

DUGOVJEČNOST MLIJEČNIH PASMINA GOVEDA**N. Raguž, Vesna Gantner, Sonja Jovanovac****Sažetak**

Dugovječnost je ekonomski gledano najvažnije funkcionalno svojstvo u populacijama mliječnih goveda. Povećanjem produktivnog vijeka krava dolazi do povećanja broja podmlatka po životinji, povećane ukupne proizvodnje mlijeka te smanjenja troškova pri zdravstvenoj zaštiti i remontu grla. Osnovna ograničenja koja se pojavljuju pri direktnoj selekciji na dugovječnost su vrijeme potrebno za akumulaciju podataka potrebnih za točnu procjenu uzgojnih vrijednosti rasplodnjaka te niske vrijednosti heritabiliteta. Svojstva vanjštine, koja se ocjenjuju u ranijoj fazi života, najčešće u prvoj laktaciji, i imaju veće vrijednosti heritabiliteta od dugovječnosti pokazala su se kao dobar kriterij u indirektnoj selekciji na dugovječnost, što čini selekciju učinkovitijom. Budući da je za dobivanje pouzdanih i direktnih informacija o rasplodnjacima u pogledu dugovječnosti njihovih kćeri potrebno čekati izlučenje minimalnog broja životinja, pri čemu ti podaci mogu doći prekasno da bi bili korisni u uzgojnim programima, pristupilo se uvođenju novih metoda. Takva metoda je analiza preživljavanja koja je postala i službena metoda za ocjenu dugovječnosti u Australiji, Kanadi, SAD-u, Novom Zelandu i nekoliko europskih zemalja. Korištenjem ove metode omogućuje se uključivanje svih životinja u istraživanje, bez obzira da li su izlučene ili ne, te uvažavanje utjecaja kao vremenski ovisnih i vremenski neovisnih.

Ključne riječi: dugovječnost, mliječne pasmine goveda, selekcija, metode procjene.

Uvod

U proteklim desetljećima selekcija u mliječnom govedarstvu uglavnom je bila usmjerena na genetsko poboljšanje produktivnih svojstava, što se negativno odrazilo na brojna funkcionalna svojstva. Stoga se u modernim uzgojnim programima u genetskoj evaluaciji mliječnih i kombiniranih pasmina goveda s pravom pridaje sve veći značaj funkcionalnim svojstvima koja su u funkciji plodnosti, zdravlja, otpornosti i dugovječnosti životinje. Uzgajivači su zainteresirani za duži produktivni život krave jer se njegovim povećanjem smanjuje stopa zamjene te se može postići veći selekcijski intenzitet u ženskom dijelu populacije, a shodno tome i veći selekcijski uspjeh.

Nikola Raguž, Vesna Gantner, Sonja Jovanovac, Poljoprivredni fakultet, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Trg Svetog Trojstva 3, 31000 Osijek, Hrvatska (nraguž@pfos.hr)

Kako je glavni selekcijski cilj u mliječnom govedarstvu postići profit, u mnogim se zemljama u genetskoj evaluaciji životinja često koriste selekcijski indeksi koji uspješno uključuju ne samo produktivna nego i ona neproduktivna svojstva koja također utječu na profit. Pri tome se profit odnosi na dobit od životne proizvodnje (Lifetime Net Merit). U osvrtu na selekciju na ukupni profit mliječnih pasmina Van Raden (2002) navodi podatke za jedanaest zemalja uključenih u internacionalnu evaluaciju bikova (INTERBULL) i njihovim selekcijskim indeksima te relativnom značaju pojedinih svojstava. Tako se relativni značaj za dugovječnost kreće od 6 (Njemačka, Danska, Španjolska) do 15 (Velika Britanija), dok je između 8 i 13 u Nizozemskoj, Novom Zelandu, Kanadi, Austriji, Italiji i Francuskoj.

Dugovječnost ili produktivni život je vrlo značajno svojstvo s velikim utjecajem na profitabilnost u proizvodnji mlijeka jer je u funkciji genetskog kapaciteta za mlijeko, plodnost i zdravlje životinje te biološke sposobnosti životinje za prilagodbu na različite okolišne uvjete (Berry i sur., 2005). Pogačar i sur. (1998) navode da je dugovječnost kao funkcija konstitucije životinje i otpornosti na različite bolesti, uz visoku proizvodnost i dobar sastav mlijeka, vrlo važno svojstvo za ekonomičnu proizvodnju mlijeka. Povezana je sa sposobnošću životinje da što duže ostane u proizvodnji, odnosno da ne bude izlučena bez obzira na razlog izlučenja (reproduktivne smetnje, bolesti vimena, problemi sa ekstremitetima), pa čak ni zbog niske proizvodnje. Krave mogu biti izlučene u različitoj životnoj i produktivnoj dobi, a razlozi izlučenja mogu biti željeni (planski) na koje uzgajivač može utjecati i donositi odluku (primjerice niska proizvodnja) te neželjeni (neplanski) uzroci izlučenja, na koje uzgajivač ne može utjecati. Kod neplanskih uzroka izlučivanja uzgajivač nema mogućnost izbora i često mora izlučiti krave s visokom produktivnosti. Najčešći su uzroci neplanskih izlučivanja u mliječnim stadima reproduktivne smetnje, mastitis, metabolički poremećaji, problemi s ekstremitetima (Ferčej i sur., 1988, Jovanovac i sur., 1990, Van Raden i Wiggans, 1995, Smith i sur., 2000).

