

## Poglavje 1

# Število seskov v povezavi z genom VRTN

Anita Ule<sup>1,2</sup>, Milena Kovač<sup>1</sup>, Špela Malovrh<sup>1</sup>

### Izvleček

Število funkcionalnih seskov vpliva na rast in preživetveno sposobnost pujskov. Velikost gnezda se povečuje, zato potrebujemo plemenske svinje z več funkcionalnih seskov. Število seskov je še posebej pomembno, ko je manjše od število živorojenih pujskov v gnezdu. V promotorski regiji gena VRTN se nahaja mutacija A>C in insercija 291 baznih parov dolgega odseka v prvem intronu gena. Obe spremembi povzročita povečano izražanje gena VRTN pri zgodnjem embrionalnem razvoju, kar vodi v povečanje števila reber in tudi večjega števila seskov. V analizo smo vključili 516 živali genotipiziranih s čipom GGPPorcine50K. Med genotipiziranimi živalmi imamo 107 živali pasme slovenski landras, 115 živali pasme pietrain, 75 živali slovenski mesnati landras in 219 krškopoljskih prašičev. Največ 15.40 seskov ob rojstvu imajo maternalni genotipi. Terminalni genotipi imajo v povprečju 1.3 seska manj v primerjavi z maternalnimi genotipi, pri krškopoljskem prašiču je bilo v povprečju 14.33 seskov. Frekvenca alela C v vzorcu pri pasmi slovenski landras je 0.69, pri pietrenu 0.58, pri slovenskem mesnatem landrasu 0.76 in pri krškopoljskem prašiču 0.53. Pri vseh omenjenih pasmah so živali z genotipom CC v povprečju imele večje število seskov, le nekoliko manjše število pa smo našli pri heterozigotih AC. Pri selekciji plemenskega podmladka bi lahko poleg fenotipskih in plemenskih vrednosti za število funkcionalnih seskov favorizirali homozigote CC pri genu VRTN, vendar bi morali povečati obseg genotipizacije pri plemenskem podmladku.

Ključne besede: število funkcionalnih seskov, VRTN

---

<sup>1</sup>Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko, Groblje 3, 1230 Domžale

<sup>2</sup>E-pošta: anita.ule@bf.uni-lj.si

## 1.1 Uvod

Število funkcionalnih seskov je pri svinjah z večjimi gnezdi, zlasti v manjših rejah ali rejah s kontinuirano prirejo, eden od pomembnejših dejavnikov, ki vpliva na rast in preživetje pujskov. Ker je v prvih dneh po rojstvu mlezivo oz. mleko edina hrana za pujske, pujski pa sesajo istočasno, je pomembno, da ima pujssek dostop do svojega seska. Tako število seskov pri svinjah neposredno vpliva na dobrobit pujskov in posledično na gospodarnost reje. Selekcija za lastnosti plodnosti je bila v preteklosti usmerjena predvsem v povečanje velikosti gnezda ob rojstvu, kar je privedlo tudi do manjših rojstnih mas pujskov. Manjše rojstne mase in podhranjenost privede do večjih izgub sesnih pujskov. Število seskov ni sledilo povečanju števila živorojenih pujskov v gnezdu, tako svinje nimajo dovolj funkcionalnih seskov, ki bi zadoščali oskrbi vseh pujskov v gnezdu z zadostno količino kolostruma ob rojstvu in mleka v laktaciji.

