupan broj trka u karijeri pastuva, kobila i kastrata se kretao od 49 do 56, 24 do 29 i 46 do 58, a prosečan broj 15,6, 12,3 i 15,9 (*Physick-Sheard*, 1986). Kod francuskih kasača, *Langlois i Bloin* (2008) ističu da kobile imaju manje šanse od pastuva da učestvuju u trkama i da su na početku svoje karijere imale manji broj startova.

#### 2.3.4. Uticaj starosti

*Katona i Osterkorn* (1977) su sprovedli istraživanje na dvogodišnjim i desetogodišnjim kasačima i utvrdili da su mlađe životinje imale sporije vreme na kraju trke za 3,2 s/km. Superiornost starijih grla (od 7 do 12 godina) nad mlađim (od 3 do 6 godina) i u pogledu procenta dobijenih trka, procenta trka u kojima je došlo do diskvalifikacije, kao i procenta trka u kojima grla nisu bila rangirana i gde nisu osvojila zaradu utvrdio je *Röningen* (1975). Pobedničko vreme na osnovu starosti za kanadske kasače ispitivao je *Physick-Sheard* (1986). Autor je zaključio da je najbolje zabeleženo vreme postignuto kod konja starih 2,7 godina. *Langlois* (1983b) je precizno opisao mesečnu eksponencijalnu krivu koja pokazuje smanjenje vremena u odnosu na starost kod francuskih kasača. Dobijena je razlika od 5,7 s/km između dvogodišnjaka i šestogodišnjaka, te 3,4 s/km između trogodišnjaka i šestogodišnjaka. Najbolje vreme u tri finskih kasača se takođe smanjuje sa povećanjem starosti (*Ojala*, 1982; *Ojala i Hellman*, 1987; *Leroy i sar.*, 1989). *Langlois i Vrijenhoek* (2004) su računali kod francuskih kasača starih 2, 3, 4, 5 i 6 godina i dobili vrednosti 1'24,7", 1'23,2", 1'21,5", 1'20,5" i 1'19,9" po kilometru.

Kod kasača je poželjno da se trkačka karijera započne što ranije i da se pokažu dobri rezultati. Konji koji karijeru započnu ranije pokazali su superiornost u odnosu na konje koji startuju kasnije (*Physick-Sheard*, 1986; *Saastamoinen*, 1991a,b; *Saastamoinen i Ojala*, 1991b; 1994). *Saastamoinen* (1991a,b) je pokazao da su kasači koji su bili istrenirani u prvoj godini ili sa šesnaest meseci starosti, a započeli trke do treće godine bili znatno brži (za 2,1 s/km), imali veći broj startova i osvojili veće zarade do 5. godine starosti u odnosu na one koji su istrenirani u 2. ili 3. godini života. Autor je zaključio da su rezultati tokom jedne sezone u mladom dobu visoko povezani sa rezultatima u prve tri godine. *Saastamoinen i Ojala* (1994) su pokazali da konji koji započnu svoju trkačku karijeru mladi i učestvuju u trkama uzastopno par godina jesu superiorni u odnosu na druge konje. Konji koji su učestvovali u trkama samo kao trogodišnjaci imali su 5,6 s/km lošije vreme u svojoj karijeri u odnosu na one koji su učestvovali sa 3, 4 i 5 godina. Ove razlike su iznosile 7,5 i 6,4 s/km za konje koji učestvuju u trkama i sa 4 i 5 godina starosti.

Genetska povezanost između rezultata u ranijim i kasnijim godinama starosti se pokazala veoma bitnom kada je u pitanju zarada (od 0,76 do 1,00). Kod francuskih kasača (*Langlois*, 1984b) ova analiza se zasnivala na starosti kao osobini i pokazala je veoma jaku povezanost, npr., 0,89 između kasača starih 2 i 3 godine, 0,96 između kasača starih 3 i 4 godine i 0,77 između kasača starih 2 i 4 godine. Ova analiza ukazuje da su rezultati u ranijim godinama starosti dobar indikator za selekciju starijih grla (*Árnason i sar.*, 1989; *Klemetsdal*, 1994). *Saastamoinen i Nylander* (1966a,b) i *Ricard i sar.* (2000) su saopštili da je rani učinak (starost na prvom startu) imao veoma malu heritabilnost (0,14 do 0,16) što ukazuje na to da ova osobina zavisi uglavnom od uticaja životne sredine.

### **2.3.5. Uticaj hipodroma, distance i načina starta**

Hipodrom značajno utiče na istrčano vreme, a najčešće se posmatra kroz uslove trkačke staze odnosno uticaj podloge. Uticaj podloge proizilazi iz nekih fizičkih uslova kao što su vrsta tla (na travi su konji sporiju nego na pesku), oblik krivina, ujednačenost i dužina pravih linija. Prema *Hintz i Van Vleck* (1978) u odnosu na uslove, staze se mogu podeliti na brze, spore, dobre, teške, mokre i blatnjave. *Rohe i sar.* (2001) su utvrdili razliku između rezultata

ostvarenih na brzim i teškim stazama od 2,1 s/km. Tipovi trkačkih staza osim što značajno utiču na vreme i zaradu, utiču i na ispravnost koraka (Katona, 1979). Uticaj hipodroma se može posmatrati i kroz interakciju sa godinom i sezonom (Gomez i sar., 2010b) kao indirektna mera uslova na stazi i uticaja vremenskih uslova (Ojala i sar., 1987). U Srbiji se hipodromi razvrstavaju u A i B kategoriju prema svom trkačko-sportskom značenju i prema sveukupnim uslovima. Kategorizaciju i registraciju staza obavlja takmičarska komisija. Uticaj distance na brzinu je uočljiv u državama koje imaju širok spektar trka na različitim dužinama (Thiruvenkadan i sar., 2009). Autori napominju da ovaj uticaj može stvoriti pristrasnu ocenu uticaja starosti, jer se mlađa grla trkaju na kraćim distancama. Čačić i Šimundža (2012) su pronašli u literaturi da su najbolja istrčana vremena na kraćim distancama (1900 m i manje). U kasačkim trkama se razlikuju tri vrste starta. Kod *starta iz gume* učesnici svoja mesta zauzimaju u okviru trke, a komanda za start iznosi 11 sekundi. Start počinje sa komandom „završite“. Nakon sedam sekundi sledi komanda „na svoja mesta“, a posle dve sekunde počinje odbrojavanje „jedan“ „dva“ „start“. Kod *autostarta* startna mesta se utvrđuju kako je predviđeno propozicijama, uglavnom u odnosu na zaradu ili postignuto vreme. Ukoliko to nije posebno navedeno u propozicijama, konj sa najnižom zaradom po pravilu startuje u prvom redu iznutra. Ako ima više konja sa istom zaradom, iznutra startuje onaj koji ima bolje postignuto vreme. Starter, komandom «crvene zastave», poziva učesnike na startna mesta oko 300m od starta, gde se otvaraju krila na start mašini. Starter vozi lagano 50m dok učesnici zauzimaju svoja startna mesta. U sledećih 50m mašina dostiže brzinu približno 30 km/h. Na razdaljini od 200 m pre starta, auto počinje lagano da ubrzava i do startne linije postiže takmičarsku brzinu konja (52 km/h), i udaljava se od njih. *Leteći start* je sličan autostartu, sva grla startuju sa iste distance, ali je zalet za grla kraći nego kod autostarta i odvija se bez startne mašine. Najčešće se primenjuje u generacijskim trkama ili trkama sa osnovnom dužinom staze kao zamena za autostart. Starter postavlja grla na 50 m iza linije starta, a vozačima komanduje da se poravnaju u jedan ili dva reda prema svojim startnim brojevima i krenu kasom ka liniji starta. Starter koji drži podignutu crvenu zastavicu u trenutku kada prvo grlo stigne na liniju starta, spuštanjem crvene zastavice daje znak da je trka počela. Thiruvenkadan i sar. (2009) navode da vrsta starta ima uticaj na najbolje vreme u trci, a da je najbolje vreme pri autostartu (približno 1 s/km manje). Čačić i Šimundža (2012) su takođe pronašli u literaturi da su znatno bolja istrčana vremena ostvarena u trkama sa letećim i autostartom.

### 2.3.6. Ostali faktori

Pored ovih, najčešće ispitivanih uticaja, ne sme se zanemariti ni uticaj trenera i vozača. *Saastamoinen* (1991) ističe da kasači koje treniraju profesionalni treneri ranije započinju trkačku karijeru nego oni koje su trenirali vlasnici. Uticaj vozača na rezultate u trkama ispitivali su *Thuneberg-Selonen i sar.* (1999) na populaciji finskih i američkih kasača pri čemu se pokazalo da vozači sa većim brojem startova, odnosno većim iskustvom, imaju bolje rezultate u trkama. *Čaćić i Caput* (2003) su sproveli istraživanje o povezanosti eksterijera i rekordnog vremena u populaciji hrvatskih kasača. Utvrđeno je da su gotovo sve analizirane osobine eksterijera u negativnoj korelaciji sa istrčanim rekordom. Autori su došli do zaključka da konji većeg okvira i razvijenijeg trupa ostvaruju bolje sportske rezultate, ali da ne treba zanemariti činjenicu da na trkačke performanse konja utiče veliki broj faktora okoline. Fenotipsku varijabilnost i povezanost telesnih mera različitih genotipova kasača u Srbiji ispitivali su *Đermanović i sar.* (2011). Na osnovu sprovedenog istraživanja, autori su konstatovali da su telesne mere kobila i pastuva u Srbiji u skladu sa standardima rase.

## 2.4. Matematičko - statistički modeli za genetsku procenu kasača

Prvi korak u sprovođenju kvantitativno genetskih analiza je postavljanje matematičko-statističkog modela. Matematički model se može definisati kao skup matematičkih relacija koje opisuju ili definišu veze između pojedinih fizičkih veličina u posmatranom procesu. Sastoji se od ulaznih i izlaznih promenljivih, te jednačine koja ih povezuje. Konstruisanje modela podrazumeva definisanje ulaznih promenljivih, odnosno faktora koje ćemo uključiti u dalju analizu. Sa statističkog gledišta oni se mogu podeliti na slučajne i fiksne (*Searle i sar.*, 1992). Modeli koji sadrže i slučajne i fiksne efekte nazivaju se mešoviti modeli i upravo kao takvi se najčešće upotrebljavaju u oplemenjivanju životinja. Konačna rešenja se dobijaju rešavanjem sistema linerarnih jednačina, pa se još nazivaju i linearni mešoviti modeli.

Slučajni efekti u modelu najčešće potiču od aditivnih uticaja životinja. To su efekti sa velikim brojem nivoa, a malim brojem ponavljanja po svakom nivou. Pored genetskih, slučajni uticaji u modelu mogu poticati i od delovanja faktora spoljne sredine. Najčešće su to permanentni

uticaji okoline, ali takođe mogu biti i neki privremeni uticaji. Nasuprot slučajnim, fiksni efekti su oni koji imaju manji broj nivoa, a veći broj ponavljanja po svakom nivou. U modelima za genetsku procenu uglavnom su to: pol, starost, godina, sezona, hipodrom, distanca, način starta itd. Pored toga, pojedini fiksni faktori u modelu se mogu definisati i kao kontinuirane varijable sa regresijskim uticajem na posmatranu osobinu. U istraživanjima kod trkačkih konja najčešće se posmatra promena performanse kao odgovor na delovanje odnosno promenu starosti, distance i(ili) broja startova (*Gomez i sar.*, 2010a, 2010b; *Buxadera i Mota*, 2008; *Bugislaus i sar.*, 2006; *Mota* 2006; *Mota i sar.*, 2005).

Na početku analize, posebnu pažnja treba posvetiti definisanju fiksnog dela u modelu, odnosno fiksnim faktorima. U istraživanjima *Štrbac i sar.* (2015b) fiksni deo modela objašnjava oko 50% ukupne varijabilnosti vremena u trci kod kasača. Da bi se minimizirala pristrasnost, svi oni faktori čiji se efekat pokaže statistički značajnim treba da budu uključeni u genetsku analizu. U tabeli 5 dat je prikaz pojedinih modela koji su primenjivani u kvantitativno-genetskim istraživanjima kod kasača.

Tabela 5: Slučajni (S) i fiksni (F) uticaji u modelima za analizu vremena u trci kod kasača

Autor/Uticaoj	Grlo	Stalni uticaji okoline	Pol	Starost	Godina	Sezona	Način starta	Distanca	Hipodrom	Uslovi na stazi	Vozač	Trener	Trka
<i>Štrbac i sar.</i> , 2015b	S	S	F	F	F <sup>a*</sup>	F <sup>*</sup>	F	F	F				
<i>Suontama</i> , 2012	S	S	F	F	F	F	F <sup>b</sup>	F	F				
<i>Gomez i sar.</i> , 2010a	S	S	F	F			F	F	F <sup>c</sup>		S		
<i>Gomez i sar.</i> , 2010b	S	S	F	F <sup>d</sup>	F <sup>**</sup>	F <sup>**</sup>	F	COV	F <sup>**</sup>		S <sup>*</sup>	S <sup>*</sup>	
<i>Bokor i sar.</i> , 2007	S	S	F	F	F						S		F
<i>Bugislaus i sar.</i> , 2006	S	S	F		F <sup>*</sup>	F <sup>*</sup>		F	F	F	F		
<i>Bugislaus i sar.</i> , 2005	S	S	F	F	F <sup>*</sup>	F <sup>*</sup>		F	F	F	F		
<i>Rohe i sar.</i> , 2001	S	S	F	F	F <sup>*</sup>	F <sup>*</sup>		F	F	F	S F <sup>c</sup>		
<i>Thuneberg-Selonen i sar.</i> , 1999	S	S <sup>f</sup>	F	F			F <sup>a</sup>				F		F

\*interakcija (faktori sa jednakim brojem zvezdica su posmatrani u interakciji); COV – kovarijabla

a – ispitivan i uticaj interakcije godine rođenja sa mesecom rođenja

b – načina starta u interakciji sa startnom stazom i grupom

c – hipodrom u interakciji sa datumom trke

d – starost u interakciji sa trkačkim iskustvom

e – autori su ispitivali više modela, pri čemu je vozač bio uključen ili kao slučajni ili kao fiksni uticaj

f – uticaji okoline posmatrani na dva načina:  $pe_1$  – tokom cele trkačke karijere i  $pe_2$  unutar godine

## 2.5. Metode za ocenu komponenti (ko)varijansi i genetskih parametara

Ocena genetskih parametara predstavlja važan korak u oplemenjivanju životinja. Oni su od suštinskog značaja za procenu oplemenjivačkih vrednosti i predviđanje efekta selekcije. Genetski parametri su: heritabilnost, ponovljivost, genetske, fenotipske i korelacije okoline, a najčešće se računaju kao funkcije komponenti varijansi. Najvažniji od svih genetskih parametara jeste heritabilnost. Ocena heritabilnosti se zasniva na metodama koje određuju sličnost između genetski povezanih životinja. Grubo rečeno, postoje dve metode koje se mogu koristiti u tu svrhu:

1) Sličnost između potomaka i roditelja koja može biti izražena kao:

- regresija potomaka na jednog od roditelja, gde je  $h^2=2b$
- regresija potomaka na prosek roditelja, gde je  $h^2=b$

Ovaj metod se ne koristi često u praksi, a nedostaci su mu to što zahteva podatke o dve generacije i koristi samo te podatke. Takođe, ne koristi genetske veze između roditelja.

2) Procena komponenti varijansi

Varijansa predstavlja matematičko očekivanje odstupanja slučajne promenljive od njene srednje vrednosti. Varijansa je uvek vezana za neki efekat koji ima uticaj na posmatranu osobinu – zapažanje. Kada želimo da izračunamo varijansu od  $n$  posmatranja (vektor  $y$ ) onda je:

$$var(y) = \sum (y_i - \bar{y})^2 / (n - 1)$$

Statistički model glasi:

$$y_i = \mu + e_i$$

Genetski parametri su dugo vremena ocenjivani metodom analize varijanse (eng. **Analysis of Variance, skr. ANOVA). Ovaj metod je bio popularan zbog njegove primene u standardnim statističkim paketima. Metoda zahteva da pojedina jedinka bude dodeljena grupi sa istim stepenom srodstva kao i ostali članovi. Najčešće su to grupe očevih polusrodnika (half-sibs) ili punih srodnika (full-sibs). U slučaju grupe polusrodnika, potomci jednog oca se tretiraju kao jedna grupa. Koristeći ANOVA metod, kovarijansa među članovima grupe srodnika je najčešće određena kao komponenta varijansi između grupa. Na primer, u slučaju modela oca varijansa između očeva  $\delta_s^2$  je  $0,25\delta_a^2$ , a varijansa unutar očeva je  $0,75\delta_a^2 + \delta_e^2$ .**

### 2.5.1. Hendersonov pristup oceni komponenti varijansi

Može se reći da rad Hendersona iz 1953. predstavlja osnovu ocene komponenti varijansi za neuravnotežene (neujednačene) podatke koji se najčešće sreću u oplemenjivanju životinja. Shodno tome, metode koje su tamo opisane se nazivaju Hendersonov metod 1, 2 i 3. Metod 1 je analogan metodi analize varijanse za ujednačene (uravnotežene) podatke. Metod 2 je dizajniran da ispravi nedostatke metoda 1 da bi se ocene komponenti varijansi korigovale sa greškom. Metod 3 se zasniva na metodi podesnih konstanti koje se koriste u modelima fiksnih efekata. Posebno je Hendersonova metoda 3 našla široku upotrebu. Ovaj pristup zamenjuje sume kvadrata u uravnoteženoj ANOVA proceduri kvadratnim oblicima, uključujući rešenja najmanjih kvadrata efekata za koje treba utvrditi varijanse. Njegova široka primena u velikoj meri je potpomognuta dostupnošću „opšteg” kompjuterskog programa najmanjih kvadrata prilagođenog za primenu pre svega u oplemenjivanju životinja (Harvey, 1990).

### 2.5.2. Metod maksimalne verovatnoće

Metod maksimalne verovatnoće (eng. Maximum Likelihood, skr. **ML**) uveden je u matematičku statistiku u drugoj deceniji 20. veka, a predstavlja jednu od standardnih procedura za određivanje parametara raspodele iz nekog seta podataka. Ideja ovog metoda je da se nađe maksimalna vrednost funkcije verovatnoće za dati set podataka u odnosu na parametre pretpostavljene raspodele da bi se ocenila vrednost tih parametara odnosno njihova raspodela. Ukoliko podaci potiču iz više različitih raspodela, neophodno je primeniti teoriju mešovitenih modela da bi se odredio oblik raspodele i zatim primenom metode ML odredile rezultujuće raspodele. Metod ML je metod izbora jedne vrednosti parametara kao modela za ocenu tih parametara, ali tako da funkcija verovatnoće ima maksimalnu vrednost. Zbog jednostavnije primene, umesto maksimalne vrednosti funkcije verovatnoće traži se ocena maksimalne vrednosti njenog logaritma.

*Hartley i Rao* (1967) su opisali primenu ML u proceni komponenti varijansi koji generalno pretpostavlja da podaci imaju multivariacione normalne distribucije. *Harville* (1977) je prikazao ML procenitelje doslednim, asimptotski stabilnim i efikasnim, odnosno da dostupne



informacije koriste na optimalan način. Povrh toga, oni su upotrebljivi u slučajevima koji nisu prilagođeni standardnim ANOVA modelima. Na primer, ML omogućava istovremeno korišćenje kovarijansi između roditelja i potomaka, i kovarijansi između braće i sestara u cilju procene aditivne genetičke varijanse ili heritabilnosti (Hill i Nicholas, 1974).

Glavni nedostatak primene ML procene u mešovitim modelima zasniva se na činjenici da se fiksni efekti tretiraju kao da su poznati, odnosno, ignoriše se smanjenje stepena slobode koje proizilazi iz prilagođavanja ovim efektima. Na primer, ML procenitelj fenotipske varijanse bio bi ukupna suma kvadrata podeljena sa brojem posmatranja, dok bi nepristrasni procenitelj imao imenioca umanjenog za jedan, zbog činjenice da se procenjuje ukupna srednja vrednost. Ako model analize obuhvata puno fiksnih efekata, kao što je to gotovo uvek slučaj kod podataka vezanih za oplemenjivanje životinja, to može dovesti do znatno pristrasnih procena, pri čemu posebno varijanse ostatka mogu biti ozbiljno potcenjene.

### 2.5.3. Metod ograničene maksimalne verovatnoće

Pristrasnost se može izbeći upotrebom metoda ograničene maksimalne verovatnoće (eng. **R**estricted/**R**esidual **M**aximum **L**ikelihood, skr. **REML**). Procena oplemenjivačkih vrednosti životinja zahteva nepristrasnu procenu komponenti (ko)varijansi elemenata uključenih u model, koji su u praksi obično nepoznati. REML je našao široku primenu u ovoj oblasti (Meyer 1989, 1991; Groeneveld 1991, 1994; Spilke i Groeneveld, 1994). Treba istaći da je upotreba REML-a u proceni komponenti varijansi računski veoma zahtevna i da je u početku imala ograničenu praktičnu primenu. Međutim, tokom poslednjih decenija uložen je veliki trud za razvoj specijalizovanih i efikasnih algoritama koji su doveli do progresivne upotrebe REML-a. Graser i sar. (1987) uvode algoritme bez izvoda (eng. **D**erivate **F**ree, skr. **DF**) koji su ubrzo doveli do razvoja novih softverskih paketa specijalizovanih za primenu u oplemenjivanju životinja kao što su DFReml (Meyer, 1988) i DMU (Jensen i Madsen, 1993). Smith (1990) ističe da su algoritmi maksimizacije očekivanja (eng. **E**xpectation **M**aximization algorithm, skr. **EM**) jedna od efikasnih procedura koja se može koristiti za optimizaciju funkcije verovatnoće i dobijanje REML procena. Johnson i Thompson (1995) su primenili algoritme prosečnih informacija (eng. **A**verage **I**nformation algorithm, skr. **AI**) u oplemenjivanju životinja, a Gilmour i sar. (1995) ističu da za složene analize koje su obično

zastupljene u oplemenjivanju životinja, AI algoritmi su povoljniji nego EM i DF algoritmi. Autori ističu da ova dva algoritma nailaze na poteškoće kada se u analizama nalazi veliki broj povezanih komponenti, a da smanjenje broja iteracija daje veliku prednost AI algoritmima pri dobijanju REML procena.

Široko rasprostranjeni statistički paketi, kao što su SAS i GENSTAT danas omogućavaju upotrebu REML analize kao i njihovu primenu u oplemenjivanje životinja. Pored ova dva, određeni broj istraživača razvija specijalizovane programe bazirane na REML metodologiji primenljive isključivo u oblasti oplmenjivanja životinja. Najpoznatiji među njima su ASReml 2.0 (Gilmour i sar., 2006), WOMBAT (Meyer, 2006), VCE6 (Groeneveld i sar., 2010), PEST (Groeneveld i sar., 2006).

## 2.6. Ocena genetskih parametara osobina kod kasača

Selekcija pastuva i kobila na osnovu rezultata iz trka sprovodi se u mnogim populacijama kasača tokom dužeg vremenskog perioda. Poboljšanja su zabeležena, i ona su rezultat genetskih i promena nastalih usled delovanja faktora spoljne sredine. Njihovo sagledavanje, kao i izbor odgovarajuće metode selekcije, omogućuju nam kvantitativno-genetske analize kroz izračunavanje genetskih parametara.

Analizom genetskih parametara osobina kod kasača bavio se veliki broj autora, a o značaju njihovog praćenja svedoči postojanje istraživanja od 80-ih godina prošlog veka pa sve do danas. Minkema (1978), Hintz (1980) i Langlois (1982, 1984a) su proučavali heritabilnost osobina kod kasača i saopštili da je logaritam zarade sa visokim stepenom heritabilnosti (0,41), a da su prosečno vreme i najbolje vreme sa srednjim stepenom heritabilnosti (0,34 i 0,25). Stoga oni ističu da bi genetski napredak kasača mogao biti dostignut direktnom selekcijom koja se zasniva na informacijama o ovim osobinama. Katona (1979) je izračunao procene heritabilnosti za prosečno vreme u trci po godini u intervalu od 0,55 do 0,79 za različite starosti. Autor je zaključio da su rezultati trogodišnjih grla najpogodniji za selekciju jer su procene heritabilnosti (0,49) i ponovljivosti (0,68) bile među najvišima. Árnason i sar. (1982) navode da su procene heritabilnosti za najbolje vreme u trci i zarade skoro jednake, te

da je genetska povezanost između ovih osobina veoma jaka (0,96). Autori su zaključili da su istraživanja heritabilnosti osobina za trkačke performanse kasača najčešće zasnovana na zaradama, brzini ili plasmanu, a da se procene kreću od 0,2 do 0,4. Heritabilnost broja startova je bila najniža i iznosila je 0,1, a mere koje se baziraju na vremenu, zaradi i plasmanu su pokazale visoku genetsku povezanost. *Katona i Distl* (1989) su analizirali različite osobine kod nemačkih kasača i dobili da je prosečno vreme najpoželjnija osobina za selekciju od svih ostalih, s obzirom na to da je heritabilnost za ovu osobinu bila 0,50 kod konja starih 2-3 godine. Heritabilnost za druge osobine su se kretale u intervalu od 0,20 do 0,30 i one se mogu iskoristiti kao dodatne informacije.

*Katona i Osterkorn* (1977) analizirali su trkačko vreme nemačkih kasača i dobili da se procena ponovljivosti kretala od 0,63 do 0,84. Ocena ponovljivosti za brzinu kasača starih 2 do 3, 3 do 4 i 2 do 4 godine je iznosila 0,59, 0,55, 0,31 u istraživanjima *Nikolaeva i Rozhdestvenskaya* (1979). *Ojala i Van Vleck* (1981) su izračunali ponovljivost za 24 osobine zasnovane na vremenu, zaradama i rangu kod finskih kasača i zaključili da su ponovljivost i heritabilnost bile više kod osobina zasnovanih na vremenu i da bi te osobine bile upotrebljivije za genetsko unapređenje od onih koje se zasnivaju na zaradi i rangu. *Langlois* (1983b) je saopštio da su procene ponovljivosti za vreme u trci kod konja starih 2, 3, 4, 5 i 6 godina bile 0,54, 0,73, 0,70, 0,73 i 0,72. *Tolley i sar* (1983) su izračunali ponovljivost vremena u trci za kasače stare 2 i 3 godine 0,40 i 0,38. *Klemetsdal* (1989) je saopštio da su procene ponovljivosti za vreme u trci norveških kasača starih 3 do 4, 3 do 5 i 3 do 6 godina bile 0,65, 0,65 i 0,64. Procena za američke kasače bile su 0,46, 0,46 i 0,46.

Procene heritabilnosti za najbolje vreme u trci prikazali su *Thiruvankudan i sar.* (2009) i kretale su se od 0,03 do 0,70, ali uglavnom od 0,2 do 0,3. Autori takođe navode da je genetska povezanost najboljeg vremena sa ostalim osobinama trkačke performanse kasača jaka i negativna (-0,76 do -0,36) osim sa osobinom broj startova. *Rohe i sar.* (2001) su izračunali genetsku povezanost od 0,81 između plasmata i trkačkog vremena. Takođe, obe osobine su bile visoko povezane sa zaradama (povezanost zarada sa plasmanom i vremenom je bila 0,98 i 0,89). Oni su zaključili da je najbitnija osobina za selekciju vreme u trci i to zbog visoke heritabilnosti i visoke genetske povezanosti sa zaradama. Danas je REML najčešće korišćena

metoda za procenu komponenti varijansi i genetskih parametara, a u tabeli 6 su prikazane vrednosti heritabilnosti i ponovljivosti vremena u trci kod kasača primenom ove metode.

Tabela 6: Heritabilnost i ponovljivost vremena u trci kod kasača REML metodom

Autor	Rasa	Broj merenja	Model	$h^2$	R
<i>Štrbac i sar.</i> , 2015	-	14.398	AM	0,58	0,65
<i>Suontama</i> , 2012	Finski kasač	510.519	AM	0,34	0,77
	Američki kasač	513.161	AM	0,33	0,59
<i>Gomez i sar.</i> , 2010	Španski kasač	71.552	RRM	0,12-0,34	-
<i>Gomez i sar.</i> , 2010a	Španski kasač	285.538	AM	0,28	0,65
<i>Bokor i sar.</i> , 2007	Američki kasač	7.135	AM	0,02	0,201
<i>Bugislaus i sar.</i> , 2006	Nemački kasač	138.628	RRM	0,01-0,13	-
			AM	0,13	-
<i>Bugislaus i sar.</i> , 2005	-	48.942	AM	0,19	0,47
<i>Rohe i sar.</i> , 2001	Nemački kasač	162.322	AM	0,28	-
<i>Thuneberg-Selonen</i> , 1999	Finski kasač	81.643	AM	0,23	0,57
	Američki kasač	78.455	AM	0,28	0,50

AM - Standardni model životinje; RRM - Model sa slučajnom regresijom

## 2.7. Primena mešovityh modela u kvantitativno - genetskoj analizi

Ocena trkačke sposobnosti konja, a naročito kasača, u većini zemalja se vrše na osnovu izračunavanja oplemenjivačkih vrednosti (eng. ***Breeding value***, skr. **BV**). Priplodni konji mogu biti nepristrasno upoređivani na osnovu ovih procena i stoga one predstavljaju veoma koristan alat u izboru grla za dalji priplod. Ove procene se mogu zasnivati na jednoj ili kombinaciji više osobina i tada sve zajedno predstavljaju meru trkačke sposobnosti.

Primena mešovityh modela je najčešće korišćena metodologija za procenu životinja odnosno njihove oplemenjivačke vrednosti. Metodologija pruža najtačniju nepristrasnu procenu oplemenjivačkih vrednosti (eng. ***Best Linear Unbiased Prediction***, skr. **BLUP**), a istovremeno se ocenjuju i uticaji faktora spoljne sredine (eng. ***Best Linear Unbiased Estimator***, skr. **BLUE**). Tačnost rezultata zavisi od podataka (načina i tačnosti merenja osobina na životinjama, identifikacije grla itd.) i postavljenog modela. Najčešće primenjivani modeli u ovu svrhu su model oca (eng. ***Sire Model***, skr. **SM**) i model životinje (eng. ***Animal Model***, skr. **AM**) koji u analizi mogu biti postavljeni kao modeli sa ponovljenim merenjima, modeli za više osobina ili kao modeli sa slučajnom regresijom.

### 2.7.1. Model sa ponovljenim merenjima

Model sa ponovljenim merenjima predstavlja jedan od najjednostavnijih metoda analize, a osnovna postavka ovog modela jeste da se svako merenje na istoj osobini kod iste individue posmatra kao ponovljeni zapis. Njegova primena je u prošlosti bila široka kod svih vrsta domaćih životinja. U matričnom obliku model sa ponovljenim merenjima ima sledeći izgled (Mrode, 2005):

$$y = Xb + Zu + Wpe + e$$

gde su  $X$ ,  $Z$  i  $W$  incidentne matrice koje povezuju ponovljena merenja  $y$  sa fiksnim uticajima okoline  $b$ , slučajnim uticajima životinje  $u$  i permanentnim uticajima okoline  $pe$ , a  $e$  predstavlja

vektor slučajne greške odnosno neobjašnjenih uticaja koji se često definišu i kao ostatak. Model polazi od pretpostavke da je srednja vrednost slučajnih efekata nula sa varijansom:

$$\text{var} \begin{bmatrix} u \\ p \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_u^2 & 0 & 0 \\ 0 & I\sigma_p^2 & 0 \\ 0 & 0 & I\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

gde su  $\sigma_u^2$ ,  $\sigma_p^2$  i  $\sigma_e^2$  varijanse slučajnih uticaja životinje, stalnih uticaja okoline i greške,  $A$  predstavlja brojčanu matricu srodstva (*Wright*, 1922), i  $I$  predstavlja identičnu (jediničnu matricu) sa dimenzijama jednakim broju posmatranja  $y$ . Posmatranja  $y$  imaju srednju vrednost  $Xb$  i varijansu jednaku:

$$\text{var}(y) = ZAZ'\sigma_a^2 + WI\sigma_p^2W' + I\sigma_e^2$$

Iz prethodno navedenog može se zaključiti da se model sa ponovljenim merenjima zasniva na pretpostavkama o strukturi podataka koje ne važe u svakoj situaciji. Prvo, posmatranja na istoj individui izmerena u različitim starostima nemaju jednaku varijansu već se ona menja u skladu sa vremenom koje je proteklo između merenja. Drugo, u situacijama gde posmatranja prate neku krivu (npr. krivu porasta ili laktacijsku) između rezultata merenja ponovljenih u kraćem vremenskom periodu postoji jaka korelacija i suprotno, kada su merenja ponovljena nakon dužeg vremenskog perioda korelacije su slabije. Zbog toga je neophodno u analizi primenjivati složenije modele, tj. modele koji uvažavaju postojanje razlika između varijansi i povezanosti uzastopnih merenja.

### 2.7.2. Model za više osobina

Upotrebu modela za više osobina su u oplemenjivanje životinja uveli *Henderson i Quaas* (1976) za procenu genetskih vrednosti životinja kroz uključivanje genetskih i (ko)varijansi ostataka između osobina (*Mrode*, 2005). Ovaj model se može upotrebiti za analizu longitudinalnih podataka ako se različita merenja na pojedinim životinjama tretiraju kao

posebne, ali genetski povezane osobine. Multivarijantni model za dve osobine u matričnom obliku ima sledeći izgled (Mrode, 2005):

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

U navedenom skupu jednačina  $y_i$  predstavlja vektor posmatranja za  $i$ -tu osobinu,  $b_i$  je vektor fiksnih efekata,  $u_i$  vektor slučajnih uticaja životinje i  $e_i$  vektor ostatka;  $X$ ,  $Z$  su incidentne matrice koje povezuju  $y$  sa fiksnim uticajima okoline  $b$  i slučajnim uticajima životinje  $u$ . Kao i kod modela sa ponovljenim merenjima, pretpostavlja se da zapažanja u  $y$  imaju srednju vrednost  $Xb$ . Za slučajne efekte u modelu se pretpostavlja da imaju srednju vrednost nula i genetsku varijansu jednaku:

$$\text{var} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{g_1}^2 & \sigma_{g_1, g_2} \\ \sigma_{g_2, g_1} & \sigma_{g_2}^2 \end{bmatrix} \otimes A,$$

a varijansu ostatka:

$$\text{var} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{e_1}^2 & \sigma_{e_1, e_2} \\ \sigma_{e_2, e_1} & \sigma_{e_2}^2 \end{bmatrix},$$

gde su  $\sigma_{g_1}$  i  $\sigma_{g_2}$  aditivne genetske varijanse zapažanja u  $y_1$  i  $y_2$ , a  $\sigma_{g_1 g_2}$  aditivna genetska kovarijansa između zapažanja  $y_1$  i  $y_2$ . Isto tako,  $\sigma_{e_1}$ ,  $\sigma_{e_2}$  i  $\sigma_{e_1 e_2}$  su varijanse i kovarijansa ostatka.  $A$  je Wright-ova brojčana matrica srodstva, a  $I$  je jedinična matrica dimenzija  $n \times n$ .

