

## **MODELIRANJE RASTA U SVINJA**

### **MODELING GROWTH IN PIGS**

**D. Vincek**

#### **SAŽETAK**

Osnovni cilj modeliranja rasta je upotpunjavanje postojećih saznanja baziranih na istraživanju rasta, kao i mogućih pristupa istraživanju. Modeliranje je prijeko potreban dio znanstvene metode, koji omogućuje da se rezultati bioloških pokusa kasnije inkorporiraju u ekonomske okvire. Osim toga, model rasta koristi se kod rutinskog dinamičkog programiranja, prilikom čega se istovremeno određuje najisplativija strategija hranjenja tijekom svake faze rasta životinja i optimalno vrijeme klanja. Različite krivulje, a posebno iz obitelji eksponencijalnih krivulja, uspješno su korištene u opisu rasta životinja kao funkcije vremena. Iako se u biološkom smislu mogu smatrati previše pojednostavljenima, mnogo je matematičkih modela uspješno korišteno za pouzdano predviđanje i uspoređivanje tijeka rasta domaćih životinja. U svijetu se sve više razvijaju različite metode i postupci koji omogućavaju što bržu i jeftiniju procjenu sastava i karakteristike trupa. Analizom različitih metoda procjene karakteristika rasta i sastava trupa dobivaju se različiti rezultati. Stoga se preporuča konstantno istraživanje rasta i karakteristike rasta, posebno u odnosu na mesnatost svinja.

Ključne riječi: svinje, rast, modeliranje, temporalni i alometrijski rast

#### **ABSTRACT**

The main goal of modeling the growth is to complement existing knowledge based on research on growth, as well as possible approaches to the study. Modeling is a necessary part of the scientific method, which allows the results of biological experiments to be later incorporated into the economic framework. In addition, the growth model is used in dynamic programming routine, in which the most cost-effective feeding strategies during each stage of

growth of animals and the optimum time of slaughter are determined. Different curves, especially from the family of exponential curves have been successfully used in describing the growth of animals as a function of time. Although the biological sense is regarded as too simplistic, much of the mathematical model is successfully used to reliably predict and compare the growth of domestic animals. In the world various technologies and procedures are developing that enable a faster and cheaper evaluation of the composition and characteristics of the carcass. By analysis of different methods of assessment of growth characteristics and carcass composition different results are obtained. Constant research on growth and growth characteristics is therefore recommended, particularly in relation to lean pigs.

Key words: pigs, growth, modeling, temporal and allometric growth

## UVOD

Rast životinja rezultat je mnogih bioloških procesa. Genotip životinje određuje maksimalnu razinu do koje se taj proces može odvijati, dok okolina utječe na stupanj do kojega će se genetski potencijal očitovati. Razumijevanje povezanosti između genotipa i okolišnih čimbenika od temeljnog je značenja za utvrđivanje strategija i modela koji će omogućiti učinkovitije iskorištavanje maksimalnog potencijala rasta. Rast je značajna fiziološka aktivnost za sve domaće životinje, ali je od posebnog značenja za životinje koje se uzgajaju radi proizvodnje mesa (svinje, goveda, ovce, perad). U posljednjih dvadesetak godina, istraživanja u mesnoj industriji provode se u dva smjera: prvi je ekonomske prirode, a drugi je vremenske naravi. Maksimalizacija dnevnog prirasta i minimalizacija vremena potrebnog za rast glavni su ciljevi unutar većine uzgojnih programa. Fenomen rasta u svinja intenzivno se izučava već duže vrijeme kao materijalna osnova svinjogojske proizvodnje. S obzirom na složenost tog problema, izučavanja se provode s različitih pristupa, a najčešći su temporalni rast koji podrazumijeva povećanje veličine tijela u jedinici vremena i alometrijski rast koji podrazumijeva porast nekog dijela trupa, tkiva ili organa u odnosu na porast žive mase izučavanog organizma.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA

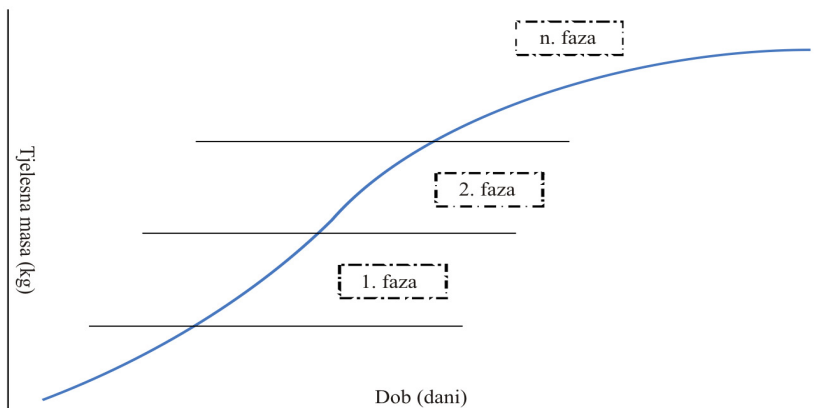
Rast je jedan od osnovnih karakteristika života. Još je Aristotel, opisao rast kao povećanje postojeće veličine u prostoru. Takva je definicija temelj modernog shvaćanja s tim da se rast mora povezati s još jednom dimenzijom – vremenom. Proučavanjem rasta i njegovim zakonitostima bavili su se mnogi znanstvenici koji su rast definirali na više različitih načina (Kovač, 2003):