Veći broj laktacija, uredna reprodukcija, visoka proizvodnost te dug životni period smanjuju godišnje troškove obnove stada. Godišnji remontni postotak može se smanjiti od 30% do 22% (Ferčej i sur., 1988), a sukladno tome omogućen je veći intenzitet selekcije na plotkinjama. Produženje proizvodnje krave s tri na četiri laktacije povećava godišnje prihode od 11% do 13% (Essl, 1984), a proizvodnja duža za 2,2 mjeseca odgovara povećanju količine mlijeka za 100 kg (Allaire i Gibson, 1992). Smanjena dugovječnost kod mliječnih krava prepoznata je kao znatan trošak u proizvodnji mlijeka (Harris i sur., 1992, Veerkamp i sur., 2002). S većim životnim

periodom, starosna struktura stada pomaknuta je prema kravama u višim laktacijama koje imaju veći nivo proizvodnje od krava u nižim laktacijama.

Sposobnost životinja za visokom produkcijom i reprodukcijom kroz duži niz godina poželjna je karakteristika u mliječnom govedarstvu sa dva aspekta, ekonomskog i selekcijskog (Gaalaas i Plowman, 1962). Kao dobro polazište pri ocjenjivanju rasplodnjaka za dugovječnost na osnovu proizvodnje njihovih kćeri u prvoj laktaciji, Parker i sur. (1960) utvrdili su niske, ali signifikantne i pozitivne korelacije između proizvodnje i dugovječnosti kod krava holstein i jersey pasmine. Do sličnih rezultata došli su i Gaalaas i Plowman (1960) na kravama holstein pasmine. Hickman i Henderson (1955) zaključili su temeljem svojih istraživanja da selekcija na osnovu proizvodnje u prvoj laktaciji vjerojatno pogoduje i produljenju životne produkcije. Gill i Allaire (1976) proučavali su odnos između dnevne količine mlijeka u prvoj laktaciji i obilježja životne proizvodnje krava te ustanovili da se s povećanjem proizvodnje mlijeka u prvoj laktaciji povećava i ukupna količina mlijeka po životnom danu, ali ne i životni vijek. Burnside i sur. (1984) ističu da je mliječnost u prvoj laktaciji dobar indikator ukupne količine mlijeka i dugovječnosti, međutim visok postotak prijevremenog izlučenja krava zbog neželjenih razloga umanjuje ovu mogućnost.

Ovaj rad predstavlja osvrt na dosadašnje spoznaje o analizi i genetskom vrednovanju dugovječnosti temeljene na rezultatima istraživanja u populacijama mliječnih goveda.

Pojam i mjere dugovječnosti

Postoje različite mjere dugovječnosti, kao ukupan životni vijek, dužina produktivnog života, dob pri izlučivanju, te broj laktacija (Gaalaas i Plowman, 1962, Hoque i Hodges, 1981). Prema Ducrocqu i sur. (1987a) možemo promatrati dvije definicije, odnosno dva tipa dugovječnosti: prava dugovječnost je sposobnost krave da ne bude izlučena bez obzira na razlog izlučenja, dok je funkcionalna dugovječnost sposobnost krave da izbjegne neželjeno izlučenje, odnosno izlučenje koje nije povezano s njezinom vlastitom proizvodnjom. Dugovječnost, mjerena kroz dužinu produktivnog života, ukazuje na sposobnost jedinke da ostane što duže u proizvodnji odnosno sposobnost da ni zbog kakvih razloga ne bude izlučena iz uzgoja, pa čak ni zbog niske proizvodnje. Općenito se dugovječnost u statističkim analizama može izraziti na razne načine. Jedan od najstarijih je kroz dužinu produktivnog života te broj laktacija i oni mjere stvarni produktivni život (Gaalaas i Plowman, 1962, White i Nichols, 1965). Everett i sur. (1976) predložili su

sposobnost preživljavanja krave do određene životne dobi odnosno dobi u produktivnom životu, tj. do 36, 48, 60, 72 i 84 mjeseci života. Boettcher i sur. (1999) ocjenjivali su preživljavanje tijekom prve, druge ili treće laktacije, sa ili bez korekcije na dužinu laktacije. U Kanadi se pri genetskoj evaluaciji dugovječnosti, prije uvođenja analize preživljavanja, preživljavanje krava ocjenjivalo kroz pet specifičnih vremenskih točaka: od prvog telenja do 120. dana prve laktacije, od 120. do 240. dana prve laktacije, od 240. dana prve laktacije do drugog telenja, preživljavanje do trećeg te preživljavanje do četvrtog telenja (Sewalem i sur., 2007).

Dugovječnost je teško kvantificirati i analizirati zbog nedostajućih zapisa (cenzuriranih zapisa). Uvođenjem pojma preživljavanja (stayability, survival) kao binarne mjere za dugovječnost, otvorene su nove mogućnosti u ocjenjivanju dugovječnosti kroz analizu stope preživljavanja (survival rate) u nekoj zadanoj životnoj dobi krave. Uspoređujući kontinuirano i binarno promatranje dugovječnosti i njihove odgovarajuće analize s modeliranjem preživljavanja baziranog na hazardnoj stopi, Boettcher i sur. (1999) su zaključili da analiza preživljavanja najbolje opisuje stvarni genetski model preživljavanja. Analiza preživljavanja temeljena na Coxovom regresijskom modelu, te model proporcionalnih rizika s Weibull distribucijom novije su metode u genetskom procjenjivanju dugovječnosti (Ducrocq i sur., 1987a).

