

SPREMEMBE SESTAVE KRMNIH OBROKOV ZA GOVEJE PITANCE: PRIMER UPORABE NORMATIVNIH IN POZITIVNIH MATEMATIČNIH METOD

Jaka ŽGAJNAR^{a)} in Stane KAVČIČ^{b)}

^{a)} Univ. v Ljubljani, Biotehniška fak., Odd. za zootehniko, Groblje 3, SI-1230 Domžale, Slovenija, asist., e-mail: jaka.zgajnar@bfro.uni-lj.si.

^{b)} Isti naslov kot ^{a)}, doc. dr.

Delo je prispelo 04. novembra 2008, sprejeto 17. novembra 2008.

Received November 04, 2008, accepted November 17, 2008.

IZVLEČEK

Namen prispevka je prikazati možnost kombiniranja različnih matematičnih metod za analiziranje sestave krmnih obrokov v danih okoliščinah. Z matematičnimi modeli, ki temeljijo na omejeni optimizaciji, smo proučevali cenovno-stroškovna razmerja v obdobju 1998 do 2008 in iskali morebitne spremembe v sestavi racionalnih krmnih obrokov za goveje pitance. Za analizo smo uporabili normativne in pozitivne matematične metode. S pomočjo klasičnega linearnega programa, nadgrajenega s tehtanim ciljnim programom, smo izvedli normativno analizo. Da bi ugotovili, kako bi se v danih razmerah odločal povprečen rejec, pa smo simulacijo izvedli tudi s pozitivnim matematičnim programiranjem. Dobljeni rezultati kažejo, da se je sestava racionalnega krmnega obroka v zadnjih desetih letih nagnila v prid koruzne silaže, izrazito pa se je zmanjšala količina travne silaže v obroku. Zaradi naravnih danosti v Sloveniji take spremembe niso izvedljive, zato bomo morali več pozornosti posvetiti zniževanju stroškov pridelave travne silaže.

Ključne besede: govedo / biki / pitanci / prehrana živali / krmni obroki / sestava / matematične metode / linearno programiranje / tehtano ciljno programiranje

CHANGES OF BEEF RATION COMPOSITION: AN EXAMPLE OF UTILIZING NORMATIVE AND POSITIVE MATHEMATICAL METHODS

ABSTRACT

The aim of this paper is to present possibility to combine different mathematical methods for analysis of ration composition changes in actual economic environment. On the basis of mathematical programming models, based on constraint optimization, the influence of price-cost ratios on the trends of efficient beef ration formulation in the period 1998 to 2008 has been analysed. For investigation positive and normative mathematical methods have been utilized. The normative part of methods applies a common linear programming approach supported by penalty function. To find out the "reaction" of rational farmer within given circumstances, simulation was upgraded with positive mathematical programming approach. Obtained results illustrate change in ration composition by increased maize silage quantities and significantly lower amounts of grass silage during last decade. Due to Slovene natural conditions it is obvious that such a dramatic shift is impossible, therefore more attention should be paid to reduction of grass silage production costs.

Key words: cattle / beef fattening / animal nutrition / ration / composition / mathematical methods / linear programming / weighted goal programming

UVOD

Spremembe na političnem in ekonomskem področju so v zadnjem času prispevale k izrazito poslabšani stabilnosti ekonomike pitanja govedí. K temu je botrovalo več t.i. 'notranjih', kot tudi 'zunanjih' dejavnikov. V prvi vrsti lahko 'krivca' iščemo v reformi skupne kmetijske politike (SKP). Korenitejši preobrat je nakazala že MacSharríjeva reforma v letu 1992, ki odpravlja dobršen del tržno izkrivljajočih ukrepov (intervencijske cene) in daje poudarek neposrednim plačilom. Agenda 2000 z nadaljnjim zniževanjem cen in dvigom neposrednih plačil v duhu predhodne reforme je ta zasuk še stopnjevala. Za obravnavan sektor je prinesla z dohodkovnega vidika zanimive klavne premije in z njimi omilila vse slabšo ekonomsko situacijo, ki jo prinaša liberalizacija trga z govejim mesom. Zadnja, t.i. Fischlerjeva reforma, v Sloveniji vpeljana v letu 2007, pa je uvedla do tedaj še ne poznan pojem proizvodne nevezanosti plačil. Kljub vsemu je zaradi občutljivosti sektorja del plačil ostal proizvodno vezan (60 % posebne premije, premija za ekstenzivno rejo ženskih živali). Takšna politika naj bi s poudarjeno liberalizacijo kmetijskih trgov vodila do večje tržne orientiranosti kmetijstva. Slednja se vsaj zaenkrat odraža v bistveno poslabšani ekonomski situaciji pitanja govedí, saj odkupne cene ne sledijo trendu rasti stroškov. Rešitve najbrž bolj kot na prihodkovni lahko iščemo na stroškovni strani pitanja, saj so tu možnosti vplivanja rejcev številnejše.