*Henderson i Quaas* (1976) su prvi primenili BLUP - model za više osobina kod tovnih junadi posmatrajući telesnu masu kao tri osobine, na rodjenju, zalučenju i masu nakon zalučenja. *Schaeffer i Jamrozik* (1996) su predložili upotrebu ovog modela za procenu genetskih vrednosti krava na osnovu podataka o dnevnim prinosima mleka, masti i proteina kao i sadržaju masti i proteina. U oba primera, zapažanja izmerena na pojedinim životinjama tokom vremena su posmatrana kao posebne osobine koje su genetski povezane jedna sa drugom.

Multivarijantni model, takođe, ima svoje nedostatke. Na primer, analize koje obuhvataju veliki broj podataka i faktora za izračunavanje, zahtevaju rešavanje sistema jednačina veoma velikih dimenzija i računskih kapaciteta. Na primer podaci o dnevnim količinama mlečnosti u radovima *Wiggans i Goddard* (1996, 1997) sa tri osobine prinosa (mleko, mast, protein), dve grupe pariteta (prvotelke u odnosu na kasnije paritete), deset faza laktacije (deset dnevnih količina mlečnosti po laktaciji) bi zahtevao model za šezdeset osobina. Drugo, pitanje je mogućnosti primene tamo gde postoje visoke korelacije između uzastopnih merenja. Ove povišene korelacije su nepoželjne iz dva glavna razloga. Prvo, ako dve varijable predviđaju istu informaciju, onda nema smisla da ih obe uključujemo u model. Drugo, korelacija između dve promenljive utiče na smanjenje testova značajnosti (*Foster i sar.*, 2006). Da bi se prevazišli navedeni problemi, multivarijantni model je prvo zamenjen modelom sa fiksnom regresijom, a zatim modelom sa slučajnom regresijom.

### 2.7.3. Model sa slučajnom regresijom

Noviji pristup predložen za analizu osobina čije se fenotipske vrednosti menjaju npr. sa starošću (*Schaeffer and Dekkers*, 1994) je model sa slučajnom regresijom (eng. **Random Regression model**, skr. **RRM**). Ove osobine mogu biti predstavljene i kao putanje, odnosno kao funkcije vremena. Koeficijenti regresije obično su tretirani kao fiksni u izračunavanju opštih trendova u okviru nekog fiksnog efekta. Oni u modele mogu biti postavljeni i u okviru nekog slučajnog efekta kako bi se opisala specifična proizvodna kriva. Takvi koeficijenti variraju u zavisnosti od raspodele faktora kojem su dodeljeni i zbog toga se definišu kao slučajni koeficijenti regresije. Opšti prikaz modela sa slučajnom regresijom u matricnom obliku prema *Mrode* (2005) je:

$$y = Xb + Qu + Zpe + e$$

Vektori  $y$  i  $b$ , kao i matrica  $X$  imaju isto značenje kao i u modelu 1 i 2, dok su  $u$  i  $pe$  sada vektori slučajnih koeficijenata regresije direktnih aditivnih uticaja životinje i permanentnih uticaja okoline.  $Q$  i  $Z$  su matrice kovarijabilne gde  $i$ -ti red matrice sadrži ortogonalne polinome. *Kirkpatrick i sar.* (1990) predlažu upotrebu Ležandrovih polinoma, ali ističu da bi se svaka ortogonalna funkcija mogla uvrstiti u proračun. Vektor  $e$ , odnosno slučajna greška, obuhvata



privremene efekte spoljne sredine na posmatranje u y. Model pretpostavlja da su varijanse jednake:

$$\text{var} \begin{bmatrix} \mathbf{u} \\ \mathbf{pe} \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A} \otimes \mathbf{G} & 0 & 0 \\ 0 & \mathbf{I} \otimes \mathbf{P} & 0 \\ 0 & 0 & \mathbf{I}\sigma_e^2 \end{bmatrix},$$

gde je  $A$  matrica srodstva,  $G$  matrica (ko)varijansi aditivnih genetskih koeficijenata slučajne regresije,  $I$  je identična matrica dimenzija jednakih broju posmatranja,  $P$  je matrica koeficijenata slučajne regresije za stalne uticaje okoline, a  $\sigma_e^2$  predstavlja varijansu slučajne greške odnosno ostatka. Varijansa ostatka između ponovljenih merenja može da varira, stoga su *Jamrozik i sar.*, (1997) predložili izmenjenu formulu za  $I\sigma_e^2$  :

$$\text{var}[e] = \text{diag}\{\sigma_{e_k}^2\},$$

gde je  $k$  jednako ukupnom broju različitih varijansi ostatka. *Rekaya i sar.* (2000) ističu da bi trebalo razviti metod koji će omogućiti da se heterogena varijansa ostatka prati kao kontinuirana funkcija.

Razvoj modela životinje sa upotrebom slučajnih koeficijenata regresije omogućava modeliranje krive proizvodnje za svaku pojedinačnu životinju kao funkcije starosti ili neke druge varijable koja se menja u vremenu i prostoru. Ovi modeli dele krivu proizvodnje na slučajni i fiksni deo. Fiksni deo opisuje opšti oblik krive proizvodnje koja je zajednička za celu populaciju, dok slučajni deo opisuje specifična odstupanja pojedinačne proizvodne krive od zajedničkog oblika definisanog u fiksnom delu. Prednosti ovog modela se ogledaju u sledećem:

- manji broj parametara je potreban za procenu;
- mogućnost procene komponenti (ko)varijansi i oplemenjivačkih vrednosti na bilo kojoj tački duž putanje;
- upotreba koeficijenata regresije omogućava da se sagledaju genetske i promene spoljne sredine tokom vremena na osnovu proizvodnih funkcija (*Meyer*, 1998).

Upotreba modela sa slučajnom regresijom podrazumeva određenu kovarijansnu strukturu između posmatranja. Ovo je određeno kovarijansom između koeficijenata regresije i može se okarakterisati kao kovarijansna funkcija. Kovarijansna funkcija (eng. **Covariance function**, skr. **CF**) se definiše kao neprekidna funkcija koja služi za izračunavanje varijansi i kovarijansi parametara izmerenih na različitim mestima duž putanje. Može se koristiti da opiše fenotipsku strukturu (ko)varijansi, kao zbir funkcija kovarijansi za sve slučajne efekte koji objašnjavaju varijabilnost. U suštini kovarijansna funkcija je dimenzionalno beskonačna i predstavlja ekvivalent matrici kovarijansi određenog broja merenja u različitim uzrastima. Ona daje kovarijansu između bilo koja dva merenja u datim starostima kao funkciju starosti i nekih koeficijenata (Meyer i Hill, 1997). Kirkpatrick i sar. (1990, 1994) su prikazali kako se genetske i fenotipske varijanse modeliraju kao funkcija vremena. Kovarijansna funkcija napisana kao slučajna regresija zahteva da nezavisna varijabla bude standardizovana u vremenu (Meyer i Hill, 1997).

## 2.8. Procena oplemenjivačke vrednosti kod kasača

Prvi koraci procene oplemenjivačke vrednosti na osnovu rezultata potomaka jahaćih konja prema Langlois (1980) zasnivaju se na principima selekcijskog indeksa. Njegova upotreba započeta je sredinom 1970-ih, a prvi su bili za francuske jahaće konje Langlois (1975) i u Holandiji za kasače Minkema (1976a). Postupak selekcijskog indeksa je kasnije zamenjen BLUP metodom koja je prvo predstavljena od strane Van Vleck i Hintz (1976) u vidu prostog primera. Prva primena BLUP metode na realnim podacima bila je kod islandskog konja (Árnason, 1980) i kod nemačkih kasača (Distl i sar., 1982) zasnovana na modelu oca. BLUP metod sa modelom životinje sproveli su Árnason (1984) i Árnason i sar. (1984) kod islandskihkonja i švedskih kasača. Prednosti korišćenja BLUP modela životinje se ogledaju u tome što se procena oplemenjivačke vrednosti grla zasniva na svim dostupnim informacijama o toj životinji. Ovaj metod koristi podatke o srođnicima iz pedigrea konja, a istovremeno uz procenu slučajnih uticaja, ocenjuje i fiksnih efekte. Dakle, selekcija bazirana na BLUP procenama je daleko najefikasniji način procene oplemenjivačke vrednosti grla.

U nekoliko evropskih zemalja kasači se genetski procenjuju rutinski za osobine trkačke performanse primenom BLUP metode (Árnason i Van Vleck, 2000; Belhajhia i sar., 2003; Langlois i Blouin, 2004; Langlois i Vrijenhoek, 2004; Posta i sar., 2009; Gomez i sar., 2010, 2011). U navedenim publikacijama, modeli su se toliko razvili da se pre svega zasnivaju na individualnim rezultatima trke umesto na ukupnim godišnjim rezultatima. Ovo je omogućilo uključivanje dodatnih efekata okoline u model, što je doprinelo povećanju tačnosti primenjenih statističkih modela kao i dobijenih procena. Langlois i Bloin (2007) su analizirali trkačke karijere francuskih kasača starih 2, 3, 4, i 5 godina na osnovu godišnjih zarada, zarada tokom cele karijere i na osnovu broja startova. Autori su predložili model zasnovan na godini, starosti i polu i okarakterisali ga kao nepogodnim za procenu, pre svega zbog malog broja faktora uključenih u analizu. BLUP model životinje se najčešće koristi u ovu svrhu, a pored kasača procene se vrše i za druge rase konja, npr. engleske punokrvnjake (*Bugislaus i sar.*, 2004; *Svobodova i sar.*, 2005; *Langlois i Blouin*, 2007, *Mota i Gouveia Ferriera*, 2008), jahaće konje (*Bokor i sar.*, 2006; *Zurovacova*, 2008; *Viklund*, 2010; *Stewart i sar.*, 2012; *Novotna i sar.*, 2014) kao i islandske (*Albertsdóttir*, 2010; ). U SAD-u je za razliku od mnogih evropskih asocijacija usvajanje procena oplemenjivačkih vrednosti kao kriterijuma za selekciju konja bilo jako sporo (*Burns i sar.*, 2004).

*Travernier* (1988) navodi da bi BLUP metoda mogla doprineti boljem odgoju konja. Prema *Árnason* (1999) najznačajniji doprinos proceni oplemenjivačke vrednosti za svojstva performanse kod konja imala je primena metodologije mešovito modela, kako bi se procenila genetska vrednost grla i poboljšala procena genetskih parametara, kao i procena faktora spoljašnje sredine. *Klemetsdal* i *Wallin* (1986) ukazuju na probleme vezane za procenu oplemenjivačke vrednosti konja kao što su: nedostatak tačno definisanih odgajivačkih ciljeva, nedostatak prikladnog merenja performanse, nedostatak podataka iz matične evidencije, poteškoće u obradi podataka tako da se svi važni efekti spoljne sredine uzmu u obzir, problemi povezani sa rangiranjem svojstava, neprimerenom selekcijom kod mnogih populacija konja i dug generacijski interval.

## 2.9. Tačnost oplemenjivačkih vrednosti

Procena oplemenjivačkih vrednosti (OV) predstavlja sastavni deo većine odgajivačkih programa. Njena tačnost (eng. *Accuracy*) se definiše kao korelacija ( $r$ ) između stvarne i procenjene OV, a u velikoj meri zavisi od obima dostupnih informacija, odnosno od raspoloživih podataka o pojedinoj životinji, što uključuje i podatke o srodnicima. Postoje tri osnovna izvora informacija: podaci o performansima koji su rezultat merenja na životinji, podaci o korelacijama između osobina i podaci o srodnicima. Što više informacija prikupimo to će procenjena OV biti bliža stvarnoj. Pored obima informacija kako o životinji tako i o njenim srodnicima, tačnost OV zavisi i od heritabilnosti osobine, povezanosti ispitivane osobine sa nekom drugom osobinom i od broja životinja koje se porede.

Tačnost OV možemo posmatrati kroz više pokazatelja. Jedan od njih je varijansa procenjenih oplemenjivačkih vrednosti. Veća tačnost podrazumeva i veću varijabilnost oplemenjivačkih vrednosti životinja u populaciji što znači da ćemo lakše moći da razlikujemo genetski superiornije životinje od prosečnih i inferiornih životinja. Takođe, procenjena OV je kao i svaka procena opterećena greškom (eng. *Standard Error of Prediction*, skr. **SEP**), a ona predstavlja odstupanje stvarne OV od procenjene. U tom pogledu, tačnost se može izraziti kao:

- procenat, pri čemu veći broj predstavlja veću preciznost i stoga je procenjena OV bliža stvarnoj,
- standardna greška, što ukazuje na opseg u kome će stvarna vrednost najverovatnije biti, a to znači da što je manji broj procenjena OV je bliža stvarnoj.

### 3. Radna hipoteza

Programi genetskog unapređenja domaćih životinja najčešće se oslanjaju na rezultate kvantitativno-genetskih analiza. One omogućuju uvid u fenotipsku i genetsku varijabilnost osobina od ekonomskog značaja za proizvođača. Kod kasača, nastoji se poboljšati kvalitet grla koja će po svojim genetskim predispozicijama odgovarati savremenim zahtevima kasačkih trka. Odgajivački cilj je proizvesti snažne, trkačke konje, plemenitog izgleda sa karakterističnim rasnim odlikama eksterijera, pravilnih i izdašnih hodova pogodnih za ostvarivanje vrhunskih rezultata u kasačkom sportu. Brzina postizanja postavljenih ciljeva i efikasnost selekcije, u velikoj meri zavise od fenotipskih i genetskih parametara populacije, kao i oplemenjivačkih vrednosti grla koja se koriste u priplodu. Posebno je važno poznavati strukturu aktivne populacije. Sve ove informacije danas sa lakoćom možemo dobiti primenom softvera specijalizovanih u te svrhe ali pod pretpostavkom da je osnovni preduslov ispunjen, odnosno da postoje verodostojni podaci matične evidencije o proizvodnim svojstvima i poreklu grla.

Na osnovu pregledane literature i uvidom u rezultate brojnih istraživanja trkačke sposobnosti kasača, te raspoloživih podataka matične evidencije Udruženja za kasački sport Srbije postavljene su radne hipoteze zasnovana na sledećim pretpostavkama:

- 📖 Prosečna vrednost posmatrane osobine je niža od moguće, a varijabilnost osobine je dovoljno velika za postizanje genetskog napretka;
- 📖 Fiksni faktori: godina rođenja, mesec rođenja, pol, godina trke, sezona trke, starost, hipodrom, distanca, način starta imaju statistički značajan uticaj na ispitivanu osobinu;
- 📖 Tačnost ocene komponenti (ko)varijansi i genetskih parametara, te procene oplemenjivačke vrednosti zavisi od primenjenog modela.

Bez obzira na krajnji ishod, odnosno da li će navedene pretpostavke biti potvrđene ili odbijene, rezultati dobijeni u ovoj disertaciji poslužiće u daljem selekcijskom radu odgajivača i odgajivačkih organizacija. Utvrdiće se najpovoljniji model za procenu genetskih parametara i oplemenjivačke vrednosti kasača u Srbiji. Spoznaje o fenotipskoj i genetskoj varijabilnosti omogućiće preciznije definisanje odgajivačkih ciljeva, te kriterijuma selekcije za njihovo postizanje, a sve u svrhu genetskog unapređenja ekonomski važnih svojstva kod kasača.

## 4. Materijal i metod rada

### 4.1 Materijal

Kvantitativno-genetska analiza ostvarenog vremena u trci kod kasača je izvršena na podacima iz matične evidencije Udruženja za kasački sport Srbije (UKSS). Udruženje predstavlja samostalnu društveno sportsku organizaciju konjičkih klubova, organizatora trka, hipodroma, ergela i drugih pravnih lica koja se bave kasačkim sportom na teritoriji Srbije, osnovanu radi što uspešnijeg ostvarivanja zajedničkih interesa (*Statut UKSS*). U cilju unapređenja uzgoja i evidencije kasača, u okviru Udruženja je formirana posebna služba-matična služba koja radi u skladu sa odlukama organa Udruženja uz poštovanja važeće zakonske regulative iz ove oblasti. Za sve priplodne kobile kasačke rase Udruženje vodi jedinstvenu matičnu knjigu, u koju je svaka priplodna kobila upisana sa sledećim podacima:

- ime, rekordno vreme, datum oždrebljenja, opis, ime i adresa odgajivača, ime i adresa vlasnika, poreklo kroz četiri generacije predaka, pastuv sa kojim je opasana u svakoj godini, datum svakog ždrebljenja, pol i ime ždrebeta.

Za sve priplodne pastuve kasačke rase Udruženje vodi jedinstven registar koji sadrži sledeće podatke:

- ime pastuva, rekordno vreme, ukupna zarada, datum oždrebljenja, opis, ime i adresa odgajivača, ime i adresa vlasnika i poreklo kroz četiri generacije predaka.

Takođe, Udruženje registruje i rezultate svih trka u kojima su grla učestvovala, pa je prikupljanje podataka i formiranje baze izvršeno na osnovu listi o pregledu podataka na kojima su sumirani osnovni matični i proizvodni podaci grla.

Kao materijal za rad poslužili su podaci o grlima oždrebljenim u periodu od 1998. do 2010. godine sa sledećom strukturom: ime grla, pol, datum rođenja, poreklo, datum trke, hipodrom, distanca, način starta i ostvareno vreme. Početna baza se sastojala od 1.263 grla sa ukupno 31.558 zapisa iz trka. Kako bi rezultati analiza bili precizniji, izvršeno je uređivanje podataka čiji je kriterijum pre svega bio broj ponavljanja po pojedinim parametrima kao i eliminisanje uticajnih vrednosti. Broj ponovljenih merenja se pre svega odnosio na efekat hipodroma, s

obzirom na to da se na pojedinim hipodromima održao mali broj trka. Prema tome, istraživanjem su obuhvaćeni samo hipodromi sa više od 30 trka, a sve vrednosti posmatrane osobine koje su bile veće i manje od 3 standardne devijacije su eliminisane. S obzirom na to da se na našim hipodromima istrčana vremena ne evidentiraju za sve plasmane, već obično samo za prva četiri, veliki broj zapisa je bio sa nedostajućim vrednostima koje su bile zanemarene u daljoj analizi. Stoga se nakon eliminacije konačna baza sastojala od 1.181 grla sa 13.316 rezultata trka, dok je 16.178 rezultata bilo sa nedostajućim vrednostima za ostvareno vreme. Ukupan i prosečan broj trka po godinama prikazan je u tabeli 7.

Tabela 7: Ukupan i prosečan broj merenja po godini trke

Godina trke	Ukupan broj trka	Prosečan broj trka		
		Sva grla	Pastuvi	Kobile
2001	230	3,19	3,03	3,37
2002	536	4,12	4,38	3,90
2003	762	3,83	3,69	3,95
2004	894	3,74	3,81	3,67
2005	976	3,73	3,66	3,79
2006	1254	4,02	4,26	3,76
2007	1532	4,48	4,85	4,05
2008	1521	4,42	4,50	4,32
2009	1284	4,18	4,35	4,00
2010	1324	4,31	4,26	4,40
2011	1571	4,89	5,07	4,69
2012	1432	4,55	4,63	4,45

Nakon formiranja baze za statističku obradu, pripremljena su dva input fajla: fajl sa podacima merenja i fajl sa podacima o poreklu, tj. pedigree fajl koji su bili potrebni za dalju analizu. U tabelama 8 i 9 je prikazana struktura input fajlova.

Tabela 8: Struktura fajla sa podacima merenja

Obeležje	N	Opis
Grlo	1.181	
Otac	246	
Pol	2	1 – kobile 2 – pastuvi
Mesec rođenja	11	(1) januar, (2) februar, (3) mart, (4) april, (5) maj, (6) jun, (7) jul, (8) avgust, (9) septembar, (10) oktobar, (11) novembar
Godina rođenja	13	od 1998.do 2010. I – novembar, decembar, januar, februar II – mart, april, septembar, oktobar III – maj, jun, jul, avgust
Sezona trke	3	od 2001. do 2012.
Godina trke	12	1 – dve godine; 2 – tri godine; 3 – četiri godine; 4 – pet godina; 5 – šest i više godina
Starost	5	Svi hipodromi sa više od 30 trka
Hipodrom	32	I – od 1.600 do 1.999m II – od 2.000 do 2.499m III – 2.500m i duže
Distanca	3	1 – autostart; 2 – iz gume; 3 – leteći
Način starta	3	

N – broj klasa

Na osnovu podataka o četiri generacije predaka formirana su dva pedigre fajla koja su se sastojala od tri kolone.

- I. Za model životinje u prvoj koloni su bili brojevi životinja, u drugoj njihovih očeva, a u trećoj majki;
- II. Za model oca u prvoj koloni su bili brojevi očeva, u drugoj njihovih očeva i u trećoj očeva njihovih majki.



Pedigre fajl za model oca formiran je na osnovu podataka iz pedigre fajla za model životinje čija je struktura podataka prikazana u tabeli 9.

Tabela 9: Struktura podataka iz pedigre fajla I

Ukupan broj životinja		4891	
Broj životinja nakon eliminacije		3775	77,2%
Broj životinja bez rezultata merenja	=	2594	
Broj životinja sa rezultatima merenja	=	1181	100%
... 1 merenje	=	226	19,1%
... 2 merenja	=	88	7,5%
... 3 merenja	=	77	6,5%
... 4 merenja	=	68	5,8%
... 5 merenja	=	48	4,1%
... 6 merenja	=	55	4,7%
... 7-10 merenja	=	177	15,0%
... 11-20 merenja	=	236	20,0%
... >20 merenja	=	206	17,4%
Broj životinja bez potomstva	=	1065	28,2%
Broj životinja sa potomstvom	=	2710	71,8%
... i merenjem	=	116	3,1%
Broj životinja sa nepoznatim ocem	=	210	
Broj životinja sa nepoznatom majkom	=	800	
Broj životinja sa oba nepoznata roditelja	=	160	
Broj očeva	=	791	
... sa potomstvom u podacima	=	246	
... sa merenjem i potomstvom u podacima	=	19	
Broj majki	=	1919	
... sa potomstvom u podacima	=	699	
... sa merenjem i potomstvom u podacima	=	92	

---

Broj životinja sa poznatim očevim ocem	=	3192
Broj životinja sa poznatom očevom majkom	=	2795
Broj životinja sa poznatim majčinim ocem	=	2764
Broj životinja sa poznatom majčinom majkom	=	2202

---

Prosečan koeficijent inbridinga je iznosio 1,18%. Broj životinja uzgojenih u srodstvu je bio 1.856, a prosečan koeficijent inbridinga za životinje uzgojene u srodstvu je iznosio 2,40%.

## 4.2 Metod

Za kvantitativnu genetsku analizu ostvarenog vremena u trci primenjeno je više različitih statističko matematičkih postupaka pri čemu su se koristili različiti kompjuterski programi:

- MS Excel – za unos podataka i pripremu input fajla;
- <https://bitbucket.org/quinnuendo/konjifixid/downloads> – za pripremu pedigree fajla;
- Statistica 12 (*StatSoft*, 2015) – za izračunavanje fenotipskih parametara i izbor fiksnog dela modela;
- WOMBAT (*Meyer*, 2007) – za izračunavanje komponenti (ko)varijansi, genetskih parametara i oplemenjivačkih vrednosti.

### 4.2.1 Fenotipski parametri

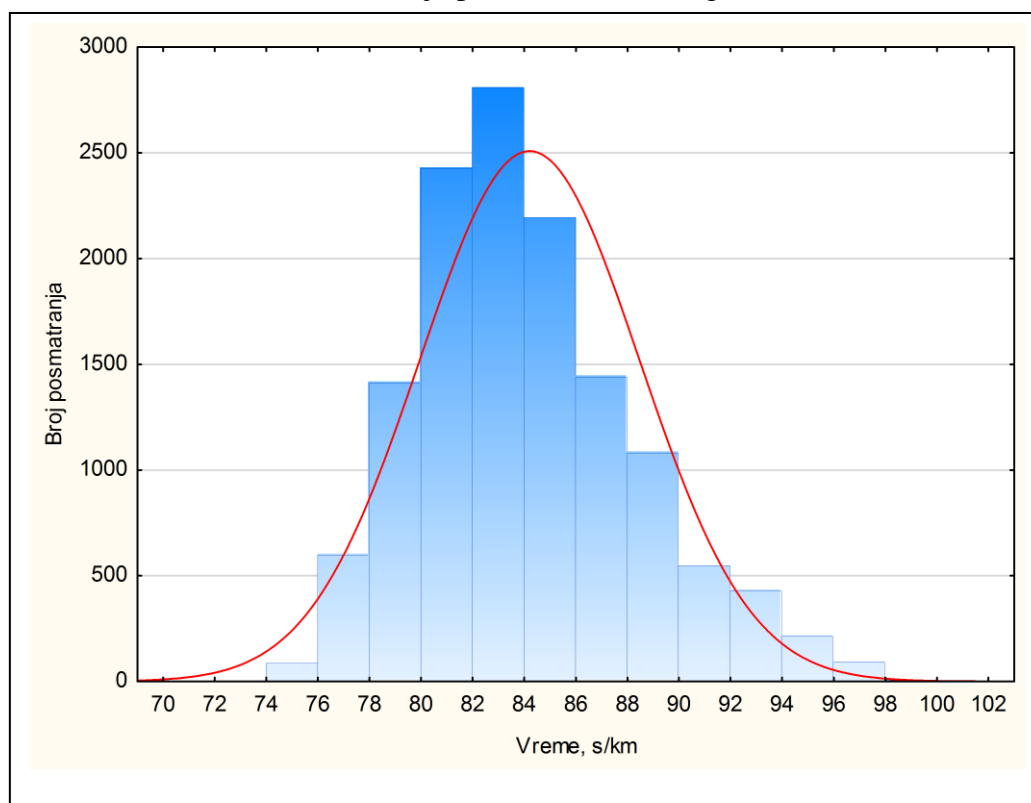
Fenotipski parametri su izračunati primenom deskriptivne statistike kako bi se dobio opšti pregled podataka i informacija o njihovoj disperziji, a na osnovu prosečne vrednosti i mera varijabiliteta. U tu svrhu su izračunati standardni statistički parametri: srednja vrednost ( $\bar{X}$ ), standardna greška srednje vrednosti ( $S_{\bar{x}}$ ), minimum (Min), maksimum (Max), standardna devijacija (SD) i koeficijent varijaci je (CV).

## 4.2.2 Uticaj sistematskih faktora i izbor fiksnog dela modela

Postupkom jednofaktorske analize varijanse (eng. *One-Way ANOVA*) prvo je pojedinačno ispitan uticaj svakog sistematskog faktora (pola, meseca, godine rođenja, sezone trke, godine trke, starosti, hipodroma, distance i načina starta) na ostvareno vreme u trci kako bi se videlo koji od faktora ima statistički značajan uticaj na posmatranu osobinu. Zatim su primenom opšteg linearnog modela (eng. *General Linear Model* skr. *GLM*) ispitani faktori kombinovani na više načina, da bi se na osnovu visine koeficijenta determinacije ( $R^2$ ) izabrao najbolji model za genetsku analizu.

Kako bi pretpostavke za primenu metoda analize varijanse bile u što većoj meri zadovoljene eliminisane su uticajne vrednosti (odstupajuće – outliers; istupajuće – extreme values) tako što su analizom obuhvaćena samo ona merenja čija se vrednost kretala u intervalu  $\pm 3\sigma$ . Na ovaj način se distribucija podataka prilagođava normalnoj raspodeli (grafikon 2), a to je bitno zbog dobijanja preciznijih rezultata.

Grafikon 2: Distribucije podataka ostvarenog vremena u trci



### 4.2.3 Genetska analiza

Genetska analiza ostvarenog vremena u trci je sprovedena primenom linearnih mešovutih modela, čija opšta formula u matičnom obliku glasi:

$$y = Xb + Zu + e$$

y – vektor posmatranja

b – vektor fiksnih efekata

u – vektor slučajnih efekata životinje

e – vektor nekontrolisanih efekata okoline

X i Z – incidentne matrice

Osnovne pretpostavke ovog modela su da slučajni efekti u modelu imaju prosečnu vrednost nula ( $E(u) = 0$   $E(e) = 0$ ) i definisanu varijansu.

U okviru genetskih analiza podaci su obrađeni primenom sledećih modela:

1. Univarijantni model sa ponovljenim merenjima
2. Multivarijantni model sa ponovljenim merenjima
3. Model sa slučajnom regresijom

Svaka od analiza je sprovedena u dve faze. U prvoj fazi je izvršena ocena komponenti (ko)varijansi, te genetskih parametara, a u drugoj procena oplemenjivačkih vrednosti životinja na osnovu izračunatih vrednosti iz prve faze. U okviru univarijantne i multivarijantne analize je izvršeno poređenje modela oca i modela životinje, dok je u okviru modela sa slučajnom regresijom korišćen model životinje.

#### 4.2.3.1 Izračunavanje genetskih parametara i procena oplemenjivačkih vrednosti

Za izračunavanje komponenti varijansi korišćen je metod ograničene maksimalne verovatnoće (REML) zasnovan na tzv. algoritmima "prosečnih informacija" (eng. algorithm ***Average Information***, skr. **AI**). Da bi se dobile REML ocene komponenti varijansi, funkcija log-verovatnoće (Log L) je maksimizirana u odnosu na  $\sigma_a^2$  i  $\sigma_e^2$ :

$$\text{Log } L = -1/2 (\text{con} + \log(G) + \log(R) + \log(C) + y'Py)$$

Gde je:

con – konstanta

G – Var [a]

R – Var[e]

C – matrica koeficijenata

P – projektovana matrica  $V^{-1} - V^{-1}X(X' V^{-1}X)^{-1}X' V^{-1}$ , a  $(X' V^{-1}X)^{-1}$  predstavlja inverziju od  $(X' V^{-1}X)$ .

Pri čemu se aditivna genetska varijansa  $\sigma_a^2$  i varijansa ostatka  $\sigma_e^2$  dobijaju rešavanjem sledećih jednačina:

$$y(\sigma_a^2) = A * Py = \frac{1}{\sigma_a^2} Z \hat{a}$$

$$y(\sigma_e^2) = A * Py = \frac{1}{\sigma_e^2} Z \hat{e}$$

gde je  $\hat{e} = y - X\hat{b} - Z\hat{a}$ , a  $\hat{a}$  i  $\hat{b}$  su vektori rešenja dobijenih iz jednačina mešovutih modela.

- *Univarijantni model sa ponovljenim merenjima*

Univarijantni model sa ponovljenim merenjima je mešoviti model čija forma u matricnom obliku glasi:

$$y = Xb + Zu + Zpe + e$$

gde je  $y$  vektor posmatranja,  $b$  – vektor fiksnih efekata,  $u$  – vektor slučajnih efekata životinje,  $pe$  – vektor permanentnih uticaja sredine,  $e$  – vektor slučajnih efekata okoline,  $X$  i  $Z$  – incidentne matrice.

Ocena komponenti varijansi i najbolja nepristrasna procena oplemenjivačkih vrednosti (BLUP) je sprovedena pomoću sledećih modela:

$$y_{ijklmnop} = \mu + P_i + MGr_j + SeGtH_k + St_l + DNS_m + S_n + pe_o + e_{ijklmnop} \quad (1)$$

$$y_{ijklmnop} = \mu + P_i + MGr_j + SeGtH_k + St_l + DNS_m + A_n + pe_o + e_{ijklmnop} \quad (2)$$

gde je  $y$  fenotipska vrednost ostvarenog vremena u trci,  $P$  fiksni uticaj pola,  $MGr$  fiksni uticaj interakcije meseca i godine rođenja,  $SeGtH$  fiksni uticaj interakcije sezone, godine trke i hipodroma,  $St$  fiksni uticaj starosti,  $DNs$  fiksni uticaj interakcije distance i načina starta,  $S$  slučajni uticaj oca,  $A$  slučajni uticaj životinje,  $pe$  permanentni uticaj sredine za ponovljena merenja,  $e$  ostali nekontrolisani uticaji (slučajna greška).

- *Multivarijantni model sa ponovljenim merenjima*

Multivarijantna analiza je sprovedena tako što su merenja ostvarenog vremena u različitim godinama starosti grla tretirana kao posebne osobine.

Za svaku osobinu, mešoviti model u matricnom obliku glasi:

$$y_i = X_i b_i + Z_i u_i + Z_i p e_i + e$$

gde je  $y$  vektor posmatranja za  $i$ -tu osobinu,  $b_i$  – vektor fiksnih efekata,  $u_i$  – vektor slučajnih efekata životinje,  $p e_i$  – vektor permanentnih uticaja sredine,  $e$  – vektor slučajnih efekata okoline,  $X_i$  i  $Z_i$  – incidentne matrice.

Primenjeni modeli za ocenu komponenti varijansi i procenu oplemenjivačkih vrednosti su izgledali:

$$y_{ijklmno} = \mu + P_i + MGr_j + SeGtH_k + DNs_l + S_m + p e_n + e_{ijklmno} \quad (3)$$

$$y_{ijklmno} = \mu + P_i + MGr_j + SeGtH_k + DNs_l + A_m + p e_n + e_{ijklmno} \quad (4)$$

gde je  $y$  fenotipska vrednost ostvarenog vremena u trci,  $P$  fiksni uticaj pola,  $MGr$  fiksni uticaj interakcije meseca i godine rođenja,  $SeGtH$  fiksni uticaj interakcije sezone, godine trke i hipodroma,  $DNs$  fiksni uticaj interakcije distance i načina starta,  $S$  slučajni uticaj oca,  $A$  slučajni uticaj životinje,  $pe$  permanentni uticaj sredine za ponovljena merenja,  $e$  ostali nekontrolisani uticaji (slučajna greška).

- Model sa slučajnom regresijom (RRM)

U matričnom obliku RRM glasi:

$$y = Xb + Qu + Zpe + e$$

gde vektori  $y$ ,  $b$ ,  $e$  i matrica  $X$  imaju isto značenje kao u prethodnim modelima, dok su  $u$  i  $pe$  sada vektori koeficijenata slučajne regresije za aditivnu genetsku vrednost životinje i permanentne efekte okoline.  $Q$  i  $Z$  su matrice ortogonalnih polinoma (Ležandrovi polinomi) za standardizovane vrednosti starosti.

Za izračunavanje komponenti varijansi i oplemenjivačkih vrednosti primenjen je sledeći model:

$$y_{ijklmnop} = P_i + MGr_j + SeGtH_k + DNs_l + \sum_{t=0}^{qf} \phi_t \beta_{mt} + \sum_{t=0}^{qa} \phi_t a_{nt} + \sum_{t=0}^{qa} \phi_t pe_{ot} + e_{ijklmnop} \quad (5)$$

gde je  $y$  fenotipska vrednost ostvarenog vremena u trci,  $P$  fiksni uticaj pola,  $MGr$  fiksni uticaj interakcije meseca i godine rođenja,  $SeGtH$  fiksni uticaj interakcije sezone, godine trke i hipodroma,  $DNs$  fiksni uticaj interakcije distance i načina starta,  $\beta$  je koeficijent fiksne regresije,  $a$  je koeficijent slučajne regresije za životinje,  $pe$  je koeficijent slučajne regresije za permanentne uticaje okoline,  $\phi$  je vektor Ležandrovih polinoma standardizovanih vrednosti starosti u intervalu od -1 do +1,  $qf$  je red Ležandrovih polinoma za koeficijente fiksne regresije,  $qa$  je red Ležandrovih polinoma za koeficijente slučajne regresije,  $e$  je slučajna greška.