- Kronacher (1926) – „razmnožavanje, povećanje i diferencijacija stanica za pojedinu vrstu značajnom brzinom do konačne veličine“;
- Roessle (1928) – „prirast s nakupljanjem strukturne i funkcionalne punovrijedne osnove“;
- Brody (1945) – „biološka sinteza, proizvodnja novih biokemijskih jedinica“;
- VonBertalanffy (1951) – „prevladava izgradnja nad razgradnjom organske tvari“;

Rast je moguće definirati (Wellock i sur., 2004) kao maksimalnu razinu do koje svaka životinja može rasti pod neograničavajućim uvjetima. Naravno, to je usko povezano s genetskim karakteristikama i trenutnim stanjem svake individue. Između ostalog, osnovni minimumi za neograničavajuće uvjete su:

- hrana mora biti stalno dostupna ad libitum,
- nutrijenti moraju sadržavati barem najmanju količinu energije,
- unos hrane ne smije ograničavati prisutnost toksina,
- utjecaji okoline, kao što su visoke temperature i bolesti, također se ne smiju ograničavati (Emmans i Kyriazakis, 1999).

Intenzitet i redosljed rasta pojedinih organa i tkiva u izravnoj je povezanosti s funkcionalnim potrebama životinje. Od oplodnje jajne stanice pa do smrti organizam se nalazi u određenim mijenama, koje se mogu opisati kao rast i razvoj, te se mogu razmatrati s više gledišta. Glavni interes istraživača u zootehnici usmjeren je na rast određenih dijelova tijela ili tkiva kao što su mišići, mast, kosti, koža, ili razvoj mliječne žlijezde i slično. Rast se može prikazati u obliku krivulja (grafikon 1).

**Grafikon 1. Rast životinja u više faza (Koops i Grossman, 1991)****Graph 1. The growth of animals in several phases (Koops and Grossman, 1991)**

Naime, uočeno je da životinje rastu u valovima pa se rast može prikazati kao suma određenog broja krivulja promatranih u vremenskim intervalima. Poznato je da kod svinja najbrže raste glava, zatim noge i vrat, dok leđa rastu najsporije (Reeds i sur., 1993). Prijašnja istraživanja rasta pojedinih dijelova organa pokazuju da različiti organi u sazrijevanju organizma rastu različitim brzinama (tablica 1).

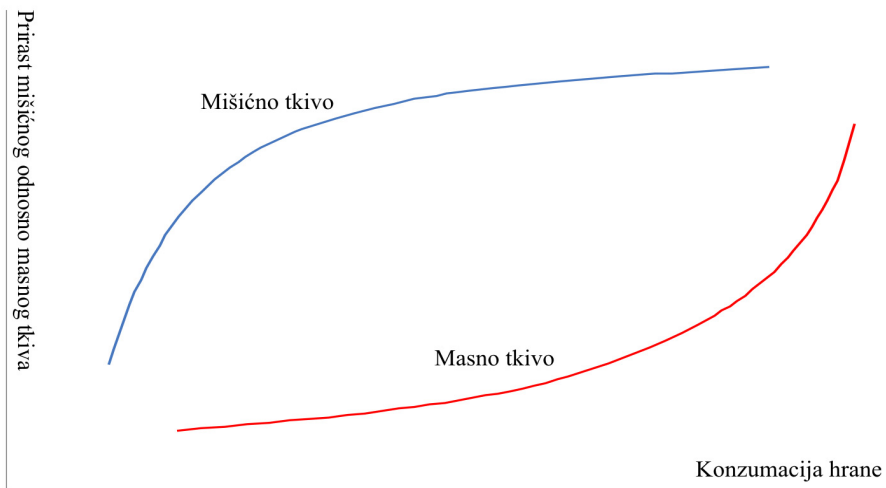
**Tablica 1. Rast tkiva (postotak u odnosu na dob od 30 tjedana) u svinja (Reeds i sur., 1993)****Table 1 Tissue growth (percentage relative to the age of 30 weeks) in pigs (Reeds et al., 1993)**

Dob (tjedni)	Mozak	Jetra	Crijevo	Kosti	Mišići
0	38	4	1	3	1
4	58	11	10	10	6
6	80	17	17	16	9
8	85	25	25	23	14
12	90	40	50	27	20
16	95	60	60	50	38
20	98	80	85	70	55
24	100	100	100	83	70
30	100	100	100	100	100

Tijekom rasta razvija se mišićno, masno i koštano tkivo. Meso uključuje mišiće trupa i nekih drugih dijelova koje čovjek ne konzumira. Od ukupnog masnog tkiva svinje, 2/3 čini potkožno masno tkivo, dok se manja količina taloži kao masno tkivo bubrega i testisa, abdominalno masno tkivo, intramuskularna mast, visceralna mast, itd. Oko 10% svinjskog trupa čine kosti koje se sastoje od minerala (kalcijev fosfat) i neznatne količine masnog, mišićnog i vezivnog tkiva. Sastav tijela svinje ovisi o količini akumuliranog masnog tkiva, na što utječe dob i količina konzumirane hrane. Svinja porastom konzumira više hrane i unosi više hranjivih tvari od potreba za rast mišića, što rezultira akumulacijom masnog tkiva (grafikon 2).