V opazovani panogi imamo dve ključni stroškovni postavki, nakup teleta in nakup ali pridelava krme. Dokaj pogost primer v Sloveniji je, da rejci kupujejo teleta. Nakupna cena slednjih je po podatkih Kmetijskega inštituta Slovenije (KIS) v zadnjih štirih letih zopet v izrazitem porastu. Prav tako pa so se stroški krmnega obroka v zadnjih letih izrazito povečali (KIS, 2008). Na podlagi rezultatov modelnih kalkulacij KIS smo ocenili, da se stroški krmnega obroka pri pitanju govedí gibljejo na ravni okrog 55 % celotnih stroškov oziroma nekaj manj kot 70 % spremenljivih stroškov reje. Deloma so povišani stroški krme posledica večjega povpraševanja po žitih, ki ji pridelava ne sledi, bodisi zaradi suše in naravnih ujm, ki so v zadnjih letih prizadele strateška območja za pridelavo žit. Po žetvi 2008 pa se lahko opaženi trendi zopet obrnejo, saj se je situacija tako na kmetijskih kot tudi na ostalih trgih spremenila zaradi dobre letine žit in splošne zaostritve gospodarskih razmer zaradi porajajoče recesije nekaterih ključnih nacionalnih gospodarstev v svetovnem merilu.

Naša hipoteza je, da se z zviševanjem cen krme, kot posledice dodatnega povpraševanja (bio-energija, bio-masa), manjše proizvodnje in liberalizacije trgov, spreminja tudi (racionalna) sestava krmnega obroka. Pričakujemo, da so visoke cene žit botrovale višjim oportunitetnim stroškom predvsem energijske krme, kar naj bi imelo za posledico spremembo v sestavi krmnega obroka. Poleg tega vse višji vhodni stroški (npr. mineralna gnojila, gorivo) močno zvišujejo lastno ceno doma pridelane krme, kar v ospredje postavlja ekonomijo obsega (pri večjem obsegu proizvodnje se stroški na enoto zmanjšujejo). Ker konzervirana voluminozna krma pri večini rejcev v Sloveniji predstavlja poglavitni vir hranljivih snovi v krmnem obroku, se zastavlja vprašanje, ali bo izrazitemu porastu cen v preteklih letih sledil tudi preobrat v tehnologiji pitanja. Pričakujemo, da bodo rejci govejih pitancev za doseganje ekonomsko privlačnega rezultata, poleg upoštevanja ekonomije obsega, prisiljeni poiskati tudi nove tehnološke rešitve.

V tem prispevku bomo analizirali, kako naj bi se v preteklem desetletnem obdobju (1998 – 2008) sestava krmnega obroka spreminjala glede na spremembe stroškovno-cenovnih razmerij kupljene in doma pridelane krme. Analize bomo opravili s pomočjo metod matematičnega programiranja, ki temeljijo na principu omejene optimizacije. Tovrstne metode so v zadnjem času postale pomembno orodje za najrazličnejše analize v kmetijstvu in ekonomiki (Buysse in sod., 2007). Gre namreč za pristop, ki zelo dobro združi t.i. neoklasično produkcijsko teorijo z modeliranjem. Omejene vire želimo na čim boljši in čim bolj učinkovit način uporabiti in na ta način optimirati dohodek kmetijskega gospodarstva. Temeljna zamisel je, da bomo z minimiranjem stroškov krme vsako leto dobili nekoliko spremenjen krmni obrok, seveda v

odvisnosti od gibanja tržnih cen ter lastnih cen uporabljene krme. Iz sprememb v sestavi krmnih obrokov bomo nato poizkušali potegniti zaključke, kako vse dražja krma vpliva na prilagajanje tehnologije pitanja. Za analizo bomo uporabili tri vrste matematičnih modelov. Z vidika ekonomske teorije jih lahko uvrstimo v skupino normativnih in pozitivnih modelov.