Mogućnost indirektna selekcije na dugovječnost

Prema dosadašnjim istraživanjima indirektna je selekcija na dugovječnost u mliječnim stadima moguća zahvaljujući postojanju genetskih korelacija sa svojstvima koja se mogu mjeriti ranije u životu krava, dok još nisu izlučene. U tu skupinu svojstava ubrajaju se ona koja su povezana s vanjštinom. Podaci o ocjenama vanjštine dobiju se relativno rano, već tijekom prve laktacije. Prema brojnim istraživanjima nasljedni je udio za njih srednje visok odnosno umjeren, a statistički značajna genetska povezanost sa svojstvima dugovječnosti ukazuje na to da se mogu koristiti kao indikatori i prediktori dugovječnosti (Harris i sur., 1992).

Prema rezultatima istraživanja koje navode Cassandro i sur. (1999) heritabiliteti za svojstva vanjštine su iznosili za svojstva vimena od 0,17 (dubina vimena) do 0,31 (vezanost prednjeg vimena s trbuhom), a za visinu križa 0,32. Svojstva vimena i nogu su prema rezultatima do kojih su došli Schneider i sur. (2003) jako povezana s funkcionalnim produktivnim životom. Do sličnih su rezultata došli i drugi autori koristeći različite metodologije u istraživanjima (Boettcher i sur., 1997, Sölkner i Petschina, 1999, Weigel i sur.,

1998, Strapak i sur., 2005). Philpot i sur. (1997) drže da bi svojstva vanjštine mogla biti dobrim indikatorima i prediktorima dugovječnosti. Oni su utvrdili da su genetske korelacije između svojstava vanjštine krava holstein pasmine i stope preživljavanja u zadanoj dobi statistički značajne te se stoga mogu koristiti u indirektnoj selekciji u cilju povećanja dugovječnosti, odnosno preživljavanje u određenoj dobi je također značajan prediktor životnog vijeka. Setati i sur. (2004) pronašli su srednje do visoke pozitivne genetske korelacije između dugovječnosti i svojstava vimena te ocjene mliječnog tipa (0,22 i 0,48) u stadu krava holstein pasmine. Negativne genetske korelacije autori su utvrdili za dubinu trupa i dužinu prednjih sisa (-0,15 i -0,07). Prema Cassandru i sur. (1999) genetske korelacije između funkcionalnog produktivnog vijeka i svojstava vanjštine kretale su se od -0,42 (dužina sisa) do 0,43 (dubina vimena), dok su visina, dužina i širina križa bile u negativnoj korelaciji s funkcionalnim produktivnim životom (-0,13, -0,24, -0,12). Izraženost skočnog zgloba bila je u negativnoj genetskoj korelaciji s funkcionalnim produktivnim životom (-0,29). Genetske korelacije između vanjštine i dugovječnosti ispitivali su također i Rogers i sur. (1989), Boldman i sur. (1992) te Harris i sur. (1992). Prema Harrisu i sur. (1992) negativne genetske korelacije iznosile su između funkcionalnog produktivnog života i visine križa (-0,69), dubine trupa (-0,35), položaja zdjelice (-0,40), prednje širine vimena (-0,15) te dužine sisa (-0,57). Slične su vrijednosti autori ustanovili za stvarni produktivni život. Obje mjere dugovječnosti odnosile su se na preživljavanje u dobi do 48 mjeseci.

Jačina povezanosti između vanjštine i dugovječnosti ovisi o razini proizvodnje mlijeka. Boetcher i sur. (1997) smatraju međutim da je taj odnos manjeg značaja za krave koje najmanje proizvode, a razlog tome je taj što su krave s niskom proizvodnjom vjerojatno manje pod stresom nego krave s visokom proizvodnjom.

U ispitivanjima povezanosti između dugovječnosti i vanjštine autori su koristili različite metodologije, prije svega se to odnosi na definiranje dugovječnosti. Tako su Short i Lawlor (1992) za dugovječnost koristili pet mjera i to u ovisnosti o tome jesu li krave imale drugo teljenje ili ne, na temelju preživljavanja do 54 i do 84 mjeseca te kroz stvarnu i funkcionalnu dužinu produktivnog života, prema Ducrocq i sur. (1988)

U novije vrijeme u ocjenjivanju povezanosti između vanjštine i dugovječnosti koristi se metoda analize preživljavanja (survival analysis) prema modelu proporcionalnih rizika po Cox-ovom ili Weibull-ovom modelu preživljavanja (Solkner i Petschina, 1999, Larroque i Ducrocq,

2001, Schneider i sur., 2003, Sewalem i sur., 2003, Carraviello i sur., 2003).