Tabela 10 : Prve četiri funkcije Ležandrovih polinoma za standardizovanu jedinicu vremena

Red	Funkcija
0	$0,7071 v^0$
1	$1,2247 v^1$
2	$-0,7906 v^0 + 2,3717 v^2$
3	$-2,8062 v^1 + 4,6771 v^3$

Vrednost Ležandrovih polinoma je definisana unutar razmaka od -1 do +1, stoga se i vrednost kontrolne varijable, odnosno starost mora standardizovati unutar tog intervala (tabela 11).

Tabela 11: Standardizovane vrednosti starosti

Starost	Standardizovana vrednost
2	-1
3	-0.5
4	0
5	0,5
6+	1

Standardizacija je izvršena na osnovu sledeće formule:

$$s^* = \frac{2*(s-s_{min})}{(s_{max}-s_{min})}-1$$

Genetske i (ko)varijanse permanentnih uticaja okoline su izračunate na osnovu matrice  $\Phi$  sastavljene od Ležandrovih polinoma, matrice kovarijansi koeficijenata slučajne regresije  $K_j$  ( $j=a$  za direktne aditivne i  $j=pe$  za kovarijanse stalnih uticaja okoline) i transponovane matrice  $\Phi$ :

$$Cov_j = \Phi K_j \Phi'$$

Gde je  $Cov_j$  matrica kovarijansi  $j$ -tih komponenti kovarijansi (aditivnih ili permanentnih uticaja okoline).

Ležandrovi polinomi za standardizovane vrednosti starosti su prikazani u matrici  $\Phi$ :

$$\Phi = \begin{bmatrix} 0,7071 & -1,2247 & 1,5811 \\ 0,7071 & -0,6124 & -0,1976 \\ 0,7071 & 0,0000 & -0,7906 \\ 0,7071 & 0,6124 & -0,1976 \\ 0,7071 & 1,2247 & 1,5811 \end{bmatrix}$$



Matrica  $\Phi$  se dobija kao proizvod dve matrice. Prva matrica,

$$M = (m_{ij})_{dxk} = s_i^{*j-1}$$

gde je  $s_i^*$   $i$ -ta starost standardizovana u intervalu od -1 do 1,  $d$  broj nivoa starosti (u ovom slučaju 5),  $k$ - $l$  red Ležandrovih polinoma.

$$M = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 \\ 1 & -0,5 & 0,25 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0,5 & 0,25 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Druga matrica,  $\Lambda_{kxk}$  je sastavljena od koeficijenata Ležandrovih polinoma

$$\Lambda = \begin{bmatrix} 0,7071 & 0 & -0,7906 \\ 0 & 1,2247 & 0 \\ 0 & 0 & 2,3717 \end{bmatrix}$$

Dakle, genetske i varijanse permanentnih uticaja okoline su izračunate na osnovu sledeće formule:

$$V_{ii} = t_i K t_i'$$

gde  $t_i = \phi_{ik}$  predstavlja  $i$ -ti red (vektor) matrice  $\Phi$ , za starost  $i$ , a  $k$  postavljeni red Ležandrovih polinoma.

Prema tome, kovarijansa između  $i$ -te i  $j$ -te godine starosti je:

$$COV_{ij} = t_i K t_j'$$

#### - Procena oplemenjivačke vrednosti

BLUP vrednosti koeficijenata slučajne regresije za aditivne genetske uticaje životinje su korišćeni u izračunavanju oplemenjivačke vrednosti za svaku životinju u datim starostima. Za životinju  $i$  u starosti  $s$  oplemenjivačka vrednost ( $OV_{is}$ ) se računa rešavanjem sledeće jednačine:

$$OV_{is} = \phi_s a_i,$$

gde  $\phi_s$  predstavlja vektor LP za starost  $s$  standardizovanu u intervalu  $[-1,1]$ ;  $a_i$  je vektor BLUP vrednosti koeficijenata slučajne regresije za aditivne uticaje životinje  $i$  koji se dobija kao izlazni fajl programa Wombat.

Zbirna oplemenjivačka vrednost je izračunata na sličan način, s tim da se elementi matrice  $\Phi$  prvo sabiraju po vrstama, a onda se dobijeni vektor množi sa vektorom BLUP vrednosti koeficijenata slučajne regresije za aditivne uticaje životinje (Mrode, 2005).

#### 4.2.3.2 Poređenje procenjenih oplemenjivačkih vrednosti

Poređenje procena oplemenjivačkih vrednosti očeva dobijenih različitim modelima urađeno je pomoću izračunavanja njihove tačnosti i pouzdanosti, te Spirmanovog koeficijenta korelacije ranga.

- *Tačnost i pouzdanost oplemenjivačkih vrednosti*

Tačnost procenjenih oplemenjivačkih vrednosti u uni- i multi-varijantnoj analizi je izračunata na osnovu pouzdanosti dobijenih iz standardnih greški procene (*SEP*), a koje su izračunate iz dijagonalnih elemenata inverzne matrice koeficijenata u jednačinama mešovitog modela (MME).

Pouzdanost,

$$r^2 = 1 - (SEP^2/\sigma_a^2)$$

Tačnost,

$$r = \sqrt{r^2}$$

U modelu sa slučajnom regresijom, dijagonalni blok elemenata za svaki set koeficijenata slučajne regresije daje procenu koeficijenta životinje i procenjenu grešku varijanse - PEV (Meyer, 2004). Za svaki koeficijent dobija se jedna SEP, a SEP za određenu starost može se izračunati po istoj formuli kao i OV.

- *Spirmanov koeficijent korelacije ranga*

Kako bi se ispitala povezanost oplemenjivačkih vrednosti očeva dobijenih različitim modelima, izračunat je Spirmanovo koeficijent korelacije ranga, primenom sledeće formule:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2-1)},$$

gde je:

$\rho$ - Spirmanov koeficijent,

$d_i$ - razlika između rangova x i y

n- broj parova rangova promenljivih x i y.

#### 4.2.3.3 Genetski trend

Genetski trend je izračunat na osnovu proseka oplemenjivačkih vrednosti po godinama rođenja, a na osnovu jednačine linearne regresije:

$$\hat{y} = a + bx ,$$

gde je:

$\hat{y}$  – vrednost trenda dobijena iz originalnih podataka y

a – odsečak na ordinati

b – koeficijent smera

x – nezavisno promenjiva (godina rođenja)

## 5. Rezultati istraživanja

Rezultati kvantitativno genetske analize vremena u trci kod kasača su prikazani u više različitih celina. Prvo su prikazani rezultati deskriptivne statistike koji pružaju uvid u fenotipske parametre ostvarenog vremena u trci. Zatim, u drugom i trećem delu je prikazan uticaj sistematskih faktora i izbor fiksnog dela modela, dok četvrti deo rezultata obuhvata genetsku analizu podataka, odnosno ocene komponenti varijansi i genetskih parametara, te procene oplemenjivačkih vrednosti. U poslednjem delu ovog poglavlja izvršeno je poređenje primenjenih linearnih mešovutih modela na osnovu pouzdanosti i tačnosti oplemenjivačkih vrednosti očeva, korelacije ranga između oplemenjivačkih vrednosti očeva, te procenjenog genetskog trenda.

### 5.1 Fenotipski parametri vremena u trci

Sagledavanje fenotipskih parametara populacije je veoma bitan korak prilikom sprovođenja kvantitativno genetskih analiza. Ovi parametri nam pružaju uvid u prosečne vrednosti i varijabilnost ispitivane osobine što je veoma bitno prilikom definisanja odgajivačkih programa i njihovih ciljeva, a predstavljaju prve i lako dostupne informacije koje su od velikog značaja odgajivačima. U tu svrhu se najčešće računaju standardni statistički parametri srednja vrednost ( $\bar{X}$ ), standardna greška srednje vrednosti ( $S_{\bar{x}}$ ), minimum (Min), maksimum (Max), standardna devijacija (SD) i koeficijent varijacije (CV) (tabela 12). Rezultati deskriptivne statistike pokazuju da u ispitivanoj populaciji prosečno vreme u trci iznosi 84,13 s/km pri čemu je minimalna vrednost 73,80 s/km, a maksimalna 98,30 s/km. Apsolutna varijabilnost posmatrane promenljive izražena u standardnim devijacijama iznosi 4,23 s/km, dok relativni pokazatelj varijabiliteta iznosi 5,03%.

Tabela 12: Fenotipski parametri vremena u trci

Osobina	N	$\bar{X}$	$S_{\bar{x}}$	Min	Max	SD	CV
Vreme, s/km	13.316	84,13	0,04	73,80	98,30	4,23	5,03

Mnoge osobine domaćih životinja se mogu meriti više puta tokom života na istoj individui, pri čemu se njihova fenotipska vrednost menja pod uticajem neke druge varijable. Na primer, veličina, oblik, stopa rasta/prirasta, razvoj itd., mogu varirati tokom života individue pod uticajem pojedinih faktora sredine kao što su temperatura, vlažnost, intenzitet svetlosti ili pak sa starošću. Razumevanje varijabilnosti ovih osobina (bilo genetske ili fenotipske) predstavlja važno pitanje, zbog toga što se one ustvari opisuju kao matematičke funkcije pa se još nazivaju function-valued osobine. Kao takve, mogu se analizirati primenom tradicionalnih metoda kvantitativne genetike, međutim poslednjih nekoliko godina su razvijene i druge metode prilagođene pre svega za analizu longitudinalnih podataka koje omogućavaju dobijanje tačnijih procena parametara.

Kod kasača, vreme u trci je jedna od mera koja se može posmatrati kao funkcija, a najčešće se posmatra kao funkcija starosti. U tabeli 13 su prikazane prosečne vrednosti i varijabilnost vremena u trci po godinama starosti gde se jasno uočava smanjenje prosečnog vremena sa povećanjem godina starosti. Kod dve godine starih grla prosečno vreme u trci iznosilo je  $88,39 \pm 4,06$  s/km, a kretalo se u intervalu od 77,00 s/km do 98,20 s/km. Kod trogodišnjaka se uočava smanjenje vremena u trci u proseku za 2,64 s/km. Prosečno vreme u trci kod četvorogodišnjaka iznosi  $84,32 \pm 3,73$  s/km, petogodišnjaka  $83,00 \pm 3,64$  s/km i kod šest i više godina starih grla iznosi  $82,16 \pm 3,73$  s/km. Razlika u vremenu između dvogodišnjaka i šest i više godina starih grla iznosi 6,23 s/km, iz čega sledi da razlika u brzini iznosi 3,09 km/h u korist starijih grla. U posmatranoj populaciji se ne uočavaju veće promene u varijabilnosti podataka sa povećanjem starosti. Najmanji koeficijent varijacije je izračunat kod petogodišnjaka i iznosi 4,39%, a najveći kod trogodišnjaka 4,60%.

Tabela 13: Fenotipski parametri vremena u trci po godinama starosti

Starost	N	$\bar{X}$	$S_{\bar{x}}$	Min	Max	SD	CV
2	1.189	88,39	0,12	77,00	98,20	4,06	4,59
3	2.913	85,75	0,07	75,10	98,30	3,94	4,60
4	2.961	84,32	0,07	74,40	98,00	3,73	4,43
5	2.365	83,00	0,07	74,20	98,30	3,64	4,39
6+	3.888	82,16	0,06	73,80	98,10	3,73	4,54

## 5.2 Uticaj sistematskih faktora na ostvareno vreme u trci

Izbor statističkog modela podrazumeva definisanje i izbor faktora, odnosno promenljivih koji će u daljoj analizi biti uključeni kao fiksni, slučajni ili linearni regresijski uticaji. Današnji računari koje odlikuju veliki kapaciteti memorije, omogućavaju da se primenom savremenih softvera bez većih poteškoća analiziraju podaci, pri čemu modeli mogu da obuhvataju mnoštvo faktora i time da se značajno poveća preciznost procene. U ovom istraživanju je ispitano i primenjeno više različitih analiza, a krenulo ce od definisanja fiksnog dela modela, pri čemu je na osnovu visine koeficijenta determinacije ( $R^2$ ) odabran najbolji model. Rezultati jednofaktorijalne analize varijanse su pokazali da pol, mesec, godina rođenja, sezona trke, godina trke, starost, hipodrom, distanca i način starta kao fiksni izvor varijabilnosti u modelu statistički visoko značajno ( $P < 0,01$ ) utiču na ostvareno vreme u trci (tabela 14).

Tabela 14: Jednofaktorijalna analiza varijanse - One way ANOVA po faktorima

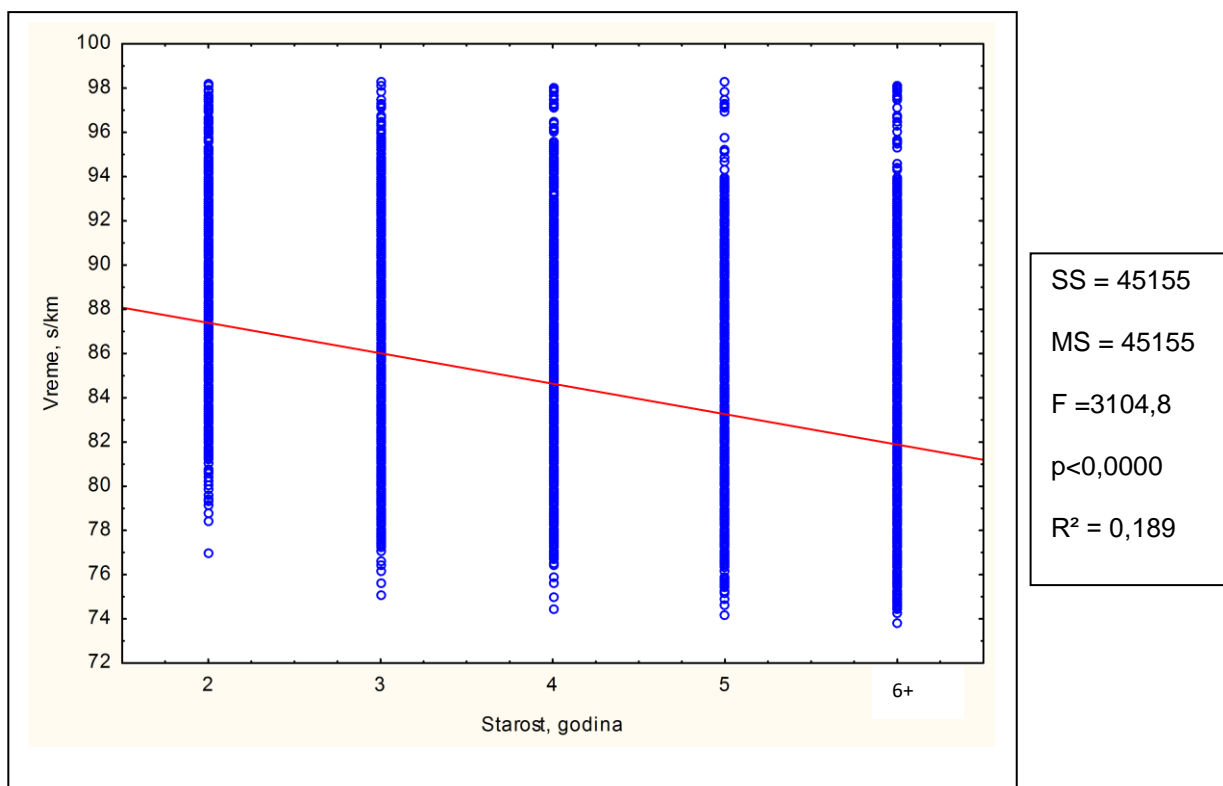
Izvor varijabilnosti	d.f.	SS	MS	F	P	$R^2$
<b>Pol</b>	1	904	904	51	< 0,001**	0,004
<b>Mesec rođenja</b>	10	4.266	427	24,2	< 0,001**	0,017
<b>Godina rođenja</b>	12	3.335	278	16	< 0,001**	0,013
<b>Sezona trke</b>	2	702	351	19,6	< 0,001**	0,003
<b>Godina trke</b>	11	20.889	1.899	116	< 0,001**	0,087
<b>Starost</b>	4	47.300	11.825	822	< 0,001**	0,198
<b>Hipodrom</b>	31	35.496	1.145	75	< 0,001**	0,147
<b>Distanca</b>	2	1.607	804	45	< 0,001**	0,007
<b>Način starta</b>	2	37.857	18.928	1254	< 0,001**	0,158

d.f. – stepen slobode, SS – sume kvadrata; MS – sredine kvadrata; F – f-vrednost, P – verovatnoća \*\* < 0,01 statistički visoko značajan uticaj;  $R^2$  – koeficijent detriminacije

Na osnovu visine koeficijenta determinacije se vidi da pol i sezona trke objašnjavaju manje od 1% varijabilnosti posmatrane osobine, dok mesec rođenja, godina rođenja i distanca objašnjavaju po 1%. Značajno veći  $R^2$  uočava se prilikom ispitivanja uticaja godine trke (9%),

hipodroma (15%) i načina starta (16%). Najveći procenat objašnjene varijacije je dobijen pod uticajem starosti i iznosi 20%. Uticaj starosti je ispitan i kao linearni regresijski (grafikon 3), pri čemu se pokazalo da je statistički visoko značajan ( $P < 0,01$ ), ali se procenat objašnjene varijabilnosti zavisne promenljive neznatno smanjio (oko 1%). Na grafikonu se takođe jasno uočava smanjenje ostvarenog vremena u trci sa povećanjem godina starosti.

Grafikon 3: Linearni regresijski uticaj starosti na vreme u trci



### 5.2.1 Razlike između polova u ostvarenom vremenu u trci

Pastuvi su se pokazali superiorniji u odnosu na kobile u proseku pola sekunde po kilometru (tabela 15). Prosečno vreme u trci kod pastuva iznosi  $83,89 \pm 4,20$  s/km, a kod kobila  $84,42 \pm 4,26$  s/km. Značajna razlika u pogledu varijabilnosti podataka nije zapažena, dok se uočava nešto veći interval variranja kod pastuva.

Tabela 15: Deskriptivna statistika ostvarenog vremena u trci po polovima

Pol	N	$\bar{X}$	$S_{\bar{x}}$	Min	Max	SD	CV
<b>Kobile</b>	6.098	84,42	0,05	74,20	98,20	4,26	5,05
<b>Pastuvi</b>	7.218	83,89	0,05	73,80	98,30	4,20	5,00

### 5.2.2 Razlike između meseca rođenja u ostvarenom vremenu u trci

Prema podacima iz tabele 16 najveći broj grla se oždrebio tokom aprila meseca, a najmanji tokom oktobra i novembra. Grla oždrebljena u oktobru su imala u proseku najlošija ostvarena vremena ( $89,88 \pm 3,44$  s/km), dok su najbolje rezultate pokazala grla oždrebljena u maju mesecu ( $83,56 \pm 4,18$  s/km). Najveća relativna varijabilnost podataka se uočava kod grla oždrebljenih u januaru gde koeficijent varijacije iznosi 5,22%, a najmanja kod grla oždrebljenih u novembru (3,21%).

Tabela 16: Deskriptivna statistika ostvarenog vremena u trci po mesecu rođenja

Mesec rođenja	N	$\bar{X}$	$S_{\bar{x}}$	Min	Max	SD	CV
<b>Januar</b>	606	85,25	0,18	74,70	98,20	4,45	5,22
<b>Februar</b>	978	84,60	0,13	76,40	98,10	4,05	4,79
<b>Mart</b>	2.245	84,35	0,09	74,30	98,30	4,27	5,07
<b>April</b>	3.852	84,10	0,07	74,20	98,30	4,22	5,02
<b>Maj</b>	3.013	83,56	0,08	73,80	98,00	4,18	5,00
<b>Jun</b>	1.574	83,78	0,11	75,50	97,80	4,20	5,01
<b>Jul</b>	633	84,36	0,16	75,80	97,70	4,07	4,83
<b>Avgust</b>	297	84,84	0,23	78,80	96,80	4,02	4,74
<b>Septembar</b>	62	87,62	0,45	81,20	97,10	3,53	4,03
<b>Oktobar</b>	28	89,88	0,65	83,00	97,60	3,44	3,83
<b>Novembar</b>	28	86,24	0,52	82,00	92,40	2,77	3,21



### 5.2.3 Razlike između godina rođenja u ostvarenom vremenu u trci

U tabeli 17 su prikazane prosečne vrednosti i varijabilnost vremena u trci po godinama rođenja u periodu od 1998. do 2010. Broj oždrebljenih konja u periodu od 1998. do 2004. godine je bio u porastu, da bi nakon toga počeo da opada i 2010. dostigao najmanju vrednost koja iznosi 109 grla. Najveća prosečna vrednost ( $86,49 \pm 3,20$  s/km), a istovremeno najmanja relativna varijabilnost vremena u trci se uočava u 2010. godini (3,70%). Ovo je posledica toga što za ta grla postoje rezultati merenja samo iz 2012. godine u kojoj su grla trčala kao dvogodišnjaci. Takođe, zbog najmanjeg broja rođene ždrebadi u ovoj godini uočava se najveća greška srednje vrednosti. Kod grla oždrebljenih tokom 2006. godine izračunata je najbolja prosečna vrednost vremena i iznosi  $83,11 \pm 4,00$  s/km. Najveći koeficijent varijacije je zabeležen u 2000. i 2002. godini i iznosi 5,54%.

Tabela 17: Deskriptivna statistika ostvarenog vremena u trci po godini rođenja

<b>Godina rođenja</b>	<b>N</b>	$\bar{X}$	$S_{\bar{x}}$	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>SD</b>	<b>CV</b>
<b>1998</b>	798	84,27	0,12	76,90	97,20	3,44	4,08
<b>1999</b>	1.161	84,60	0,13	75,40	98,00	4,35	5,14
<b>2000</b>	1.510	84,13	0,12	74,60	98,20	4,66	5,54
<b>2001</b>	1.514	83,94	0,11	75,50	97,80	4,21	5,01
<b>2002</b>	1.287	84,57	0,13	73,80	98,30	4,68	5,54
<b>2003</b>	1.296	83,79	0,12	74,40	97,80	4,45	5,31
<b>2004</b>	1.506	84,00	0,10	74,70	98,30	4,02	4,78
<b>2005</b>	1.305	84,40	0,12	75,80	97,90	4,23	5,01
<b>2006</b>	1.205	83,11	0,12	74,20	97,90	4,00	4,81
<b>2007</b>	647	83,66	0,15	75,90	97,30	3,92	4,69
<b>2008</b>	496	84,98	0,17	76,50	97,90	3,78	4,44
<b>2009</b>	482	84,64	0,16	75,10	94,90	3,44	4,06
<b>2010</b>	109	86,49	0,31	79,60	96,50	3,20	3,70

#### 5.2.4 Razlike između sezona trke u ostvarenom vremenu u trci

Uticaj sezone je posmatran kroz tri nivoa: zima, proleće-jesen i leto. Najmanje prosečno vreme ( $82,51 \pm 4,35$  s/km) je ostvareno u zimskoj sezoni, međutim tada je održan znatno manji broj trka (243) pa je samim tim standardna greška srednje vrednosti bila dosta veća (0,28) u poređenju sa druge dve sezone (0,06 u sezoni proleće – jesen i 0,05 u letnjoj sezoni) (tabela 18). U letnjoj sezoni se u proseku postižu bolja vremena ( $84,11 \pm 5,22$  s/km) u odnosu na sezonu proleće-jesen ( $84,25 \pm 4,67$  s/km). Najmanja varijabilnost podataka, bilo da se posmatra u apsolutnim ili relativnim jedinicama, je izračunata za podatke iz sezone proleće-jesen, dok se najveći interval variranja uočava u letnjoj sezoni.

Tabela 18: Deskriptivna statistika ostvarenog vremena u trci po sezonama

Sezona	N	$\bar{X}$	$S_{\bar{x}}$	Min	Max	SD	CV
Zima	243	82,51	0,28	74,60	97,90	4,35	5,27
Proleće - Jesen	4.906	84,25	0,06	74,90	98,10	3,93	4,67
Leto	8.167	84,11	0,05	73,80	98,30	4,39	5,22

#### 5.2.5 Razlike između godina trke u ostvarenom vremenu u trci

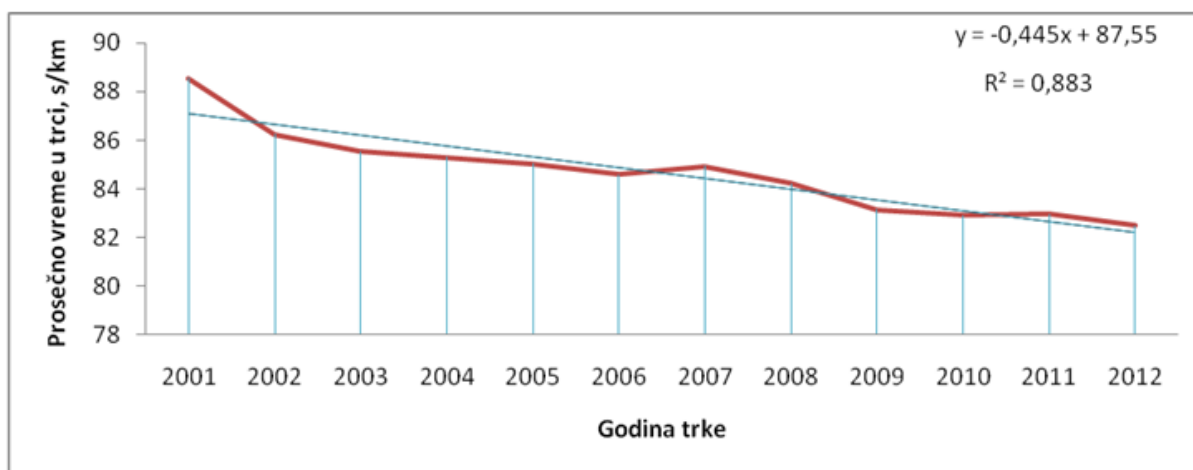
Posmatrajući prosečno vreme u trci po godinama trke uočava se negativan trend, odnosno njegovo smanjenje (tabela 19). Prema rezultatima deskriptivne statistike ovo smanjenje u proseku iznosi pola sekunde godišnje. Najveća razlika se uočava između 2001. i 2002. godine (2,3 s/km), dok se u celokupnom posmatranom periodu beleži smanjenje od 6 s/km, odnosno povećanje brzine za približno 3 km/h. Ako posmatramo apsolutne i relativne pokazatelje varijabilnosti vidimo da ovo poboljšanje nije praćeno većim smanjenjem varijabilnosti, a najveća varijabilnost izražena u relativnim vrednostima se uočava 2005. godine (5,17%), dok je najmanja 2010. godine (4,36%).

Tabela 19: Deskriptivna statistika ostvarenog vremena u trci po godinama trke

Godina trke	N	$\bar{X}$	$S_{\bar{x}}$	Min	Max	SD	CV
2001	230	88,55	0,27	79,30	97,90	4,10	4,63
2002	536	86,25	0,17	77,40	98,20	4,04	4,69
2003	762	85,54	0,15	77,30	98,00	4,27	4,99
2004	894	85,30	0,14	76,50	96,90	4,20	4,92
2005	976	85,03	0,14	74,60	98,30	4,39	5,17
2006	1.254	84,60	0,11	75,40	98,10	4,04	4,77
2007	1.532	84,93	0,11	74,40	98,10	4,30	5,06
2008	1.521	84,21	0,10	74,90	97,70	4,05	4,81
2009	1.284	83,15	0,11	74,50	98,30	4,01	4,82
2010	1.324	82,92	0,10	73,80	97,60	3,61	4,36
2011	1.571	82,95	0,10	74,20	98,10	3,86	4,66
2012	1.432	82,50	0,10	74,30	97,90	3,91	4,75

Godišnji napredak za prosečno vreme u trci se još bolje može sagledati na grafikonu 4. Ispitivanjem linearne zavisnosti vremena u trci u odnosu na godinu trke dobijen je nagib koji iznosi  $-0,445$  s/km i koeficijent detriminacije  $0,883$ .

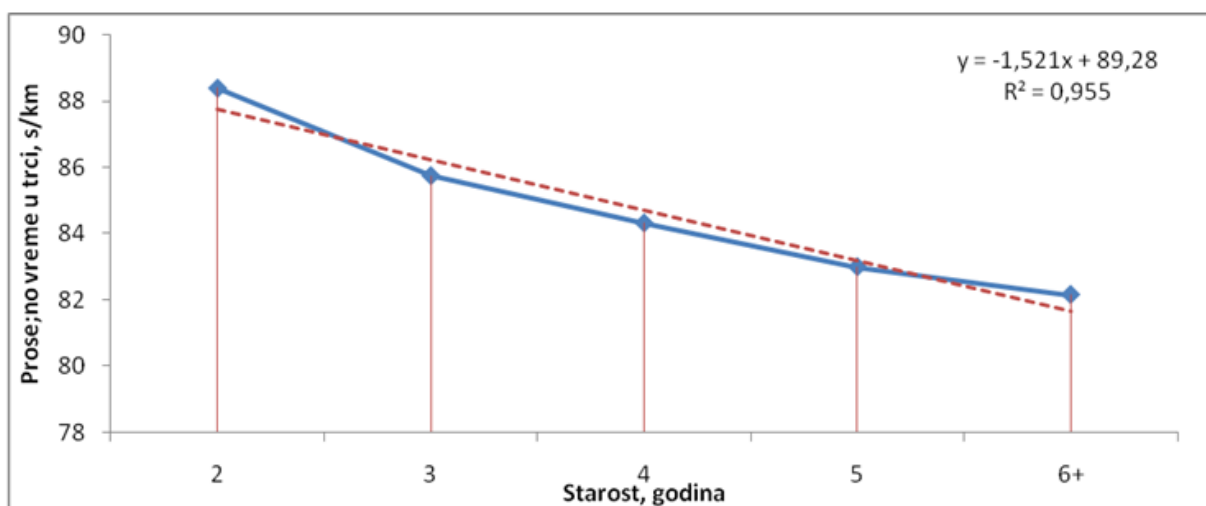
Grafikon 4: Linearna zavisnost prosečnog vremena u trci i godine trke



### 5.2.6 Razlike između starosti u ostvarenom vremenu u trci

Uticaj starosti na ostvareno vreme u trci je već razmatran u prvom delu rezultata koji govore o fenotipskim parametrima vremena u trci. Dodatno je na grafikonu 5 prikazana linearna zavisnost prosečnog vremena u trci u odnosu na starost grla gde možemo videti da se sa povećanjem svake godine starosti prosečno vreme u trci smanjilo za 1,5s/km.

Grafikon 5: Linearna zavisnost prosečnog vremena u trci i starosti grla



### 5.2.7 Razlike između hipodroma u ostvarenom vremenu u trci

Ovim istraživanjem su obuhvaćeni rezultati trka prikupljeni sa ukupno 32 hipodroma, a na osnovu deskriptivne statistike (tabela 20) vidimo da se najveći broj trka održao na Beogradskom hipodromu (3.475), zatim na hipodromu u Subotici, KK Bačka (3.131). Najbolja prosečna vremena su postignuta na hipodromima u Švedskoj ( $77,07 \pm 1,40$  s/km) i Budimpešti ( $80,16 \pm 2,74$  s/km). Međutim, treba istaći da pored toga što su na ovim hipodromima znatno bolji uslovi na stazi, ovi rezultati su posledica i toga što se, najčešće, samo naša najbolja grla trkaju u inostranstvu. Što se tiče domaćih hipodroma, najmanje prosečno vreme je zabeleženo na KK Vranac ( $82,76 \pm 3,60$  s/km), a najveće na hipodromu KK Đurđin ( $92,36 \pm 3,44$  s/km).

Tabela 20: Deskriptivna statistika ostvarenog vremena u trci po hipodromima

Hipodrom	N	$\bar{X}$	$S_{\bar{x}}$	Min	Max	SD	CV
KK "Halas Jožef"	453	84,72	0,19	76,50	95,90	4,04	4,77
KK "Rusanda"	42	85,79	0,34	81,60	90,90	2,22	2,59
KK "Potisje"	205	88,66	0,25	80,20	98,10	3,63	4,09
KK "Vranac"	936	82,76	0,12	74,40	93,70	3,60	4,36
Beograd	3.475	83,24	0,06	75,30	97,90	3,60	4,32
KK "Pomoravlje"	175	85,79	0,27	78,50	97,80	3,58	4,18
KK "Despotovo"	540	83,88	0,17	75,90	97,90	3,96	4,72
KK "Mladost"	112	86,01	0,27	78,60	94,10	2,83	3,29
KK "Starčevac"	171	86,04	0,34	78,00	97,70	4,46	5,19
KK "Selevac"	244	86,26	0,29	75,90	98,00	4,58	5,31
KK "Pobeda"	43	87,77	0,57	81,70	95,60	3,75	4,27
KK "Milenko Nikšić"	90	84,41	0,42	78,00	96,20	3,95	4,68
KK "Pančevac"	165	83,38	0,24	77,10	93,00	3,03	3,63
KD "Knez Mihajlo"	872	83,31	0,13	76,50	97,90	3,95	4,74
KK "Rusin"	39	89,79	0,68	81,50	97,70	4,23	4,72
KK "Bačka"	3.131	84,64	0,08	73,80	98,20	4,41	5,21
KK "Žabalj"	134	84,98	0,28	78,70	93,30	3,27	3,85
KK "Čantavir"	473	85,56	0,19	76,20	98,10	4,07	4,76
KK "Đurđin"	91	92,36	0,36	81,40	98,30	3,44	3,73
KK "Lozovik"	167	85,31	0,32	76,80	97,80	4,14	4,85
KK "Borac"	116	85,02	0,38	78,10	97,50	4,11	4,83
KK "Novi Kozjak"	71	86,58	0,43	78,80	95,00	3,60	4,16
KK "Dubočica"	138	85,93	0,35	77,60	96,90	4,09	4,76
KK "Dolovac"	173	87,08	0,27	78,60	97,90	3,54	4,06
KD "Šumadija"	31	89,01	0,59	85,30	97,90	3,30	3,70
KK "Orom"	232	84,18	0,24	76,80	95,60	3,68	4,38
KK "Vojvođanin"	382	83,09	0,23	74,50	95,80	4,55	5,47
KK "Zobnatica"	89	83,56	0,34	79,40	93,30	3,25	3,89
KK "Okanj"	41	86,32	0,45	81,30	94,00	2,89	3,35
KK "Aero"	37	88,00	0,90	80,20	97,50	5,50	6,25
Budimpešta	400	80,16	0,14	75,20	93,60	2,74	3,42
Švedska	48	77,07	0,20	74,20	80,70	1,40	1,82

### 5.2.8 Razlike između distanci u ostvarenom vremenu u trci

Uticaj distance je definisan kroz tri nivoa: kratke distance od 1.600 m do 1.999 m (1), srednje duge od 2.000 m do 2.499 m (2) i duge distance od 2.500 i više metara (3). Prema rezultatima iz tabele 21 najmanje prosečno vreme je ostvareno na dugim distancama, međutim ovaj podatak treba posmatrati sa rezervom, s obzirom na to da ova klasa ima mnogo manji broj ponavljanja (321) u odnosu na kratke (8.397) i srednje duge distance (4.598), te da se na ovim

distancama trkaju starija grla. Na kratkim distancama su u odnosu na srednje duge distance postignuta bolja vremena za 0,66 s/km u proseku.