Normativne analize smo se lotili s pomočjo klasičnega linearnega programa (LP). Gre za zelo pogost pristop, ki se na področju agrarne ekonomike uporablja že več kot 50 let. Njegovo uporabo zasledimo pri reševanju najrazličnejših prehranskih problemov, tako na področju humane prehrane, kot pri načrtovanju in vodenju prehrane vseh vrst domačih živali (Darmon in sod., 2002). Če se osredotočimo na področje prehrane domačih živali, lahko ugotovimo, da je najpogosteje LP uporabljen za iskanje najcenejšega obroka. Prvi je ta pristop uporabil Waugh (1951). Kljub temu, da je modeliranje z linearnim programom pogosto ostro kritizirano zaradi svoje normativne narave, pa Jones (1982) podarja, da so modeli tega tipa izrazito dobrodošli v primeru, ko gre za analiziranje odločitev v razmerah, ki so izven obsega preteklih izkušenj in zato razmere ne morejo biti modelirane z bolj pozitivnimi metodami, kot so denimo ekonometrični modeli. Zato bomo v naši analizi uporabili metodo LP, da bi ugotovili, ali bi kmetje v danih ekonomskih razmerah lahko posegali tudi po drugi krmi na trgu, da bi si pocenili stroške pitanja in si na ta način povečali konkurenčnost pitanja.

Drugo, še vedno normativno, analizo smo izvedli s pomočjo orodja, ki temelji na metodi tehtanega ciljnega programiranja (WGP). Številni strokovnjaki (Rehman in Romero 1984, 1987; Lara 1993) namreč opozarjajo na pomanjkljivosti klasičnega LP za načrtovanje krmnih obrokov. Izpostavljajo predvsem matematično togost z vidika namenske funkcije (naenkrat upoštevamo le en cilj), kot tudi z vidika 'fiksni' omejitvev. Metodo WGP sta prva uporabila Charnes in Cooper (1961, cit po Rehman in Romero, 1984). Gre za posebno obliko matematičnega programiranja, ki temelji na LP oziroma je posebna oblika le-tega (Zadnik Stirn, 2001). V primerjavi s klasičnim LP, pri katerem lahko naenkrat optimiramo le en cilj, ostale zahteve pa zajamemo v omejitvah, lahko s ciljnim programiranjem iščemo rešitev, ki zadosti večjemu številu zastavljenih ciljev. Prednost te metode je tudi, da dovoljuje odstopanje od zastavljenih ciljev (omejitvev), ki pa naj bi bilo čim manjše. Vickner in Hoag (1998) ugotavljata, da je v orodjih za podporo pri odločanju (DSS) uporaba WGP zaradi omenjenih prednosti pogostejša od LP.

Za simuliranje odzivov na zunanje (eksogene) spremembe, se v literaturi najpogosteje uporabljajo metode pozitivnega matematičnega programiranja (PMP). Metoda je bila razvita z namenom, da zaobide normativne značilnosti klasičnih optimizacijskih modelov, ki temeljijo na metodah matematičnega programiranja (Buysse in sod., 2007). V večji meri se PMP uporablja v sektorskih modelih (Howitt, 2005). V primerjavi z normativnim matematičnim programiranjem (NMP), se pri PMP modelih namenska funkcija prilagodi tako, da model skoraj povsem natančno ponovi referenčno situacijo. To pomeni, da lahko uporabimo informacijo o dejanskih (opazovanih) odločitvah rejca in na tej podlagi simuliramo, kako bi se le-ta odločal v spremenjenih okoliščinah glede na svoje želje in omejitve.

Glavna ideja PMP je torej kalibriranje modela, kjer s pomočjo kalibracijskih omejitvev pridemo do dualnih spremenljivk (senčnih cen kalibracijskih omejitvev), ki jih nadalje vključimo v nelinearno ciljno funkcijo (Heckelei, 2002). Ta dva postopka sta bistvena za odpravo pomanjkljivosti NMP t.i. 'nezveznega obnašanja' in problema ponovitve referenčne situacije. Seveda takšen model ne more biti uporabljen za iskanje boljše – optimalnejše – rešitve za kmeta, saj PMP predpostavlja, da je njegova 'referenčna' situacija optimalna (Buysse in sod., 2007). Ta pristop torej omogoča, da s spremembo cenovno-stroškovnih koeficientov namenske funkcije simuliramo, kako bi se kmet v danih ekonomskih pogojih odzival. Seveda je ključna predpostavka, da se njegove preference in občutljivost na dražljaje iz okolja v opazovanem obdobju ne spreminjajo.