**Grafikon 2. Povezanost između konzumacije hrane i rasta tkiva (Malovrh, 2003)**

**Graph 2 Relationship between food consumption and growth of tissues (Malovrh, 2003)**



Nakupljanje masti u tijelu životinje je pod utjecajem hranidbe i genetskih čimbenika. Iako nakupljanje masti traje tokom čitavog života, izrazita stopa rasta počinje u drugom dijelu tova, odnosno kada počinje padati nakupljanje mišićne mase. Količina masnog tkiva povećava se brže i ranije u „masnijih“ genotipova, dok „mesnatiji“ genotipovi mast talože duže i kasnije. Rast i razvoj unutar uzgojnog programa vrlo je važno definirati, budući da svaka proizvodnja traži ekonomsku računicu. Pri selekciji životinja na karakteristike rasta,

najvažnija su svojstva; konverzija hrane, prosječni dnevni prirast i sastav trupa pri klaoničkoj masi. Selekcija na veći rast odnosno brzinu rasta povećava okvir životinje, međutim u principu ne utječe značajno na promjenu same krivulje rasta (Malorh, 2003).

### **Modeliranje i vrste rasta**

Povećan interes znanstvenika u istraživanju rasta organizma pojavio se u prvom redu zbog ekonomske važnosti nekih karakteristika rasta, kao što su stupanj sazrijevanja, prirast, početna i završna masa i slično. Za biologa koji želi opisati rast organizma postoji velik broj nelinearnih funkcija na raspolaganju. Modeli koje su predložili Brody, von Bertalanffy, Richards i logistički modeli predstavljaju asimptotske modele rasta. Postoje još i mnogi drugi modeli, međutim potrebna je njihova eksperimentalna usporedba da bi se odabrao najpogodniji. Potrebno je usporediti više parametarskih modela da bi se utvrdila reprezentativnost, mogućnost biološkog tumačenja, itd. Prvi statistički razvoj analize rasta postavio je Wishart (1938), gdje je pojedina krivulja rasta bila opisana kao polinom drugog stupnja u trenutku  $t$  koristeći metodu najmanjih kvadrata. Osnovni cilj modeliranja rasta je upotpunjavanje postojećih saznanja baziranih na istraživanju rasta, kao i mogućih pristupa istraživanju (Bastianelli i Sauvant, 1997). Modeliranje je prijeko potreban dio znanstvene metode, koji omogućuje da se rezultati bioloških pokusa kasnije inkorporiraju u ekonomske okvire (Whittemore, 1986). Osim toga, model rasta koristi se prilikom rutinskog dinamičkog programiranja, prilikom čega se istovremeno određuje najisplativija strategija hranjenja tijekom svake faze rasta životinja i optimalno vrijeme klanja (Sevon-Aimonen, 2001). Pri analizi podataka o rastu pojavljuju se dvije poteškoće. Prvo, analize se kompliciraju zbog međuovisnosti ponovljenih opažanja na istoj eksperimentalnoj jedinici. Drugo, istraživač često ne može kontrolirati okolnosti prilikom mjerenja, tako da su podaci često neuravnoteženi ili djelomično nepotpuni zbog smrti / bolesti životinja, ili zbog nekih drugih razloga. Odgovarajuća krivulja rasta, uobičajeno vrlo dobro prezentira informacije o svojstvu promatranom na vrlo malom broju podataka te se može biološki interpretirati i koristiti u tumačenju drugih relevantnih osobina rasta (Lopez i sur., 2000). Informacije vezane uz krivulju rasta koriste se iz dva glavna razloga. Prvi je proučavanje i istraživanje nutritivnih sadržaja hranidbe u stvarnim situacijama komercijalne proizvodnje. Drugi je razlog istraživanje ekonomike različitih hranidbenih sistema ili određivanje ekonomskih graničnih vrijednosti u procjeni optimalne mase svinja

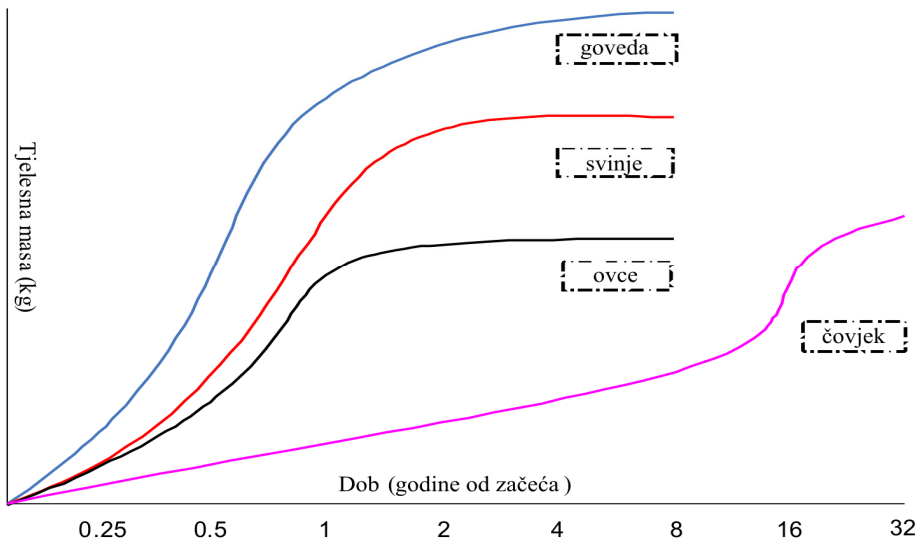
za klanje (Goodband i sur., 1998). Krivulje rasta mogu se podijeliti u tri skupine kako slijedi: padajuće krivulje (npr. monomolekularna), sigmoidne s fiksnom točkom infleksije (npr. Gompertzova, logistička), i sigmoidne s fleksibilnom točkom infleksije (npr. Richardsova, von Bertalanffyeva, generalizirana asimetrična S-krivulja).