Prašičerejske kmetije v Sloveniji so kar po pravilu majhne in veliko rejcev vztraja pri kontinuirani prireji, ker se sme predstavljati pujske le med gnezdi, med katerimi je razlika v starosti največ 24 ur, imajo kmetije le omejene možnosti prestavljanja pujskov. V večjih gnezdih pujski tekmujejo za seske, kar povzroči večje izgube predvsem lažjih pujskov, predvsem v prvih dneh laktacije, kadar pujski nimajo svojega seska, poginejo zaradi stradanja, lažji pujski so tudi manj vitalni in zato prihaja tudi do večjih izgub zaradi poleanja (Andersen in sod., 2011). V literaturi zasledimo širok razpon vrednosti za heritabiliteto za število seskov. Earnhardt-San in sod. (2023) so ocenili heritabiliteto za število funkcionalnih seskov pri doječih hibridnih svinjah na 0.16 ob odstavitvi, 0.22 ob pravitvi in 0.28 ob upoštevanju obeh informacij. Beležili so tudi nefunkcionalne seske, kjer so bile heritabilitete nižje, in sicer 0.11 ob odstavitvi, 0.12 ob pravitvi in 0.14 ob kombiniranju obeh opazovanj. Heritabiliteta je specifičen parameter populacije. van Son in sod. (2019) so dobili razmeroma visoko heritabiliteto pri maternalnih pasmah veliki beli prašič (0.41) in landras (0.39), pri terminalni pasmi durok pa nekoliko nižjo (0.28). V naših rejah, kjer je bilo vključenih 7 genotipov, je heritabiliteta za število funkcionalnih seskov ob rojstvu znašala 0.33 (Malovrh in Kovač, 2010). V izbranih ameriških komercialnih rejah je znašala

heritabiliteta za število seskov 0.49, z vključitvijo genomskih informacij pa se je zmanjšala na 0.23 (Rohrer in Nonneman, 2017).

Število funkcionalnih seskov značilno vpliva na preživetje in rast prašičev od rojstva do konca pitanja, zato za to lastnost izračunavamo plemensko vrednost in jo vključujemo v skupno plemensko vrednost (Kovač in Malovrh, 2012), kjer ima večjo ekonomsko težo pri maternalnih pasmah in hibridih ter manjšo pri terminalnih. Število funkcionalnih seskov upoštevamo pri odbiri mladic in starih svinj na tri načine.

1. Ob zaključku preizkusa mora imeti svinja 14 funkcionalnih seskov, enakomerno razporejenih v dveh linijah. Izloča se svinje z več slepimi oz. nefunkcionalnimi seski, zlasti pri maternalnih pasmah in hibridih, s tem poskrbimo, da ima svinja dovolj seskov za vzrejo pujskov.
2. Za število funkcionalnih seskov izračunavamo plemensko vrednost, s čimer iščemo svinje, ki imajo genetsko zasnovo za večje število seskov, zlasti pri maternalnih pasmah in hibridih strmimo k temu, da sta dobri tako fenotipska kot plemenska vrednost.
3. Ob koncu laktacije naj bi poleg drugih informacij rejec presodil tudi kakovost vimena in seskov. Ta lastnost je v kombinaciji z rastjo pujskov v gnezdu zelo pomembna pri odločitvi, ali svinjo obdrži ali izloči.

Fenotipske podatke o številu seskov ob rojstvu in ob koncu preizkusa zbiramo in uporabljamo že vrsto let, z genotipizacijo pa smo pridobili tudi genomske podatke. Vse več raziskovalcev se ukvarja z identifikacijo genov ali genomskih regij, ki imajo večji vpliv na posamezne lastnosti prireje. Gen VRTN na kromosomu 7 vpliva na dolžino trupa, število vretenc in posredno na število seskov pri kitajskih prašičih (Yang in sod., 2016). Vsaka kopija mutiranega alela pri genu VRTN poveča število seskov za 0.35 (Rohrer in Nonneman, 2017). Da obstaja povezava med številom seskov in VRTN genom poročajo tudi Ding in sod. (2009) in Duijvesteijn in sod. (2014).

Namen prispevka je predstaviti razvoj vimena, opozoriti na pomen števila funkcionalnih seskov v povezavi s številom odstavljenih pujskov oz. preživetjem, predstaviti trende in stanje v populaciji glede števila funkcionalnih seskov in proučiti gen VRTN v naši populaciji.

## 1.2 Razvoj vimena in število funkcionalnih seskov

Vime je ob rojstvu skromno razvito, v mlečnih cisternah je le slabo razvit sistem in glavni mlečni kanali. Število seskov ob rojstvu je zgornja meja za število funkcionalnih seskov, poleg števila seskov je možno že ob rojstvu presoditi njihovo razporeditev in ugotoviti kakovost seskov, opazimo lahko že paseske, kratke, invertirane in slepe seske. V prvih dneh po rojstvu moramo preprečiti, da si pujski, ki so namenjeni vzreji plemenskih mladic, ne poškodujejo seskov na rešetkah ali grobih tleh, za zaščito seskov lahko uporabimo lepilne trakove (npr. Micropor), ki ne dražijo kože. V kolikor se sesek poškoduje, je ta sesek precej verjetno izgubljen.