Tabela 21: Deskriptivna statistika ostvarenog vremena u trci po distancama

<b>Distanca</b>	<b>N</b>	$\bar{X}$	$S_{\bar{x}}$	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>SD</b>	<b>CV</b>
1	8.397	83,92	0,05	73,80	98,30	4,40	5,24
2	4.598	84,58	0,06	74,20	98,00	3,97	4,70
3	321	83,14	0,15	77,20	92,80	2,67	3,21

### 5.2.9 Razlike između načina starta u ostvarenom vremenu u trci

Istraživanjem su obuhvaćene tri vrste starta: autostart, iz gume i leteći. Najbolje prosečno vreme u trci je postignuto autostartom i iznosi  $83,32 \pm 3,89$  s/km, a kretalo se u intervalu od 73,80 s/km do 98,30 s/km (tabela 22). Nešto veće prosečno vreme je ostvareno kod starta iz gume ( $85,29 \pm 3,99$  s/km), dok je najlošije vreme u trci kod letećeg starta ( $89,92 \pm 3,82$  s/km).

Tabela 22: Deskriptivna statistika ostvarenog vremena u trci po načinu starta

<b>Način starta</b>	<b>N</b>	$\bar{X}$	$S_{\bar{x}}$	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>SD</b>	<b>CV</b>
Autostart	9.771	83,32	0,04	73,80	98,30	3,89	4,67
Iz gume	2.717	85,29	0,08	75,30	98,30	3,99	4,67
Leteći	828	89,92	0,12	77,80	98,20	3,43	3,82

### 5.3 Izbor fiksnog dela modela za genetsku analizu

Primenom opšteg linearnog modela (GLM) svi faktori su kao fiksni uticaji u modelu kombinovani na više različitih načina (tabele od 23 do 32), dok je uticaj starosti posmatran i kao linearni regresijski (tabela 28).

Tabela 23: Prvi model za uticaj sistematskih faktora na vreme u trci

<b>Sistematski faktori – model 1</b>	<b>d.f.</b>	<b>F – vrednost</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<i>Pol</i>	1	69,5**	
<i>Mesec rođenja</i>	10	22,9**	0,035
<i>Godina rođenja</i>	12	14,9**	

Prilikom konstruisanja modela za genetsku analizu krenulo se od najprostijeg modela koji je obuhvatao uticaj pola, meseca i godine rođenja (tabela 23). Najveća F vrednost izračunata je za efekat pola (69,5), a objašnjeni deo varijabilnosti po ovom modelu iznosio je 3,5%. Posmatrajući mesec i godinu rođenja kao interakciju dobija se 2,5 puta veći koeficijent detriminacije (tabela 24), pa su u daljem ispitavanju ova dva faktora tako i posmatrana.

Tabela 24: Drugi model za uticaj sistematskih faktora na vreme u trci

<b>Sistematski faktori – model 2</b>	<b>d.f.</b>	<b>F – vrednost</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<i>Pol</i>	1	79,0**	
<i>Mesec rođenja, godina rođenja</i>	114	10,4**	0,086

Značajnije povećanje R<sup>2</sup> se uočava uključivanjem sezone i godine trke u model (tabela 25). Procenat objašnjene varijabilnosti zavisne varijable ovim modelom iznosi 27%, a neznatno se povećava (za 0,4%) uključivanjem u model interakcije između ova dva faktora (tabela 26). Najveća F vrednost je izračunata kod efekta godine trke (299,6), odnosno interakcije godine i sezone trke (100,8).

Tabela 25: Treći model za uticaj sistematskih faktora na vreme u trci

<b>Sistematski faktori – model 3</b>	<b>d.f.</b>	<b>F – vrednost</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<i>Pol</i>	1	26,2**	
<i>Mesec rođenja, godina rođenja</i>	114	28,2**	
<i>Sezona</i>	2	12,0**	0,270
<i>Godina trke</i>	11	299,6**	

Tabela 26: Četvrti model za uticaj sistematskih faktora na vreme u trci

<b>Sistematski faktori – model 4</b>	<b>SS</b>	<b>F – vrednost</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<i>Pol</i>	1	23,5**	
<i>Mesec rođenja, godina rođenja</i>	114	28,2**	0,274
<i>Sezona, godina trke</i>	34	100,8**	

U tabeli 27 je prikazan peti model koji se sastojao od uticaja pola, interakcije meseca i godine rođenja, interakcije sezone i godine trke i fiksnog uticaja starosti grla. Dobijeni koeficijent determinacije je iznosio 0,304. Nešto manji R<sup>2</sup> ima model koji starost uključuje kao kontinuiranu varijablu (tabela 28). Veća F vrednost za efekat starosti je izračunata u modelu 5 (141,7) kada je ovaj uticaj definisan kao fiksni u odnosu na model 6 kada je definisan kao regresijski (9,1).

Tabela 27: Peti model za uticaj sistematskih faktora na vreme u trci

<b>Sistematski faktori – model 5</b>	<b>d.f.</b>	<b>F – vrednost</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<i>Pol</i>	1	49,2**	
<i>Mesec rođenja, godina rođenja</i>	114	9,8**	0,304
<i>Sezona, godina trke</i>	34	11,3**	
<i>Starost</i>	4	141,7**	

Tabela 28: Šesti model za uticaj sistematskih faktora na vreme u trci

<b>Sistematski faktori – model 6</b>	<b>d.f.</b>	<b>F – vrednost</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<i>Pol</i>	1	311,1**	
<i>Mesec rođenja, godina rođenja</i>	114	43,3**	0,291
<i>Sezona, godina trke</i>	34	9,3**	
<i>Starost - kovarijabla</i>	1	9,1**	

Kod sedmog modela za uticaj fiksnih faktora na vreme u trci (tabela 29) koeficijent determinacije se znatno ali očekivano povećao, s obzirom na to da su i rezultati jednofaktorske analize varijanse pokazali da se značajan deo varijabilnosti zavisne promenljive može objasniti uticajem hipodroma. Uključivanjem u model interakcije godine, sezone i hipodroma



kao indirektna mere uticaja stanja na stazi (tabela 30) dobija se povećanje objašnjene varijabilnosti za oko 7%. U oba modela uticaj starosti je imao najveću F vrednost (171,9 odnosno 164,4), a uticaj interakcije meseca i godine rođenja najmanju F vrednost (8,8 odnosno 9,2).

Tabela 29: Sedmi model za uticaj sistematskih faktora na vreme u trci

<b>Sistematski faktori – model 7</b>	<b>d.f.</b>	<b>F – vrednost</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<i>Pol</i>	1	65,9**	
<i>Mesec rođenja, godina rođenja</i>	114	8,8**	
<i>Sezona, godina trke</i>	34	12,6**	0,428
<i>Starost</i>	4	171,9**	
<i>Hipodrom</i>	31	91,8**	

Tabela 30: Osmi model za uticaj sistematskih faktora na vreme u trci

<b>Sistematski faktori – model 8</b>	<b>d.f.</b>	<b>F – vrednost</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<i>Pol</i>	1	69,6**	
<i>Mesec rođenja, godina rođenja</i>	114	9,2**	
<i>Starost</i>	4	164,4**	0,496
<i>Sezona, godina trke, hipodrom</i>	386	13,9**	

Koeficijent determinacije dobijen modelom 9 iznosi 0,570, a on obuhvata uticaj pola, interakciju meseca i godine rođenja, uticaj starosti, interakciju sezone, godine trke i hipodroma te uticaj distance i načina starta (tabela 31). Najveći procenat objašnjene varijacije (57,1%) zavisne promenljive dobijen je modelom 10, koji u odnosu na prethodni model uključuje distancu i način starta kao interakciju (tabela 32). U devetom modelu najveća F vrednost izračunata je za efekat načina starta (678,4), a u desetom modelu za efekat interakcije distance i načina starta (321,1). U oba modela najmanja F vrednost je izračunata za uticaj interakcije meseca i godine rođenja.

Tabela 31: Deveti model za uticaj sistematskih faktora na vreme u trci

Sistematski faktori – model 9	d.f.	F – vrednost	$R^2$
<i>Pol</i>	1	62,1**	0,570
<i>Mesec rođenja, godina rođenja</i>	114	9,3**	
<i>Starost</i>	4	114,1**	
<i>Sezona, godina trke, hipodrom</i>	386	15,6**	
<i>Distanca</i>	2	179,5**	
<i>Način starta</i>	2	678,4**	

Tabela 32: Deseti model za uticaj sistematskih faktora na vreme u trci

Sistematski faktori – model 10	SS	F – vrednost	$R^2$
<i>Pol</i>	1	61,8**	0,571
<i>Mesec rođenja, godina rođenja</i>	114	9,3**	
<i>Starost</i>	4	115,5**	
<i>Sezona, godina trke, hipodrom</i>	386	15,4**	
<i>Distanca, način starta</i>	7	321,1**	

## 5.4 Genetska analiza i ocena parametara disperzije

Nakon definisanja fiksnog dela modela sprovedena je genetska analiza zasnovana na metodama kvantitativne genetike. Fiksni deo modela u svim primenjenim analizama je bio model 10 koji se sastojao od sledećih faktora: pol, interakcija mesec rođenja×godina rođenja, starost, interakcija godina trke×sezona trke×hipodrom, interakcija distanca×način starta. U modelu sa slučajnom regresijom uticaj starosti je posmatran i kao kovarijabla. Prvo su prikazani rezultati univarijantne analize sa ponovljenim merenjima, s obzirom na to da je vreme u trci promenljiva koja se meri više puta na životinji tokom njenog života. Zatim su prikazani rezultati druge analize gde je korišćen model za više osobina, a ponovljena merenja u različitim starostima su posmatrana kao posebne osobine. Rezultati treće analize su dobijeni primenom modela sa slučajnom regresijom gde su merenja vremena u trci posmatrana kao funkcija starosti. Svaka od analiza se sastojala od dve faze. Cilj prve faze je bio da se sagleda

genetska varijabilnost unutar ispitivane populacije na osnovu izračunatih komponenti varijansi i genetskih parametara. U drugoj fazi je izvršena procena oplemenjivačkih vrednosti grla. U svim modelima slučajni izvor varijabilnosti su bili uticaji grla i permanentni uticaji okoline zajednički za sva merenja na individui, pri čemu je u prve dve analize izvršeno poređenje modela oca i modela životinje. U modelu sa slučajnom regresijom korišćen je model životinje.

#### **5.4.1 Univarijantna analiza sa ponovljenim merenjima**

Univarijantna analiza sa ponovljenim merenjima ili tzv. model ponovljivosti je dugo vremena bio najčešće primenjivan u analizi osobina koje se mogu meriti više puta na istoj životinji tokom njenog života. On podrazumeva da pored aditivnih genetskih uticaja u analizu budu uključeni i permanentni uticaji okoline. Termin "permanentni" znači da su uticaji stalno – konstantno prisutni, oni se označavaju kao slučajni ali negenetski uticaji u modelu i zajednički su za sva merenja na istoj životinji.

##### **5.4.1.1 Tačnost modela**

Savremene metode ocene komponenti varijansi i genetskih parametara se najčešće zasnivaju na metodama verovatnoće koji omogućavaju da se izbor adekvatnog modela vrši na osnovu visine informacionih kriterijuma. Najčešće korišćeni informacioni kriterijumi su Akaike informacioni kriterijum (AIC), zatim korigovani Akaike informacioni kriterijum (AICC) i Bajesov informacioni kriterijum (BIC).

U tabeli 33 su prikazani rezultati koji se odnose na veličinu informacionih kriterijuma kod modela oca i modela životinje. Bolji model je onaj koji ima manju vrednost informacionog kriterijuma, a prema podacima iz tabele 33 to je drugi model. U ovom modelu su kao slučajni izvori varijabilnosti korišćeni uticaji životinje i stalni uticaji okoline, a vrednost korigovanog Akaike-ovog informacionog kriterijuma je iznosila 14.126,719 što je u odnosu na model oca manje za 20%. Vrednosti BIC-a pokazuju iste rezultate tačnosti modela.

Tabela 33: Korigovani Akaike (AICC) i Bajesov (BIC) informacijski kriterijum za primenjene modele izračunat univarijantnom analizom sa ponovljenim merenjima

Model	K	Max Log L	AICC	BIC
Model oca	3	-19.284,459	16.072,883	16.082,204
Model životinje	3	-16.949,062	14.126,719	14.136,040

K – broj parametara, broj komponenti (ko)varijansi procenjenih u modelu

Log L – prirodni logaritam funkcije ograničene verovatnoće

#### 5.4.1.2 Ocena komponenti varijansi i genetskih parametara

U tabeli 34 su prikazane ocenjene vrednosti komponenti varijansi i genetskih parametara. Primenom modela oca dobijene su niže vrednosti aditivnih i varijansi stalnih uticaja okoline, a znatno više vrednosti varijanse ostatka u odnosu na model životinje. U oba modela varijansa stalnih uticaja okoline procentualno zauzima najmanji deo ukupne fenotipske varijanse.

Modelom oca su u odnosu na model životinje izračunate niže vrednosti genetskih parametara. Heritabilnost u modelu oca iznosi 0,414, a u modelu životinje 0,551. Koeficijent ponovljivosti u modelu oca iznosi 0,481, a u modelu životinje 0,673. Izračunate su niže standardne greške genetskih parametara primenom modela životinje (0,058 i 0,013) u odnosu na model oca (0,088 i 0,029).

Tabela 34: Vrednosti komponenti varijansi i genetskih parametara izračunate univarijantnom analizom sa ponovljenim merenjima

Slučajni uticaj	Komponente varijansi, $s^2/\text{km}^2$			$h^2 \pm \text{S.G.}$	$R \pm \text{S.G.}$
	$V_a$	$V_{pe}$	$V_e$		
Otac	5,010	0,814	6,274	0,414 $\pm$ 0,088	0,481 $\pm$ 0,029
Životinja	6,295	1,392	3,743	0,551 $\pm$ 0,058	0,673 $\pm$ 0,013

$V_a$  – aditivne varijanse;  $V_{pe}$  – varijanse stalnih uticaja okoline;  $V_e$  – varijanse ostatka  
 $h^2$  – heritabilnost; R – ponovljivost; S.G. – standardna greška

### 5.4.1.3 Procena oplemenjivačkih vrednosti

U tabeli 35 su prikazane prosečne vrednosti i varijabilnost procenjenih oplemenjivačkih vrednosti, te standardnih greški procena izračunatih modelom oca i modelom životinje. Negativne oplemenjivačke vrednosti su poželjne jer je odgajivački cilj povećanje brzine kasača, odnosno smanjenje vremena u trci po kilometru. Poređenjem dobijenih rezultata vidimo da prosečna procenjena oplemenjivačka vrednost u modelu oca iznosi -0,283 s/km, a u modelu životinje -0,427 s/km. Apsolutna varijabilnost oplemenjivačkih vrednosti izražena u standardnim devijacijama u modelu oca iznosi 0,95 s/km, a u modelu životinje 1,22 s/km. Na osnovu izračunatih minimalnih i maksimalnih vrednosti procena OV uočava se veći razmak varijacije kod modela životinje (9,698 s/km) u odnosu na model oca (7,125 s/km). Modelom oca je izračunata niža prosečna vrednost standardne greške procena ( $0,888 \pm 0,12$ ) u odnosu na model životinje ( $0,890 \pm 0,11$ ), a nešto veći interval varijacije je izračunat primenom modela životinje (0,568) nego primenom modela oca (0,433).

Tabela 35: Prosečna vrednost i varijabilnost procena oplemenjivačke vrednosti i njene greške izračunate univarijantnom analizom sa ponovljenim merenjima

	BLUP – model oca (N = 855)			BLUP – model životinje (N = 4891)		
	$\bar{X} \pm SD$	Min	Max	$\bar{X} \pm SD$	Min	Max
POV	-0,283±0,95	-3,248	3,877	-0,427±1,22	-5,762	3,936
SEP	0,888±0,12	0,585	1,018	0,890±0,11	0,443	1,011

POV – procenjena oplemenjivačka vrednost

SEP – standardna greška procene

### 5.4.2 Multivarijantna analiza sa ponovljenim merenjima

Ponovljena merenja u različitim starostima se mogu posmatrati kao posebne osobine i primenom multivarijantne analize, odnosno modela za više osobina dalje analizirati. U ovom istraživanju multivarijantna analiza je sprovedena za pet osobina, pri čemu su merenja u drugoj (VR2), trećoj (VR3), četvrtoj (VR4), petoj godini (VR5), te sa šest i više godina starosti (VR6+) tretirana kao posebne osobine.

#### 5.4.2.1 Tačnost modela

U tabeli 36 je prikazana tačnost primenjenih modela kroz izračunate vrednosti informacionih kriterijuma. Prema dobijenim rezultatima AICC i BIC vrednosti su u modelu oca veći za 12% u odnosu na model životinje.

Tabela 36: Korigovani Akaike (AICC) i Bajesov (BIC) informacioni kriterijum za primenjene multivarijantne modele

Slučajni uticaj	K	Max Log L	AICC	BIC
Otac	45	-16.799,068	14.036,853	14.174,570
Životinja		-14.899,071	12.453,523	12.591,238

K – broj parametara, broj komponenti (ko)varijansi procenjenih u modelu

Log L – prirodni logaritam funkcije ograničene verovatnoće

#### 5.4.2.2 Ocena komponenti (ko)varijansi i genetskih parametara

U tabelama od 37 do 44 su prikazani rezultati koji se odnose na ocenu parametara disperzije odnosno komponenti varijansi i kovarijansi, te ocenu genetskih parametara (heritabilnosti, ponovljivosti, genetskih i fenotipskih korelacija). Izračunate vrednosti varijansi i heritabilnosti su prikazane na dijagonalama tabela, dok su iznad dijagonala prikazane vrednosti kovarijansi i genetskih korelacija, a ispod dijagonala vrednosti fenotipskih korelacija.

##### - Slučajni uticaj oca

U tabeli 37 su prikazane ocenjene vrednosti aditivnih varijansi i kovarijansi. Najviša vrednost aditivne varijanse je izračunata za vreme u trci kod šest i više godina starih grla ( $7,361 \text{ s}^2/\text{km}^2$ ). Sve vrednosti aditivnih kovarijansi su pozitivne, a najviše izračunate su između poslednje starosne grupe sa ostalim grupama.

Tabela 37: Vrednosti aditivnih varijansi (na dijagonali) i kovarijansi (iznad dijagonale) izračunate modelom oca u okviru multivarijantne analize

Osobina	VR2	VR3	VR4	VR5	VR6+
VR2	5,291	5,241	4,915	5,232	6,223
VR3		5,273	4,884	4,975	6,142
VR4			4,633	4,735	5,782
VR5				5,865	6,233
VR6+					7,361

U tabeli 38 su prikazane ocenjene vrednosti varijansi i kovarijansi stalnih uticaja okoline. Najviša vrednost varijanse je izračunata za merenja vremena u trci kod tri godine starih grla ( $3,586\text{s}^2/\text{km}^2$ ). Negativne kovarijanse su izračunate između druge i četvrte (-0,257), druge i pete (-0,237), druge i šeste (-0,697) i treće i šeste (-0,482) godine starosti, dok su između ostalih starosnih grupa izračunate pozitivne kovarijanse.

Tabela 38: Vrednosti varijansi (na dijagonali) i kovarijansi (iznad dijagonale) stalnih uticaja okoline izračunate modelom oca u okviru multivarijantne analize

Osobina	VR2	VR3	VR4	VR5	VR6+
VR2	0,624	0,094	-0,257	-0,237	-0,697
VR3		0,688	0,204	0,019	-0,482
VR4			1,441	1,089	0,241
VR5				1,294	1,375
VR6+					3,586

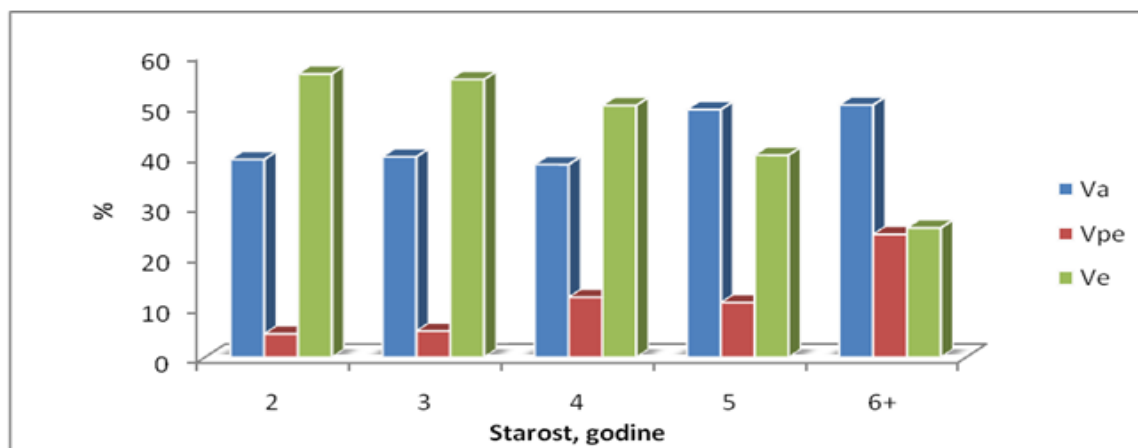
U tabeli 39 su prikazane ocenjene vrednosti varijansi i kovarijansi ostatka. Najviša vrednost varijanse je izračunata kod dvogodišnjaka ( $7,582\text{ s}^2/\text{km}^2$ ), a sve vrednosti kovarijansi ostatka su pozitivne.

Tabela 39: Vrednosti varijansi (na dijagonali) i kovarijansi (iznad dijagonale) ostatka izračunate modelom oca u okviru multivarijantne analize

Osobina	VR2	VR3	VR4	VR5	VR6+
VR2	7,582	3,542	2,674	2,078	1,115
VR3		7,307	3,925	2,916	1,524
VR4			6,054	3,374	2,049
VR5				4,786	2,410
VR6+					3,772

Odnos između ocenjenih vrednosti aditivnih varijansi ( $V_a$ ), varijansi stalnih uticaja okoline ( $V_{pe}$ ) i varijansi ostatka ( $V_e$ ) može se sagledati na grafikonu 6 gde vidimo da se sa povećanjem starosti povećava i udeo aditivne genetske varijanse, dok se udeo varijanse ostatka smanjuje. Kod grla starih dve, tri i četiri godine u ukupnoj varijabilnosti preovlađuje varijansa ostatka (56%, 55% i 50%), dok se udeo aditivne genetske varijanse kreće oko 40%. Udeo aditivne genetske varijanse dominira kod grla pet, te šest i više godina starih (oko 50%), dok udeo varijanse ostatka kod petogodišnjaka iznosi 40%, a kod šest i više godina starih grla iznosi 26% i skoro se izjednačava sa varijansom stalnih uticaja okoline (24%). U svim starosnim grupama varijansa stalnih uticaja okoline je imala najmanji udeo u ukupnoj varijansi i kretala se oko 5% za merenja kod dvogodaca i trogodaca, zatim 12 i 11% kod četvorogodaca i petogodaca.

Grafikon 6: Udeo komponenti varijansi u ukupnoj fenotipskoj varijansi izračunat multivarijantnom analizom modelom oca





Vrednosti genetskih parametara sa standardnim greškama ocena prikazane su u tabeli 40. Ocenjena vrednost heritabilnosti je bila najveća kod šest i više godina starih grla (0,500), a najmanja kod četiri godine starih grla (0,382). Između svih starosnih grupa izračunate su pozitivne i jake genetske korelacije, dok su fenotipske korelacije nešto slabije ali takođe pozitivne. Najjača fenotipska povezanost rezultata merenja je izračunata između uzastopnih godina, dok se sa povećanjem razlike u starosti povezanost smanjuje. Najveća vrednost fenotipske korelacije je izračunata između merenja u četvrtoj i petoj godini starosti (0,764), a najmanja između merenja dvogodišnjaka i šest i više godina starih konja (0,471). Vrednosti koeficijenta ponovljivosti su se kretale od 0,438 kod dvogodišnjaka do 0,744 kod šest i više godina starih grla.

Tabela 40: Vrednosti genetskih parametara izračunate modelom oca u okviru multivarijantne analize

Osobina	VR2	VR3	VR4	VR5	VR6+	R
VR2	<b>0,392</b> ±0,146	0,992±0,090	0,993±0,169	0,939±0,171	0,997±0,265	0,438
VR3	0,663±0,032	<b>0,397</b> ±0,118	0,988±0,081	0,895±0,122	0,986±0,195	0,449
VR4	0,573±0,043	0,711±0,025	<b>0,382</b> ±0,123	0,908±0,082	0,990±0,206	0,501
VR5	0,557±0,047	0,628±0,034	0,764±0,022	<b>0,491</b> ±0,138	0,949±0,127	0,599
VR6+	0,471±0,057	0,514±0,044	0,604±0,041	0,755±0,030	<b>0,500</b> ±0,190	0,744

Heritabilnost – na dijagonali, genetske korelacije – iznad dijagonale, fenotipske korelacije – ispod dijagonale;  
R – koeficijent ponovljivosti.

#### - Slučajni uticaj životinje

U tabeli 41 su prikazane ocenjene vrednosti aditivnih varijansi i kovarijansi. U odnosu na model oca, modelom životinje su dobijene više vrednosti aditivnih genetskih varijansi za merenja kod grla od druge do pete godine starosti, dok je kod šest i više godina starih grla ova vrednost varijanse niža u odnosu na model oca. Najviša vrednost aditivne varijanse je izračunata za vreme u trci kod šest i više godina starih grla (6,726 s<sup>2</sup>/km<sup>2</sup>). Sve vrednosti aditivnih kovarijansi su pozitivne, a najviše izračunate su između poslednje starosne grupe sa ostalim grupama.

Tabela 41: Vrednosti aditivnih varijansi (na dijagonali) i kovarijansi (iznad dijagonale) izračunate modelom životinje u okviru multivarijantne analize

Osobina	VR2	VR3	VR4	VR5	VR6+
VR2	5,548	5,539	4,816	5,125	5,275
VR3		5,674	5,316	5,640	5,751
VR4			6,061	6,379	6,371
VR5				6,716	6,712
VR6+					6,726

U tabeli 42 su prikazane ocenjene vrednosti varijansi i kovarijansi stalnih uticaja okoline. Poređenjem dobijenih rezultata sa rezultatima izračunatim primenom modela oca uočavaju se više vrednosti za merenja kod grla od druge do pete godine starosti, dok je kod šest i više godina starih grla ova vrednost varijanse niža u odnosu na model oca. Najviša vrednost varijanse stalnih uticaja okoline je izračunata za merenja vremena u trci kod tri godina starih grla ( $4,469 \text{ s}^2/\text{km}^2$ ). Negativne kovarijanse su izračunate između druge i četvrte godine starosti (-0,460), druge i pete godine starosti (-1,141), druge godine i šest i više godina starosti (-1,438), te treće godine i šest i više godina starosti (-1,140).

Tabela 42: Vrednosti varijansi (na dijagonali) i kovarijansi (iznad dijagonale) stalnih uticaja okoline izračunate modelom životinje u okviru multivarijantne analize

Osobina	VR2	VR3	VR4	VR5	VR6+
VR2	1,148	0,593	-0,460	-1,141	-1,438
VR3		4,469	2,155	0,222	-1,140
VR4			3,132	1,173	0,002
VR5				2,023	1,084
VR6+					1,984

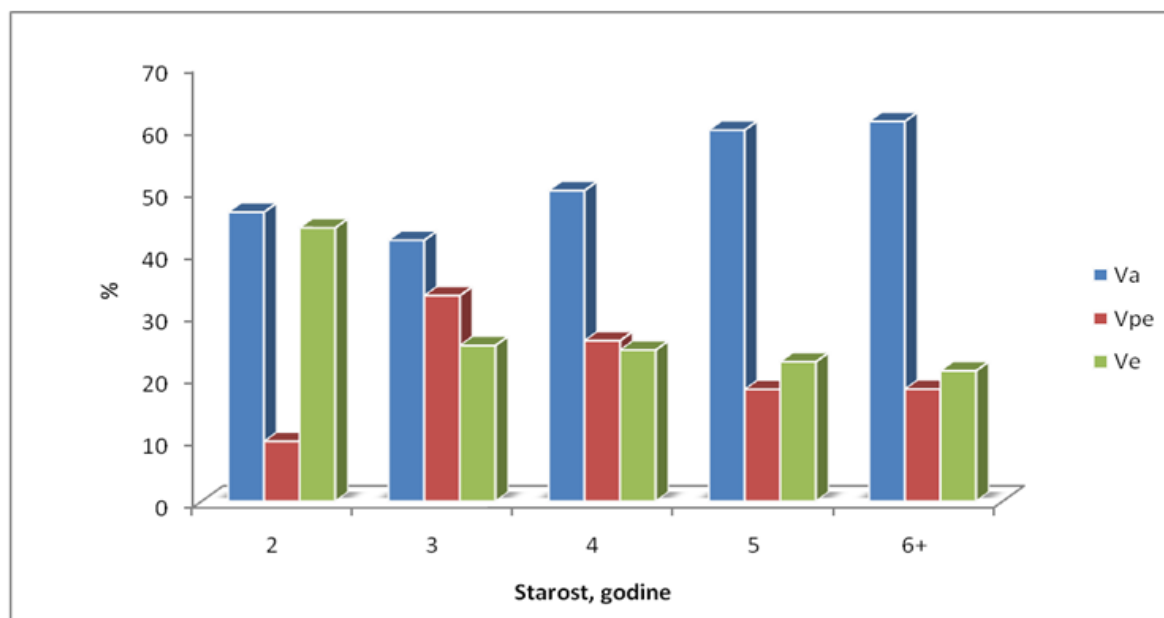
U tabeli 43 su prikazane ocenjene vrednosti varijansi i kovarijansi ostatka. Vrednosti ovog parametra su u svim godinama starosti bile niže u odnosu na one izračunate modelom oca. Najviša vrednost varijanse ostatka je izračunata kod dvogodišnjaka ( $5,247 \text{ s}^2/\text{km}^2$ ), a sve vrednosti kovarijansi su pozitivne.

Tabela 43: Vrednosti varijansi (na dijagonali) i kovarijansi (iznad dijagonale) ostatka izračunate modelom životinje u okviru multivarijantne analize

Osobina	VR2	VR3	VR4	VR5	VR6+
VR2	5,247	1,924	2,034	1,553	0,700
VR3		3,385	1,750	1,538	0,980
VR4			2,949	1,519	1,010
VR5				2,522	1,064
VR6+					2,308

Odnos između ocenjenih vrednosti komponenti varijansi prikazan je na grafikonu 7 gde vidimo da aditivna genetska varijansa ( $V_a$ ) dominira u svim starosnim grupama i ima tendenciju porasta sa povećanjem godina starosti, dok se istovremeno varijansa ostatka ( $V_e$ ) smanjuje. U prvoj, četvrtoj i petoj starosnoj grupi varijansa stalnih uticaja okoline ( $V_{pe}$ ) je imala najmanji udeo u ukupnoj fenotipskoj varijansi, dok u drugoj i trećoj grupi najmanji udeo ima varijansa ostatka.

Grafikon 7: Udeo komponenti varijansi u ukupnoj fenotipskoj varijansi izračunat multivarijantnom analizom modelom životinje



Vrednosti genetskih parametara sa standardnim greškama ocena prikazane su u tabeli 44. U odnosu na model oca, modelom životinje su izračunate više vrednosti heritabilnosti i koeficijenta ponovljivosti. Ocenjena vrednost heritabilnosti je bila najveća kod šest i više godina starih grla (0,610), a najmanja kod četiri godine starih grla (0,419). Vrednosti koeficijenta ponovljivosti su se kretale od 0,561 kod dvogodišnjaka i 0,791 kod šest i više godine starih grla. Isto kao i kod modela oca modelom životinje su između svih starosnih grupa izračunate pozitivne i jake genetske korelacije, dok su fenotipske korelacije slabije ali takođe pozitivne. Najjače fenotipske korelacije su izračunate između dve uzastopne starosne godine, a sa povećanjem razmaka između njih smanjuje se i fenotipska povezanost rezultata merenja. Najveća izračunata povezanost je između pete godine i šest i više godina starosti (0,795), a najmanja između dvogodišnjaka i šest i više godina starih konja (0,396).

Tabela 44: Vrednosti genetskih parametara izračunate modelom životinje u okviru multivarijantne analize

Osobina	VR2	VR3	VR4	VR5	VR6+	R
VR2	<b>0,465</b> ±0,107	0,987±0,082	0,831±0,127	0,840±0,125	0,863±0,133	0,561
VR3	0,634±0,030	<b>0,419</b> ±0,082	0,907±0,068	0,914±0,083	0,931±0,114	0,750
VR4	0,531±0,041	0,720±0,021	<b>0,499</b> ±0,083	1,000±0,042	0,998±0,067	0,757
VR5	0,477±0,048	0,600±0,031	0,776±0,018	<b>0,596</b> ±0,095	0,999±0,042	0,776
VR6+	0,396±0,056	0,458±0,039	0,638±0,028	0,795±0,016	<b>0,610</b> ±0,105	0,791

Heritabilnost – na dijagonali, genetske korelacije – iznad dijagonale, fenotipske korelacije – ispod dijagonale;  
R – koeficijent ponovljivosti.

#### 5.4.2.3 Procena oplemenjivačkih vrednosti

U tabeli 45 su prikazane prosečne vrednosti i varijabilnost procenjenih oplemenjivačkih vrednosti, te standardnih greški procena po starosnim grupama izračunate modelom oca i modelom životinje. Na osnovu dobijenih rezultata vidimo da se prosečna procenjena oplemenjivačka vrednost u modelu oca kretala od -0,153±0,74 s/km za vreme u trci trogodišnjaka do -0,434±0,94 s/km za vreme u trci šest i više godina starih grla. U odnosu na model oca modelom životinje dobijene su više prosečne oplemenjivačke vrednosti za vreme u trci kod dvogodaca, trogodaca, četvorogodaca i petogodaca, dok je za vreme u trci šest i više

starih grla izračunata niža prosečna procenjena oplemenjivačka vrednost. Na osnovu izračunatih minimalnih i maksimalnih vrednosti procena OV najmanji razmak varijacije kod modela oca izračunat je za vreme u tri četvorogodaca (6,37 s/km), a najveći za vreme u tri kod poslednje starosne grupe (8,27 s/km). Kod modela životinje najmanji razmak varijacije procena OV je izračunat u prvoj starosnoj grupi (7,13 s/km), a najveći u poslednjoj (9,23 s/km). Prosečne vrednosti standardnih greški procena su se kretale od 0,922 za VR6+ do 0,943 za VR2 kod modela oca, a kod modela životinje od 0,931 za VR3 do 0,948 za VR6+.