#### A) Temporalni rast

Razvoj dviju matematičkih disciplina - matematička analiza i teorija vjerojatnosti, omogućile su proučavanje oblika i veličine u kvantitativnom smislu (Kapš, 1990). Matematička analiza otvorila je vrata analizi promjene veličine u vremenu, a teorija vjerojatnosti dala je mogućnost proučavanja veličina multiplim mjerenjima, a time i uopćavanja problema, odnosno definiranja nekih zakonitosti. Prije toga, mjerenja neke veličine, čak i na skupini jedinki nisu značila ništa više do golog podatka. Kada su pronađene metode za analizu podataka postalo je i moguće proučavati kvantitativni rast. S obzirom da individualni rast jedinke započinje trenutkom oplodnje, ne postoji jedinstvena i univerzalna metoda ispitivanja. Brzina rasta tijekom različitih razdoblja života nije jednaka. Rast se ispituje i utvrđuje vaganjem životinje, određivanjem prirasta, mjerenjem eksterijera, kvalitetom prirasta i slično, a brzina kojom životinje rastu može se izraziti u apsolutnim i relativnim veličinama. Koncept temporalnog rasta koristi dinamičke modele, matematičke funkcije koje rezultiraju karakterističnom S-krivuljom. U prošlosti, u izvornim oblicima, matematičke funkcije korištene su kao modeli za opis smrtnosti i kao autokatalitički model. Tek početkom 20. stoljeća pa sve do danas, s više ili manje modifikacija, poznati su kao modeli rasta. Sve ove funkcije rezultiraju krivuljom koja ima karakterističan S-oblik (grafikon 3) i zato se nazivaju sigmoidnom ili S-krivuljom. Bilo je potrebno skoro cijelo stoljeće da se uvidi prikladnost tih funkcija za prikaz rasta. Početkom 20. stoljeća rani modeli koriste se uglavnom za prikaz rasta stanica, a tijekom dvadesetih godina i kao modeli rasta viših organizama te njihovih populacija. Odnos dobi i mase može se vrlo dobro opisati pomoću krivulja rasta. U tim funkcijama stopa rasta povećava se s dobi, a zatim se smanjuje kako se životinja približava zrelosti.

**Grafikon 3. Krivulja rasta različitih vrsta domaćih životinja i čovjeka (Lawrence i Fowler, 1997)**

**Graph 3. The growth curve of different species of domestic animals and human (Lawrence and Fowler, 1997)**

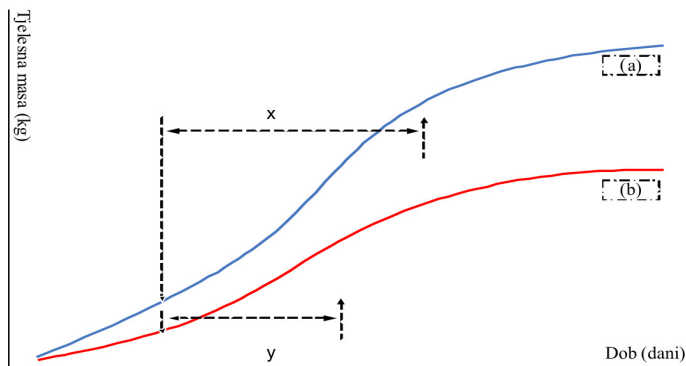


Tijek rasta u različitim vrsta životinja može se značajno razlikovati i svojstven je za svaku vrstu (Gille, 2004). Tako je, primjerice, brzina rasta svinja drugačija nego ovaca i goveda, no kod svih ona je u normalnim prilikama najveća u početku. Manje životinjske vrste obično završavaju rast ranije u odnosu na krupnije. Činjenicu da mlada grla brže rastu, tj. da bolje iskorištavaju hranu nego starija, koriste uzgajivači tako da tove mlade životinje i time značajno štede na hrani. Značajne su razlike u rastu ne samo između pojedinih pasmina svinja, nego i između pojedinih individua unutar iste pasmine (grafikon 4). Da bi se dobila ispravna procjena rasta životinja, redovito treba mjeriti masu i/ili pojedine dimenzije tijela. Koliki će razmak između mjerenja biti ovisi o brzini rasta i obično je manji ukoliko je rast brži (Whittemore, 1993). Stupanj točnosti mjerenja ne ovisi samo o tehnici mjerenja, već i o drugim čimbenicima (razina hranidbe, sadržaj probavnih i mokraćnih organa).