Ob odbiri pri maternalnih pasmah in hibridih izberemo mladice, ki imajo na vsaki strani vimena vsaj sedem enakomerno porazdeljenih seskov, med seboj oddaljenih 6 do 7.5 cm. Ta razdalja omogoča najboljši razvoj tkiva mlečne žleze, hkrati pa omogoča hkraten dostop do seskov vsem pujskom (Kovač in Malovrh, 2012). Hiter razvoj mlečne žleze pri mladica lahko opazimo šele v zadnjem obdobju brejosti. Mladicam v tem času povečamo obrok krme, da zagotovimo dobro rast plodov, mladica pa naloži nekaj rezerve in razvije vime. Tako je mlečna žleza pred prvo prasiatvijo pripravljena na izločanje mleka, z bližanjem prasiatve vime postane bolj napeto, mleživo je običajno na voljo 6 do 8 ur pred prasiatvijo. Razvoj vimena se nadaljuje tudi v prvi laktaciji, prvesnice moramo obremeniti z zadostnim številom večjih pujskov, da dobro posesajo vse seske, saj s tem prispevajo k razvoju žleznega tkiva in funkcionalnosti vimena (Ule in sod., 2012).

Doječo svinjo moramo obilno krmiti in ji hkrati zagotoviti pogoje, da bo lahko veliko jedla, svinja mora med laktacijo zaužiti 2.5 kg krme in dodatnega 0.5 kg krme na pujska (Salobir in Kastelic, 2004), po novejših priporočilih naj bi za vsakega pujska dodali 0.7 kg krme. Pokladanje voluminozne krme je nujno za dobrobit svinje in puj-

skov, a predstavlja le dodatek k potrebni dnevni količini popolne krmne mešanice za doječe svinje. Dnevno količino krme razdelimo na več obrokov, ki jih enakomerno razporedimo preko dneva. Korita vsakodnevno preverjamo in po potrebi počistimo, svinja mora imeti na razpolago stalen dostop do pitne vode s pretokom 3 še boljše 4 l/min. V prasilišču moramo poskrbeti za temperaturno ugodje pujskov v gnezdu in svinje v prasilišču. V kolikor imajo v reji uveden proizvodnji ritem, lahko rejci do neke mere izenačujejo gnezda, da svinje enakomerno obremenijo.

Med kriteriji za odbiro mladic rejci že dlje časa upoštevajo število funkcionalnih seskov pri odbiri pred pripustom. Na večjih farmah, kjer je bilo možno pujske predstaviti, so odbirali mladice z vsaj 12 seski, za manjše reje, kjer je bilo prestavljanje pujskov praktično nemogoče, pa se je raje odbiralo mladice z vsaj 14 seski, podatka o številu funkcionalnih seskih pa se ni zapisovalo. Velikost gnezda je bila pred letom 2006 manjša, in sicer pod 11 živorojenih pujskov v gnezdu na večjih farmah in pod 10.5 v manjših rejah, potem pa se je velikost gnezda postopoma povečevala.

Po prenovi rejskega programa za prašiče (Kovač in sod., 2005) se je začelo v decembru 2006 zbirati tudi podatke o številu funkcionalnih seskov pri pujskih ob tetoviranju in koncu preizkusa. V letu 2012 smo število funkcionalnih seskov ob odbiri vključili pri napovedi plemenske vrednosti in vključili v skupno plemensko vrednost (Kovač in Malovrh, 2012).

### **1.3 Število funkcionalnih seskov ob tetoviranju v slovenskih populacijah prašičev**

Število funkcionalnih seskov (tabela 1) navajamo za populacijo prašičev od leta 2008 dalje, ločeno za avtohtono pasmo, maternalne in terminalne pasme ter hibride, dodatno pa prikazujemo tudi število funkcionalnih seskov pri genotipiziranih prašičih.