Inkorporacija dugovječnosti u uzgojne programe

Da bi se mogla izračunati dužina produktivnog života životinje, datum izlučenja mora biti poznat. Navedena činjenica može uzrokovati neke poteškoće u genetskoj ocjeni rasplodnjaka. Genetska evaluacija dugovječnosti te inkorporacija ovog svojstva u uzgojne programe u mliječnom govedarstvu ometana je iz tri razloga. Prvo, dugovječnost nije svojstvo koje je lako izmjeriti budući da potpuna opservacija nije dostupna kada se donose selekcijske odluke. Uzmimo da produktivni život krave može premašiti pet godina, čekanje da dotična životinja bude izlučena da bismo saznali datum izlučenja značajno će povećati generacijski interval te usporiti selekciju. Ovaj problem može se djelomično riješiti korištenjem analize preživljavanja (Ducrocq i sur., 1987b). Analiza preživljavanja koristi informacije o životinjama koje su izlučene (necenzurirani zapisi), ali i zapise o životinjama koje su još žive i u proizvodnji su (cenzurirani zapisi). U analizi preživljavanja možemo uključiti i vremenski-ovisne utjecaje (time dependent effects). Drugo, iako se dugovječnost ocjenjuje u mnogim zemljama, ne postoji opća definicija svojstva i analiza sakupljenih podataka o fenotipu. Primjerice, u SAD, Kanadi, Novom Zelandu, Australiji te nekoliko europskih zemalja (Velika Britanija, Francuska, Austrija, Njemačka, Italija, Danska, Španjolska i Nizozemska) koristi se analiza preživljavanja (INTERBULL, 2008), dok se u ostalim zemljama, u kojima se vrši selekcija na dugovječnos, još uvijek pretežno koristi linearni model. Treća poteškoća u uvođenju ocjene dugovječnosti u uzgojne programe je manjak informacija što se tiče procjene genetskih parametara za dugovječnost u mliječnih grla, koje su potrebne za većinu metoda genetske evaluacije.

Statističke metode za procjenu dugovječnosti

Analiza preživljavanja

Analiza preživljavanja (survival analysis) općenito istražuje i modelira vrijeme koje je potrebno da se neki događaj dogodi. Prototip ovakvog događaja bio bi slučaj smrti, odakle i potječe sam naziv ove analize i velik dio njezine terminologije, međutim ciljevi ovog modeliranja su mnogo širi i opsežniji. Iste ove metode koriste se u raznim znanstvenim disciplinama i područjima, kao na primjer u sociologiji, ekonomiji, demografiji. Najzanimljivije modeliranje

preživljavanja istražuje povezanost između preživljavanja i jednog ili više prediktora koji se u literaturi nazivaju kovarijable. Pitanja na koja ova analiza pokušava dati odgovore su: koji je dio populacije koji će preživjeti do određene točke u vremenu? Od onih životinja koje su preživjele, po kojoj frekvenciji će se odvijati njihovo ugibanje? Da li se u obzir može uzeti više uzroka smrti? Kako određene okolnosti utječu na povećanje odnosno smanjenje vjerojatnosti preživljavanja?

Da bi se odgovorilo na ova pitanja potrebno je definirati pojam „vrijeme života“. U biološkim istraživanjima smrt je jednoznačna, međutim pri istraživanju pouzdanosti u mehanici prestanak rada ne može se tako nedvosmisleno definirati, budući da određeni stroj može djelomično prestati funkcionirati. Čak i u biološkom smislu, određeni događaji kao npr. srčani infarkt ili prestanak rada nekog drugog organa mogu imati isti takav smisao.

Analiza preživljavanja ima dvije bitne odlike koje je teško uklopiti u konvencionalne statističke metode: cenzuriranje i vremenski-ovisne kovarijable. Cenzuriranje se može vršiti na više načina i iz više razloga. Glavna i osnovna razlika je između lijevog i desnog cenzuriranja. Opažanje na određenoj varijabli T je desno cenzurirano ako je sve što znamo o toj varijabli da je ona veća od određene vrijednosti c . U analizi preživljavanja, T je obično vrijeme odvijanja nekog događaja, a slučajevi su desno cenzurirani budući da je promatranje završeno prije odvijanja samog događaja. Simetrično tome, lijevo cenzuriranje se događa u slučaju kada je sve što znamo o nekoj opservaciji na varijabli T da je ona manja od neke veličine. U kontekstu dugovječnosti kod goveda, lijevo cenzuriranje se najčešće događa kada istraživanje započne u točki vremena prije koje su određene životinje imale već određeni broj završenih laktacija. Također postoji i intervalno cenzuriranje kao kombinacija lijevog i desnog.

Jedna od važnih činjenica u analizi preživljavanja je da postoji više metoda istraživanja, a najvažnije su: životne tablice, Kaplan-Meier procjena, eksponencijalna regresija te metoda proporcionalnih rizika (proportional hazards regression). Svi standardni pristupi u analizi preživljavanja su probabilistički ili stohastički. Drugim riječima, trenuci u kojima se odvijaju određeni događaji posljedica su nekih slučajnih procesa. Iz toga slijedi da je T , vrijeme događaja za neku individu u slučajna varijabla koja ima svoju distribuciju vjerojatnosti. Postoje tri različita načina u opisu distribucija vjerojatnosti, a to su: 1) funkcija kumulativne distribucije; 2) funkcija gustoće vjerojatnosti; 3) hazardna funkcija (Allison, 1995).

Kaplan-Meier metoda

U biomedicini, Kaplan-Meier metoda jedna je od najraširenijih pri procjeni funkcije preživljavanja. Kao važna prednost ove metode navodi se mogućnost upotrebe cenzuriranih podataka u statističkoj analizi. Većinom se koristi kao metoda preliminarnе evaluacije, budući da ima isključivo deskriptivni karakter (Allison, 1995).