Grafikon 4. Dužina testa različitih pasmina (a i b) svinja (Whittemore, 1993)

Graph 4. The length of the test of different breeds (a and b) of pigs (Whittemore, 1993)



Različite krivulje, a posebno iz obitelji eksponencijalnih krivulja, uspješno su korištene u opisu rasta životinja kao funkcije vremena. Iako se u biološkom smislu mogu smatrati previše pojednostavljenima, mnogo je matematičkih modela uspješno korišteno za pouzdano predviđanje i uspoređivanje tijeka rasta domaćih životinja. Vrlo često korištene su logistička, von Bertalanffijeva, Gompertzova te razni oblici generaliziranih logističkih funkcija. Iscrpne preglede o tim modelima dali su Pfeiffer i sur. (1984), Kušec (2001), Jukić i sur. (2004), Kralik i sur. (2007) te Kušec i sur. (2008). Od funkcija koje služe u opisivanju rasta, dostupnih u literaturi, samo nekoliko ih je pogodno za istraživanje rasta životinja (Wellock i sur., 2004). Prema autorima, to su: Gompertzova, logistička, von Bertalanffyjeva, Richardsova, Blackova i Bridgesova funkcija. Isti autori navode da Brodyjeva (1945) 'funkcija' ne zadovoljava kriterij kontinuiranog rasta. Funkcije koje su istraživali Wan i sur. (1998), Lopez i sur. (2000) te eksponencijalni polinomi, također ne ispunjavaju kriteriji opisivanja kontinuiranog rasta, već mogu rast opisati samo kao eksplicitnu funkciju vremena. Može se uočiti da je literatura prepuna primjera gdje su aktualni podaci, dvojnog porijekla, često korišteni u izboru funkcija rasta. Neki autori čak izabiru pogodne funkcije na osnovi kojih oni „moraju biti fleksibilni“ (Schinckel i sur., 2003). Naravno, odabirom fleksibilnijih funkcija, povećanjem broja parametara, omogućava se opisivanje bilo kojeg stadija/tkiva rasta, ali to nije svrha funkcije namijenjene predviđanju potencijala rasta i njezino korištenje u simulacijskom modelu. Fleksibilne funkcije s mnogo

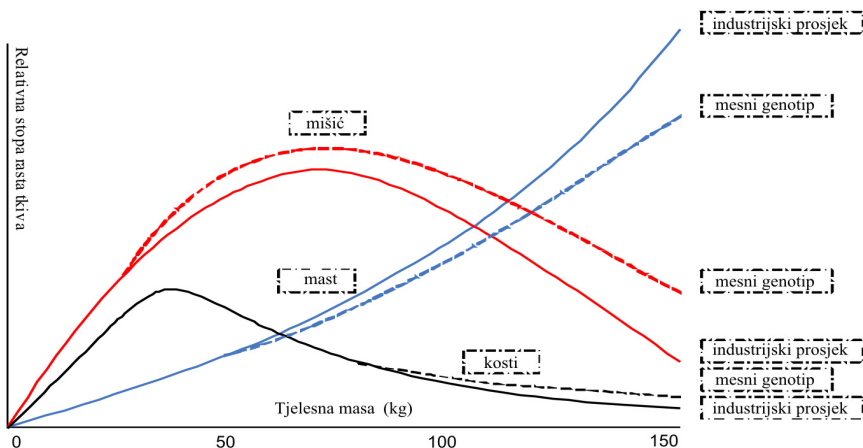
parametara, iako popularne, često dovode do poteškoća u procjeni vrijednosti parametara u opisivanju određenih genotipova svinja (Knap, 2000). U nekim slučajevima kod statističke usporedbe, možda je bolje usporediti je li model s četiri parametra bolji od samo tri. Ne treba očekivati da će podaci o rastu, koji možda ovise o hranidbi, okolišu i zdravlju, biti u potpunosti u skladu s bilo kojim oblikom funkcije rasta (Lewis i sur., 2002).

## B) Alometrijski rast

Alometrijski rast utječe na stalno mijenjanje odnosa osnovnih tjelesnih tkiva u organizmu svinje. Tako se pri različitoj tjelesnoj masi, odnosno dobi, različito razvijaju pojedini najznačajniji dijelovi tijela. Grafikon 5. pokazuje relativne stope formiranja glavnih dijelova tijela-tkiva (mišić, mast, kost) od rođenja (1,5-2 kg) do 150 kg tjelesne mase u svinja mesnog genotipa i prosječne industrijske svinje. Tkiva ili dijelovi trupa s najvišom stopom rasta u mlađih svinja su kosti i mišići. Kod svinja u tovu i dalje se povećava masa mišića i kostiju, ali njihov se prirast počinje smanjivati. Tjelesna masa raste zbog povećanja sadržaja masnog tkiva.