MATERIAL IN METODE

Linearni model

Analizo vpliva cen krme na sestavljanje krmnih obrokov smo z vidika ekonomske teorije izvedli s pomočjo normativnih in pozitivnih metod. Za potrebe normativne analize smo uporabili že razvito orodje (DSS) za sestavljanje krmnih obrokov bikov pitancev, ki je podrobneje opisano v prispevku Žgajnar in Kavčič (2008). Orodje je zasnovano na t.i. dvostopenjski optimizaciji, ki se izvede s pomočjo dveh pod-modelov. Ta temeljita na metodah matematičnega programiranja in sicer omejene optimizacije. Prvi pod-model je klasičen linearni model in je primer modela, ki temelji na minimiranju stroškov krmnega obroka. Orodje ga vključuje, da lahko čim bolj oceni 'raven' pričakovanih stroškov krme, ki se v drugem pod-modelu vključujejo kot eden izmed ciljev. Drugi pod-model pa temelji na pristopu WGP, ki z vidika prehrane pripelje do – po hranljivih snoveh – bolj uravnoteženega krmnega obroka.

Za namen te analize smo orodje za sestavljanje krmnih obrokov ustrezno prilagodili. Da bi čim popolneje zajeli celotno stroškovno plat, smo namesto spremenljivih stroškov uporabili lastne cene doma pridelane krme in tržne cene za kupljeno krmo. Dodatno smo izvedli tudi post-optimalno analizo pri pod-modelu LP, s pomočjo katere smo prišli do senčnih cen (angl. shadow price) posameznih omejitev. Osredotočili smo se predvsem na potrebe po energiji, beljakovinah in surovi vlaknini. S pomočjo analize občutljivosti smo izračunali meje lastnih cen travne in koruzne silaže ter tržnih cen sojinih tropin in koruznega zrnja, znotraj katerih bi ostala dobljena rešitev nespremenjena.

Simulacijski PMP model

Posebnost kmetijske pridelave je, da je z vidika prilagodljivosti na zunanje dražljaje na kratek rok relativno toga. Z drugimi besedami to pomeni, da od rejcev ne moremo pričakovati, da bodo krmni obrok med leti zaradi spremenjenih cenovnih razmerij močno spreminjali, pač pa ga bodo prilagajali le v manjši meri. Torej gre za neko 'pričakovano' obnašanje rejcev, ki temelji na njihovih osebnih lastnostih (preferencah) in omejitvah, ki jih denimo klasičen LP model ne zajame. Zaradi tega smo v našo analizo vključili tudi preprost simulacijski model, ki je umerjen (skalibriran) po pristopu standardne PMP metode.

Slednjo je uvedel Howitt (1995) in pri simuliranju uporablja tri korake. V prvem koraku je uporabljen klasičen LP model, s pomočjo katerega dobimo senčne cene klasičnih omejitev (λ_1) in senčne cene dodatnih kalibracijskih omejitev (λ_2). V drugem koraku uporabimo senčne cene kalibracijskih omejitev (λ_2) in s pomočjo teorije povprečnih stroškov izpeljemo parametre (α in β) kalibracijske stroškovne funkcije. V zadnjem (tretjem) koraku s pomočjo referenčnih podatkov in izpeljanih stroškovnih parametrov (α in β) definiramo kvadratno stroškovno-ciljno funkcijo. Tako pripravljen model omogoča avtomatsko kalibracijo modela na referenčno situacijo (Howitt, 2005).

Prehranski PMP model, ki smo ga po Howittu (1995) razvili za simuliranje odziva kmetov pri sestavljanju krmnih obrokov na eksogene cenovne spremembe, v matematični obliki zapišemo, kot je prikazano v enačbah [1] do [9].