Cox-ov regresijski model

Ova metoda stekla je u znanstvenim istraživanjima vrlo veliku popularnost iz razloga što ne zahtijeva odabir određene funkcije vjerojatnosti za opis trenutaka preživljavanja (survival times). Zbog toga se naziva još i semiparametrijskom metodom. Također, Cox-ova regresija olakšava inkorporaciju vremenski ovisnih kovarijabli, odnosno kovarijabli koje mogu mijenjati svoje vrijednosti tijekom perioda istraživanja. Međutim, unatoč ovim prednostima, Cox-ova regresija nije univerzalna metoda za regresijsku analizu podataka o preživljavanju jer postoje i slučajevi u kojima je bolje koristiti parametrijske metode (Allison, 1995). Dolje je prikazan Cox-ov model koji su kreirali Sölkner i Petschina (1999) u istraživanju povezanosti svojstava vanjštine i dugovječnosti:

$$h(t,z) = h_0 \exp(YS_i + LST_j + M_k + F_1 + P_m + b_1 TT + b_2 TT^2)$$

gdje je:

$h(t,z)$ = hazardna funkcija za životinju s vektorom varijabli z u vrijeme t .

h_0 = osnovna hazardna funkcija (nije specificirana u Cox-ovom modelu.)

YS_i = utjecaj godina-sezona (2 sezone u godini, siječanj-lipanj, srpanj-prosinac)

LST_j = utjecaj laktacije x stadij laktacije (1-5 laktacija i više, 3 stadija unutar laktacije)

M_k = količina proizvedenog mlijeka krave u odnosu na prosjek stada (7 razreda)

F_1 = količina proizvedene mliječne masti krave u odnosu na prosjek stada (6 razreda)

P_m = količina proizvedenih mliječnih bjelančevina u odnosu na prosjek stada (6 razreda)

b_1, b_2 = koeficijenti linearne i kvadratne regresije

TT - svojstvo vanjštine

Svi utjecaji osim TT su vremenski ovisne varijable, M, F i P mijenjaju se svaku laktaciju.

Model proporcionalnih rizika

Ovaj model pretežno se koristi u medicinskim testiranjima za modeliranje utjecaja sekundarnih varijabli na preživljavanje. Njegova snaga leži u sposobnosti modeliranja i testiranja mnogih zaključaka o preživljavanju bez postavljanja specifičnih pretpostavki o obliku modela životne distribucije. Osnovni model koji ne uključuje vremenski ovisne varijable te neproporcionalne rizike obično izgleda ovako:

$$h_i(t) = \lambda_0(t) \exp \{ \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_k x_{ik} \}$$

Ovaj izraz govori da je rizik za individu u vrijeme t produkt dvaju faktora:

- 1) osnovne hazardne funkcije $\lambda_0(t)$ koja je nespecificirana, osim što ne može biti negativna
- 2) linearne funkcije skupa k fiksnih kovarijabli, koji je eksponentiran.

Funkcija $\lambda_0(t)$ se može promatrati kao hazardna funkcija individue za koju su vrijednosti svih kovarijabli jednake nuli. Logaritmirajući obje strane izraza, dobivamo slijedeći izraz:

$$\log h_i(t) = \alpha(t) + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_k x_{ik},$$

gdje je $\alpha(t) = \log \lambda_0(t)$

Nadalje, ako specificiramo da je $\alpha(t) = \alpha$, dobivamo eksponencijalni model. Ako specificiramo $\alpha(t) = at$ dobivamo Gompertz model. Na kraju, ako specificiramo $\alpha(t) = a \log(t)$, imamo Weibull-ov model.

Usporedbe različitih modela

Boettcher i sur. (1999) usporedili su linearni te threshold model pri analizi binarne mjere preživljavanja, gdje je utvrđen nastavak korištenja linearnog modela u kanadskoj mliječnoj industriji uz naglasak na postupno proučavanje i usvajanje survival modela ili korekcije na trenutnom linearnom

modelu. Threshold model se u budućnosti neće značajnije razmatrati zbog zahtjevne dodatne obrade te visokih korelacija procijenjenih uzgojnih vrijednosti s onima iz linearnog modela. Forabosco i sur. (2006) usporedili su procjenu uzgojne vrijednosti bikova pomoću linearnog modela i analize preživljavanja. Na temelju rezultata utvrđene su različite vrijednosti heritabiliteta koristeći linearni i nelinearne modele. Najviše procijenjene vrijednosti dobivene su upotrebom analize preživljavanja koristeći cenzurirane (11%) i necenzurirane podatke. Na temelju njihovih, ali i ostalih literaturnih rezultata, iniciran je razvoj analize preživljavanja u genetskom vrednovanju dugovječnosti u Italiji.

Van Raden i Wiggans (2004.) opisuju jedan model s više svojstava („multitrait model“) za procjenu uzgojne vrijednosti bikova, za koji smatraju da je prikladniji od single trait modela. Prednosti su u tome što su kćeri bikova u prvoj laktaciji i imaju informacije o ocjenama vanjštine i o proizvodnji, a koje su dostupne prije informacija o izlučenju. U genetskoj evaluaciji dugovječnosti švicarske smeđe pasmine goveda Vukašinović i sur. (1997.) koristili su survival analizu. Dugovječnost su promatrali kao dužinu produktivnog života kćeri bikova koje su se prvi puta telile u razdoblju od 1985. do 1994. godine, a njihov produktivni život promatran je od 01. svibnja 1985. do 15. kolovoza 1995. godine. Pri tome je postavljen uvjet da bikovi imaju najmanje 20 kćeri s kompletno završenim produktivnim životom (uncensored records). Autori su istaknuli da je analiza preživljavanja prikladna metoda za analizu produktivnog života jer u potpunosti koristi dostupne informacije s kompletno završenim produktivnim životom (uncensored records), kao i informacije od onih grla koja još nemaju završen produktivni vijek (censored records). Autori su također ustanovili da je produktivni život pod utjecajem broja laktacija, stadija laktacije i relativne proizvodnje mlijeka unutar stada te da je za krave u prvoj laktaciji veći rizik da će biti izlučene od starijih krava.