**Grafikon 5. Odnos rasta pojedinih tkiva u odnosu na tjelesnu masu kod svinja** (<http://ohioline.osu.edu>)

**Graph 5. Relation of growth of certain tissues in relation to body weight in pigs** (<http://ohioline.osu.edu>)



Reeds i sur. (1993) napominju da su svinje od 1940. do 1987. godine povećale tjelesnu masu u istoj dobi za 20%, uz smanjen udio kostiju (11%) i masnog tkiva (29%) te povećan udio mišićnog tkiva za 86%. Pri tome valja imati na umu da trgovačka vrijednost svinjskih polovica, osim o udjelu mišićnog tkiva u polovicama, ovisi u velikoj mjeri i o zastupljenosti mišićnog tkiva vrednijim dijelovima trupa (but, plećka, leđni dio), odnosno o njihovu sastavu (Senčić i sur., 1997). Istraživanje razvoja mišićnog tkiva u tovljenika posljednjih je 20 godina bilo vrlo intenzivno (Shields i sur., 1983; Tess i sur., 1986; Gu i sur., 1992; Wagner i sur., 1999). To je dovelo do korisnih saznanja koja su omogućila učinkovitu selekciju na veći prirast, povećanje udjela mišićnog tkiva u svinjskim trupovima odnosno manji sadržaj masnog tkiva (Wiseman i sur., 2007). Rezultat spomenutih selekcijskih napora su znatno mesnatije svinje koje klaoničku masu dostižu ranije nego što je to slučaj bio prije nekoliko desetljeća. Na tržištu također prodaju svinje većih tjelesnih masa zbog većeg sadržaja mišićnog tkiva, ali i zbog veće konkurentnosti svinjetine zbog nižih fiksnih troškova. Genetičari i različite uzgajivačke kompanije razvili su brojne poboljšane linije, koje imaju specifičnu stopu rasta mišića. Pri tome je važno znati da hranidba s visokim sadržajem bjelančevina ne može rezultirati povećanjem mišićne mase iznad genetskog potencijala životinje, ali hranidba s niskim sadržajem proteina sigurno uzrokuje ograničenja u razvoju mišićnog tkiva. Stopa formiranja mišićne mase pada pred kraj tovnog razdoblja, ali vrijeme i brzina ovog smanjenog rasta zavise o genetskoj strukturi životinja. Iako postoji velika varijacija s obzirom na genotip, većina mesnatih pasmina povećava mišićnu masu između 80 i 90 kg žive mase. Nasuprot tome, pasmine s manjim potencijalom rasta mišićnog tkiva, već od 60 do 70 kg žive mase završavaju mišićni rast, odnosno, udio mišićnog tkiva u trupu počinje opadati. Tijekom rasta prvo se razvija kostur, zatim mišićno tkivo i na kraju masno tkivo. U ranoj dobi najintenzivnije raste kostur, a također i mišićno tkivo, dok masno tkivo raste usporeno. Kada se završi rast kostura, rast mišićnog tkiva još uvijek se nastavlja, a završetkom ovog procesa nastavlja se sve intenzivnije odlaganje masnog tkiva. Na opisani proces može se neznatno utjecati hranidbom i selekcijom, ali se pojedine faze rasta tkiva ne mogu promijeniti. Huxley (1932) je postavio model u kojemu su proporcije životinja determinirane ukupnom masom, čime je dao izniman doprinos razumijevanju morfogenetskih procesa. Ova teorija poznata je kao alometrijski rast, a bavi se istraživanjem relativnog rasta, promjenama u proporciji pojedinih organa i dijelova tijela te povećavanjem njihove veličine. Uporaba alometrijskih

jednadžbi u opisivanju rasta pojedinih dijelova tijela u polovicama, posebno u razredu između 25 i 125 kg žive mase, bila je podložna kritikama Wagnera i sur. (1999). Međutim, u kasnijim istraživanjima ista grupa autora utvrdila je da alometrijska jednadžba jednako dobro opisuje podatke kao i složenije nelinearne funkcije kada se primjenjuje u rasponu mase od 100 do 150 kg (Schinckel i sur., 2001). U istraživanju Scitovskog i sur. (2006) istražena je mogućnost kontrole rasta tkiva u svinja pomoću matematičkog modela. Istraživanje je provedeno u cilju procjene rasta masnog tkiva u živih svinja pomoću generalizirane logističke funkcije. Model vrlo dobro opisuje povećanje žive mase svinja kao negativna ( $\gamma < 1$ ) asimetrična funkcija, dok povećanje sadržaja masnog tkiva opisuje u obliku pozitivno ( $\gamma > 1$ ) asimetrične funkcije. U alometrijskoj analizi ne mora se koristiti samo masa tkiva kao zavisna varijabla, već se mogu upotrijebiti i druga mjerenja. Tako su, na primjer, dužinu polovica, masu polovica i presjek MLD-a u odnosu na živu masu ili mišićno tkivo u svakom od osnovnih dijelova kao nezavisne varijable istraživali Gu i sur. (1992). Prilikom modeliranja rasta za svinje u tovu, brojne studije proučavaju odnose pojedinih dijelova svinjskog trupa tijekom rasta u cjelini (Whittemore, 1986; Bastianelli i Sauvant, 1997). Na primjer, u velikom se broju slučajeva krivulja rasta bjelančevina ili mišićnog i masnog tkiva modelira odvojeno (K n a p i sur., 2003), ali i vrlo često u kombinaciji s različitim razinama i načinima hranidbe. Stoga je opisivanje povećanja tjelesne mase pomoću krivulje rasta tijekom vremena potrebno modelirati uz uvažavanje navedenih čimbenika. Odnos pojedinih komponenti (npr. bjelančevine) u odnosu na tjelesnu masu, mora biti prikladno opisan. Modeliranje krivulje rasta za pojedine tjelesne komponente (npr. bjelančevine, masno tkivo) može biti korisno za unapređenje učinkovitosti svinjogojске proizvodnje jer takav pristup, uz uvažavanje genetskih čimbenika, može pomoći u određivanju najpogodnijeg vremena za klanje životinja (Schinckel i de Lange, 1996). Istraživanja Gilesa i sur. (2009) potvrđuju da nelinearne funkcije puno bolje opisuju rast i razvoj pojedinih dijelova životinjskog tijela, u usporedbi s jednostavnijim alometrijskim modelima koji su u osnovi linearni. Nelinearne mješovite analize mogu dati pouzdanu procjenu parametara razvoja dijelova životinjskog tijela (Kebreab i sur., 2007). Većina modela (funkcija) u opisivanju rasta, koriste krivulju kao polazište. Odabir funkcije obavlja se na temelju rasta određenih tkiva tijekom života životinje. Samim time potrebno je odrediti gornju granicu rasta, odnosno potencijal iz kojeg će se moći predvidjeti stvarni rast s obzirom

na date uvjete (Whittemore i Fawcett, 1974; Black i sur., 1986; Ferguson i sur., 1994; Wellock i sur., 2003).