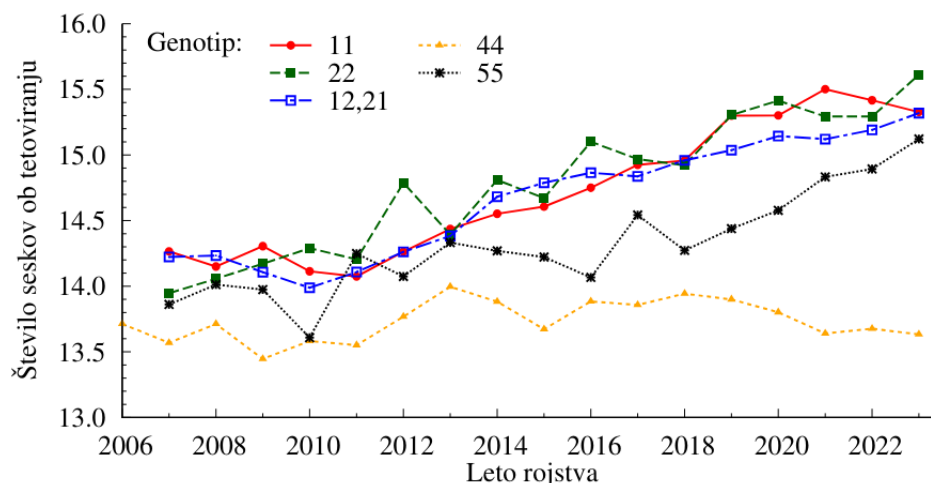
Maternalni genotipi (tabela 1) imajo pričakovano največ funkcionalnih seskov  $15.40 \pm 0.98$ , medtem ko imajo terminalni genotipi 1.3 seske manj, pri pujskih pasme krškopoljski prašič so rejci našteali  $14.33 \pm 0.94$  seskov. Razpon skupnega števila seskov je velik med 6 in 20 pri sodobnih genotipih in 8 do 23 pri pasmi krškopoljski

Tabela 1: Število funkcionalnih seskov ob tetoviranju v populaciji (pop) po letu 2008 in pri genotipiziranih prašičih (gen) po genotipih

Genotip		Število meritev	Število seskov			
			povprečje	std.	min.	max.
Maternalni genotipi	pop	19676	15.16	1.07	6	20
	gen	126	15.40	0.98	13	18
Terminalni genotipi	pop	3344	13.86	0.99	10	18
	gen	227	14.11	1.14	11	17
Skupaj	pop	23162	14.97	1.14	6	20
	gen	353	14.57	1.25	11	18
Krškopoljski prašič	pop	21205	14.25	1.04	8	23
	gen	219	14.33	0.94	12	17

prašič. Prašiči, ki smo jih genotipizirali, po številu funkcionalnih seskov bistveno ne odstopajo od celotne populacije. Pri posameznih skupinah genotipov so vrednosti nekoliko višje, kar je lahko posledica genotipizacije več prašičev iz zadnjega obdobja. Pri sodobnih genotipih so bili seski prešteti pri več prašičih terminalnih pasem, kar povleče skupno povprečje navzdol in poveča standardni odklon.

Pri vseh genotipih (slika 1) opazimo pozitiven fenotipski trend povečevanja števila funkcionalnih seskov, le pri pasmi pietren ostaja na istem nivoju. Število funkcionalnih seskov se je v 17 letih povečalo za okoli 1.5 seska. Število funkcionalnih seskov (Malovrh, 2024) se je najbolj povečalo pri pasmah slovenski landras (+0.086 seskov na leto) in slovenski veliki beli prašič (+0.080 seskov na leto) ter pri hibridih 12 in 21 (+0.077 seskov na leto). V precejšnjem obsegu so k povečanju prispevali ugodni genetski trendi (Malovrh, 2024), le pri pietrenu je opaženo manjše poslabšanje, ker ima pasma pietren manjša gnezda in se uporablja kot terminalna pasma ali očetovska pasma pri vzreji merjascev hibrida 54, je število funkcionalnih seskov manj problematična lastnost.