Distribucije podataka

Nekoliko se specifičnih raspodjela podataka neprestano koristi u literaturi vezanoj za proučavanje dugovječnosti. S jedne strane, njihovu upotrebu pri opisu istraživanih fenomena opravdavaju teoretska razmatranja na temelju trenutnih fizikalnih i bioloških spoznaja. S druge strane, vrlo su prikladne za empirijski opis podataka. Jedna od najjednostavnijih je eksponencijalna, koja je izvedena uz pretpostavku da je hazardna funkcija konstantna kroz vrijeme: vjerojatnost promjene stanja u bilo kojem trenutku je ista, bez obzira na vremenski period istraživanja u kojem se određeni subjekt nalazi.

Weibull raspodjela predstavlja jednostavnu modifikaciju (generalizaciju) eksponencijalne raspodjele i vrlo se često koristi pri proučavanju podataka o preživljavanju zbog mogućnosti oponašanja karakteristika ostalih statističkih raspodjela kao što su normalna i eksponencijalna (Weibull, 1951). Od ostalih raspodjela, pri proučavanju dugovječnosti koriste se još i log-normal raspodjela (nedostatak ove raspodjele je u prevelikoj osjetljivosti na small failure times), gamma te generalizirana gamma raspodjela (Ducrocq, 2001).

Zaključak

U zadnjih dvadesetak godina došlo je do znatnog rasta genetskog trenda u proizvodnji mlijeka po životinji kao rezultat intenzivne i usredotočene selekcije na pojedina svojstva. Jedno od tih svojstava je i dugovječnost, najvažnije funkcionalno svojstvo u populacijama mliječnih goveda. Najveći učinak produženja produktivnog vijeka krava očituje se kroz smanjenje troškova remonta stada, ali također vodi i do većeg udjela krava u kasnijim laktacijama koje imaju znatno veću proizvodnju od životinja u ranijim laktacijama. Potreba uvođenja kvalitetne metode za što točniju procjenu dugovječnosti u selekcijskim programima dovela je do zamjene konvencionalne linearne metodologije novijom metodom analize preživljavanja. Prednosti ove metode su u korištenju cenzuriranih zapisa o životinjama koje su još uvijek u proizvodnji za vrijeme analize, te mogućnost uključivanja vremenski ovisnih kovarijabli u model. Dobiveni rezultati mogli bi dati doprinos u ispitivanju opravdanosti uvažavanja i vrednovanja dugovječnosti u selekcijskom indeksu za ukupno vrednovanje goveda. Također, učinkovita selekcija na poboljšanje dugovječnosti imala bi posredan utjecaj na proizvodnju zdrave i sigurne hrane, jer su dugovječnija grla manje tretirana lijekovima. Implementacija ocjene dugovječnosti u uzgojno selekcijski program u Hrvatskoj mogla bi biti od neprocjenjive važnosti za razvoj i povećanje ekonomske isplativosti u proizvodnji mlijeka.

LITERATURA

1. Allaire, F.R., J.P. Gibson, (1992): Genetic value of herd life adjusted for milk value. *Journal of Dairy Science*, 75: 1349-1356
2. Allison, P.D. (1995): *Survival analysis using the SAS system: A practical guide*. Cary, NC: SAS Institute Inc., 292 pp.

3. Berry, D.P., B.L. Harris, A.M. Winkelman, W. Montgomerie (2005): Phenotypic associations between traits other than production and longevity in New Zealand dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 88: 2962-2974.
4. Boettcher, P. J., L. K. Jairath, J. C. M. Dekkers (1999): Comparison of methods for genetic evaluation of sires for survival of their daughters in the first three lactations. *Journal of Dairy Science*, 82: 1034-1044.
5. Boldman, K. G., A.E. Freeman, B.L. Harris, A.L. Kuck (1992): Prediction of sire transmitting abilities for herd life from transmitting abilities for linear type traits. *Journal of Dairy Science*, 75: 552-563.
6. Brotherstone, S. (1994): Genetic and phenotypic correlations between linear type traits and production traits in Holstein-Friesian dairy cattle. *Animal Production*, 59: 183-187.
7. Buenger, A., V. Ducrocq, H.H. Swalve (2001): Analysis of survival in dairy cows with supplementary data on type scores and housing systems from a region of Northwest Germany. *Journal of Dairy Science*, 84: 1531-1541.
8. Burnside, E.B., A.E. Mc Clintok, K. Hammond (1984): Type, production and longevity in dairy cattle. A review. *Animal Breeding Abstract* 52, 711-719.
9. Caraviello, D.Z., K.A. Weigel, D. Gianola (2003): Analysis of the relationship between type traits, inbreeding and functional survival in Jersey cattle using a Weibull proportional hazards model. *Journal of Dairy Science*, 86: 2984-2989.
10. Cassandro, M., S. Ghiroldi, A. Bagnato, L. Gallo, P. Carnier, E. Santus (1999): Genetic evaluation of longevity in Italian Brown Cattle Breed. Proceedings of the International Workshop on EU Concerted Action Genetic Improvement of Functional Traits in Cattle (GIFT); Longevity Jouy-en-Josas, France May, 1999.
11. Dekkers, J.C.M., L.K. Jairath, B.H. Lawrence (1994): Relationships between sire genetic evaluations for conformation and functional herd life of daughters. *Journal of Dairy Science*, 77: 844-854.
12. Ducrocq, V., R. L. Quaas, E. J. Pollak (1987a): Length of productive life of dairy cows: I. Justification of a Weibull model. 38th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Commission on Animal Genetics, Lisbon, Portugal, September 27 - October 1, 1987.
13. Ducrocq, V., R. L. Quaas, E. J. Pollak (1987b): Length of productive life of dairy cows: II. Variance component estimation and sire evaluation. 38th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Commission on Animal Genetics, Lisbon, Portugal, September 27 - October 1, 1987.
14. Ducrocq, V. (2001): Survival analysis applied to animal breeding and epidemiology. Station de genetique quantitative et appliquee. Institut national de la recherche agronomique. F-78352 Jouy-en-Josas Cedex.