Tabela 45: Prosečna vrednost i varijabilnost procena oplemenjivačke vrednosti i njene greške izračunate multivarijantnom analizom

Osobina	Procena	BLUP – model oca (N = 855)			BLUP – model životinje (N = 4891)		
		$\bar{X} \pm SD$	Min	Max	$\bar{X} \pm SD$	Min	Max
VR2	OV	-0,338±0,718	-4,260	2,452	-0,348±0,759	-4,565	2,564
	SEP	0,943±0,080	0,693	1,032	0,955±0,060	0,639	1,034
VR3	OV	-0,153±0,743	-3,690	3,099	-0,270±0,878	-5,314	2,934
	SEP	0,925±0,096	0,634	1,023	0,931±0,083	0,534	1,024
VR4	OV	-0,198±0,719	-3,339	3,027	-0,390±0,924	-4,534	3,345
	SEP	0,925±0,095	0,645	1,025	0,936±0,079	0,539	1,027
VR5	OV	-0,329±0,777	-3,733	3,466	0,403±0,854	-4,555	3,490
	SEP	0,934±0,090	0,670	1,031	0,949±0,066	0,610	1,028
VR6+	OV	-0,434±0,942	-4,178	4,091	-0,381±1,014	-5,050	4,184
	SEP	0,922±0,098	0,632	1,023	0,948±0,067	0,611	1,025

### 5.4.3 Model sa slučajnom regresijom

Model sa slučajnom regresijom (RRM) je danas veoma zastupljen metod za ocenu komponenti varijansi i genetskih parametara, te procenu oplemenjivačke vrednosti grla za kvantitativne osobine čiji se fenotip može meriti više puta tokom života (tzv. ponovljena merenja) ali i čija se ispoljenost menja duž neke putanje, npr. starosne (tzv. longitudinalni podaci). Vreme u tri

kod kasača je mera koja se menja kao posledica delovanja starosti što je potvrđeno u prvom i drugom delu ovog poglavlja gde se vidi da se sa povećanjem starosti vreme u trci smanjuje.

#### 4.3.1 Tačnost modela

U tabeli 46 su prikazani rezultati koji pokazuju veličinu informacionih kriterijuma (AICC i BIC) za šest primenjenih modela. U prva tri modela varijansa ostatka je bila ista (homogena – HOM) duž cele starosne putanje, dok je u druga tri modela varijansa ostatka bila različita (heterogena – HET) za svaku godinu starosti. Nivoi Ležandrovih polinoma (LP) za slučajne uticaje životinje i stalne uticaje okoline su se kretali od 1 do 3 (LP1, LP2, LP3).

Tabela 46: Korigovani Akaike (AICC) i Bajesov (BIC) informacioni kriterijum za 6 modela sa slučajnom regresijom

Model	K	Max Log L	AICC	BIC
LP1HOM	7	-3.862,360	3.224,483	3.241,259
LP2HOM	13	-3.915,293	3.273,633	3.304,762
LP3HOM	21	-3.868,011	3.240,983	3.291,213
LP1HET	11	-3.835,380	3.205,357	3.231,705
LP2HET*	17	-3.810,361	3.189,560	3.230,247
LP3HET	25	-3.812,957	3.198,495	3.258,263

K – broj parametara, broj komponenti (ko)varijansi procenjenih u modelu

Log L – prirodni logaritam funkcije ograničene verovatnoće

HOM – homogena varijansa ostatka

HET – heterogena varijansa ostatka

LP $n$  – ležandrovi polinomi sa nivoom ( $n=1,2,3$ )

\* najbolji model

Upotrebom modela sa heterogenom varijansom ostatka dobijaju se manje vrednosti informacionih kriterijuma u odnosu na modele sa homogenom varijansom ostatka. Najbolji rezultati su dobijeni primenom modela LP2HET, odnosno modelom sa heterogenom varijansom ostatka i 2. nivoom Ležandrovih polinoma za slučajne uticaje u modelu. Stoga se ovaj model koristio u daljoj analizi odnosno za ocenu komponenti (ko)varijansi i genetskih parametara, te procenu oplemenjivačkih vrednosti.

### 5.4.3.2 Ocena komponenti (ko)varijansi i genetskih parametara

Vrednosti aditivnih varijansi i kovarijansi izračunate modelom sa slučajnom regresijom su prikazane u tabeli 47. Najviša vrednost aditivne varijanse je izračunata za vreme u tri dvogodišnjaka ( $6,757 \text{ s}^2/\text{km}^2$ ), a najmanja kod četvorogodišnjaka ( $5,166 \text{ s}^2/\text{km}^2$ ). Sve vrednosti aditivnih kovarijansi su pozitivne i kretale su se u intervalu od 4,903 između dvogodišnjaka i petogodišnjaka do 5,542 između dvogodišnjaka i trogodišnjaka.

Tabela 47: Vrednosti aditivnih varijansi (na dijagonali) i kovarijansi (iznad dijagonale) izračunate modelom sa slučajnom regresijom

Starost	2	3	4	5	6+
2	6,757	5,542	4,924	4,903	5,479
3		5,192	5,049	5,112	5,383
4			5,166	5,277	5,382
5				5,399	5,476
6+					5,665

Varijansa stalnih uticaja okoline je najmanja kod dve godine starih grla i iznosi  $1,974 \text{ s}^2/\text{km}^2$ , dok je najveća kod četvorogodišnjaka i iznosi  $3,250 \text{ s}^2/\text{km}^2$  (tabela 48). Negativne vrednosti kovarijansi izračunate su između prve i poslednje (-1,958) i druge i poslednje starosne grupe (-0,438). Ostale vrednosti kovarijansi stalnih uticaja okoline su bile pozitivne i kretale su se u intervalu od 0,703 do 2,687.

Tabela 48: Vrednosti varijansi (na dijagonali) i kovarijansi (iznad dijagonale) stalnih uticaja okoline izračunate modelom sa slučajnom regresijom

Starost	2	3	4	5	6+
2	1,974	1,263	0,371	0,703	-1,958
3		2,387	2,478	1,536	-0,438
4			3,250	2,687	0,789
5				2,749	1,723
6+					2,364

Vrednosti varijansi ostatka su se kretale od 1,513 kod šest i više godina starih grla do 4,049 kod dvogodišnjaka (tabela 49). Negativne kovarijanse su izračunate između dvogodišnjaka i petogodišnjaka (-1,4092), trogodišnjaka i četvorogodišnjaka (-0,001) i petogodišnjaka i šest i više godina starih grla (-0,0034). Između ostalih starosnih grupa izračunate su pozitivne ali veoma niske vrednosti kovarijansi (manje od 0,01).

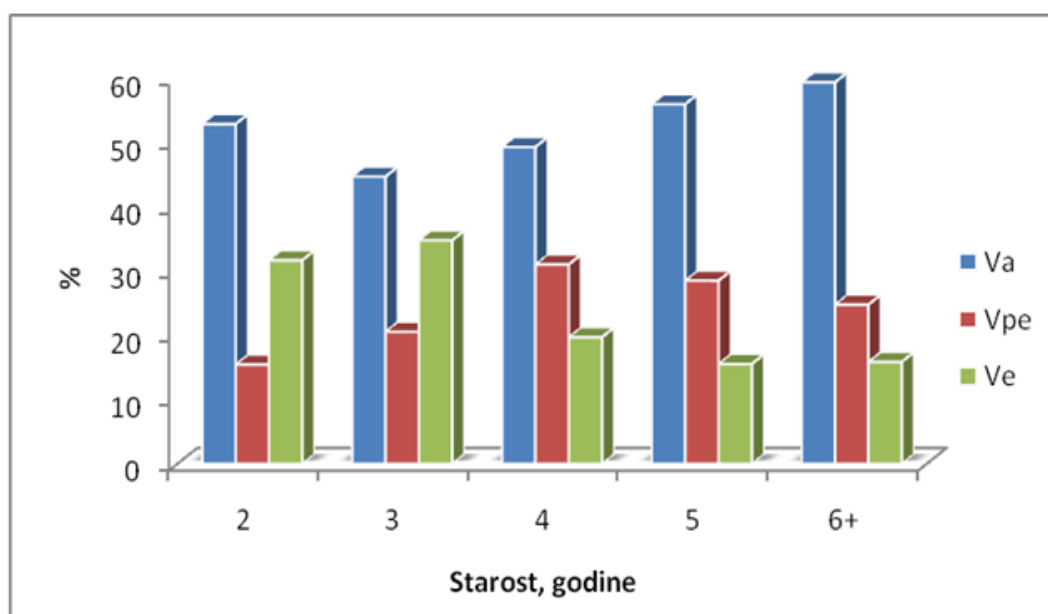
Tabela 49: Vrednosti varijansi (na dijagonali) i kovarijansi (iznad dijagonale) ostatka izračunate modelom sa slučajnom regresijom

Starost	2	3	4	5	6+
2	4,049	0,0063	0,0056	-1,4092	0,0016
3		4,039	-0,0009	0,0003	0,0037
4			2,065	0,0002	0,0005
5				1,499	-0,0034
6+					1,513

Udeo aditivne varijanse ( $V_a$ ), varijanse stalnih uticaja okoline ( $V_{pe}$ ) i varijanse ostatka ( $V_e$ ) u ukupnoj fenotipskoj varijansi po godinama starosti je prikazan na grafikonu 9. Aditivna genetska varijansa dominira u svim starosnim grupama, a od treće godine ima tendenciju porasta sa povećanjem starosti. Istovremeno, varijansa ostatka se smanjuje pa vidimo da kod dvogodišnjaka i trogodišnjaka iznosi preko 30%, a kod petogodišnjaka i šest i više godina starih grla 16%. Varijansa stalnih uticaja okoline je imala najmanji udeo u drugoj (15%) i trećoj godini starosti (21%), a najveći kod četvorogodišnjaka (31%).



Grafikon 9: Udeo komponenti varijansi u ukupnoj fenotipskoj varijansi izračunate modelom sa slučajnom regresijom



Ocene genetskih parametara dobijene modelom sa slučajnom regresijom su prikazane u tabeli 50. Vrednosti koeficijenta heritabilnosti za sve godine starosti su bile visoke, a kretale su se u intervalu od 0,447 kod trogodišnjaka do 0,594 kod šest i više godina starih grla. Genetske korelacije između svih starosnih grupa su pozitivne i vrlo jake do potpune, a kretale su se u intervalu od 0,812 do 0,999. Najjača genetska povezanost se uočava između uzastopnih starosti, a povezanost se smanjivala kako se interval između starosti povećavao. Fenotipske korelacije imaju sličan trend ali dosta slabiji intenzitet. Najveća vrednost iznosi 0,792 između četvorogodišnjaka i petogodišnjaka, a najmanja 0,319 između prve i poslednje starosne grupe.

Tabela 50: Vrednosti genetskih parametara izračunate modelom sa slučajnom regresijom

Starost	2	3	4	5	6+
2	<b>0,529±0,112</b>	0,936±0,052	0,833±0,119	0,812±0,130	0,886±0,127
3	0,559±0,020	<b>0,447±0,073</b>	0,975±0,019	0,966±0,038	0,992±0,091
4	0,458±0,047	0,682±0,018	<b>0,493±0,087</b>	0,999±0,011	0,995±0,081
5	0,378±0,054	0,628±0,025	0,792±0,013	<b>0,560±0,096</b>	0,990±0,039
6+	0,319±0,058	0,470±0,045	0,617±0,047	0,750±0,005	<b>0,594±0,126</b>

Heritabilnost – na dijagonali, genetske korelacije – iznad dijagonale, fenotipske korelacije – ispod dijagonale;

### 5.4.3.3 Procena oplemenjivačkih vrednosti

U tabeli 51 su prikazane prosečne vrednosti i varijabilnost procenjenih oplemenjivačkih vrednosti, te standardnih greški procena izračunatih modelom sa slučajnom regresijom. Na osnovu dobijenih rezultata vidimo da su duž cele starosne putanje prosečne procenjene oplemenjivačke vrednosti bile negativne, a kretale su se u intervalu od -0,102 za vreme u trci trogodišnjaka do -0,496 za vreme u trci šest i više godina starih grla. Apsolutna varijabilnost izražena u standardnim devijacijama je najveća u poslednjoj starosnoj grupi i iznosi 1,382 s/km, a najmanja za vreme u trci trogodišnjaka 0,262 s/km. Ovim modelom je izračunata i zbirna, ukupna oplemenjivačka vrednost čija prosečna vrednost iznosi -0,168 s/km, a standardna devijacija 3,068 s/km. Na osnovu izračunatih razlika između minimalnih i maksimalnih vrednosti procena OV dobijaju se isti rezultati u pogledu varijabilnosti procena pri čemu je kod poslednje starosne grupe najveći razmak varijacije i iznosi 14,04 s/km, a kod druge najmanji i iznosi 2,34 s/km. Prosečne vrednosti standardnih greški procena su se kretale od 0,688 za drugu starosnu grupu do 23,338 za poslednju starosnu grupu, dok je prosečna vrednost greške procene za ukupnu OV iznosila 41,189. Kao i kod procena oplemenjivačke vrednosti najveća standardna devijacija izračunata je za ukupnu POV 3,164, zatim za poslednju starosnu grupu 1,772, a najmanja za drugu starosnu grupu 0,081. Interval varijacije pokazuje iste rezultate varijabilnosti standardnih greški procena kao i standardna devijacija. Visoke vrednosti SEP su posledica nepotpune konvergencije podataka koja ovim modelom nije bila postignuta.

Tabela 51: Prosečna vrednost i varijabilnost procena oplemenjivačke vrednosti i njene greške izračunate modelom sa slučajnom regresijom

Starost	Procena	N=4891		
		$\bar{X} \pm SD$	Min	Max
2	OV	-0,171±0,552	-3,621	3,256
	SEP	7,126±0,608	4,088	7,904`
3	OV	-0,102±0,262	-1,329	1,010
	SEP	0,688±0,081	0,340	0,941
4	OV	-0,133±0,550	-2,392	3,094
	SEP	1,243±0,213	0,395	2,114
5	OV	-0,265±0,846	-3,639	3,836
	SEP	8,794±0,692	5,328	9,652
6+	OV	-0,496±1,382	-6,395	8,009
	SEP	23,338±1,772	14,065	25,513
Sve	OV	-0,168±3,068	-13,844	15,151
	SEP	41,189±3,164	24,574	45,105

## 5.5 Poređenje primenjenih analiza

U savremenim programima oplemenjivanja kriterijumi selekcije se najčešće zasnivaju na procenama oplemenjivačkih vrednosti. U ovom radu prikazano je više različitih metodologija za njihovo izračunavanje, a poređenje dobijenih vrednosti je izvršeno na osnovu izračunavanja pouzdanosti i tačnosti dobijenih procena, te Spirmanovog koeficijenta korelacije ranga između oplemenjivačkih vrednosti očeva.

### 5.5.1 Pouzdanost i tačnost oplemenjivačkih vrednosti

Poređenje procenjenih oplemenjivačkih vrednosti izračunatih različitim metodama izvršeno na osnovu izračunavanja njihove pouzdanosti ( $r^2$ ) i tačnosti ( $r$ ) je prikazano u tabelama 52 i 53. Ovi parametri kvantifikuju kvalitet dobijenih procena pružajući uvid u povezanost stvarne i

procenjene oplemenjivačke vrednosti. Rezultati iz tabele 52 pokazuju da ne postoji numerička, a t-testom je potvrđeno ni statistički značajna razlika između prosečnih vrednosti pouzdanosti i tačnosti POV izračunatih univarijantnom analizom modelom oca (UNI MO) i univarijantnom analizom modelom životinje (UNI MŽ). Minimalne i maksimalne vrednosti izračunate modelom životinje su veće u odnosu na vrednosti izračunate modelom oca. Takođe, apsolutna varijabilnost izražena intervalom varijacije je veća kod modela životinje.

Tabela 52: Prosečna, minimalna i maksimalna vrednost pouzdanosti i tačnosti POV očeva izračunatih univarijantnom analizom

Analiza	N = 249 očeva					
	r <sup>2</sup>			r		
	$\bar{X}$	Min	Max	$\bar{X}$	Min	Max
UNI MO	0,896 <sup>ns</sup>	0,827	0,931	0,947 <sup>ns</sup>	0,910	0,965
UNI MŽ	0,896 <sup>ns</sup>	0,852	0,969	0,947 <sup>ns</sup>	0,923	0,984

U tabeli 53 su prikazane prosečne, minimalne i maksimalne vrednosti pouzdanosti i tačnosti POV očeva izračunatih multivarijantnom analizom modelom oca (MUV MO), multivarijantnom analizom modelom životinje (MUV MŽ) i modelom sa slučajnom regresijom (RRM) po godinama starosti. Tačnost i pouzdanost POV dobijenih modelom sa slučajnom regresijom za pojedine godine starosti (dve, pet, šest i više) nije bilo moguće izračunati što je posledica velike standardne greške procene oplemenjivačke vrednosti.

Prosečna vrednost pouzdanosti i tačnosti je veća za POV dobijene modelom oca u odnosu na POV izračunate modelom životinje za vreme u trci dvogodišnjaka, petogodišnjaka i šest i više godina starih grla. Kod POV očeva na osnovu vremena u trci trogodišnjaka najveća pouzdanost i tačnost je izračunata modelom sa slučajnom regresijom (0,922), nešto manje vrednosti ovih parametara su izračunate modelom oca (0,871), a najmanja je modelom životinje (0,857). Za vreme u trci četvorogodišnjaka, prosečna vrednost za pouzdanost i tačnost POV očeva je bila najveća modelom životinje (0,864), zatim modelom oca (0,853), dok je najmanja izračunata modelom sa slučajnom regresijom (0,735). t-testom je utvrđena statistički visoko značajna razlika između svih prosečnih vrednosti unutar starosti.

Tabela 53: Prosečna, minimalna i maksimalna vrednost pouzdanosti i tačnosti POV očeva izračunatih multivarijantnom analizom i modelom sa slučajnom regresijom

		N = 249 očeva					
Starost	Analiza	r <sup>2</sup>			r		
		$\bar{X}$	Min	Max	$\bar{X}$	Min	Max
2	MUV MO	0,858 <sup>a</sup>	0,812	0,909	0,926 <sup>a</sup>	0,901	0,953
	MUV MŽ	0,842 <sup>b</sup>	0,813	0,890	0,917 <sup>b</sup>	0,902	0,943
	RRM	-	-	-	-	-	-
3	MUV MO	0,871 <sup>a</sup>	0,811	0,924	0,933 <sup>a</sup>	0,901	0,961
	MUV MŽ	0,857 <sup>b</sup>	0,829	0,914	0,925 <sup>b</sup>	0,910	0,956
	RRM	0,922 <sup>c</sup>	0,864	0,978	0,960 <sup>c</sup>	0,929	0,989
4	MUV MO	0,853 <sup>a</sup>	0,785	0,910	0,923 <sup>a</sup>	0,886	0,954
	MUV MŽ	0,864 <sup>b</sup>	0,840	0,918	0,929 <sup>b</sup>	0,916	0,958
	RRM	0,735 <sup>c</sup>	0,295	0,937	0,855 <sup>c</sup>	0,543	0,968
5	MUV MO	0,878 <sup>a</sup>	0,831	0,923	0,937 <sup>a</sup>	0,911	0,961
	MUV MŽ	0,871 <sup>b</sup>	0,854	0,922	0,933 <sup>b</sup>	0,924	0,960
	RRM	-	-	-	-	-	-
6+	MUV MO	0,909 <sup>a</sup>	0,865	0,946	0,953 <sup>a</sup>	0,930	0,972
	MUV MŽ	0,872 <sup>b</sup>	0,855	0,922	0,934 <sup>b</sup>	0,925	0,960
	RRM	-	-	-	-	-	-

P<0,01 – različita mala slova

### 5.5.2 Spirmanov koeficijent korelacije ranga

Poređenje sprovedenih analiza izvršeno je i na osnovu izračunavanja koeficijenta korelacije ranga (tabela 54 i 55). U tabeli 54 je prikazana povezanost između rangova očeva na osnovu procena oplemenjivačkih vrednosti dobijenih univarijantnom analizom sa ponovljenim merenjima primenom modela oca (UNI MO), zatim univarijantnom analizom sa ponovljenim merenjima primenom modela životinje (UNI MŽ), te modelom sa slučajnom regresijom (RRM). Najniže vrednosti korelacije ranga su dobijene između oplemenjivačkih vrednosti

modelom oca i modelom sa slučajnom regresijom (0,806). Nešto veći koeficijent korelacije izračunat je između oplemenjivačkih vrednosti dobijenih univarijantnom analizom modelom oca i modelom životinje (0,859). Najveći koeficijent korelacije ranga očeva se dobija između UNI MŽ i RRM (0,938).

Tabela 54: Spirmanov koeficijent korelacije ranga oplemenjivačkih vrednosti očeva izračunatih univarijantnom analizom i modelom sa slučajnom regresijom

Analize	UNI MO × UNI MŽ	UNI MO × RRM	UNI MŽ × RRM
$r_s$	0,859**	0,806**	0,938**

UNI – univarijantna analiza

MO – BLUP model oca

MŽ – BLUP model životinje

RRM – model sa slučajnom regresijom

Pozitivne i jake korelacije ranga su izračunate za oplemenjivačke vrednosti očeva dobijene primenom modela oca i modela životinje za više osobina (MUV MO i MUV MŽ) koje su se kretale od 0,808 za četvorogodišnjake do 0,905 za dvogodišnjake (tabela 55). Vrednosti koeficijenta korelacije ranga između oplemenjivačkih vrednosti dobijenih modelom oca za više osobina i modela sa slučajnom regresijom (RRM) su bile pozitivne i srednje jake kod vremena u trci dvogodišnjaka (0,518), trogodišnjaka (0,685) i četvorogodišnjaka (0,671). Srednje jaka i pozitivna povezanost rangova očeva je izračunata i između OV procenjenih primenom modela životinje za više osobina (MUV MŽ) i modela sa slučajnom regresijom (RRM) i iznosila je 0,553. Za ostale starosne klase vremena u trci su izračunate visoke i jake vrednosti koeficijenta korelacije ranga.

Tabela 55: Spirmanov koeficijent korelacije ranga oplemenjivačkih vrednosti očeva izračunatih multivarijantnom analizom i modelom sa slučajnom regresijom

Analize	Godine starosti				
	2	3	4	5	6+
MUV MO × MUV MŽ	0,905**	0,834**	0,808**	0,832**	0,898**
MUV MO × RRM	0,518**	0,685**	0,671**	0,727**	0,811**
MUV MŽ × RRM	0,553**	0,867**	0,852**	0,873**	0,891**

MUV – multivarijantna analiza

MO – BLUP model oca

MŽ – BLUP model životinje

RRM – model sa slučajnom regresijom

## 5.6 Genetski trend

Sagledavanje rezultata genetskog trenda u određenom vremenskom intervalu je veoma korisno sredstvo kako za oblikovanje budućih odgajivačkih programa, odnosno odgajivačkih ciljeva i metoda za njihovo postizanje, tako i za sagledavanje efekta selekcije u posmatranom periodu. Postoji više načina za njegovo izračunavanje, a jedan od njih je na osnovu linearne regresije proseka oplemenjivačkih vrednosti po godinama rođenja. Genetski trend oplemenjivačkih vrednosti procenjen univarijantnom analizom modelom oca (UNI MO), modelom životinje (UNI MŽ) i modelom sa slučajnom regresijom (RRM) je prikazan u tabeli 56 i grafikonu 10. Iz tabele vidimo da godišnji genetski napredak procenjen modelom oca iznosi -0,088s/km, a tačnost modela iznosi 0,804. Modelom životinje se procenjuju još povoljniji rezultati genetskog trenda gde smanjenje vremena u trci iznosi 0,112 s/km, a tačnost modela iznosi 0,843. Najveći genetski trend je procenjen primenom modela sa slučajnom regresijom gde genetski napredak iznosi -0,281s/km, pri čemu je tačnost modela niža od univarijantnog modela životinje, a viša od univarijantnog modela oca i iznosi 0,821.

Tabela 56: Genetski trend za ostvareno vreme u trci izračunat univarijantnom analizom i modelom sa slučajnom regresijom

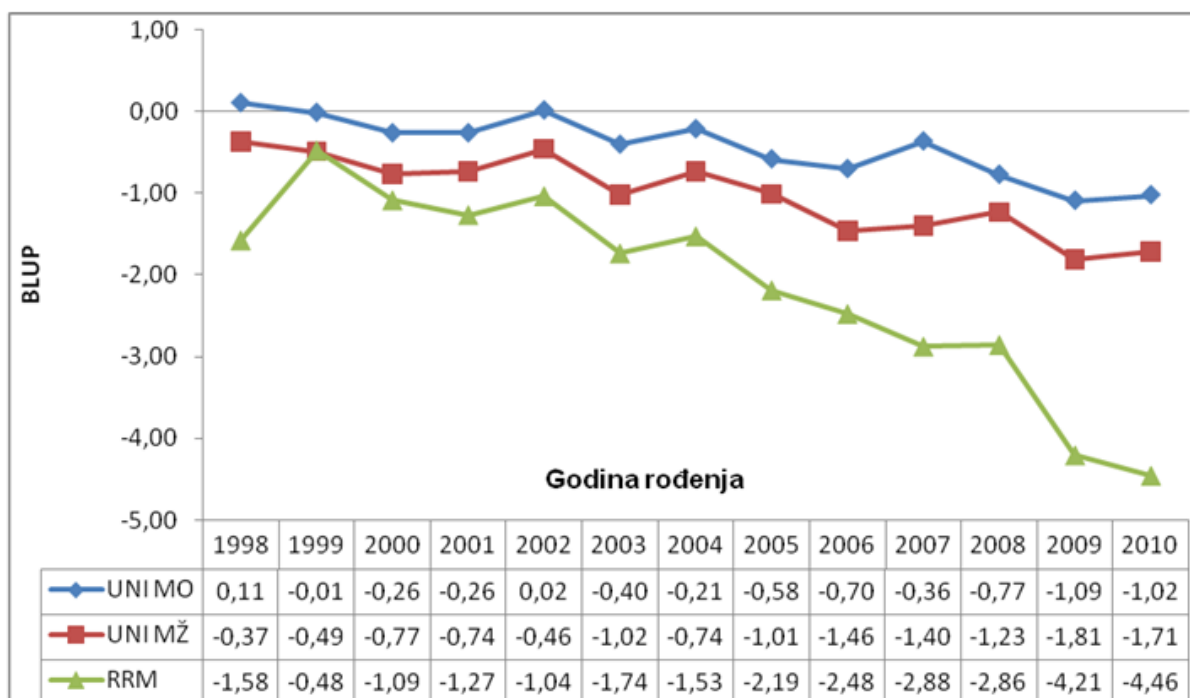
Metod	UNI MO		UNI MŽ		RRM	
	b	R <sup>2</sup>	b	R <sup>2</sup>	b	R <sup>2</sup>
Vreme u trci, s/km	-0,088	0,804	-0,112	0,843	-0,281	0,821

b – koeficijent regresije; R<sup>2</sup> – koeficijent determinacije

Prosečan godišnji napredak može se detaljnije sagledati na grafikonu 10. Modelom oca je u 1998. godini izračunato prosečno povećanje vremena u trci za 0,11s/km, dok je u 2010. izračunato smanjenje vremena za 1,02 s/km. Modelom životinje su u posmatranom perioda izračunate negativne prosečne oplemenjivačke vrednosti, pri čemu je u početnoj godini prosečno smanjenje vremena iznosilo 0,37 s/km, a u 2010. 1,71 s/km. Oplemenjivačka vrednost modelom sa slučajnom regresijom u početnoj godini je iznosila 1,50 s/km, dok na kraju posmatranog perioda iznosi čak 4,46 s/km. Ovim modelom su, osim u 1999. godini, procenjene najniže oplemenjivačke vrednosti. Nasuprot tome, modelom oca su u odnosu na model životinje i model sa slučajnom regresijom procenjene najviše prosečne oplemenjivačke vrednosti po godinama rođenja, odnosno modelom oca se procenjuje najmanje godišnje smanjenje vremena u trci tokom posmatranog perioda.



Grafikon 10: Genetski trend iz modela oca, modela životinje i modela sa slučajnom regresijom



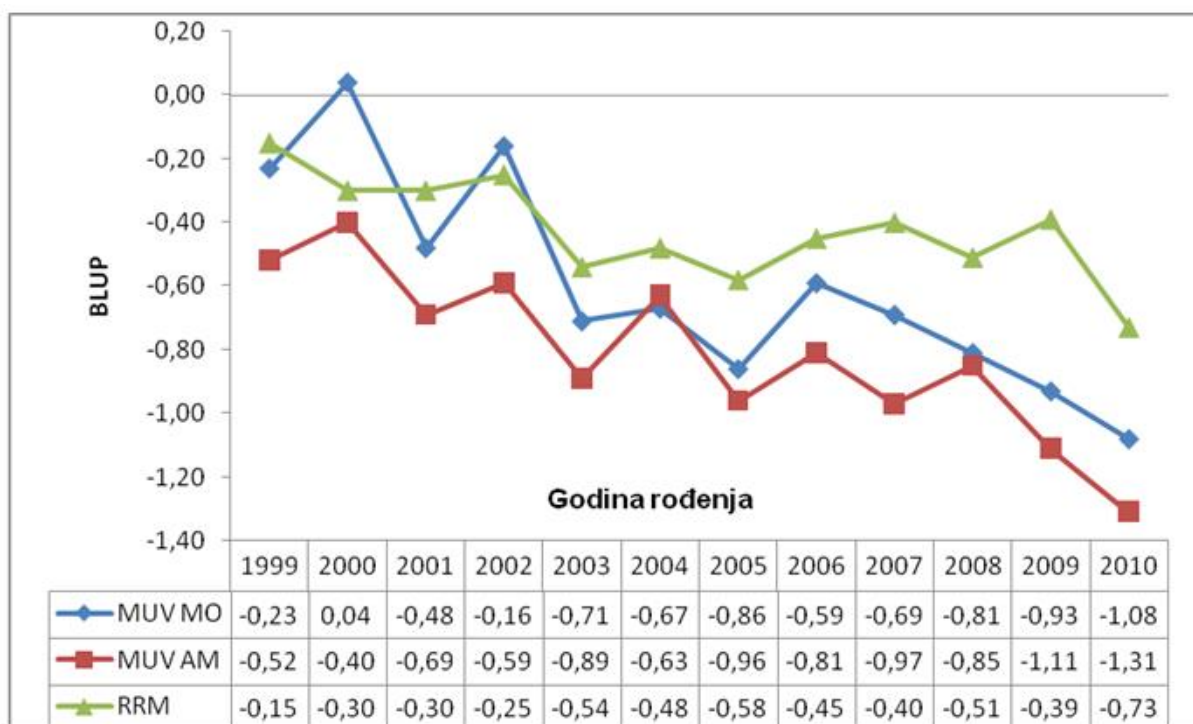
Genetski trend za ostvareno vreme u trci po godinama starosti je procenjen na osnovu oplemenjivačkih vrednosti izračunatih multivarijantnom analizom primenom modela oca (MUV MO) i modela životinje (MUV MŽ), kao i modelom sa slučajnom regresijom (RRM) (tabela 57). Za vreme u trci dvogodišnjaka najveći genetski trend u posmatranom periodu je procenjen modelom oca (-0,080 s/km), dok je modelom životinje procenjena nešto niža vrednost genetskog trenda (-0,063 s/km) ali veća tačnost modela (0,759). Najpovoljniji genetski napredak vremena u trci trogodišnjaka je procenjen modelom životinje (-0,073 s/km), gde je dobijena i najveća tačnost modela (0,621). Na osnovu vremena u trci četvorogodišnjaka najpovoljnija vrednost genetskog trenda je procenjena modelom oca (-0,051), a ovaj model je imao i najveću tačnost (0,430). Modelom sa slučajnom regresijom su dobijene i kod trogodišnjaka i četvorogodišnjaka najviše vrednosti koeficijenta regresije gde prosečno smanjenje vremena u trci iznosi 0,018 s/km. Kod vremena u trci petogodišnjaka genetski trend modelom oca iznosi -0,045 s/km, modelom životinje -0,074 s/km, a modelom sa slučajnom regresijom -0,082 s/km. Tačnost modela je bila najviša kod modela sa slučajnom regresijom (0,744), a najmanja kod modela oca (0,214).

Tabela 57: Genetski trend za ostvareno vreme u trci po godinama starosti izračunatih multivarijantnom analizom i modelom sa slučajnom regresijom

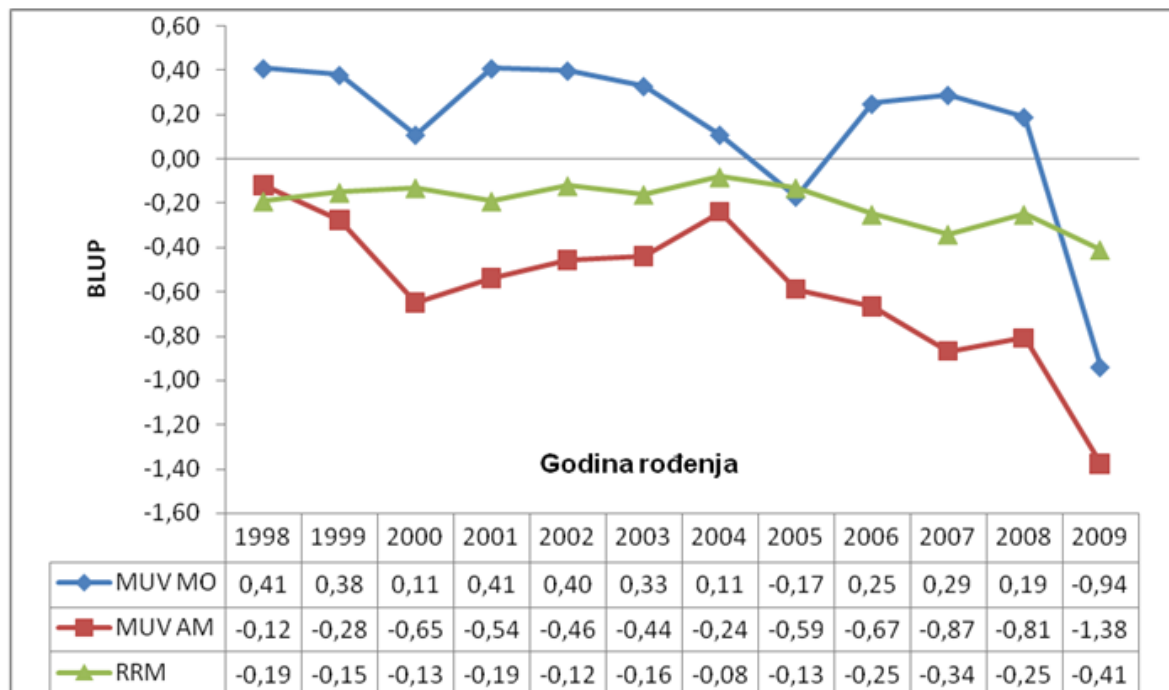
Vreme u trci, s/km/starosti	MUV MO		MUV MŽ		RRM	
	b	R <sup>2</sup>	b	R <sup>2</sup>	b	R <sup>2</sup>
2	-0,080	0,741	-0,063	0,759	-0,032	0,532
3	-0,063	0,353	-0,073	0,621	-0,018	0,435
4	-0,051	0,430	-0,048	0,277	-0,018	0,149
5	-0,045	0,214	-0,074	0,561	-0,082	0,744
6+	-0,284	0,443	-0,104	0,523	-0,174	0,792

Posmatrano po godinama rođenja najniže prosečne oplemenjivačke vrednosti su procenjene modelom životinje za vreme u trci dvogodišnjaka, trogodišnjaka, četvorogodišnjaka i petogodišnjaka (grafikon 11, 12, 13 i 14). Prosečna oplemenjivačka vrednost kod šest i više godina starih grla je bila najniža primenom modela oca (grafikon 15).