Slika 1: Fenotipski trendi za število funkcionalnih seskov ob tetoviranju na kmetijah po genotipih (Malovrh, 2024)

#### 1.4 Gen VRTN

Gen VRTN na kromosomu 7 vpliva na število vretenc, dolžino trupa in število seskov pri prašičih (Rohrer in Nonneman, 2017). V genu VRTN zaznamo dve spremembi, ki sta povezani s številom seskov. V promotorski regiji gena VRTN se nahaja mutacija A>C (*g.19034A>C*) in v prvem intronu gena insercija 291 baznih parov dolgega odseka (*g.20311\_2031ins291*) (Mikawa in sod., 2011). Insercija in omenjen SNP sta samo 1.2 kb narazen, kar ima za posledico, da sta v neravnovesju zaradi vezave (Fan in sod., 2013), kar pomeni, da običajno med njima ne prihaja do rekombinacij in se dedujeta skupaj. V populacijah pasem durok, landras in velikega belega prašiča so van Son in sod. (2019) pri vseh prašičih, ki so imeli alel C v promotorski regiji, odkrili tudi insercijo v prvem intronu gena, spremembi povzročita povečano izražanje gena VRTN v zgodnjem embrionalnem razvoju in imata aditiven učinek, kar pri homozigotih CC, ki imajo hkrati tudi insercijo 291 baznih parov, pomeni dodaten par reber in večje število seskov (Duan in sod., 2018).

Tabela 2: Frekvence genotipov in alelov pri genu VRTN za genotipizirane živalih po pasmah

Pasma	Število	Genotip			Alel	
		AA	AC	CC	A	C
11	107	11.21	39.25	49.53	30.84	69.16
55	75	13.33	10.67	76.00	18.67	81.33
44	115	16.52	51.30	32.17	42.17	57.83
88	219	21.92	50.68	27.40	47.26	52.74

### 1.5 Povezava gena VRTN z številom funkcionalnih seskov

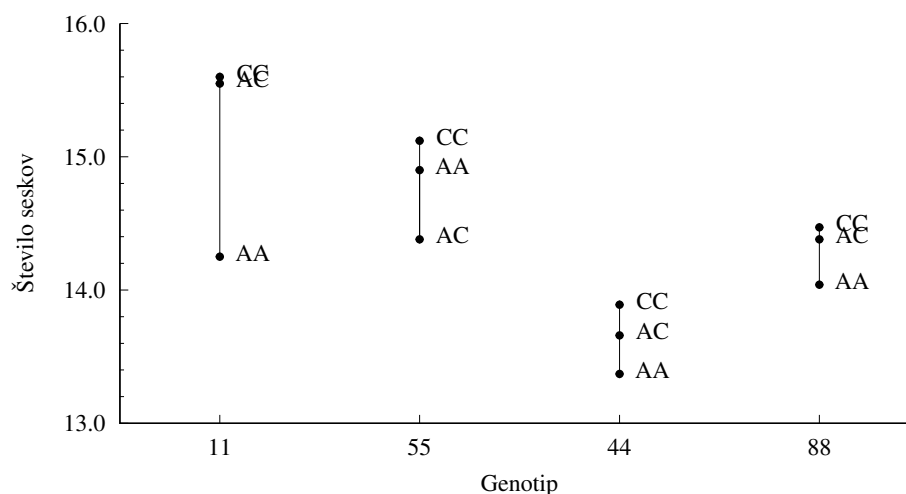
V letu 2021 smo začeli z genotipizacijo živali v slovenskih sodobnih populacijah prašičev. Iz podatkov smo uspeli izluščiti SNP rs709317845, ki označuje mutacijo A>C. V analizo smo zajeli živali za katere imamo preštete tudi funkcionalne seske ob rojstvu. Tako smo po kontroli kakovosti v analizo vključili 572 živali (tabela 2), pri pasmi 22 in 33 ter hibridu 12 imamo genotipiziranih premalo živali, zato rezultatov za njih ne bomo prikazovali.

Med sodobnimi pasmami (tabela 2) imamo največ živali genotipiziranih pri pasmi slovenski landras, polovica 49.53% živali je zaželenih homozigotov CC, le pri desetini vzorcev smo prebrali genotip AA, pri omenjeni maternalni pasmi prevladuje alel C (69.16%).