15. Ducrocq, V. (2002): A Piecewise Weibull mixed model for the analysis of length of productive life of dairy cows. 7th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod., August 19 to 23, 2002, Montpellier, France. Session 20. Communication N° 20-04.
16. Essl, A. (1984): Zusammenhang zwischen leistungszucht und nutzungsdauer bei kuhen. Zuchtungskunde, 56, 337-343.
17. Everett, R. W., J. F. Keown, E. E. Clapp (1976): Relationships among type, production, and stayability in Holstein cattle. Journal of Dairy Science, 59: 1505-1510.
18. Ferčej, J., J. Pogačar, M. Štepec (1988): Ocenitev sistematičnih vplivov na mlečnost prevesnic in preživetveno dobo krav. Znanost in praksa v govedoreji, 12. zvezek, 17-27.
19. Forabosco, F., A. F. Groen, R. Bozzi, J.A.M. Van Arendonk, F. Filippini, P. Boetcher, P. Bijma (2004): Phenotypic relationships between longevity, type traits and production in Chianina beef cattle. Journal of Animal Science, 82: 1572-1580.
20. Forabosco, A. F., R. Bozzi, F. Filippini, P. Boettcher, J. A. M. Van Arendonk, P. Bijma (2006): Linear model vs. Survival analysis for genetic evaluation of sires for longevity in Chianina beef cattle. Livestock science, 101: 191-198.
21. Foster, W.W., A.E. Freeman, P.J. Berger (1989): Association of type traits scored linearly with production and herd life of Holsteins. Journal of Dairy Science, 72: 2651-2664.
22. Gaalaas, R.F., R.D. Plowman (1962): Relationship between longevity and production in holstein-friesian cattle. Journal of Dairy Science, 46 (1): 27.
23. Gill, G.S., F.R. Allaire (1976): Relationship of first lactation performance of life time production and economic efficiency. Journal of Dairy Science, 59: 1319-1324.
24. Harris, B.L., A.E. Freeman, E. Metzger (1992): Analysis of herd life in Guernsey dairy cattle. Journal of Dairy Science, 75: 2008-2016.
25. Hickman, C.G., C.R. Henderson (1955): Components of the relationship between level of production and rate of maturity in dairy cattle. Journal of Dairy Science, 38: 883-890.
26. Honnette, J. E., W.E. Vinson, J.M. White, R.H. Kliewer (1980): Prediction of herd life and lifetime production from first lactation production and individual type traits in holstein cows. Journal of Dairy Science, 63: 816-824.
27. Hoque, M., J. Hodges (1981): Lifetime production and longevity of cows related to their sires' breeding values. Journal of Dairy Science, 64: 1598-1602.
28. INTERBULL-centre (2008): Interbull Routine Genetic Evaluation for Direct Longevity April 2008 – Table 3.

29. Jairath, L., J.C.M. Dekkers, L.R. Schaeffer, Z. Liu, E.B. Burnside, B. Kolstad (1998): Genetic evaluation for herd life in Canada. *Journal of Dairy Science*, 81: 550-562.
30. Jovanovac, S., O. Čiča, E. Kurtek, S. Ristić (1990): Produktivni vijek holstein-friesian pasmine u Slavoniji i Baranji. *Stočarstvo*, 44 (7-8): 231-238.
31. Larroque, H., V. Ducrocq (2001): Relationships between type and longevity in the Holstein breed. *Genet. Sel. Evol.*, 33: 39-59.
32. Klassen, D. J., H.G. Monardes, L. Jairath, R.I. Cue, J.F. Hayes (1992): Genetic correlations between lifetime production and linearized type in Canadian Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 75: 2272-2282.
33. Madgwick, P. A., M.E. Goddard (1989): Genetic and phenotypic parameters of longevity in australian dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 72: 2624-2632.
34. Parker, J.B., N.D. Bayley, M.H. Fohrman, R.D. Plowman (1960): Factors influencing dairy cattle longevity. *Journal of Dairy Science*, 43: 401-409.
35. Philpot (McWethy), J.C., H.G. Monardes, R.I. Cue (1997): Correlations between herd life and type traits in Quebec Holsteins. *American Dairy Science Association, 92nd Annual Meeting June 22-25, 1997 University of Guelph, Guelph, Ontario*.
36. Pogačar, J., K. Potočnik, I. Kump, A. Dolinar (1998): Estimation of stayability traits in black-and-white cows in Slovenia. 6th Int. Symp. "Animal Science Days", Portorož, Slovenia, Sept. 16-18, 1998.
37. Rogers, G.W., B.T., McDaniel, M.R., Dentine, D.A., Funk (1989): Genetic correlations between survival and linear type traits measured in first lactation. *Journal of Dairy Science*, 72: 523-527.
38. Rogers, G.W., G. L. Hargrove, J. B. Cooper (1991): Relationships among survival and linear type traits in Jerseys. *Journal of Dairy Science*, 74: 286-291.
39. Roxstrom, A., E. Strandberg (2002): Genetic analysis of functional, fertility-, mastitis-, and production-determined length of productive life in Swedish dairy cattle. *Livestock Production Science*, 74(2): 125-135.
40. Schneider, M. del P., J. W. Dürr, R. I. Cue, H. G. Monardes (2003): Impact of ype traits on functional herd life of Quebec holsteins assessed by survival analysis. *Journal of Dairy Science*, 86: 4083-4089.
41. Setati, M.M., D. Norris, C.B. Banga, K. Benyi (2004): Relationships between longevity and linear type in Holstein cattle population of Southern Africa. *Tropical Animal Health and Production*, 36: 807-814.
42. Sewalem, A., G.J. Kistemaker, B.J. Van Doormaal (2003): Genetic analysis of herd life in Canadian dairy cattle on a lactation basis using the survival kit. Pages 73-76 in *Interbull Bull. No. 31, Uppsala, Sweden*.