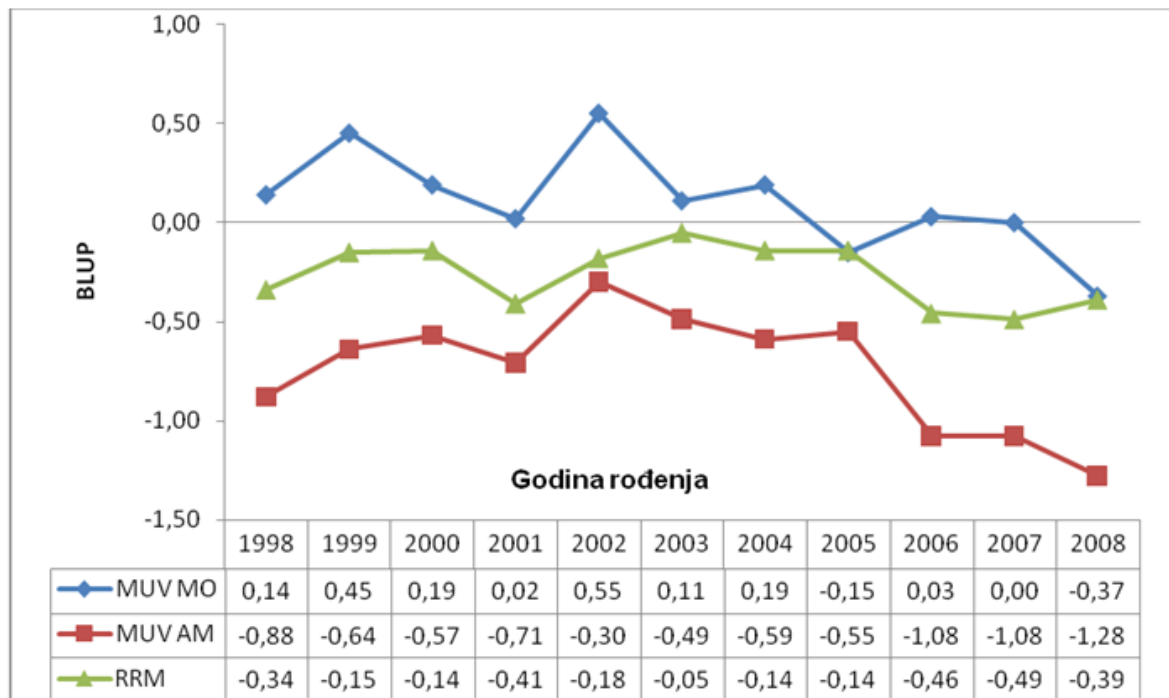
Grafikon 11: Genetski trend za vreme u trci dvogodišnjaka



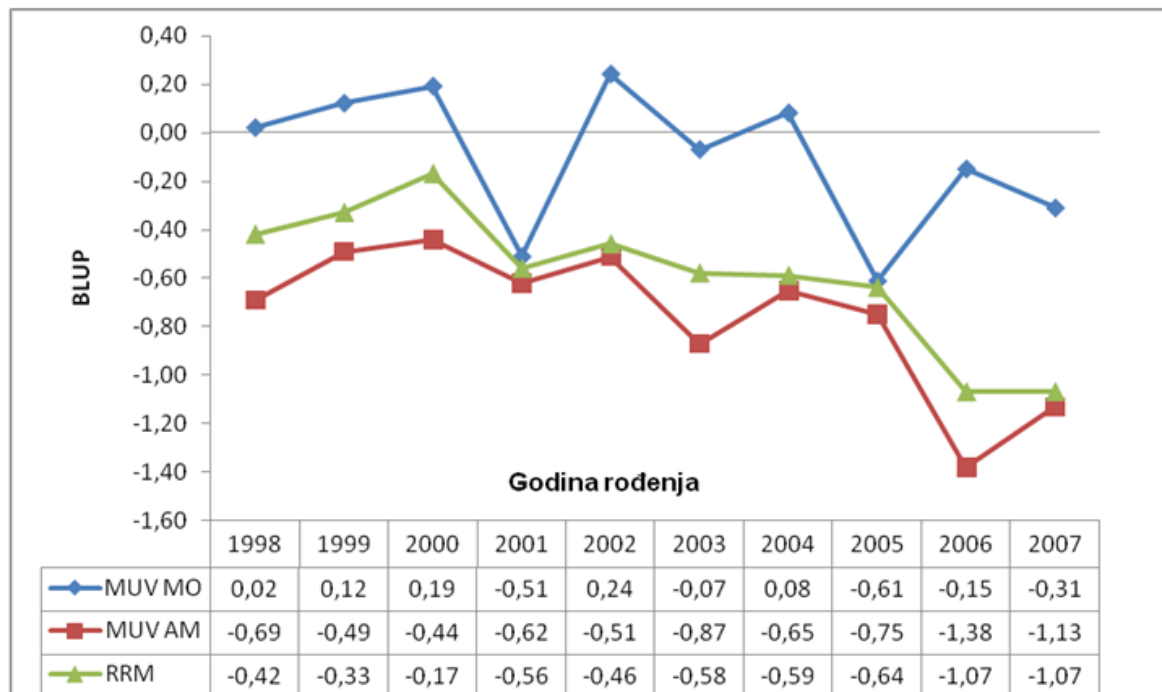
Grafikon 12: Genetski trend za vreme u tri trogodišnjaka



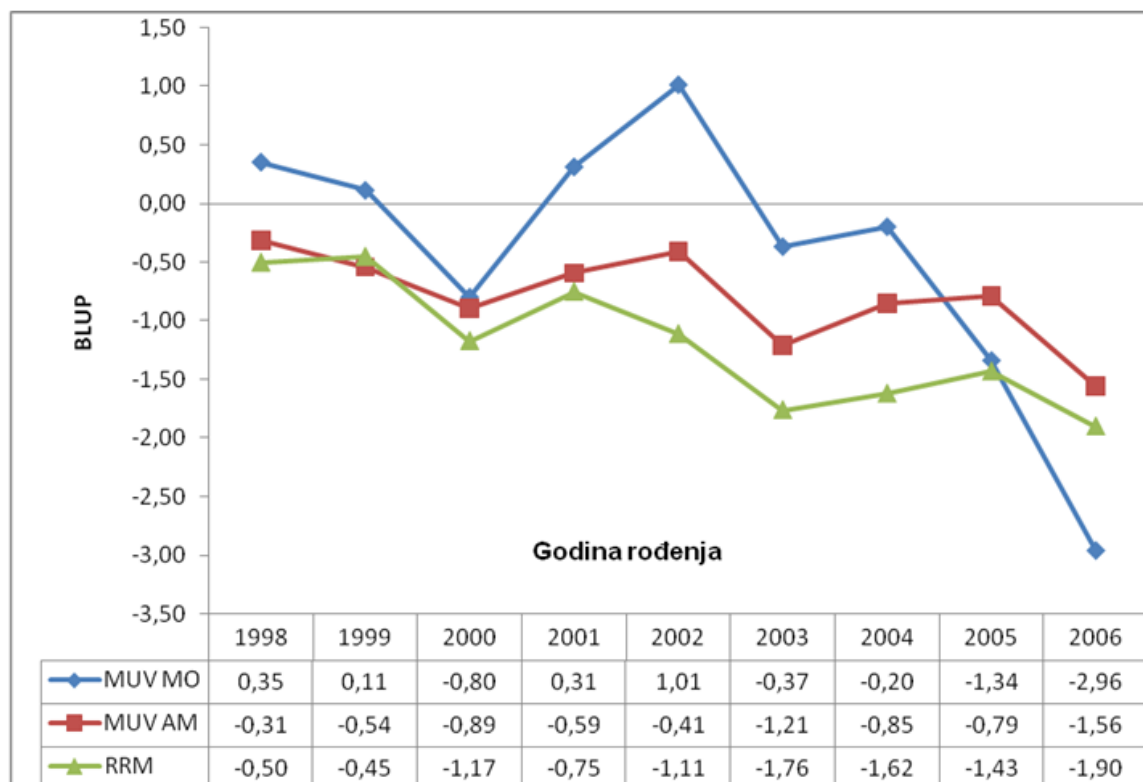
Grafikon 13: Genetski trend za vreme u tri četvorogodišnjaka



Grafikon 14: Genetski trend za vreme u trci petogodišnjaka



Grafikon 15: Genetski trend za vreme u trci šest i više godina starih grla



## 6. Diskusija

Kvantitativno genetska analiza kasača se najčešće bazira na tri mere trkačkih performansi: vremenu, zaradi i plasmanu na kraju trke. Istraživanja u ovoj disertaciji su sprovedena na vremenu u trci po kilometru jer je to jedina direktna mera brzine i kao takva predstavlja najbitniju varijablu za selekciju trkačkih konja. Cilj ovog istraživanja je bio da se utvrdi najpovoljniji model za ocenu genetskih parametara i procenu oplemenjivačkih vrednosti kasača u Srbiji, odnosno model koji bi dao najbolje rezultate kada bi bio primenjen u praksi. U tu svrhu podaci su analizirani sa ukupno pet modela (univarijantni model oca za ponovljena merenja i univarijantni model životinje za ponovljena merenja, multivarijantni model oca za ponovljena merenja, multivarijantni model životinje, te model životinje sa slučajnom regresijom), pri čemu su prvo izračunati fenotipski parametri za sva merenja i za merenja po godinama starosti.

**Fenotipski parametri** su standardni statistički parametri koji pružaju uvid u prosečne vrednosti i varijabilnost ispitivane osobine, a računaju se sa ciljem da se dobije opšti pregled podataka i stekne uvid u stanje ispitivane populacije, što je od velike važnosti prilikom definisanja odgajivačkih ciljeva. Posmatrajući rafikon 1 može se uočiti da su rezultati kasačkog derbija u Srbiji slabiji u odnosu na rezultate vodećih klasnih trka u Evropi, i to u proseku za 7,5 s/km. Na osnovu toga je i definisana prva stavka radne hipoteze gde se pretpostavilo da je brzina kasača u posmatranoj populaciji niža od moguće, odnosno od standarda rase. Ova pretpostavka je jednim delom potvrđena i poređenjem dobijenih rezultata iz tabele 12 sa istraživanjima *Rohe i sar.* (2001) koji su na podacima iz perioda od 1997. do 1999. godine izračunali da prosečno vreme u trci nemačkih kasača iznosi 79,89 s/km. Razlika u korist nemačkih kasača iznosi 4,24 s/km iz čega sledi da je brzina kasača u ispitivanoj populaciji manja u proseku za 2,3 km/h. Takođe, prema *European Trotting Statistics (UET, 2010)* postignuta vremena na evropskim hipodromima u periodu od 1985. do 2010. godine kretala su se u intervalu od 77,5 s/km do 71,7 s/km, što je znatno niže od prosečnog vremena u ispitivanoj populaciji. Sagledavanjem varijabilnosti podataka na osnovu izračunatih vrednosti standardne devijacije i koeficijenta varijacije može se zaključiti da je ona mala, ali veća u

odnosu na istraživanja *Rohe i sar.* (2001) koji su izračunali standardnu devijaciju  $\pm 2,25$  s/km i koeficijent varijacije 3%. Ovako mala varijabilnost podataka kod obe populacije je opravdana, pošto se pri selekciji trkačkih konja uzima u obzir fenotipska vrednost istrčanog vremena, pri čemu sporija grla, tj. grla koja nisu u rangu konkurencije, najčešće ostaju bez šanse za nastavak trkačke karijere.

Na osnovu izračunatih fenotipskih parametara vremena u trci po godinama starosti (tabela 13), može se uočiti smanjenje prosečnog vremena u trci sa povećanjem starosti. Najveće povećanje brzine se beleži od druge do treće godine, dok sa daljim povećanjem starosti brzina sporije raste. Do istih rezultata su došli i *Bugislaus i sar.* (2006), koji su prikazali prosečno vreme u trci nemačkih kasača kroz šest starosnih klasa. Razlika u ostvarenom prosečnom vremenu između grla iste starosti je u korist nemačkih kasača, a kretala se u intervalu od približno 5 s/km kod dvogodišnjaka do 1,5 s/km kod šest i više godina starih grla. Superiornost starijih grla u odnosu na mlađa su potvrdili brojni autori. *Langlois* (1983b) je za najbolje vreme u trci izračunao razliku od 5,7 s/km između dvogodišnjaka i šestogodišnjaka, te 3,4 s/km između trogodišnjaka i šestogodišnjaka. *Ojala* (1982), *Ojala i Hellman* (1987), i *Leroy i sar.* (1989) su na finskim kasačima izračunali da se najbolje vreme u trci smanjuje sa povećanjem starosti. *Langlois i Vrijenhoek* (2004) su kod francuskih kasača starih 2, 3, 4, 5 i 6 godina dobili vrednosti najboljeg vremena u trci 84,7 s/km, 83,2 s/km, 81,5 s/km, 80,5 s/km i 79,9 s/km. Na osnovu istraživanja *Physick-Sheard*-a (1986) sprovedenog na kanadskim kasačima ne može se zaključiti da se vreme u trci smanjuje sa povećanjem godina starosti. Autor je kod grla 2, 3, 4, 5 i 6 godina starosti izračunao 131,4, 132,9, 132,8, 134,3 i 131,8 sekundi po milji za prosečno vreme i 155,0, 154,0, 159,3, 125,0 i 124,7 sekundi po milji za najbolje vreme u trci.

Na osnovu izračunatih fenotipskih parametara i istraživanja drugih autora potvrđeno je da se prosečna vrednost posmatrane osobine u našoj populaciji nalazi na nižem nivou od mogućeg i da ima prostora za unapređenje. Međutim, posmatrajući varijabilnost ostvarenog vremena u trci izračunatu pomoću koeficijenta varijacije vidimo da ona nije velika, ali će se u nastavku diskusije ona i dalje razmatrati zajedno sa komponentama varijansi i genetskim parametrima jer varijabilnost predstavlja osnovni alat oplemenjivača za postizanje napretka. Treba imati u vidu da je brzina kasača rezultat kompleksne interakcije koja se sastoji od delovanja genetskih

i faktora okoline, te da posebnu pažnju treba posvetiti definisanju modela kojim bi se ukupna varijabilnost razdvojila na ove dve komponente. S tim u vezi, u nastavku diskusije će se govoriti o uticaju fiksnih faktora i izboru statističkog modela za kvantitativno genetsku analizu.

**Uticaj fiksnih faktora** pola, meseca rođenja, godine rođenja, sezone trke, godine trke, starosti, hipodroma, distance i načina starta je prvo ispitan postupkom jednofaktorske analize varijanse. Prema rezultatima prikazanim u tabeli 14 vidimo da svi ispitivani faktori imaju statistički visoko značajan uticaj na ostvareno vreme u trci ( $P < 0,01$ ), što je i bilo definisano u okviru druge pretpostavke radne hipoteze. Pored toga, rezultati regresione analize su pokazali da starost ima linearni regresijski uticaj na ostvareno vreme u trci (grafikon 3).

**Pol** je jedan od najčešće ispitivanih faktora u analizama trkačke performanse konja. U ovom istraživanju se pokazalo da su pastuvi superiorniji u odnosu na kobile u proseku za pola sekunde po kilometru. Prednost postuva nad kobilama su potvrdili brojni autori. *Langlois* (1983b) je izračunao razliku u korist muških grla za 0,4 s/km. *Leroy i sar.* (1989) su sprovedi istraživanje na belgijskim kasačima i dobili da su pastuvi bili brži od kobila i od kastrata, dok su kastrati bili brži od ženskih grla. *Čačić i sar.* (2007) navode da pastuvi u odnosu na kobile imaju statistički visoko značajno veću brzinu, što je posledica izlaganja pastuva intenzivnijim treninzima, kao i razlikau fiziološkim procesima u telu muških i ženskih grla, te dužine trkačke karijere koja je u pozitivnoj korelaciji sa ostvarenim rezultatima u trkama. Autori ističu da kobile i zbog reproduktivnih faktora ne mogu ostvariti intenzitet i dužinu trkačke karijere. *Langlois i Bloin* (2008) ukazuju na to da kobile imaju manje šanse od pastuva da učestvuju u trkama i da imaju manje startova naročito na početku karijere. Prednost pastuva se prema istraživanjima *Langlois* (1983b) smanjuje nakon 5. godine, a nestaje sa 7 godina starosti, što autor objašnjava primenom selekcije, odnosno da samo najbolja ženska grla nastavljaju da učestvuju u trkama. **Mesec rođenja** i njegov uticaj na trkačku performansu kasača je ređe ispitivan u odnosu na uticaj pola, međutim prema rezultatima ovog istraživanja on ne bi trebao da bude zanemaren prilikom definisanja statističkog modela. Iz tabele 16 vidimo da se najveći broj ždrebad i oždrebio tokom aprila meseca. U istraživanju *Saastamoinen i Ojala* (1991a) najveći broj grla je oždrebjen u maju i junu mesecu, oko 30% je rođeno pre 1.

maja, a samo 13% nakon 30. juna u populaciji američkog kasača, i 13 i 20% u populaciji finskog kasača. U našoj populaciji se pre 1. maja oždrebilo čak 58% grla, od toga 29% u aprilu, a nakon 30. juna približno 8% grla. Na osnovu prosečnih vrednosti po mesecu rođenja vidimo da su najbolje rezultate ostvarenog vremena u trci pokazala grla oždrebljena u maju mesecu, zatim grla oždrebljena u junu, dok su u proseku najlošiji rezultati zabeleženi kod grla rođenih u oktobru, septembru, novembru i januaru. Posmatranjem celokupne karijere, kao najpovoljnije vreme (mesec) za rađanje u istraživanju *Saastamoinen i Ojala* (1991a) se pokazao period od januara do maja za američkog kasača i od marta do juna za finskog kasača. *Langlois i Bloin* (1997a,b) su potvrdili ovo zapažanje i kod francuskih kasača. *Physick Sheard* (1986a) nije ustanovio statistički značajan uticaj meseca rođenja na trkačke performanse američkog kasača u Kanadi, ali se u ovom istraživanju pokazalo da grla oždrebljena u januaru imaju slabije rezultate u trkama. Bolji rezultati grla oždrebljenih u proleće mogu biti posledica bolje razvijenosti i ranijeg stasavanja i ulaska u trening. **Godina** se u modele za statističku obradu podataka može uključiti kao uticaj godine oždrebljenja ili uticaj godine trke. Ovaj uticaj se prema *Langlois* (1984) manifestuje pre svega kroz unapređenje treninga grla, opreme i kvaliteta staza. Pored toga, godina je bitna i zbog sagledavanja trendova u određenom vremenskom periodu. Posmatrajući prosečno vreme u trci po godinama trke uočava se negativna linija trenda, odnosno njegovo smanjenje (grafikon 4) koje u proseku iznosi pola sekunde godišnje. *Gomez i sar.* (2010a) su grafički prikazali prosečno vreme u trci, prosečno najbolje vreme, i najbolje vreme odnosno rekord po godinama trke u periodu od 1991. do 2007. Za sve tri varijable autori su izračunali povoljan trend odnosno njihovo smanjenje, s tim da su prve dve promenljive imale konstantan pad tokom posmatranog perioda, dok je najbolje vreme u trci variralo, odnosno u pojedinim godinama je bilo slabije u odnosu na prethodnu godinu. U odnosu na godinu rođenja najbolja, odnosno najmanja, prosečna vrednost ostvarenog vremena je izračunata kod grla oždrebljenih tokom 2006. godine i iznosila 83,11s/km, a najlošija odnosno najviša, kod grla oždrebljenih tokom 2010. godine 86,49 s/km (tabela 17). Trend po godinama rođenja će biti kasnije razmatran u sklopu rezultata dobijenih kvantitativno genetskim analizama gde je na osnovu proseka oplemenjivačkih vrednosti po godinama rođenja izračunat genetski trend. **Sezona trke**, odnosno njen uticaj na ostvareno vreme se manifestuje kroz vremenske uslove koji mogu da utiču na uslove staze. Pored toga, *Čaćić i Šimundža* (2012) ističu da su u odnosu na temperaturu vazduha, najbolja vremena



ostvarena na temperaturi od 20°C do 24°C, a najlošija na temperaturi od 0°C do 4°C. Prema rezultatima iz tabele 18 najkraće prosečno vreme je ostvareno u zimskoj sezoni koja je obuhvatala mesece novembar, decembar, januar i februar. Međutim, u ovoj sezoni je održan znatno manji broj trka u odnosu na ostatak godine, pa je samim tim standardna greška srednje vrednosti dosta veća. Poređenjem letnje (maj, jun, jul i avgust) sa sezonom proleće-jesen (mart, april, septembar i oktobar) vidimo da numerička razlika u ostvarenom prosečnom vremenu nije velika (0,14 s/km). **Starost** grla je veoma bitan izvor varijabilnosti za ostvarene rezultate u trkama i vrlo često se uključuje u modele za ocenu genetskih parametara i procenu oplemenjivačkih vrednosti. Fenotipske vrednosti mnogih osobina se menjaju sa starošću, na primer: telesna masa, dužina tela, proizvodnja mleka, proizvodnja jaja itd. Ovo je potvrđeno i kod kasača na različitim merama trkačke performanse (*Röningen*, 1975; *Katona i Osterkorn*, 1977; *Ojala*, 1982; *Langlois*, 1983b; *Physick-Sheard*, 1986; *Ojala i Hellman*, 1987; *Leroy i sar.*, 1989; *Langlois i Vrijenhoek*, 2004; *Bugislaus i sar.*, 2006). S tim u vezi treba istaći da pored toga što se starost u statističke modele može uključiti kao fiksni uticaj ona se može posmatrati i kao kovarijabla. Regresijski uticaj starosti na ostvareno vreme u trci je prikazan na grafikonu 5, gde možemo videti da se sa povećanjem starosti za po jednu godinu prosečno vreme u trci smanjivalo za po 1,5 s/km. Razlika u ostvarenom vremenu između prve i poslednje starosne grupe iznosi u proseku 6,23 s/km što je više u odnosu na istraživanja *Bugislaus i sar.* (2006), gde je ova razlika iznosila približno 3,5 s/km. **Hipodrom** i njegov uticaj na brzinu odnosno ostvareno vreme u trci se najčešće posmatra kroz uslove trkačke staze. Uslovi na stazi podrazumevaju vrstu podloge, oblik krivina, ujednačenost i dužinu pravih linija, pa se svi hipodromi na osnovu ovog kriterijuma prema *Hintz i Van Vleck* (1978) mogu podeliti na: brze, spore, dobre, teške, mokre i blatnjave. Prema rezultatima iz tabele 20 najbolje ostvareno prosečno vreme na domaćim hipodromima je iznosilo 82,76 s/km, a najlošije 92,36 s/km. Na hipodromima u inostranstvu su postignuta znatno bolja prosečna vremena što jednim delom potvrđuje činjenicu na koju su ukazali *Thiruvankadan i sar.* (2009), da je bitna i reputacija hipodroma, jer atraktivne staze privlače poseban kvalitet konja. Pored toga što se najčešće samo naša najbolja grla trkaju u inostranstvu, ne sme se zanemariti činjenica da su na ovim hipodromima znatno bolji uslovi na stazi u odnosu na uslove na našim hipodromima. **Distanca**, odnosno dužina staze u trci ima uticaj na ostvareno vreme, što je prema *Thiruvankadan i sar.* (2009) naročito uočljivo u državama koje imaju širok spektar trka

na različitim dužinama. Prema rezultatima iz abele 21 najmanje prosečno vreme je ostvareno na dugim distancama, međutim ovaj podatak treba posmatrati sa rezervom, s obzirom na to da ova klasa ima mnogo manji broj ponavljanja, pa samim tim i izračunatu najveću standardnu grešku. Pored toga, na ovim distancama se trkaju starija grla koja, kao što je već rečeno, postižu bolje rezultate u trkama. Poređenjem prosečnih vrednosti ostvarenog vremena u trci na kratkim (1.600-1.999 m) i srednje dugim (2.000-2.499 m) distancama vidimo da su bolja vremena postignuta na kratkim distancama, i to za 0,66 s/km. Ovi rezultati nisu u saglasnosti sa rezultatima istraživanja *Gomez i sar.* (2010) koji su u populaciji španskih kasača izračunali najbolje vreme na kratkim distancama (<2.000m), a na srednje dugim (2.000-2.200 m) i dugim distancama (>2.200 m) su dobijene slične vrednosti prosečne brzine. *Čačić i Šimundža* (2012) su takođe pronašli u literaturi da su najbolja vremena istrčana na kraćim distancama (1.900 m i manje). ***Način starta*** u kasačkim trkama može biti iz gume, leteći i pomoću automobila odnosno autostart. Na osnovu rezultata iz tabele 22 vidimo da su autostartom u proseku postignuta bolja vremena za skoro 2 s/km u odnosu na leteći start, i za 6,6 s/km u odnosu na start iz gume. *Thiruvenkadan i sar.* (2009) navode da vrsta starta ima uticaj na najbolje vreme u trci, a da je vreme pri autostartu bolje približno za 1 s/km u odnosu na ostale vrste. Znatno bolja istrčana vremena ostvarena u trkama sa letećim i autostartom su u literaturi pronašli *Čačić i Šimundža* (2012).

Iz svega prethodno navedenog vidimo da je trkačka sposobnost kasača uslovljena delovanjem velikog broja sistematskih faktora. Prilikom izračunavanja genetskih parametara i oplemenjivačkih vrednosti treba koristiti sve raspoložive informacije o grlima i merenjima, te na osnovu njih determinisati što veći broj izvora varijabilnosti posmatrane promenljive kako bi se dobili što tačniji rezultati. Veliki broj ovih izvora je već definisan i prikazan u brojnim istraživanjima, međutim svaka populacija zahteva konstruisanje sopstvenog statističkog modela za kvantitativnu genetsku analizu, a prethodna istraživanja mogu biti dobra polazna osnova za njegovo definisanje.

***Izbor fiksnog dela modela*** odnosno definisanje fiksnih faktora koji će biti uključeni u modele za ocenu komponenti varijansi i genetskih parametara, te procenu oplemenjivačkih vrednosti, prikazan je u tabelama od 23 do 32. Ukupno je ispitano 10 modela gde su fiksni uticaji u

modelu kombinovani na različite načine, a na osnovu visine koeficijenta determinacije je odabran najbolji model. Pošlo se od najprostijeg modela koji je obuhvatao uticaje pola, meseca rođenja i godine rođenja, međutim, procenat objašnjene varijabilnosti ovim modelom je bio ispod 10%. Uključivanjem u model godine i sezone trke koeficijent determinacije je porastao, a procenat objašnjene varijacije je iznosio oko 27%. Starost je zajedno sa polom, interakcijom godine i meseca rođenja i interakcijom godine i sezone trke ispitana kao fiksni uticaj i kao kovarijabla, gde je objašnjeni deo varijabilnosti zavisne promenljive porastao u oba slučaja na oko 30%, s tim da je bio nešto niži kada je uticaj starosti bio uključen kao kovarijabla. Veće povećanje koeficijenta determinacije je dobijeno dodavanjem hipodroma u model, a dodatno se povećao posmatranjem hipodroma u interakciji sa sezonom i godinom trke kao indirektna mere uticaja uslova na stazi. Dalje su u model dodati distanca i način starta, gde je procenat objašnjene varijabilnosti iznosio 57%. Ova dva faktora su u poslednjem modelu posmatrani kao interakcija, jer se vrsta starta može primenjivati u zavisnosti od dužine trke, a dobijeni koeficijent determinacije se neznatno povećao. U svim ispitanim modelima faktori su pokazali statistički visoko značajan uticaj na posmatranu varijablu ( $P < 0,01$ ). Slične modele za ocenu genetskih parametara i procenu oplemenjivačkih vrednosti su koristili i drugi autori. U svom istraživanju *Suontama* (2012) je u model za genetsku analizu trkačke performanse finskih i američkih kasača uključio kao fiksne faktore pol, starost, interakciju načina starta sa startnom stazom i startnom grupom, dužinu staze, hipodrom, sezonu i godinu trke. Sličan model u pogledu fiksnih faktora primenili su *Gomez i sar.* (2010a), s tim da su oni starost posmatrali u interakciji sa trkačkim iskustvom, zatim godinu i sezonu trke, te hipodrom kao interakciju i distancu kao kovarijablu. Slučajni uticaj u ovom modelu su pored grla i stalnih uticaja okoline usled ponovljenih merenja bili interakcija trenera i vozača, a objašnjeni procenat varijacije po ovom modelu je iznosio 89%. Uticaj vozača su ispitivali i drugi autori, s tim da je u pojedinim istraživanjima bio uključen kao fiksni uticaj (*Bugislaus i sar.*, 2005, 2006; *Rohe i sar.*, 2001; *Thuneberg-Selonen i sar.*, 1999), a u nekim kao slučajni (*Gomez i sar.*, 2010; *Bokor i sar.*, 2007). Sigurno da bi u nekom od narednih istraživanja trebalo razmotriti uticaj trenera i vozača i u našoj populaciji, jer bi se na taj način koeficijent determinacije povećao što je jednim delom potvrđeno u istraživanjima *Gomez i sar.* (2010a). *Suontamma i sar.* (2012) takođe ističu značaj uticaja vozača i trenera na trkačke performanse kasača. Međutim, autori napominju da je uticaj vozača povezan sa uticajem životinje jer

najbolji vozači teže da voze najbolje konje. U istraživanju *Thuneberg-Selonen i sar.* (1999) uticaj vozača je u model uključen kao fiksni, tako što su vozači podeljeni u klase prema iskustvu, odnosno, prema broju startova.

Sedamdesetih i osamdesetih godina prošlog veka istraživači su zbog skromne memorije računara bili ograničeni veličinom uzorka i brojem varijabli u modelu, pa su u istraživanjima trkačke performanse kasača modeli uglavnom sadržali jedan slučajni uticaj (uticaj oca ili životinje), i mali broj fiksnih faktora (najčešće su to bili starost i pol grla). Danas je zahvaljujući računarima sa velikom memorijom moguće razvijati složene modele sa velikim brojem faktora koji mogu biti kombinovani na različite načine, što je veoma značajno sa aspekta povećanja tačnosti rezultata.

**Genetska analiza** u kvantitativnoj genetici podrazumeva ocenu genetskih parametara i procenu oplemenjivačkih vrednosti na osnovu rezultata merenja neke osobine i najčešće se sprovodi primenom linearnih mešovitih modela. Danas je u okviru softvera specijalizovanih za kvantitativno genetske analize dostupan veliki broj različitih metodologija zasnovanih na mešovitim modelima. U ovom istraživanju podaci su analizirani pomoću tri metode: univarijantnog modela sa ponovljenim merenjima, multivarijantnog modela sa ponovljenim merenjima i modela sa slučajnom regresijom. Fiksni deo mešovitog modela u svim primenjenim analizama je sadržao uticaje pola, interakciju mesec rođenja×godina rođenja, starosti, interakciju godina trke×sezona trke×hipodrom, interakciju distanca×način starta. U modelu sa slučajnom regresijom uticaj starosti je posmatran i kao kovarijabla. Slučajni uticaj su bili aditivni uticaji životinje u modelu životinje, odnosno uticaj oca u modelu oca i, s obzirom na to da se radi o ponovljenim merenjima vremena u tri kao dodatni slučajni uticaj u oba modela su uključeni stalni uticaji okoline zajednički za sva merenja na istoj životinji. Primena odgovarajućih statističkih procedura za ocenu i izbor adekvatnog modela je važno pitanje u oplemenjivanju životinja. Treća stavka radne hipoteze, pretpostavlja da postoji razlika u tačnosti rezultata (oceni komponenti varijansi, genetskih parametara, te proceni oplemenjivačkih vrednosti) dobijenih različitim kvantitativno genetskim analizama. S tim u vezi je na osnovu vrednosti informacionih kriterijuma u okviru prve dve analize izvršeno

poređenje tačnosti modela oca i modela životinje, a u okviru modela sa slučajnom regresijom je izabran najbolji model za ocenu genetskih parametara i procenu oplemenjivačkih vrednosti.

**Tačnost modela** se u istraživanjima iz oblasti oplemenjivanja životinja koja se baziraju na mešovitim modelima sve češće posmatra na osnovu visine informacionih kriterijuma. U tu svrhu se koriste Akaike informacioni kriterijum – AIC (*Akaike*, 1973), koji može biti i korigovan – AICC, te Bajesov informacioni kriterijum – BIC (*Schwarz*, 1978). U ovoj disertaciji je na osnovu visine AICC i BIC vrednosti izvršeno poređenje modela oca i modela životinje u okviru uni- i multi-varijantne analize sa ponovljenim merenjima kao i izbor najboljeg modela za ocenu genetskih parametara i oplemenjivačkih vrednosti u okviru modela sa slučajnom regresijom. Utvrđeno je da se modelom životinje dobijaju niže vrednosti informacionih kriterijuma što ukazuje na veću tačnost ovog modela u odnosu na model oca. *Mohammadi i Alijani* (2014) su izvršili poređenje modela oca i modela životinje sa slučajnom regresijom za ocenu komponenti varijansi i genetskih parametara u populaciji mlečnih goveda i na osnovu AIC i BIC vrednosti zaključili da je model sa slučajnom regresijom životinje bolji za analiziranje proizvodnih osobina goveda holštajn rase u Irskoj. Veću tačnost modela životinje u odnosu na model oca potvrdili su i mnogi drugi autori, ali o dobijenim rezultatima biće više reči u nastavku diskusije gde se budu razmatrali rezultati izračunatih genetskih parametara kao pouzdanosti i tačnosti procena oplemenjivačkih vrednosti dobijenih različitim analizama.

Na osnovu rezultata iz tabele 46 vidimo da je najveća tačnost u okviru modela sa slučajnom regresijom izračunata za model sa heterogenom varijansom ostatka i 2. nivoom Ležandrovih polinoma za slučajne uticaje u modelu. Ovaj model je tačniji i u odnosu na ostale primenjene modele u okviru uni- i multi-varijantne analize jer je njime izračunata znatno niža AICC i BIC vrednost. Izbor modela za ocenu genetskih parametara i oplemenjivačkih vrednosti kasača na osnovu visine AIC vrednosti i prirodnog logaritma verovatnoće su vršili *Bugislaus i sar.* (2006) koji su ispitivali 7 modela sa slučajnom regresijom. Oni su za najbolji model izabrali onaj koji ima najveću verovatnoću, a najmanju vrednost informacionog kriterijuma. *Buxadera i Mota* (2008) su izbor modela za ocenu komponenti varijansi vremena u tri engleskog punokrvnjaka vršili na osnovu AIC i BIC vrednosti pri čemu su međusobno poredili sedam

modela od kojih je šest bilo sa slučajnom regresijom i jedan standardni model ponovljivosti. Najbolji model je bio model sa slučajnom regresijom u okviru kojeg su procenjena 22 parametra, a slučajni uticaji u modelu su bili postavljeni sa 3. nivoom Ležandrovih polinoma.

*Trivunović* (2006) ukazuje na nekoliko bitnih momenata u vezi sa tačnošću modela. Autorka ističe da se tačnijim modelom smatra onaj koji uvažava više statistički značajnih uticaja, odnosno gde je koeficijent determinacije veći. Zatim, da su tačniji modeli koji uzimaju u obzir sve srodničke veze životinje i modeli koji uključuju pedigreea složenije strukture, tj. sa više geneacija poznatih predaka. Veća tačnost modela doprinosi dobijanju tačnijih ocena komponenti varijansi, što predstavlja primarni cilj u istraživanjima zasnovanim na principima kvantitativne genetike zbog toga što ove komponente dalje služe za izračunavanje genetskih parametara i oplemenjivačkih vrednosti.