## ZAKLJUČAK

Tehnologije za određivanje sastava tijela u životinja aktivno su se provodile tijekom posljednjeg stoljeća. Modeli koji su pri tome bili razvijeni, koristeći različite kriterije mjerenja su korisni, jer razlike u mesnatosti još uvijek postoje između i unutar pasmina, spolova te hibridnih linija. U svijetu se sve više razvijaju različite tehnologije i postupci koji omogućavaju što bržu i jeftiniju procjenu sastava i karakteristike trupa. Analizom različitih metoda procjene karakteristika rasta i sastava trupa dobivaju se različiti rezultati. Što točnije predviđanje rasta i sastava trupa, od osobitog je značenja za donošenje niza odluka u proizvodnji. Stoga se preporuča konstantno istraživanje rasta i karakteristike rasta, posebno u odnosu na mesnatost svinja.

## LITERATURA

1. Bastianelli, D., Sauvant, D. (1997): Modelling the mechanisms of pig growth. *Livest. Produ. Sci.* 51:97-107.
2. Black, J. L., Campbell, R. G., Williams, I. H., James, K. J. and Davies, G. T. (1986): Simulation of energy and amino acid utilisation in the pig. *Research and Development in Agriculture* 3: 121-145.
3. Brody, S. (1945): *Bioenergetics and Growth*, New York, Reinhold Publishing Corp.:1023 pp.
4. Emmans, G. C., Kyriazakis, I. (1999): Growth and body composition. In *A quantitative biology of the pig* (ed. I. Kyriazakis), pp. 181-197. CAB International, Wallingford.
5. Ferguson, N. S., Gous, R. M., Emmans, G. C. (1994): Preferred components for the construction of a new simulation model of growth, feed intake and nutrient requirements of growing pigs. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 24: 10-17.
6. Gille, U. (2004): Analysis of growth; <http://www.uni-leipzig.de/~vetana/growth.htm> 6 pp.
7. Giles, L. R., Eamens, G. J., Arthur, P. F., Barchia, I. M., James, K. J., Taylor, R. D. (2009): Differential growth and development of pigs as assessed by X-ray computed tomography. *J. Anim. Sci.* 87: 1648-1658.

8. Goodband, B., Dritz, S., Tokach, M., Nelssen, J. (1998): Growth Curve Analysis: Practical Tools for Making Farm-Specific Decisions, <http://www.gov.mb.ca/agriculture/livestock/pork/bab11s09.html>.
9. Gu, Y., Schinckel, A. P., Martin, T. G. (1992): Growth, development and carcass composition in five genotypes of swine. *J. Anim. Sci.* 70: 1719-1729.
10. Huxley, J. S. (1932): Problems of Relative Growth. Methuen and Co., London, UK.
11. Jukić, D., Kralik Gordana, Scitovski, R. (2004): Least squares fitting Gompertz curve. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 169(2): 359-375.
12. Kapš, M. (1990): Nelinearne funkcije u kvantitativnom prikazivanju rasta Holestin-Friesian pasmine govoda. Magistarski rad, Agronomski fakultet Zagreb.
13. Kebreab, E., Schulin-Zeuthen, M., Lopez, S., Soler, J., Dias, R. S., de Lange, C. F. M., France, J. (2007): Comparative evaluation of mathematical functions to describe growth and efficiency of phosphorus utilization in growing pigs. *J. Anim. Sci* 85: 2498-2507.
14. Knap, P. W. (2000): Time trends of Gompertz growth parameters in „meat-type“ pigs. *Animal Science* 70: 39-49.
15. Knap, P. W., Roehe, R., Kolstad, K., Pomar, C., Luiting, P. (2003): Characterization of pig genotypes for growth modeling. *J. Anim. Sci.* 81(2): E187-E195.
16. Kovač Milena (2003.): Uvod u rast, interna predavanja, radni materijal.
17. Koops, W., J., Grossman, M. (1991): Applications of a multiphasic growth function to body composition in pigs. *J. Anim. Sci.* 69: 3265-3273.
18. Kralik, Gordana, Kušec, G., Kralik, D., Margeta, V. (2007): Svinjogojstvo – biološki i zootehnički principi, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet, Grafika d.o.o. Osijek.
19. Kušec, G. (2001): Growth pattern of hybrid pigs as influenced by MHS-Genotype and feeding regime. Ph.D. Diss., Georg-August-University, Göttingen, Germany.
20. Kušec, G., Kralik Gordana, Đurkin Ivona, Baulain, U., Kallweit, E. (2008): Optimal slaughter weight of pigs assessed by means of the asymmetric S-curve. *Czech. J. Anim. Sci.* 53(3): 98-105.
21. Lawrence, T. L. J., Fowler, V. R. (1997): Growth of farm animals. CAB International, Wallingford.