43. Sewalem, A., F. Miglior, G. J. Kistemaker, P. Sullivan, G. Huapaya, B.J. Van Doormaal (2007.): Short Communication: Modification of genetic evaluation of herd life from a three-trait to a five-trait model in canadian dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 90: 2025-2028.
44. Short, T.H., T.J. Lawlor (1992): Genetic parameters of conformation traits, milk yield and herd life in Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 75: 1987-1998.
45. Smith, J.W., L.O. Ely, A.M. Chapa (2000): Effect of region, herd size, and milk production on reasons cows leave the herd. *Journal of Dairy Science*, 83: 2980-2987.
46. Sölkner, J., R. Petschina (1999): Relationship between type traits and longevity in Austrian Simmental cattle. *INTERBULL Bull.* 21, 91–95.
47. Strapak, P., J. Candrak, J. Aumann (2005): Relationship between longevity and selected production, reproduction and type traits. *Czech Journal of Animal Science*, 50: 1-6.
48. Van Doormaal, B.J., L.R. Schaeffer, B.W. Kennedy (1985): Estimation of genetic parameters for stayability in canadian holsteins. *Journal of Dairy Science*, 68: 1763-1769.
49. Van Doormaal, B.J., E.B. Burnside, L.R. Schaeffer (1986): An analysis of the relationships among stayability, production, and type in Canadian milk-recording programs. *Journal of Dairy Science*, 69: 510-517.
50. Vanraden, P.M., G.R. Wiggans (1995): Productive life evaluations: Calculations, accuracy, and economic value. *Journal of Dairy Science*, 78: 631-638.
51. Van Raden, P.M. (2002): Selection of dairy cattle for lifetime profit. *Proc. 7th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod., Montpellier, France*. CD-ROM communication 29:127.
52. Vanraden, P.M., G.R. Wiggans (2004): Methods used to compute multi-trait productive life. *AIPL research report*. PL 2 (11-03).
53. Veerkamp, R. F., C.L.M. Gerritsen, E.P.C. Koenen, A. Hamoen, G. De Jong (2002): Evaluation of classifiers that score linear type traits and body condition score using common sires. *Journal of Dairy Science*, 85: 976-983.
54. Vukasinovic, N., J. Moll, N. Künzi (1997): Analysis of productive life in Swiss Brown cattle. *Journal of Dairy Science*, 80:2572-2579.
55. Weibull, W. (1951): A statistical distribution function of wide applicability. *ASME Journal of Applied Mechanics*, 56: 293-297.
56. Weigel, K. A., T. J. Lawlor, Jr., P. M. Vanraden, G.R. Wigans (1998): Use of linear type and production data to supplement early predicted transmitting abilities for productive life. *Journal of Dairy Science*, 81: 2040-2044.

57. White, J.M., J.R. Nichols (1965): Relationships between first lactation, later performance, and length of herd life in Holstein-friesian cattle. *Journal of Dairy Science*, 48 (4), 468-474.
58. Wilcox, C. J., K.O. Pfau, J.W. Bartlett (1957): An investigation of the inheritance of female reproductive performance and longevity, and their interrelationships within a Holstein-friesian herd. *Journal of Dairy Science*, 40: 942-947.

DAIRY CATTLE BREEDS LONGEVITY

Summary

In economical view, longevity is the most important functional trait in dairy cattle populations. Higher length of productive life results with increased number of offspring per animal, increased life production and decreased replacing and health care costs. Direct selection for longevity in dairy cattle is limited by the time required to accumulate sufficient data to estimate sire breeding values accurately. Direct selection is obstructed further by low heritabilities. Type traits have been used as indirect selection criteria for herd life. These traits are recorded relatively early in life, most often during the first lactation, and are more heritable than longevity, which makes selection relatively more efficient. To get reliable and direct information for sires regarding the longevity of their daughters, it is necessary to wait a minimum number of daughters are culled or die. Moreover, these evaluations may be available too late to be useful in breeding programs. It led to introduction of new methods in life data analysis. The most outspread method is survival analysis which is utilized in Australia, The United Kingdom, United States of America, New Zealand and some European countries. Using survival analysis, all animals can be included in research program, regardless they are culled or not, also taking time-dependent and time-independent effects into account.

Key words: longevity, dairy cattle, selection, evaluation methods.

Primljeno: 15.7.2009.