**Genetski parametri** su izračunati iz komponenti varijansi dobijenih metodom ograničene maksimalne verovatnoće. Ova metoda je danas najzastupljenija metoda za ocenu komponenti varijansi i može se reći da je u potpunosti potisnula primenu ANOVA i ML metode. Utvrđivanje komponenti varijansi predstavlja veoma važno pitanje u kvantitativno genetskim analizama jer pored toga što se koriste za izračunavanje genetskih parametara one se koriste i za procenu oplemenjivačkih vrednosti. Da bi se sagledala zavisnost dobijenih rezultata od primenjenog modela (modela oca, odnosno modela životinje) izračunate vrednosti komponenti varijansi i genetskih parametara će se prvo tumačiti po analizama, a na kraju će se izvršiti poređenje između analiza tamo gde je to moguće.

U okviru **univarijantne analize** sa ponovljenim merenjima fenotipska varijansa izračunata modelom oca je nešto niža u odnosu na izračunatu vrednost ove varijanse modelom životinje. Znatno viša vrednost varijanse ostatka je dobijena modelom oca, dok je modelom životinje izračunata viša vrednost varijanse aditivnih genetskih uticaja i stalnih uticaja okoline. Niža vrednost varijanse ostatka dobijena modelom životinje ukazuje na veću tačnost ovog modela. Aditivna genetska varijansa za vreme na kraju trke u istraživanjima *Thuneberg-Selonen i sar.* (1999) je iznosila 5,00, varijansa stalnih uticaja okoline 9,70, dok je varijansa ostatka iznosila 8,85 kod finskih kasača. Autori su u istom istraživanju izračunali znatno niže vrednosti

komponenti varijansi kod američkog kasača gde je aditivna genetska varijansa iznosila 1,93, varijansa stalnih uticaja okoline 2,03 i varijansa ostatka 3,31. Proporcionalno gledano u odnosu na ukupnu fenotipsku varijansu, varijabilnost usled aditivnih genetskih uticaja je najmanja (21% kod finskog kasača i 27% kod američkog), dok je kod finskog kasača najveća usled stalnih uticaja okoline (41%), a kod američkog usled neobjašnjenih efekata, odnosno varijanse ostatka (46%). U našim istraživanjima najveći udeo u ukupnoj fenotipskoj varijansi primenom modela oca imala je varijansa ostatka (52%), a primenom modela životinje varijansa aditivnih genetskih uticaja (55%). Bez obzira na primenjeni model (model oca ili model životinje) izračunate vrednosti aditivne genetske varijanse su imale veći udeo u ukupnoj varijansi u odnosu na istraživanja *Thuneberg-Selonen i sar.* (1999) što se može objasniti primenjenim modelom, odnosno faktorima uključenim u analizu gde su autori u istraživanju na finskim i američkim kasačima pored pola, starosti i načina starta u kombinaciji sa startnom pozicijom uključili i fiksni uticaj vozača i trke. Sa druge strane, visoka varijansa usled aditivnih uticaja u našoj populaciji je očekivana, s obzirom na to da se planska selekcija, odnosno organizovan selekcijski rad na unapređenju brzine kasača nije sprovodio. Ocene komponenti varijansi usled aditivnih genetskih uticaja, stalnih i nekontrolisanih uticaja okoline izračunali su i *Suontama i sar.* (2012) takođe na osnovu rezultata iz trka finskih i američkih kasača. Rezultati do kojih su došli autori su u saglasnosti sa rezultatima *Thuneberg-Selonen i sar.* (1999). Oni su izračunali znatno više vrednosti komponenti varijansi za vreme u tri finskog kasača u odnosu na vreme američkog kasača, a proporcionalno gledano varijansa stalnih uticaja okoline je zauzimala najveći udeo (44%) kod finskog kasača i varijansa nekontrolisanih uticaja okoline kod američkog kasača (41%).

Visina genetskih parametara, koeficijenta heritabilnosti i ponovljivosti kao i standardna greška ovih ocena se takođe razlikovala u zavisnosti od primenjenog modela. U oba slučaja koeficijenti su bili visoki, međutim nešto veća heritabilnost i ponovljivost je izračunata modelom životinje, dok je standardna greška ocena bila niža u odnosu na model oca. Niža standardna greška takođe ukazuje na veću preciznost modela životinje. Rezultati ocene koeficijenata naslednosti i ponovljivosti do kojih su došli drugi autori su u većini istraživanja bili niži od rezultata izračunatih u ovoj disertaciji i kretali su se od 0,02 do 0,34 za koeficijent

heritabilnosti i od 0,20 do 0,77 za koeficijent ponovljivosti (Suontama, 2012; Gomez i sar., 2010a; Bugislaus i sar., 2005; Rohe i sar., 2001; Thuneberg-Selonen i sar., 1999).

Pored standardnih trka u kasačkom sportu se održavaju i tzv. klasne trke, u kojima se trkaju konji koji pripadaju određenoj starosnoj dobi, npr. prvenstvo za dvogoce, trogoce ili starije konje, a trka života za kasače je *Derby* koju trče konji stari 4 godine. S tim u vezi, komponente varijansi, genetske parametre i oplemenjivačke vrednosti možemo računati i za vreme u trci u određenoj starosti. U tom slučaju vreme u trci u određenoj godini starosti se posmatra kao posebna osobina pa se pored standardnog modela ponovljivosti za jednu osobinu može primeniti i **model za više osobina**.

U okviru multivarijantne analize sa ponovljenim merenjima, ocene aditivne komponente varijansi su bile više pri primeni modela životinje u odnosu na model oca. Ocene varijanse stalnih uticaja okoline su takođe bile više kod primene modela životinje, osim u poslednjoj starosnoj grupi gde je izračunata vrednost ove varijanse bila viša kod modela oca. Varijansa ostatka je kod svih starosnih grupa bila viša kod modela oca, što ukazuje na manju tačnost ovog modela u odnosu na model životinje. Proporcionalno gledano, udeo aditivne genetske varijanse u ukupnoj fenotipskoj varijansi je kod modela životinje dominirao u svim starosnim grupama, dok je u modelu oca u prve tri starosne grupe dominirao udeo varijanse ostatka, a u poslednje dve udeo aditivne varijanse. Bez obzira na primenjeni model, sve vrednosti aditivnih i kovarijansi ostatka su bile pozitivne, dok su negativne kovarijanse izračunate kod stalnih uticaja okoline između vremena u trci dvogodišnjaka i vremena u trci četvorogodišnjaka, petogodišnjaka i šest i više godina starih grla, te između trogodišnjaka i šest i više godina starih grla.

Ocene heritabilnosti po godinama starosti bile su visoke kod modela životinje (od 0,419 za vreme u trci kod trogodišnjaka do 0,610 kod šest i više godina starih konja) i srednje visoke do visoke kod modela oca (od 0,382 za vreme u trci kod četvorogodišnjaka do 0,500 kod šest i više godina starih konja). Koeficijent ponovljivosti je bio visok kod oba modela i povećavao se sa starošću. Kod modela životinje se kretao u intervalu od 0,561 do 0,791, a kod modela oca od 0,438 do 0,744. U oba modela koeficijenti heritabilnosti i ponovljivosti su najviši u



poslednjoj starosnoj grupi gde je udeo varijanse ostatka najmanji što se može protumačiti da kod starijih grla efekat faktora okoline manje dolazi do izražaja nego kod mlađih grla, npr., kao posledica veće utreniranosti starijih grla. Tačnost dobijenih ocena izražena preko standardne greške ocene koeficijenta naslednosti je kod svih starosnih grupa kao i u univarijantnoj analizi veća modelom životinje u odnosu na model oca.

U okviru **modela sa slučajnom regresijom**, ocenjena vrednost aditivne komponente varijanse se kretala od 5,166 kod četvorogodišnjaka do 6,757 kod dvogodišnjaka i u odnosu na ostale komponente (varijansu ostatka i varijansu stalnih uticaja okoline) je dominirala u svim starosnim grupama. Ocene heritabilnosti su se kretala od 0,447 kod trogodišnjaka do 0,594 kod šest i više godina starih grla i kao i u multivarijantnoj analizi najveća vrednost ocene je bila u poslednjoj starosnoj grupi. Slično istraživanje su sprovedili *Bugislaus i sar.* (2006) na nemačkim kasačima pri čemu su autori izračunali znatno niže vrednosti heritabilnosti (od 0,01 kod dvogodišnjaka do 0,18 kod četvorogodišnjaka).

Poređenjem izračunatih vrednosti genetskih parametara multivarijantnim modelom i modelom sa slučajnom regresijom može se zaključiti da su modelom sa slučajnom regresijom dobijene više vrednosti heritabilnosti u odnosu na multivarijantni model oca, a u odnosu na model životinje vrednosti heritabilnosti su niže osim za vreme u trci kod dvogodišnjaka. U sva tri modela genetska povezanost vremena u trci u različitim starosnim grupama je bila pozitivna i jaka, dok su vrednosti fenotipskih korelacija bile pozitivne i srednje visoke. Tačnost posmatrana preko visine standardne greške ocene je u skoro svim starosnim grupama bila najveća multivarijantnim modelom životinje, osim kod dvogodišnjaka gde je najmanja standardna greška ocene bila kod modela sa slučajnom regresijom. Poređenje multivarijantnog modela sa modelom sa slučajnom regresijom prikazali su i *Bignardi i sar.* (2011). Oni su na podacima o dnevnoj količini mleka kod krava izračunali nižu heritabilnost primenom modela za više osobina što su objasnili višom varjansom usled povremenih efekata okoline, a nižom aditivnom genetskom varijansom. Model sa slučajnom regresijom su razvili *Henderson* (1982) i *Laird i Ware* (1982). *Schaeffer i Dekkers* (1994) su prvi koji su predložili njegovo korišćenje za genetsku procenu muznih krava, koristeći podatke o dnevnom količinama mleka. Od tada se njegova upotreba u kvantitativnoj genetici životinja

znatno povećala, šireći se i na druge osobine, kao što su proizvodnja vune, kvalitet i proizvodnja sperme (Schaeffer, 2004), i na različite vrste: živina (Anang i sar., 2000; Grossi sar., 2009), bufalo (Bredai sar., 2010; Hurtado-Lugoi sar., 2009), koze (Buxadera i sar., 2010; Zumbachi sar., 2008a), ovce (Kariuki i sar., 2010; Molinai sar., 2007), ribe (Rutteni sar., 2005), svinje (Culbertsoni sar., 1998; Zumbachi sar., 2008b), goveda (Robbinsi sar., 2005.; Rosoi sar., 2005). Prvi koji su primenili ovu metodologiju kod konja su Bugislaus i sar. (2002) kod engleskih i nemačkih trkačkih konja.

U ovom istraživanju različitim metodama izračunata je srednja do visoka vrednost heritabilnosti koja se može tumačiti na više načina, ali pre svega ona ukazuje na postojanje genetske varijabilnosti u ispitivanoj populaciji za dato svojstvo. Visoka aditivna genetska varijabilnost je prisutna u heterogenim populacijama ukoliko grla vode poreklo od više različitih genotipova. U Srbiji se vrši uvoz sportskih i priplodnih grla, i prema zemlji porekla u ispitivanoj populaciji koja broji 1.181 grlo oko 80% je poreklom iz Srbije, a ostalih 20% su najvećim delom grla poreklom iz Italije, Mađarske i Nemačke i nešto manji broj grla se uvozi iz Austrije, Francuske, Danske, Slovenije, Holandije i Amerike. Međutim, da bi se o ovome moglo nešto više govoriti potrebno je izvršiti detaljnu analizu strukture populacije koja bi se odnosila na celokupan pedigree fajl (4.891 grlo), jer pojedina grla koja su oždrebljena u Srbiji potiču od roditelja iz uvoza. Zatim, aditivna genetska varijabilnost može biti visoka ako se u priplodu koristi veliki broj pastuva. Prema podacima iz pedigree fajla (tabela 9) ukupan broj očeva u ovoj populaciji je 791, a broj očeva sa potomcima u podacima je 246. Takođe, s obzirom na to da se u analizama koristio i model životinje, ne treba zanemariti uticaj majke kojih je ukupno 1.919, a sa potomcima u podacima 699. Modelom životinje se uvek dobijaju veće vrednosti heritabilnosti u odnosu na model oca upravo zbog većeg obima informacija o srodničkim vezama dostupnih iz potpunijeg pedigree fajla. Heritabilnost može biti visoka i ako je mala varijabilnost usled delovanja faktora spoljne sredine. U tom slučaju se varijabilnost koja se javlja na nivou fenotipa pripisuje genetskim razlikama. S druge strane, ako bi model sadržao manji broj sistematskih faktora okoline, dobile bi se još veće vrednosti heritabilnosti. Ovo posebno treba imati u vidu kada se porede vrednosti heritabilnosti sa rezultatima istraživanja drugih autora, pogotovo iz ranijih perioda kada je najčešće u obzir uziman manji broj fiksnih uticaja. U svakom slučaju visoka heritabilnost je poželjna sa aspekta efekta

selekcije, jer ako tumačimo heritabilnost kao koeficijent koji ukazuje na sposobnost populacije da reaguje na selekciju i njen potencijal da napreduje, onda možemo reći da bi u ispitivanoj populaciji direktna selekcija na osnovu vremena u trci bila efikasna.

**Procena oplemenjivačke vrednosti** je izvršena BLUP modelom oca i modelom životinje u okviru uni- i multi-varijantne analize sa ponovljenim merenjima kao i modelom sa slučajnom regresijom. BLUP model oca podrazumeva da se samo očevi procenjuju na osnovu rezultata merenja njihovih potomaka. Prve primene BLUP-a za procenu oplemenjivačkih vrednosti se zasnivaju upravo na ovom modelu i to kod mlečnih goveda. Prednost modela oca se ogleda u manjem broju jednačina u odnosu na model životinje, međutim veliki nedostatak je to što se ovim modelom ne uvažavaju genetske zasluge majki pa se dobijene ocene mogu smatrati pristrasnim. Nasuprot tome, model životinje uključuje sve poznate srodničke veze dostupne iz pedigreea životinje što znatno povećava preciznost dobijenih rezultata. Poslednjih nekoliko godina BLUP model životinje se najčešće koristi za procenu oplemenjivačke vrednosti kasača (Árnason, 1999; Bugislaus i sar., 2005; Langlois i Vrijenhoek, 2004; Langlois i Blouin, 2006). Analiza u okviru koje će se pomenuti modeli koristiti zavisi od vrste podataka i od broja osobina koje posmatramo. Podaci prikupljeni ponovljenim merenjima osobine na istoj individui pri čemu se njena fenotipska vrednost menja kao funkcija vremena se nazivaju longitudinalni podaci. Kao takvi oni se mogu analizirati primenom standardnih metoda kvantitativne genetike (model sa ponovljenim merenjima za jednu ili više osobina), ali se sve češće primenjuju modeli sa slučajnom regresijom ili tzv. kovarijansna funkcija u cilju dobijanja procena sa većom tačnošću i pouzdanošću. Gomez i sar. (2010a) su na španskim kasačima koristili BLUP model životinje za više osobina sa ponovljenim merenjima prilikom procene trkačke performanse, a Gomez i sar. (2010) model sa slučajnom regresijom. Autori su analizirajući vreme u trci mlađih i starijih kasača na različitim distancama potvrdili da i dužina trke može biti kontrolna varijabla u modelima sa slučajnom regresijom ukoliko je selekcija usmerena na unapređenje brzine na kratkim i dugim stazama. Bugislaus i sar. (2006) su na osnovu vremena u trci nemačkih kasača poredili model ponovljivosti i model sa slučajnom regresijom i zaključili da bi model sa slučajnom regresijom doprineo unapređenju tačnosti selekcije pogotovo ako se ona sprovodi po godinama starosti.

U ovom istraživanju procena oplemenjivačke vrednosti se bazirala na vremenu u trci, međutim savremeni programi oplemenjivanja životinja su vrlo često usmereni ka poboljšanju više osobina istovremeno. Kod kasača različiti autori predlažu različite osobine za procenu trkačke performanse. *Ojala i sar.* (1987) su predložili uključivanje više različitih mera kao kriterijuma za genetsku procenu koje se zasnivaju na zaradi, plasmanu i vremenu. *Klemetsdal* (1989) je objavio da su prosečna zarada po startu i procenat prva tri plasmana najčešće korišćeni od strane naučnika kako bi se ocenili genetski parametri i predvidela oplemenjivačka vrednost kasača. *Langlois* (1989) je prikazao stanje procene oplemenjivačke vrednosti kasača u različitim evropskim zemljama. Kasači u Belgiji, Norveškoj, Nemačkoj i SAD su procenjivani na osnovu najboljeg vremena u trci (*Leroy i sar.*, 1989; *Klemetsdal*, 1989; *Petzold i sar.*, 1989; *Tolley i sar.*, 1989). Procene u Francuskoj i Holandiji su sprovedene isključivo na zaradi (*Langlois*, 1989b; *Tavernier*, 1989; *Minkema*, 1989), a u Nemačkoj, Finskoj i Švedskoj na osnovu modela za više osobina i to: procenta prvih plasmana, procenta prva tri plasmana i zarade (*Katona i Distl*, 1989). Modeli za procenu oplemenjivačkih vrednosti koje se baziraju samo na zaradi imaju svoje nedostatke. Neki od njih navedeni su u istraživanjima *Ricard* (1997) i *Langlois i Vrijenhoek* (2004):

- grla koja ne ostvare zaradu ne mogu biti procenjena na osnovu vlastitih performansi;
- vrednost promenljive zavisi od nagradnog fonda trke;
- slična visina zarade može biti postignuta sa različitim brojem trka;
- jednostrana selekcija povećava rizik od pojave inbridinga u populaciji.

*Silvestrelli i sar.* (1990) ističu da se u Italiji kasači procenjuju na osnovu pedigreea, konformacije, najboljeg vremena i zarade u karijeri. Pored toga, progeni test pastuva se sprovodi na osnovu rezultata iz trka potomaka, a na osnovu podataka o najboljem vremenu, zaradi i broju startova. U Francuskoj su odgajivačima procene, na osnovu prosečne godišnje zarade dobijene pomoću modela životinje sa ponovljenim merenjima, dostupne od 1986. godine. U Švedskoj su procene zasnovane na modelu životinje za više osobina dostupne od 1992. godine, pri čemu su broj trka, procenat prva tri plasmana, zarada po trci, ukupna zarada i najbolje trkačko vreme osobine uključene u agregatni genotip.

BLUP metod olakšava poređenje oplemenjivačkih vrednosti pastuva iz različitih zemalja. Poslednjih godina raste potreba za ovakvim poređenjem zbog povećane razmene priplodnih grla odnosno zbog povećane međunarodne trgovine sportskim i priplodnim grlima. Stoga postoji veliko interesovanje za razvoj međunarodnih genetskih procena konja. *Árnason i sar.* (1994) ističu da je u tu svrhu osnovana Inter-Nordic organizacija za nordijske kasače i islandske konje, a da je sa zajedničkom, udruženom (eng. joint) procenom nordijskog kasača između Norveške i Švedske započeto 1993. godine.

U savremenim odgajivačkim programima oplemenjivačka vrednost predstavlja osnovni kriterijum na kome se zasniva selekcija grla za dalji priplod. Metode za dobijanje ovih procena su brojne pa je izbor najprihvatljivijeg metoda za određenu populaciju veliki izazov za oplemenjivače. U Srbiji se mogućnost primene procena oplemenjivačkih vrednosti kao kriterijuma selekcije prvi put razmatra u ovoj disertaciji pa je u tu svrhu izvršeno poređenje procena oplemenjivačkih vrednosti pastuva izračunatih različitim metodama prvo utvrđivanjem pouzdanosti i tačnosti dobijenih procena, a zatim na osnovu izračunavanja koeficijenta korelacije ranga između oplemenjivačkih vrednosti očeva. Cilj je da se pronađe najbolji model za ispitivanu populaciju, odnosno model koji bi dao najbolje rezultate kada bi bio primenjen u praksi.

Tačnost procene oplemenjivačkih vrednosti pokazuje koliko dobro procenjena vrednost oslikava stvarnu oplemenjivačku vrednost. Drugim rečima, ona predstavlja korelaciju između procenjene i stvarne oplemenjivačke vrednosti. Za razliku od uobičajne korelacije, ova korelacija ne može biti negativna već se kreće u intervalu od 0 (potpuno netačna procena) do 1 (procenjene oplemenjivačke vrednosti su savršene za predviđenje stvarne oplemenjivačke vrednosti). Označava se malim slovom  $r$ , dok  $r^2$  predstavlja pouzdanost procene koja pokazuje koliko je očekivanje da ćemo dobiti sličnu procenu u slučaju kada bismo ponovili analizu kao i mogućnost promene procenjene oplemenjivačke vrednosti, npr. ukoliko je više informacija dostupno. U ovom istraživanju su uglavnom sve vrednosti tačnosti i pouzdanosti procenjene oplemenjivačke vrednosti bile visoke, iznad 0,8 osim kod modela sa slučajnom regresijom gde je za vreme u trci četvorogodišnjaka utvrđena prosečna vrednost tačnosti oplemenjivačkih vrednosti 0,735, a kretala se u intervalu od 0,295 do 0,937. U okviru univarijantne analize

utvrđeno je da između prosečnih vrednosti pouzdanosti i tačnosti oplemenjivačkih vrednosti procenjenih modelom oca i modelom životinje ne postoji numerička, a t-testom je potvrđeno ni statistički značajna razlika. Istraživanja *Visscher i Thompson* (1992), *Trivunović* (2006), *Sun i sar.* (2009), *Kant Dash i sar.* (2014) ukazuju na veću tačnost modela životinje u odnosu na model oca. Na osnovu visine informacionih kriterijuma i genetskih parametara to je potvrđeno i u ovom istraživanju. Međutim, značajna razlika između prosečnih vrednosti pouzdanosti i tačnosti oplemenjivačkih vrednosti nije utvrđena verovatno zbog toga što je u ovom istraživanju primenjen model oca koji takođe uključuje matricu srodstva muških grla po ocu. U multivarijantnoj analizi gde su postignuta vremena po pojedinim godinama starosti tretirana kao posebne osobine je utvrđena statistički značajna razlika između modela oca i modela životinje, kao i između ova dva modela sa modelom sa slučajnom regresijom.

Na osnovu dobijenih vrednosti korelacije ranga može se reći da je povezanost između oplemenjivačkih vrednosti pastuva procenjenih različitim metodama bila pozitivna i u većini slučajeva jaka. Potpuna korelacije ranga je izračunata samo između procena oplemenjivačkih vrednosti pastuva dobijenih univarijantnim modelom životinje i modelom sa slučajnom regresijom. Srednje jaka povezanost rangova očeva je izračunata između oplemenjivačkih vrednosti procenjenih modelom životinje za više osobina i modelom sa slučajnom regresijom kod vremena u trci dvogodišnjaka, kao i između oplemenjivačkih vrednosti dobijenih modelom oca za više osobina i modela sa slučajnom regresijom kod vremena u trci dvogodišnjaka, trogodišnjaka i četvorogodišnjaka. Jaka i potpuna pozitivna korelacija ukazuje na to da bi se selekcijom grla za dalji priplod odabrali isti pastuvi bez obzira na primenjeni model ukoliko bi kriterijum za izbor bila njihova oplemenjivačka vrednost. *Bugislaus i sar.* (2006) došli su do sličnog zaključka. Autori navode da su oplemenjivačke vrednosti dobijene modelom ponovljivosti rezultirale malo drugačijim rangiranjem grla u odnosu na vrednosti dobijene modelom sa slučajnom regresijom. Poređenje različitih modela za procenu oplemenjivačke vrednosti na osnovu koeficijenta korelacije ranga koristili su *Newcom i sar.* (2005) kod svinja, zatim *Boligon i sar.* (2011) kod goveda. *Boligon i sar.* (2011) su na oplemenjivačkim vrednostima bikova izvršili poređenje modela životinje za više osobina i modela sa slučajnom regresijom i dobili da koeficijent korelacije ranga varira od 0,53 do 0,76 u zavisnosti od posmatrane osobine.

**Genetski trend** ostvarenog vremena u trci je procenjen na osnovu proseka oplemenjivačkih vrednosti po godinama rođenja što je u saglasnosti sa istraživanjima *Potočnik* (2005), *Torres Filho i sar.* (2005), *Trivunović* (2006), *Intaratham i sar.* (2008), *Ghavi Hossein-Zadeh* (2009), *Eteqadi i sar.* (2016) i mnogim drugim. Rezultati dobijenih procena prikazani u tabelama 56 i 57 i grafikonima od 10 do 15 pokazali su da je u posmatranom periodu ostvaren povoljan genetski trend odnosno da je došlo do smanjenja vremena u trci. Procenjeni genetski trend u okviru univarijantne analize modelom oca iznosi  $-0,088$  s/km, a modelom životinje  $-0,112$  s/km. Iako je t-testom potvrđeno da ne postoji statistički značajna razlika između prosečnih vrednosti pouzdanosti i tačnosti POV izračunatih primenom ova dva modela može se pretpostaviti da je genetski trend procenjen primenom UNI MŽ bliži ostvarenom, s obzirom na to da je struktura podataka iz pedigre fajla modela životinje sveobuhvatnija. Najpovoljniji vrednost genetskog trenda je procenjena modelom sa slučajnom regresijom i iznosila je  $-0,281$  s/km. Međutim, s obzirom na to da ovom analizom nije ostvarena potpuna konvergencija podataka i da su standardne greške procene oplemenjivačke vrednosti bile visoke ne može se sa velikom sigurnošću tvrditi koliko je on u stvari približan stvarnom genetskom trendu u posmatranom periodu. Genetski trend je procenjen i po godinama starosti na osnovu oplemenjivačkih vrednosti izračunatih MUV MO i MUV MŽ i RRM. S obzirom na to da je za ostvareno vreme dvogodišnjaka, petogodišnjaka i šest i više godina starih grla prosečna vrednost tačnosti POV bila veća modelom oca u odnosu na model životinje može se reći da je procenjena vrednost genetskog trenda za ove osobine ( $-0,080$  s/km,  $-0,045$  s/km i  $-0,284$  s/km) i najpribližnija ostvarenom. Kod trogodišnjaka najpribližnija vrednost je procenjena modelom sa slučajnom regresijom ( $-0,922$ ), dok je kod četvorogodišnjaka to vrednost izračunata modelom životinje i iznosi  $-0,048$ .

*Thiruvenkadan i sar.* (2009) su na osnovu istraživanja različitih autora dali pregled genetskog napredka u različitim populacijama kasača. Autori su pronašli u literaturi da se kod američkog kasača najbolje vreme po milji smanjilo za 34,5 s u periodu od 1806. do 1856. i 29,25 s od 1857. do 1906. godine ali da se nije menjalo u periodu od 1938. do 1955. (*Anderson*, 1921; *Hamori i Halasz*, 1959). Za populaciju orlovog kasača navode na osnovu istraživanja *Nikolaeva i Rozhdestvenskaya* (1979) da je selekcija u periodu od 1958. do 1972. rezultirala malim promenama u pogledu prosečnog vremena po milji. Stalno smanjenje vremena u trci

holandskog kasača u periodu između 1929. i 1958. je zabeleženo od strane *Minkema* (1981) (*Thiruvenkadan i sar.*, 2009). Prema ovom istraživanju najbolje vreme u trci se smanjilo sa 95,40 s/km na 86,85 s/km u posmatranom periodu uz godišnji napredak 0,307 s. *Thiruvenkadan i sar.*, 2009 navode da je prema *Minkema* (1981) ovo posledica kako modernizacije koja se odnosi na unapređenje uslova na stazi i upotrebu letećeg starta, tako i genetskih promena do kojih se došlo sprovođenjem selekcije i uvozom superiornih pastuva. *Árnason* (2001) je na osnovu najboljeg vremena u trci švedskog kasača utvrdio da će genetski maksimum u toj populaciji biti postignut polovinom ovog veka, a da će iznositi 68,2 s/km što je kako ističu *Pieramati i sar.* (2011) približno svetskom rekordu iz 2008. godine koji iznosi 68,0 s/km.



## 7. Zaključak

Osnovni zadatak ovog istraživanja je bio da se utvrdi najpovoljniji model za procenu genetskih parametara i oplemenjivačkih vrednosti kasača u Srbiji, te da spoznaje o fenotipskoj i genetskoj varijabilnosti omoguće preciznije definisanje odgajivačkih ciljeva i kriterijuma selekcije za njihovo postizanje. U skladu sa postavljenom radnom hipotezom i dobijenim rezultatima izvedeni su sledeći zaključci:

1. Na osnovu izračunatih fenotipskih parametara i istraživanja drugih autora potvrđeno je da se prosečna vrednost posmatrane osobine u našoj populaciji nalazi na nižem nivou od mogućeg i da prostora za unapređenje ima. Prosečna vrednost vremena u trci je iznosila 84,13 s/km sa odstupanjem  $\pm 4,23$  s/km, a kretala se u intervalu od 73,80 s/km do 98,30 s/km. Varijabilnost ostvarenog vremena u trci izračunata pomoću koeficijenta varijacije je iznosila 5%.
2. Fiksni faktori pol, mesec rođenja, godina rođenja, sezona trke, godina trke, starost, hipodrom, distanca i načina starta imaju statistički visoko značajan uticaj na ostvareno vreme u trci ( $P < 0,01$ ). Starost ima i linearni regresijski uticaj na ostvareno vreme u trci.
  - a. Pastuvi su u odnosu na kobile pokazali superiornije rezultate i to u proseku za pola sekunde po kilometru.
  - b. Najbolje rezultate ostvarenog vremena u trci su pokazala grla oždrebljena u maju mesecu, zatim grla oždrebljena u junu, dok su u proseku najlošiji rezultati zabeleženi kod grla rođenih u oktobru, septembru, novembru i januaru.
  - c. Fenotipski trend po godini trke je negativan ali povoljan, a smanjenje vremena u trci u proseku iznosi pola sekunde godišnje.
  - d. Grla oždrebljena tokom 2006. godine su u proseku imala najbolje ostvareno vreme (83,11 s/km), a najlošije prosečno vreme je izračunato za grla oždrebljena tokom 2010 (86,49 s/km).
  - e. Najbolje prosečno vreme (82,51 s/km) je ostvareno u zimskoj sezoni (novembar, decembar, januar i februar), međutim tada je održan znatno manji broj trka pa je samim tim standardna greška srednje vrednosti bila dosta veća u poređenju sa druge dve sezone. Poređenjem letnje (maj, jun, jul i avgust) sa

- sezonom proleće-jesen (mart, april, septembar i oktobar) vidimo da razlika u ostvarenom prosečnom vremenu nije velika (0,14 s/km).
- f. Sa povećanjem starosti za po jednu godinu prosečno vreme u trci se smanjivalo za 1,5 s/km, a razlika u ostvarenom vremenu između prve i poslednje starosne grupe iznosi u proseku 6,23 s/km.
  - g. Najniže ostvareno prosečno vreme na domaćim hipodromima je iznosilo 82,76 s/km, a najviše 92,36 s/km, dok su na hipodromima u inostranstvu postignuta znatno bolja prosečna vremena, 70,07 s/km i 80,16 s/km.
  - h. Najbolje prosečno vreme je ostvareno na dugim distancama, a prosečno vreme u trci na kratkim distancama je bolje za 0,66 s/km u odnosu na srednje duge distance.
  - i. Autostartom su u proseku postignuta bolja vremena za približno 2 s/km u odnosu na leteći start i za 6,6 s/km u odnosu na start iz gume.
3. Tačnost dobijenih ocena komponenti varijansi i genetskih parametara, te procena oplemenjivačkih vrednosti zavisi od strukture podataka i od modela koji se koristi.
- a. Tačnost modela posmatrana na osnovu visine informacionih kriterijuma je u okviru uni- i multi-varijantne analize bila veća upotrebom modela životinje u odnosu na model oca, dok je u okviru modela sa slučajnom regresijom najveća tačnost izračunata za model sa heterogenom varijansom ostatka i 2. nivoom Ležandrovih polinoma za slučajne uticaje u modelu.
  - b. Vrednosti genetskih parametara, heritabilnosti i ponovljivosti kao i njihova tačnost izračunate modelom oca su bile niže u odnosu na ocene dobijene modelom životinje u okviru univarijantne i multivarijantne analize sa ponovljenim merenjima.
  - c. Modelom sa slučajnom regresijom dobijene su više vrednosti heritabilnosti u odnosu na multivarijantni model oca, a u odnosu na multivarijantni model životinje dobijene su niže vrednosti osim za vreme u trci dvogodišnjaka. U sva tri modela genetska povezanost vremena u trci u različitim starosnim grupama je bila pozitivna i jaka, dok su vrednosti fenotipskih korelacija bile pozitivne i srednje visoke.

- d. Tačnost i pouzdanost procenjenih oplemenjivačkih vrednosti su u većini slučajeva bile visoke, iznad 0,8 osim kod modela sa slučajnom regresijom gde je za vreme u trci četvorogodišnjaka utvrđena prosečna vrednost tačnosti oplemenjivačkih vrednosti 0,735, a kretala se u intervalu od 0,295 do 0,937.
  - e. Između oplemenjivačkih vrednosti pastuva procenjenih različitim metodama, koeficijent korelacije ranga je bio pozitivan i u većini slučajeva visok (iznad 0,80). Potpuna korelacije ranga je izračunata samo između procena oplemenjivačkih vrednosti pastuva dobijenih univarijantnim modelom životinje i modelom sa slučajnom regresijom. Srednje jaka korelacija je izračunata između oplemenjivačkih vrednosti procenjenih modelom životinje za više osobina i modelom sa slučajnom regresijom kod vremena u trci dvogodišnjaka, kao i između oplemenjivačkih vrednosti dobijenih modelom oca za više osobina i modela sa slučajnom regresijom kod vremena u trci dvogodišnjaka, trogodišnjaka i četvorogodišnjaka.
4. Genetski trend izračunat na osnovu proseka oplemenjivačkih vrednosti dobijenih različitim metodama je bio povoljan, te se može reći da je u posmatranom periodu ostvareno genetsko poboljšanje ispitivane populacije kasača za vreme u trci odnosno brzinu kasača. Univarijantnom analizom procenjeni genetski napredak iznosi -0,088s/km primenom modela oca, -0,112 s/km primenom modela životinje, a primenom modela sa slučajnom regresijom -0,281 s/km.

Izračunavanje genetskih parametara i trendova je veoma bitna stavka u oplemenjivanju životinja pre svega zbog ocene efikasnosti programa oplemenjivanja koji se sprovodio u određenom periodu. Genetsko unapređenje brzine je osnovni cilj u uzgoju kasača. Prema dobijenim rezultatima u ispitivanoj populaciji procenjen je povoljan genetski trend, odnosno smanjenje vremena u trci bez obzira na primenjeni metod. Visina fenotipskih i genetskih parametara ukazuje da prostora za unapređenje ima, te da bi direktna selekcija na osnovu vremena u trci bila efikasna. Kako se u Srbiji procena oplemenjivačke vrednosti grla do sada nije sprovodila, treba razmotriti njen značaj i mogućnost upotrebe kao kriterijuma za selekciju. U tu svrhu bi trebalo koristiti model životinje zbog toga što on ne uvažava samo jednu vrstu srodstva, već sve tipove dostupne iz pedigre fajla i na taj način koristi maksimum od dostupnih

informacija. Samim tim omogućava da se proceni oplemenjivačka vrednost i muških i ženskih grla, što upotrebom modela oca nije moguće. Model životinje predstavlja mešoviti model koji pored procene genetske vrednosti životinja istovremeno ocenjuje i uticaje fiksnih faktora. U daljim istraživanjima pored uticaja pola, meseca rođenja, godine rođenja, sezone trke, godine trke, starosti, hipodroma, distance, te načina starta treba razmotriti i uticaj trenera, vozača, kao i genetskih grupa prema zemlji porekla.