Tudi pri terminalni pasmi slovenski mesnati landras (55) prevladujejo živali z genotipom CC, saj jih je tri četrtine, frekvenca alela C je 0.81. Pri pietrenu je dobro polovico heterozigotov AC (51.30%), željenih homozigotov CC je eno tretjino. Frekvenca zaželenega alela je nekoliko nižja kot pri pasmi slovenska landras in slovenski mesnati landras. Tudi ostale študije navajajo, da je frekvenca alela C v populacijah landrasa višja, v primerjavi z ostalimi sodobnimi pasmami (van Son in sod., 2019; Sevillano in sod., 2022).

Za živali z znanim fenotipom in genotipom smo preverili povezavo med genotipom pri genu VRTN in številom funkcionalnih seskov ob tetoviranju (slika 2), pri vseh pasmah imajo homozigoti CC večje število funkcionalnih seskov. Pri pasmi slovenski





Slika 2: Povezava med številom funkcionalnih seskov in genotipom pri gen VRTN po pasmah

landras (11) je bilo pri genotipih CC in AC kar za 1.3 seska več kot pri homozigotih AA, pri krškopoljskem prašiču je razlika manjša (0.3 seska). Manjša razlika je lahko pasemsko pogojena, lahko pa je posledica nanj zanesljivega preštevanja seskov pri posameznih rejcih, pri teh dveh pasmah je število funkcionalnih seskov pri homozigotih CC zelo blizu AC, pri pasmi pietren pa so heterozigoti nekje na sredini med homozigotoma AA in CC. Tudi pri pasmi pietren znaša razlika med homozigotoma le 0.52 seska, pri pasmi slovenski mesnati landras (55) pa sta blizu rezultata za oba homozigota, nižje povprečje pa smo dobili pri heterozigotih AC, po vsej verjetnosti je rezultat naključen, saj smo imeli v vzorcu genotipiziranih prašičev razmeroma malo opazovanj tako pri heterozigotih AC in homozigotih AA. Rezultati nakazujejo, da bi lahko pri selekciji plemenskega podmladka poleg fenotipskih in plemenskih vre-

dnosti za število funkcionalnih seskov favorizirali homozigote CC pri genu VRTN, vendar bi morali povečati obseg genotipizacije pri plemenskem podmladku.

## 1.6 Zaključki

- Velikost gnezda se tudi na kmetijah povečuje, zato je potrebno pri svinjah zagotoviti dovolj funkcionalnih seskov, ki zadoščajo oskrbi vseh pujskov v gnezdu.
- Maternalni genotipi imajo  $15,40 \pm 0,98$  funkcionalnih seskov ob tetoviranju, pri terminalnih genotipih je pričakovano nekoliko manjše število seskov  $14,11 \pm 1,14$ , pri pujskih pasme krškopoljski prašič so rejci našteali  $14,33 \pm 0,94$  seskov.
- Število funkcionalnih seskov ob odbiri je od leta 2012 vključeno v izračun skupne plemenske vrednosti in lahko vidimo pozitivne fenotipske in tudi genetske trende.
- Živali z genotipom CC imajo več seskov v primerjavi z heterozigoti in homozigoti AA.
- Pri selekciji plemenskega podmladka bi lahko poleg fenotipskih in plemenskih vrednosti za število funkcionalnih seskov favorizirali homozigote CC pri genu VRTN, vendar bi morali povečati obseg genotipizacije pri plemenskem podmladku.

## 1.7 Viri

Andersen I.L., Nævdal E., Bøe K.E. 2011. Maternal investment, sibling competition, and offspring survival with increasing litter size and parity in pigs (*Sus scrofa*). *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 65: 1159–1167.