22. Lewis, R. M., Emmans, G. C., Dingwall, W. S. and Simm, G. (2002): A description of the growth of sheep and its genetic analysis. *Animal Science* 74: 51-62.
23. López, S., France, J., Gerrits, W.J.J., Dhanoa, M.S., Humphries, D.J., Dijkstra, J., (2000): A generalised Michaelis-Menten equation for the analysis of growth. *J. Anim. Sci.* 78: 1816-1828.
24. Malovrh, Špela (2003): Genetic evaluation using random regression models from longitudinal measurements of body weight in animals. Doctoral Dissertation, Ljubljana, Univ. of Ljubljana, Biotechnical Faculty.
25. Pfeifer, H., von Langerken, G., Gebhardt, G. (1984): Wachstum und Schlachtkörperqualität-Schweine. WEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
26. Reeds, P. J., Burrin, D. G., Davis, T. A., Fiorotto, M. A., Mersmann, M. J., Pond, W. G. (1993): Growth Regulation with Particular Reference to the Pig. In: G.R. Hollis (ed.): Growth of the Pig. CAB International, Wallingford (UK).
27. Sevon-Aimonen, M.L. (2001):  
[http://www.mtt.fi/julkaisut/vuosikertomukset/an\\_rep2001/growth\\_model.html](http://www.mtt.fi/julkaisut/vuosikertomukset/an_rep2001/growth_model.html).
28. Scitovski, R., Kralik Gordana, Sabo, K., Jelen Tatjana (2006): A mathematical model of controlling the growth of tissue in pigs. *Applied Mathematics and Computation* 181: 1126-1138.
29. Schinckel, A. P., de Lange, C. F. M. (1996): Characterisation of growth parameters needed as inputs for pig growth models. *J. Anim. Sci.* 74: 2021-2036.
30. Schinckel, A. P., Wagner, J. R., Forrest, J. C., Einstein, M. E. (2001): Evaluation of alternative measures of pork carcass composition. *J. Anim. Sci.* 79: 1093-1119.
31. Schinckel, A. P., Li, N., Einstein, M. E., Miller, D. (2003): Development of a Stochastic pig Compositional growth model, Departments of Animal Sciences and Agricultural Economics,  
<http://www.ansc.purdue.edu/swine/swineday/sday02/15.pdf>.
33. Senčić, Đ., Kralik Gordana, Antunović, Z. (1997.): Utjecaj udjela i raspodjele mišićnog, masnog i koštanog tkiva na vrijednost svinjskih polovica. *Stočarstvo* 51(2): 83-92.
34. Shields, R. G., Mahan, D. C., Graham, P. L. (1983): Changes in swine body composition from birth to 145 kg. *J. Anim. Sci.* 57(1):43-54.

35. Tess, M. W., Dickerson, G. E., Nienaber, J. A., Ferrel, C. L. (1986): Growth, development and body composition in three genetic stocks of swine. *J. Anim. Sci.* 62: 968-979.
36. Tri-State Swine Nutrition Guide; [http://ohioline.osu.edu/b869/b869\\_16.html](http://ohioline.osu.edu/b869/b869_16.html)
37. Wagner, J. R., Schinckel, A. P., Chen, W., Forrest, J. C., Coe, B. L. (1999): Analysis of Body Composition Changes of Swine During Growth and Development. *J. Anim. Sci.* 77: 1442-1466.
38. Wan X., Zhong, W., Wang, M. (1998): New flexible growth function and its application to the growth of small mammals. *Growth, Development and Aging* 62: 27-31.
39. Wellock, I. J., Emmans, G. C., Kyriazakis, I. (2003): Modelling the effects of thermal environment and dietary composition on pig performance: model logic and concepts. *Animal Science* 77: 255-266.
40. Wellock, I. J., Emmans, G. C., Kyriazakis, I. (2004): Describing and prediction potential growth in the pig. *Animal Science*, 78: 379-388.
41. Whittemore, C. T., Fawcett, R. H. (1974): Model responses of the growing pig to the dietary intake of energy and protein. *Anim. Prod.* 19: 221-231.
42. Whittemore, C. T. (1986): An approach to pig growth modeling. *J. Anim. Sci.* 63: 615-621.
43. Whittemore, C. T. (1993): The science and practice of pig production. Longman Group, UK. ISBN 0-582-09220-5.
44. Wiseman, T. G., Mahan, D. C., Loeller, S. J., Peters, J. C., Fastinger, N. D., Ching, S., Kim, Y. Y. (2007): Phenotypic measurements and various indices of lean and fat tissue development in barrows and gilts of two genetic lines from twenty to one hundred twenty-five kilograms of body weight. *J. Anim. Sci.* 85: 1816-1824.
45. Wishart, J. (1938): Growth-Rate Determination in Nutrition Studies With The Bacon Pigs, And Their Analysis. *Biometrika* 30: 16-28.

**Adresa autora – Autor's address:**

Dr.sc. Dragutin Vincek

Varaždinska županija

Franjevački Trg 7

42000 Varaždin

e-mail: [dragutin.vincek@varazdinska-zupanija.hr](mailto:dragutin.vincek@varazdinska-zupanija.hr)

**Primljeno - Received:**

25.02.2011.