Prema dobijenim rezultatima kao najprihvatljivija metoda za sprovođenje kvantitativno genetskih analiza se pokazao univarijantni model životinje za ponovljena merenja, s obzirom na to da je njime postignuta potpuna konvergencija podataka. Međutim, trebalo bi kao razvojni zadatak razmotriti upotrebu modela sa slučajnom regresijom pogotovo ako bi odgajivački cilj bio usmeren ka povećanju brzine u određenoj starosti ili na određoj dužini trke. Kvantitativno – genetska analiza podrazumeva rad na velikim populacijama, a u ovom istraživanju se modelom sa slučajnom regresijom nije postigla potpuna konvergencija podataka što je verovatno posledica veličine baze odnosno nedovoljnog obima podataka.

Nakon procene oplemenjivačkih vrednosti priplodnih životinja neophodno je dizajnirati oplemenjivački program po kome će se najbolje životinje pariti među sobom, a sve u cilju postizanja genetskog napretka. Pored toga, oplemenjivački program treba da sadrži i mere za sprečavanje parenje u bliskom srodstvu, a u budućnosti bi se za genetsku analizu pored tradicionalnih modela zasnovanih na kvantitativnoj i populacionoj genetici mogli koristiti i alternativni modeli koji obuhvataju neaditivne genetske uticaje ili lokuse za kvantitativne osobine (QTL) što bi predstavljalo dragocenu dopunu standardnim procenama oplemenjivački vrednosti dobijenih BLUP metodom.

## 8. Literatura

1. Akaike H. (1973): Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. B. N. Petrov & F. Caski (Eds.), Proceedings of the Second International Symposium on Information Theory, Budapest: Akademiai Kiado, 267–281.
2. Albertsdóttir E. (2010): Integrated genetic evaluation of breeding field test traits, competition traits and test status in Icelandic horses. Doctoral thesis. Agricultural University of Iceland, Faculty of Land and Animal Resources. 38pp.
3. Anang A., Mielenz N., Schuler L. (2000): Genetic and phenotypic parameters for monthly egg production in White Leghorn hens. *J. Anim. Breed. Genet.* 117: 407-415.
4. Anderson W. S. (1921): Progress in horse breeding. *J. Heredity*, 12: 134–137.
5. Árnason T. (2001): Trends and asymptotic limits for racing speed in Standardbred trotters. *Livest. Prod. Sci.* 72: 135–145.
6. Árnason T. (1980): Genetic studies on Icelandic toelter horses (estimation of breeding values). Paper Presented at the 31st Annual Meeting of the EAAP, 1–4 September 1980, Munich, Germany.
7. Árnason T. (1984): Genetic studies on conformation and performance of Icelandic toelter horses. IV. Best linear unbiased prediction of ten correlated traits by use of an “animal model”. *Acta Agric. Scand.* 34:450–462.
8. Árnason T. (1999): Genetic evaluation of Swedish standard-bred trotters for racing performance traits and racing status. *J. Anim. Breed. Genet.* 116: 387–398.
9. Árnason T., Bendroth M., Philipsson J. (1984): Genetic evaluation of Swedish Trotter stallions by the BLUP-method. Paper Presented at the 35th Annual Meetings of the EAAP, 8–12 September 1984, Commission of Horse Production, Berlin, Germany.
10. Árnason T., Bendroth M., Philipsson J., Henriksson K., Darenius A. (1989): Genetic evaluations of Swedish trotters. In: Langlois, B. (Ed.), State of Breeding Evaluation in Trotters. Proceedings of the EAAP Symposium of the Commission of Horse Production, Helsinki, 1 July, EAAP Publication, Pudoc, Wageningen, 42: 106–130.
11. Árnason T., Darenius A., Philipsson J. (1982): Genetic selection indices for Swedish trotter broodmares. *Livest. Prod. Sci.* 8: 557–565.

12. Árnason T., Van Vleck D.L. (2000): Genetic improvement of the horse. In: Bowling A.T., Ruvinsky A.: *The Genetics of the Horse*. CAB International, Wallingford, United Kingdom, 473–497.
13. Árnason, T., M. Svendsen (1991): Application of animal model for evaluation of trotters in Scandinavia. 42th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Berlin, Germany, 8-12 September 1991.
14. Belhajyahia T., Blouin C., Langlois B., Harzalla H. (2003): Breeding evaluation of arab horses from their racing results in Tunisia by a BLUP with an animal model approach. *Animal Research* 52: 481-488.
15. Bignardi A.B., El Faro L., Torres Júnior R.A.A., Cardoso V.L., Machado P.F., Albuquerque L.G. (2011): Random regression models using different functions to model test-day milk yield of Brazilian Holstein cows. *Genetics and Molecular Research* 10 (4): 3565-3575.
16. Bokor Á., Blouin C., Langlois B., Stefler J. (2005): Genetic parameters of racing merit of Thoroughbred horses in steeplechase races. *Ital. J. Anim. Sci.* 4 (3), 43-45.
17. Bokor Á., Stefler J., Nagy I. (2006): Genetic parameters of racing merit of Thoroughbred horses in Hungary. *Acta Agraria Kaposváriensis*. 10 (2): 153-157.
18. Bokor Á., Nagy I., Sebestyén J., Szabari M. (2007): Genetic trends in the hungarian racehorse populations (preliminary results). *Bulletin USAMV-CN*, 63–64.
19. Boligon A.A., Baldi F., Mercadante M.E.Z., Lobo R.B., Pereira R.J., Albuquerque L.G. (2011): Breeding value accuracy estimates for growth traits using random regression and multi-trait models in Nelore cattle. *Genetics and Molecular Research* 10 (2): 1227-1236.
20. Breda F.C., Albuquerque L.G., Euclides R.F., Bignardi A.B., Baldi F., Torres R.A., Barbosa L., Tonhati H. (2010): Estimation of genetic parameters for milk yield in Murrah buffaloes by Bayesian inference. *J. Dairy Sci.* 93 (2), 784-791.
21. Bugislaus A.E., Roehe R., Uphaus H., Kalm E. (2004): Development of genetic models for estimation of racing performances in German Thoroughbreds. *Arch. Tierz.* 47: 505-516.
22. Bugislaus A.E., Roehe R., Willms F., Kalm E. (2006): The use of a random regression model to account for change in racing speed of German trotters with increasing age. *J. An. Breed. Gen.*, 123: 239-246.

23. Bugislaus A.E., Röhe R., Geyer I., Kalm E. (2002): Estimation of genetic parameters for racing performances in German Trotter after consideration of individual races. Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. 19–23 August 2002, Montpellier, France.
24. Bugislaus A.E., Röhe R., Kalm E. (2005): Comparison of two different statistical models considering individual races or racetracks for evaluation of German trotters. *Livest. Prod. Sci.*, 92: 69–76.
25. Burns E., Richard A., Koenen E. (2004): Interstallion – on the way to an international genetic evaluation of sport horses, 55-th Annual meeting of the European association for the animal production, Bled, Slovenia,
26. Buxadera A. M., Molina A., Arrebola F., Gil M.J., Serradilla J.M. (2010): Random regression analysis of milk yield and milk composition in the first and second lactations of Murciano-Granadina goats. *J. Dairy Sci.* 93 (6): 2718-2726.
27. Buxadera A. M., Mota M.D.S. (2008): Variance component estimations for race performance of thoroughbred horses in Brazil by random regression model. *Livest. Sci.* 117: 298–307.
28. Culbertson M.S., Mabry J.W., Misztal I., Gengler N., Bertrand J.K., Varona L. (1998): Estimation of Dominance Variance in Purebred Yorkshire Swine. *J. Anim. Sci.* 76 (2), 448-451.
29. Čačić M., Caput P. (2003): Korelacije morfoloških parametara kasača s rekordno istrčanim vremenom u utrci. *Stočarstvo*, 57 (1): 21.-28.
30. Čačić M., Mladenović M., Korabi N., Tadić D., Kolarić S., Baban M. (2007): Analiza uzgoja hrvatskog kasača. 42. hrvatski i 2. međunarodni simpozij agronoma, 13-16. veljače 2007. Zbornik radova, 526-529.
31. Čačić M., Šimundža S. (2012): Genetski i okolišni parametri u proceni trkaćih performansi kasača. *Poljoprivreda*, 18 (2), 50-58.
32. Dash K., Gupta A.K., Singh A., Chakravarty A.K., Madhusoodanan M., Valsalan J., Shivahre P.R., Hussain A. (2014): Evaluation of efficiency of sire model and animal model in Holstein Friesian crossbred cattle considering first lactation production and fertility traits. *Veterinary World*, 7(10): 933-937

33. Dermanović V., Mitrović S., Druml T., Urošević M., Novaković M. (2011) : Fenotipska varijabilnost i povezanost telesnih mera različitih genotipova kasača. Radovi sa XXV savetovanja, agronoma, veterinara i tehnologa. Zbornik naučnih radova. Beograd. 17 (3-4): 171-176.
34. Ekiz B., Kocak O. (2005): Phenotypic and genetic parameter estimates for racing traits of Arabian horses in Turkey. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 122 (5): 349-356.
35. Eteqadi B., N. Ghavi Hossein-Zadeh, A. A. Shadparvar 2016. Estimation of genetic and phenotypic trends for body weight traits of sheep in Guilan province of Iran. *Journal of Livestock Science and Technologies*, 2016, 4 (2): 57-62
36. Evropska kasačka organizacija (2010): Godišnji izveštaj. <http://www.uet-trot.eu/en/>
37. Evropska kasačka organizacija (2014): Godišnji izveštaj. <http://www.uet-trot.eu/en/>
38. Foster JJ, Barkus E., Yavorsky C. (2006): *Understanding and Using Advanced Statistics: A practical guide for students*. 1st edn. Sage Publications Ltd., London.
39. Ghavi Hossein-Zadeh N, Nejati-Javaremi A, Miraei-Ashtiani SR, Kohram H (2009): Estimation of variance components and genetic trends for twinning rate in Holstein dairy cattle of Iran. *J Dairy Sci* 92, 3411-3421
40. Gilmour A. R., Gogel B. J., Cullis B. R., Thompson R. (2009): *ASReml User Guide Release 3.0* VSN International Ltd, Hemel Hempstead, HP1 1ES, UK. [www.vsn.co.uk](http://www.vsn.co.uk)
41. Gilmour A.R., Thompson R., Cullis B.R., Average Information REML, an efficient algorithm for variance parameter estimation in linear mixed models, *Biometrics* 51 (1995) 1440–1450.
42. Gomez M.D., Valera M., Molina A. (2010a): Genetic analysis of racing performance of trotter horses in Spain. *Livest. Sci.*, 127, 197–204.
43. Gomez M.D., Buxadera A. M., Valera M., Molina A., (2010b): Estimation of Genetic Parameters for Racing Speed at Different Distances in Young and Adult Spanish Trotter Horses Using the Random Regression Model. *J Anim Breed Genet* 127 (5), 385-394.
44. Gomez M.D., Varona M., Molina A., Valera M. (2011): Genetic evaluation of racing performance in trotter horses by competitive models. *Livest. Sci.*, 140: 155–160.



45. Graser H.U., Smith S.P., Tier B. (1987): A derivative-free approach for estimating variance components in animal models by Restricted Maximum Likelihood. *J. Anim. Sci.* 64: 1362-1370
46. Groeneveld E. (1991): Simultaneous REML estimation of 60 covariance components in an animal model with missing values using the simplex algorithm. 42nd annual meeting of the EAAP, Berlin.
47. Groeneveld E. (2006): PEST User's Manual. Inst. Farm Animal Gen., Neustadt, Germany.
48. Groeneveld E. (1994): A reparameterisation to improve numerical optimisation in multivariate REML (co)variance component estimation, *Genet. Sel. Evol.* 26 (1994) 537–545.
49. Groeneveld E., Kovač M., Mielenz N. (2008): VCE User's Guide and Reference Manual Version 6.0. Inst. Farm Animal Gen., Neustadt, Germany.
50. Grosso J.L.B.M., Balieiro J.C.C., Eler, J.P., Ferraz J.B.S., Mattos E.C., Michelan Filho T., Felício A.M., Rezende F.M. (2009): Estimates of genetic trend for carcass traits in a commercial broiler line. *Genet. Molec. Res.* 8 (1): 97-104.
51. Hamori D., Halasz G. (1959): Der Einfluss der Selektion auf die Entwicklung der Schnelligkeit des Pferdes. [The effect of selection on the development of speed in horses]. *Z. Tierz. Zucht. Biol.* 73: 47–59.
52. Hartley H.O. Rao J.N.K. (1967): Maximum-likelihood estimation for the mixed analysis of variance model. *Biometrika.* 54:93-108.
53. Harvey W.R. (1990): User's Guide for LSMLMW PC-1 Version, Mixed Model Least-Squares and Maximum Likelihood Computer Program. Mimeo. Ohio State University, Columbus, OH.
54. Harville D.A. (1977): Maximum Likelihood approaches to variance component estimation and to related problems. *J. Amer. Stat. Ass.* 72:320-338.
55. Henderson C.R. (1953): Estimation of variance and covariance components *Biometrics.* 9: 226-252.
56. Henderson C. R., Quaas R. L. (1976): Multiple trait evaluation using relatives records. *J. Anim. Sci.* 43: 1188-1197.
57. Henderson C. R. (1982): Analysis of covariance in the mixed model: higher-level nonhomogeneous and random regressions. *Biometrics.* 38: 623-640.

58. Hill W.G., Nicholas F.W. (1974): Estimation of heritability by both regression of offspring on parent and intra-class correlation of sibs in one experiment. *Biometrics*. 30(3): 447-68.
59. Hintz R. L. (1980): Genetics of performance in the horse. *J. Anim. Sci.* 51(3):582-594.
60. Hintz R.L., Van Vleck L.D. (1978): Factors influencing racing performance of the Standardbred pacer. *J. Anim. Sci.* 46: 60–68.
61. <https://bitbucket.org/quinnuendo/konjifixid/downloads> - aplikacije za sređivanje input fajlova.
62. Hurtado-Lugo N., Cerón-Muñoz M., Tonhati H., Bignardi A., Restrepo L., Aspilcuelta R. (2009): Estimates of genetic parameters for test-day using a random regression model for first lactations of buffalo in Colombia north coast. *Livestock Research for Rural Development*. 6: 21
63. Intaratham W., Koonawootrittriron S., Sopannarath P., Graser H.U., Tumwasorn S. (2008): Genetic parameters and annual trends for birth and weaning weights of a Northeastern Thai indigenous cattle line. *Asian-Aust J Anim Sci*. 21:478–483.
64. Jamrozik J., Kistemaker G. J., Dekkers J. C. M., Schaeffer L. R. (1997): Comparison of possible covariates for use in a random regression model for analyses of test day yields. *J. Dairy. Sci.* 80: 2550-2556.
65. Jensen J., Madsen P. (1993): A user's guide to DMU. A package for analyzing multivariate mixed models. National Institute of Animal Science, Tjele, Denmark.
66. Kariuki C.M., Ilatsia E.D., Wasike C.B., Kosgey I.S., Kahi A.K. (2010): Genetic evaluation of growth of Dorper sheep in semi-arid Kenya using random regression models. *Small Ruminant Research*. 93(2): 126-134.
67. Katona O. (1979): Genetical–statistical analysis of traits in the German Trotter. *Livest. Prod. Sci.* (6) 407–412.
68. Katona O. (1985): Research in breeding of the trotter. 36th Annual Meeting of EAAP, Kallithea, Greece.
69. Katona O., Osterkorn K. (1977): Genetisch-statische Auswertung des Leistungsmerkmals Rennzeit in der deutschen Traberpopulation. [Genetic– statistical analysis of racing time in the German Trotter population]. *Zuchtungskunde* 49: 185–192.

70. Katona O., Distl O. (1989): Sire evaluation in German trotter (Standardbred) population. In: Langlois, B. (Ed.), State of Breeding Evaluation in Trotters. Proceedings of the EAAP Symposium of the Commission of Horse Production, Helsinki. (42): 55–61.
71. Kirkpatrick M., Hill W. G., Thompson R. (1994): Estimating the covariance structure during growth and ageing, illustrated with lactation in dairy cattle. *Genet. Res. Camb.* 64: 57-69.
72. Kirkpatrick M., Lofsvold D., Bulmer M. (1990): Analysis of the inheritance, selection and evolution of growth trajectories. *Genetics.* 124: 979-993.
73. Klemetsdal G., (1989): Norwegian trotter breeding and estimation of breeding values. In: Langlois, B. (Ed.), State of Breeding Evaluation in Trotters. Proceedings of the EAAP Symposium of the Commission of Horse Production, Helsinki, 42: 95–105.
74. Klemetsdal G., (1994): Application of standardized, accumulated transformed earnings in breeding of Norwegian trotters. *Livest. Prod. Sci.* 38: 245–253.
75. Klemetsdal G., Wallin L.E. (1986): Genetic Parameters estimated on subjectively scored conformation traits in Norwegian trotter. 37th Annual Meeting of the EAAP, Budapest, Hungary.
76. Laird N.M., Ware J.H. (1982): Random effects models for longitudinal data. *Biometrics*, 38: 963– 974.
77. Langlois B. (1982): L'héritabilité des performances chez le Trotteur. Une revue bibliographique. *Ann. Génét. Sél. Anim.* 14: 399–414.
78. Langlois B. (1983): Analyse statistique et génétique des temps de course des Trotteurs Français. 34th Annual Meeting of the EAAP, 3–6 October 1983, Madrid, Spain. 31pp.
79. Langlois B. (1984): L'héritabilité des performances chez le Trotteur. Une revue bibliographique. In: Jarrige, R., Martin-Rosset, W. (Eds.), *Le Cheval. Reproduction Selection Alimentation Exploitation.* INRA, Paris, 409–422.
80. Langlois B. (1989a): State of Breeding Evaluation in Trotters. Proceedings of the EAAP Symposium of the Commission of Horse Production, Helsinki, 42: 141.
81. Langlois B. (1989b): Breeding evaluation of French trotters according to their race earnings. 1. Present situation. In: Langlois, B. (Ed.), State of Breeding Evaluation in Trotters. Proceedings of the EAAP Symposium of the Commission of Horse Production, Helsinki, 42: 27–40.

82. Langlois B., Blouin C. (1997a): Effect of a horse's month of birth on its future sport performance. *Ann. Zootech.* 46: 393–398.
83. Langlois B., Blouin C. (1997b): Effect of a horse's month of birth on its future sport performance. *Ann. Zootech.* 47: 67–74.
84. Langlois B., Blouin C. (2004): Practical efficiency of breeding value estimations based on annual earnings of horses for jumping, trotting, and galloping races in France. *Livest. Prod. Sci.* 87: 99–107.
85. Langlois B., Blouin C. (2007): Annual, career or single race records for breeding value estimation in race horses. *Livest. Sci.* 107: 132–141.
86. Langlois B., Blouin C. (2008): How the study of the number of starts and the starting status can inform about selection bias when using earnings for breeding evaluations in race horses. 59th Annual Meeting of the EAAP, 12pp.
87. Langlois B., Vrijenhoek T. (2004): Qualification status and estimation of breeding value in French trotters. *Livest. Prod. Sci.* 89: 187–194.
88. Leroy P.L., Kafidi N., Bassleer E. (1989): Estimation of breeding values of Belgian trotters using animal model. In: Langois, B. (Ed.), *State of Breeding Evaluation in Trotters. Proceedings of the EAAP Symposium of the Commission of Horse Production, Helsinki*, 42: 3–17.
89. Meinardus H., Bruns E. (1987): BLUP procedures in riding horses based on competition results. *Proceedings of the 38th Annual Meeting of the European Association of Animal Production, September 28-October 1 1987. Lisbon. Portugal.*
90. Meyer K. (1989): Restricted maximum likelihood to estimate variance components for animals models with several random effects using a derivative-free algorithm. *Genet. Sel. Evol.* 21: 317-340.
91. Meyer K. (1991): Estimating variances and covariances for multivariate Animal Models by Restricted Maximum Likelihood. *Genet Select Evol* 23: 67–83
92. Meyer K. (2004): Scope for a random regression model in genetic evaluation of beef cattle for growth. *Livest. Prod. Sci.* 86: 69-83.
93. Meyer K. (2007): WOMBAT – A tool for mixed model analyses in quantitative genetics by REML, *J. Zhejiang Uni. SCIENCE B*, 8: 815–821.

94. Meyer K., Hill W.G. (1997): Estimation of genetic and phenotypic covariance functions for longitudinal or 'repeated' records by restricted maximum likelihood. *Livest. Prod. Sci.* 47: 185-200.
95. Minkema D. (1975): Studies on the genetics of trotting performance in Dutch Trotter. I. Heritability of trotting performance. *Ann. Génét. Sél. Anim.* 7: 99–121.
96. Minkema D. (1978): Leistungsprüfung und Zuchtplanung in der Traberzucht (Stand des Wissens). Paper Presented at the 29th Annual Meeting of the EAAP, 5–7 June 1978, Stockholm, Sweden. 9 pp.
97. Minkema D. (1981): Studies on the genetics of trotting performance in Dutch Trotters. III. Estimation of genetic change in speed. *Ann. Génét. Sél. Anim.*,13, 245–254.
98. Minkema D. (1989): Breeding value estimation of trotters in Netherlands. In: Langlois, B. (Ed.), *State of Breeding Evaluation in Trotters. Proceedings of the EAAP Symposium of the Commission of Horse Production, Helsinki*, 42: 82–94.
99. Mitrović S., Grubić G., Đermanović V., Relić R., Karović D. (2008): Analiza rezultata kasačkih trka na distanci 1600m u 2006. godini na hipodromu Beograd. *Radovi sa XXII savetovanja, agronoma, veterinara i tehnologa. Zbornik naučnih radova. Beograd.* 14 (3-4), 143-149.
100. Mohammadi A., Alijani S. (2014): Procena genetskih parametara i poređenje modela slučajne regresije grla i oca (random regression animal and sire models) za proizvodne osobine u prve tri laktacije goveda rase iranski holštajn. *Biotechnology in Animal Husbandry.* 30 (2): 261-279.
101. Molina A., Buxadera M.A., Valera M., Serradilla J.M. (2007): Random regression model of growth during the first three months of age in Spanish Merino sheep. *J. Anim. Sci.* 85 (11): 2830-2839.
102. Mota, M. D. S., (2006): Genetic correlations between performance at different racing distances in Thoroughbreds. *Livest. Prod. Sci.* 104: 227–232
103. Mota M. D. S., Gouveia Ferriera D. M. (2008): Quantitative study for race times in thoroughbreds on dirt and turf tracks in Brazil. *Revista Científica UDO Agrícola* 8 (1): 127-131.

104. Mota M. D. S., Abrahão A. R., Oliveira H. N. (2005): Genetic and environmental parameters for racing time at different distances in Brazilian Thoroughbreds. *J. Anim. Breed. Genet.* 122: 393–399.
105. Mrode R. A. (2005): Linear models for the prediction of animal breeding values. 2nd ed. CABI Publishing Company. Cambridge, MA. 358pp
106. Newcom D.W., Baas T.J., Stalder K.J., Schwab C.R. (2005): Comparison of three models to estimate breeding values for percentage of loin intramuscular fat in Duroc swine. *J Anim Sci.* 83(4):750-756.
107. Nikolaeva L.K., Rozhdestvenskaya G.A. (1979): Selection of sires on the performance of progeny as a means of improving Orlov Trotters. [In Russian]. *Nauchnyi Trudy, Vsesoyuznyi Nauchno-Issledovatelskii Institut Konevodstva*, 38–45.
108. Novotná A., Bauer J., Vostrý L., Jiskrová I. (2014): Single-trait and multi-trait prediction of breeding values for show-jumping performance of horses in the Czech Republic, *Livestock Science* 169: 10–18
109. Ojala M., Hellman T. (1987): Effect of year, sex, age and breed on annually summarized race records for Trotters in Finland. *Acta Agric. Scand.* 37: 463–468.
110. Ojala M., Van Vleck V.D., Quass R.L. (1987): Factors influencing best annual racing time in Finnish trotters. *J. Anim. Sci.* 64: 109–116.
111. Ojala M.J., Van Vleck L.D. (1981): Measures of racetrack performance with regard to breeding evaluation of trotters. *J. Anim. Sci.* 53 (3): 611–619.
112. Ojala M.J. (1982): Some parameters estimated from a restricted set of race records in trotters. *Acta Agric. Scand.* 32: 215–224.
113. Petzold P., Bergfeld U., Schwark H. J. (1989): Application of a method of breeding value estimation in the population of trotters in GDR. in: B. Langlois (Ed.) *State of Breeding Evaluation in Trotters. Proceedings of the EAAP Symposium of the Commission of Horse Production, Helsinki.* 42: 62–66.
114. Physick-Sheard P.W. (1986): Career profile of the Canadian Standardbred. II. Influence of age, gait and sex upon number of races, money won and race times. *Can. J. Vet. Res.* 50: 457–470.
115. Pieramati C., Giontella A., Sarti F.M., Silvestrelli M. (2011): Assessment of limits for racing speed in the Italian trotter population. *Italian Journal of Animal Science* (10): 233-236

116. Posta I., Komlósi I., Mihók, S. (2009): Breeding value estimation in the Hungarian Sport Horse population. *Vet. J.* 181: 19-23.
117. Potočnik K. (2005): Genetski parametri za telesne lastnosti pri mlečnih pasmah govedi v Sloveniji. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za zootehniko.
118. Ranković M., Mijatović M. (1998): Demografska struktura populacije kasača u Jugoslaviji. *Savremena poljoprivreda.* 48 (1-2): 77-81.
119. Rekaya R., Carabano M.J., Toro M. A. (2000): Assessment of heterogeneity of residual variances using changepoint techniques. *Gen. Sel. Evol.* 32: 383-394.
120. Republički zavod za statistiku Republike Srbije (2014): Brojno stanje konja. [www.stat.gov.rs/](http://www.stat.gov.rs/)
121. Ricard A. (1997): Breeding evaluations and breeding programmes in France. Paper Presented at the 48th Annual Meeting of the EAAP, 25–28 August, Vienna, Austria, Commission of Horse Production Session IV. 9pp.
122. Ricard A., Bruns E., Cunningham E.P. (2000): Genetics of performance traits. In: Bowling A.T., Ruvinsky A. (Eds.), *The Genetics of the Horse.* CAB International, Wallingford, United Kingdom, 411–438.
123. Robbins K.R., Misztal I., Bertrand J.K. (2005): Joint longitudinal modeling of age of dam and age of animal for growth traits in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 83 (12): 2736-2742.
124. Röhe R., Savas T., Brka M., Willms F., Kalm E. (2001): Multiple-trait genetic analyses of racing performances of German trotters with disentanglement of genetic and driver effects. *Arch. Tierz.* 44: 579–587.
125. Rönningen K. (1975): Genetics and environmental factors for traits in the North-Swedish trotter. *Z. Tierz. ZuchtBiol.* 92: 164.
126. Roso V. M., Schenkel F. S., Miller S. P., Schaeffer L. R. (2005): Estimation of genetic effects in the presence of multicollinearity in multibreed beef cattle evaluation. *J Anim Sci* 2005. 83:1788-1800.
127. Rutten M.J.M., Komen H., Bovenhuis H. (2005): Longitudinal genetic analysis of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) body weight using a random regression model. *Aquaculture.* 246 (1-4): 101-113.

128. Saastamoinen M.T. (1991a): Some factors of the time of breaking and training affecting racing performance in young trotters. *J. Agric. Sci. Finl.* 63: 483–492.
129. Saastamoinen M.T. (1991b): Factors affecting age at onset of breaking, training, qualifying and first start in Finnish trotters. *Acta Agric.Scand.* 41: 137–145.
130. Saastamoinen M.T., Nylander A. (1996a): Genetic and phenotypic parameters for age at starting to race and racing performance during early career in trotters. *Livest. Prod. Sci.* 45: 63–68.
131. Saastamoinen M.T., Nylander A. (1996b): Genetic and phenotypic parameters for age and speed at the beginning of racing career in trotters. *Acta Agric. Scand.* 46: 39–45.
132. Saastamoinen M.T., Ojala M.J. (1991a): Influence of birth-month on age at first start and racing performance in young trotters. *Acta Agric. Scand.* 41: 437–445.
133. Saastamoinen M.T., Ojala M.J. (1991b): Estimates of genetic and phenotypic parameters for racing performance in young trotters. *Acta Agric. Scand.* 41: 427–436.
134. Saastamoinen M.T., Ojala M. (1994): Influence of different combinations of racing years on early career performance in trotters. *Acta Agric. Scand.* 44: 208–213.
135. Schaeffer L. R., Dekkers J. C. M. (1994): Random regressions in animal models for test-day production in dairy cattle. In: *Proc. 5th World Congr. Appl. Livest. Prod.* XVIII. 443-446.
136. Schaeffer L. R., Jamrozik J. (1996): Multiple-Trait Prediction of Lactation Yields for Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 79: 2044-2055.
137. Schwarz G. (1978): Estimating the Dimension of a Model. *Ann. Statist.* Volume 6, Number 2 (1978), 461-464.
138. Searle S.R., Casella G., McCulloch C.E. (1992): *Variance components.* New York, John Wiley & Sons. 501pp.
139. Silvestrelli M., Galizzi Vecchiotti G., Casciotti D., Pieramati C., Scardella P. (1989): Some aspects of trotter breeding in Italy. *Proceedings of the EAAP Symposium of the Commission of Horse Production, Helsinki,* 42:74-81.
140. Smith S.P. (1990): Estimation of genetic parameters in non linear models. *Advanced in Statistical Methods for Genetic Improvement of Livestock,* D. Gianola, K. Hammond,eds. 190-206. New York, Springer-Verlag.



141. Spilke J., Groeneveld E. (1994): Comparison of four multivariate REML (co)variance component estimation packages. In: 5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Guelph, 22: 11-14.
142. STATSoft, Inc. (2015): Statistika version 12 (data analysis software system).
143. Stewart I D., White I. M. S., Gilmour A. R., Thompson R., Woolliams J A. (2012): Estimating variance components and predicting breeding values for eventing disciplines and grades in sport horses. *Animal*, 6 (9): 1377-1388.
144. Sun C., Madsen P., Nielsen U. S., Zhang Y., Lund M. S., Su G. (2009): Comparison Between a Sire Model and an Animal Model for Genetic Evaluation of Fertility Traits in Danish Holstein Population. *J Dairy Sci* 92 (8): 4063-4071
145. Suontama M., Van der Werf J. H. J., Juga J., Ojala M. (2012): Genetic parameters for racing records in trotters using linear and generalized linear models. *J. Anim. Sci.* 90: 2921–2930
146. Svobodova S., Blouin C., Langlois B. (2005): Estimation of genetic parameters of Thoroughbred racing performance in the Czech Republic. *Anim. Res.* 54: 499-509.
147. Štrbac Lj., Trivunović S. (2013): Effect of paragenetic factors on race time in small population of trotters, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, 37 (6): 701-705.
148. Štrbac Lj., Trivunović S., Baban M. (2015a): Analiza uzgoja kasača i rezultata kasačkih trka u Srbiji, 8th International Scientific/professional conference "Agriculture in nature and environment protection", Vukovar, Croatia 1. – 3. June, 251-255.
149. Štrbac Lj., Trivunović S., Baban M. (2015b): Estimation of genetic parameters for racing time of trotter horses using individual race results, *The International Symposium on Animal Science (ISAS) 2015*, Novi Sad, Serbia, 9.-11. September, 89-94.
150. Tavernier A. (1989): Caractérisation de la population des trotteurs Français d'après leur estimation génétique par un BLUP modèle animal. *Ann. Zootech.* 38: 145–155.
151. Tavernier A. (1991): Genetic evaluation of horses based on ranks in competitions. *Genet. Sel. Evol.* 23 (1): 59–173.
152. Tavernier T. (1988): Advantages of BLUP animal model for breeding value estimation in horses. *Livest. Prod. Sci.* 20: 149–160.
153. Thiruvankadan A. K., Kandasamy N., Panneerselvama S. (2009): Inheritance of racing performance of trotter horses: An overview. *Livest. Prod. Sci.* 124: 163-181.

154. Thuneberg-Selonen T., Pösö J., Mäntysaari E., Ojala M. (1999): Use of individual race results in the estimation of genetic parameters of trotting performance for Finnhorse and Standardbred trotters. *Agric. Food Sci. Finl* 8: 353–363.
155. Tolley E.A., Notter D.R., Marlowe T.J. (1983): Heritability and repeatability of speed for 2- and 3-year-old Standardbred racehorses. *J. Anim. Sci.* 56: 1294–1305.
156. Tolley E.A., Notter D.R., Marlowe T.J. (1989): The environmental effects of pace of race and purse for 2- and 3- year-old Standardbred trotters. In: Langlois, B. (Ed.), *State of Breeding Evaluation in Trotters. Proceedings of the EAAP Symposium of the Commission of Horse Production, Helsinki*, 42: 131–141.
157. Torres Filho R.A., Torres R.A., Lopes P.S., Pereira C.S., Euclides R.F., Araújo C.V. Silva M.A. (2005): Genetic trends in the performance and reproductive traits of pigs. *Genetics and Molecular Biology*, 28(1): 97-102.
158. Trivunović S. (2006): Genetski trend prinosa mleka i mlečne masti u progenom testu bikova za veštačko osemenjavanje. Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 97str.
159. Udruženje za kasački sport Srbije (2013): Statut Srpskog kasačkog saveza. <http://www.serbia-trot.org.rs/dokumenti.html>
160. Udruženje za kasački sport Srbije: Pravilnik o odgoju, organizaciji i izvođenju kasačkih trka. <http://www.serbia-trot.org.rs/dokumenti.html>
161. Udruženje za kasački sport Srbije: Statistika. <http://www.serbia-trot.org.rs/PRETRAGA.html>
162. Viklund A. (2010): Genetic evaluation of swedish warmblood horses. Diss. (sammanfattning/summary) Uppsala: Sveriges lantbruksuniv., Acta Universitatis agriculturae Sueciae, 48: 1652-6880
163. Visscher P. M., Thompson R. (1992): Comparisons between genetic variances estimated from different types of relatives in dairy cattle. *Animal Science*, 55 (3): 315-320.
164. Wiggans G. R., Goddard M. E. (1996): A computationally feasible test day model with separate first and later lactation genetic effects. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 56: 19-51.
165. Wright S. (1922): Coefficients of inbreeding and relationship. *American Naturalist*. 56: 330-338.

166. Zumbach B., Misztal I., Tsuruta S., Sánchez J.P., Azain M., Herring W., Holl J., Long T., Culbertson M. (2008b): Genetic components of heat stress in finishing pigs: Parameter estimation. *J. Anim. Sci.* 86, 2076–2081.
167. Zumbach B., Tsuruta S., Misztal I., Peters K.J. (2008a): Use of a test day model for dairy goat milk yield across lactations in Germany. *J. Anim. Breed. Genet.* 125 (3): 160-167.
168. Zurovacová B. (2008): Performance of Slovak show jumping horses evaluated using BLUP – Animal Model. *Journal of Agrobiology*, 25: 1-4.