Ding N., Guo Y., Knorr C., Ma J., Mao H., Lan L., Xiao S., Ai H., Haley C.S., Brenig B., Huang L. 2009. Genome-wide QTL mapping for three traits related to

- teat number in a White Duroc x Erhualian pig resource population. *BMC genetics*, 10.
- Duan Y., Zhang H., Zhang Z., Gao J., Yang J., Wu Z., Fan Y., Xing Y., Li L., Xiao S., Hou Y., Ren J., Huang L. 2018. VRTN is required for the development of thoracic vertebrae in mammals. *Int. J. Biol. Sci.*, 12: 667–681.
- Duijvesteijn N., Veltmaat J.M., Knol E.F., Harlizius B. 2014. High-resolution association mapping of number of teats in pigs reveals regions controlling vertebral development. *BMC genomics*, 15: 542.
- Earnhardt-San A.L., Gray K.A., Knauer M.T. 2023. Parameter estimates for teat and mammary traits in commercial sows. *Animals*, 13: 1–12.
- Fan Y., Xing Y., Zhang Z., Ai H., Ouyang Z., Ouyang J., Yang M., Li P., Chen Y., Gao J., Li L., Huang L., Ren J. 2013. A further look at porcine chromosome 7 reveals VRTN variants associated with vertebral number in Chinese and Western pigs. *PLoS ONE*, 8: e62534.
- Kovač M., Malovrh Š. 2012. Rejski program za prašiče SloHibrid. Ljubljana, Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije: 394 str.  
[https://agri.bf.uni-lj.si/Enota/html/RP/RP\\_SloHibrid12.pdf](https://agri.bf.uni-lj.si/Enota/html/RP/RP_SloHibrid12.pdf) (13. avg. 2021).
- Kovač M., Malovrh Š., Čop Sedminek D. 2005. Rejski program za prašiče SloHibrid. Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Ljubljana: 375 str.
- Malovrh Š. 2024. Fenotipski in genetski trendi za število seskov. Genetski trendi pri prašičih - poročilo za leto 2023. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Katedra za znanosti o rejah živali, Enota za prašičerejo, Domžale, str. 57–67.
- Malovrh Š., Kovač M. 2010. Ocena parametrov za število seskov pri prašičih. V: Zbornik predavanj 19. mednarodno znanstveno posvetovanje o prehrani domačih živali Zadravčevi-Erjavčevi dnevi, Radenci, 11.-12.11.2010. Čeh T. (ur.), str. 115–122. Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod.

- Mikawa S., Sato S., Nii M., Morozumi T., Yoshioka G., Imaeda N., Yamaguchi T., Hayashi T., Awata T. 2011. Identification of a second gene associated with variation in vertebral number in domestic pigs. *BMC genomics*, 12.
- Rohrer G.A., Nonneman D.J. 2017. Genetic analysis of teat number in pigs reveals some developmental pathways independent of vertebra number and several loci which only affect a specific side. *Genet. Sel. Evol.*, 49: 121–125.
- Salobir J., Kastelic M. 2004. Prehrana plemenskih svinj. V: Proceedings of the 13th Conference on Nutrition of Domestic Animals "Zadavec-Erjavec Days", str. 152–168.
- Sevillano C.A., Harlizius B., Derks M.F.L., S. L.M., van Son M., Knol E.F. 2022. Allele frequency differences at epistatic QTL explain different genetic trends in number of teats in two pig lines. V: Proceedings of 12th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (WCGALP), 3. – 7. July 2022. Veerkamp, R. F. and de Haas Y. (ur.), str. 1876–1879. Wageningen Academic Publishers.
- Ule A., Malovrh Š., Kovač M. 2012. Rejska opravila v prasilišču. Spremljanje proizvodnosti prašičev, VIII. del. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Enota za prašičerejo, Domžale, str. 87–102.
- van Son M., Lopes M.S., Martell H.J., Derks M.F.L., Gangsei L.E., Kongsro J., Wass M.N., Grindflek E.H., Harlizius B. 2019. A qtl for number of teats shows breed specific effects on number of vertebrae in pigs: Bridging the gap between molecular and quantitative genetics. *Front. Genet.*, 10: 272.
- Yang J., Huang L., Yang M., Fan Y., Li L., Fang S., Deng W., Cui L., Zhang Z., Ai H., Wu Z., Gao J., Ren J. 2016. Possible introgression of the VRTN mutation increasing vertebral number, carcass length and teat number from Chinese pigs into European pigs. *Sci. Rep.*, 6: 19240.