Korak 1:

$$\text{Max}Z = -c_i x_i \text{ tako, da je} \quad [1]$$

$$A_{ij} x_i \leq b_j \quad [\lambda_1] \quad [2]$$

$$x_i \leq x_i^0 (1 + \varepsilon) \quad [\lambda_2] \quad [3]$$

$$x_i \geq 0 \quad [4]$$

Korak 2:

$$\alpha_i = c_i \quad [5]$$

$$\beta_i = \frac{2\lambda_{2i}}{x_i^0} \quad [6]$$

Korak 3:

$$\text{Max} Z = -(\alpha + 0,5\beta x_i)x_i \text{ tako, da je} \quad [7]$$

$$A_{ij}x_i \leq b_j \quad [\lambda_1] \quad [8]$$

$$x_i \geq 0 \quad [9]$$

Namenska funkcija, definirana z enačbo [1], predstavlja vsoto zmnožkov tržnih cen ($-c_i$) ter polnih lastnih cen ($-c_i$) i -te krme s količino izbrane i -te krme v sestavljenem krmnem obroku. Ker smo pri cenah upoštevali negativen predznak, je posledično namenska funkcija predmet maksimiranja. Druga enačba predstavlja prehranske normative, katerim mora biti zadoščeno, da model najde rešitev. S pomočjo dualnega programa lahko dobimo senčne cene (λ_1) posameznih omejujočih omejitev. V primerjavi s klasičnim linearnim programom smo naš primarni LP model razširili s t.i. kalibracijskimi omejitvami [3]. Z njimi model 'prisilimo', da raven izbrane i -te krme (x_i) ne preseže referenčne količine i -te krme, kateri je prišteta zelo majhna vrednost, t.i. perturbacija (ϵ). Slednja je vpeljana v kalibracijsko omejitev z namenom, da preprečimo linearno odvisnost med klasičnimi omejitvami (prehranskimi) in kalibracijskimi omejitvami (Heckeley in Britz, 2000). Z dodanimi kalibracijskimi omejitvami pridemo do rešitve samo v primeru, da je referenčni obrok skladen z omejitvami modela. Na prvi pogled gre za povsem trivialno trditev, vendar se le-ta lahko izkaže kot problematična, če z modelom analiziramo sestavo podobnih krmnih obrokov, katerih sestavine imajo zaradi najrazličnejših vzrokov povsem različne hranilne vrednosti.

S pomočjo dualnega programa dobimo senčne cene kalibracijskih omejitev. V drugem koraku (5 in 6) na podlagi senčnih, lastnih in tržnih cen izračunamo parametre stroškovne funkcije. S pomočjo teorije povprečnih stroškov izpeljemo α , ki predstavlja presečišče stroškovne funkcije in parameter β , ki predstavlja naklon stroškovne funkcije.

V zadnji fazi kalibriranja uporabimo izračunane parametre stroškovne funkcije. Namenska funkcija [7] se zaradi kvadriranja (x_i^2) spremeni v nelinearno, pri kateri zopet iščemo maksimum. Tako prilagojena in 'uravnovežena' namenska funkcija, ob upoštevanju prehranskih omejitev, nam brez kalibracijskih omejitev vrne sestavo referenčnega krmnega obroka. Na tako pripravljenem modelu lahko nato študiramo npr. vpliv sprememb cen in stroškov preteklega desetletnega obdobja. V našem primeru smo kot referenčni krmni obrok izbrali nekoliko prilagojen krmni obrok, predpostavljen v modelnih kalkulacijah (KIS, 2008).

Prehranske potrebe bikov pitancev

Seveda gre pri sestavljanju krmnih obrokov za številne dejavnike, ki vodijo kmeta pri njegovem odločanju. Poleg izbrane pasme, velikosti kmetijskega gospodarstva ter razmerja med ornimi in travnimi površinami, ki določajo potrebe po krmi ter razmerje med doma pridelano in kupljeno krmo, je pomembna tudi tehnologija pitanja. Za analizo smo izbrali tehnološke predpostavke analitične modelne kalkulacije (KIS, 2008). Predpostavili smo, da se pitanje začne pri telesni masi 120 kg in se konča pri telesni masi 550 kg. Povprečen dnevni prirast preko celotnega obdobja znaša 0,9 kg/dan, kar pomeni, da pitanje traja 478 krmnih dni.

Ker se za potrebe modelnih kalkulacij uporablja starejši sistem škrobnih enot, smo prehranske potrebe pitancev ocenili s pomočjo simulacijskega modela za ocenjevanje prehranskih potreb

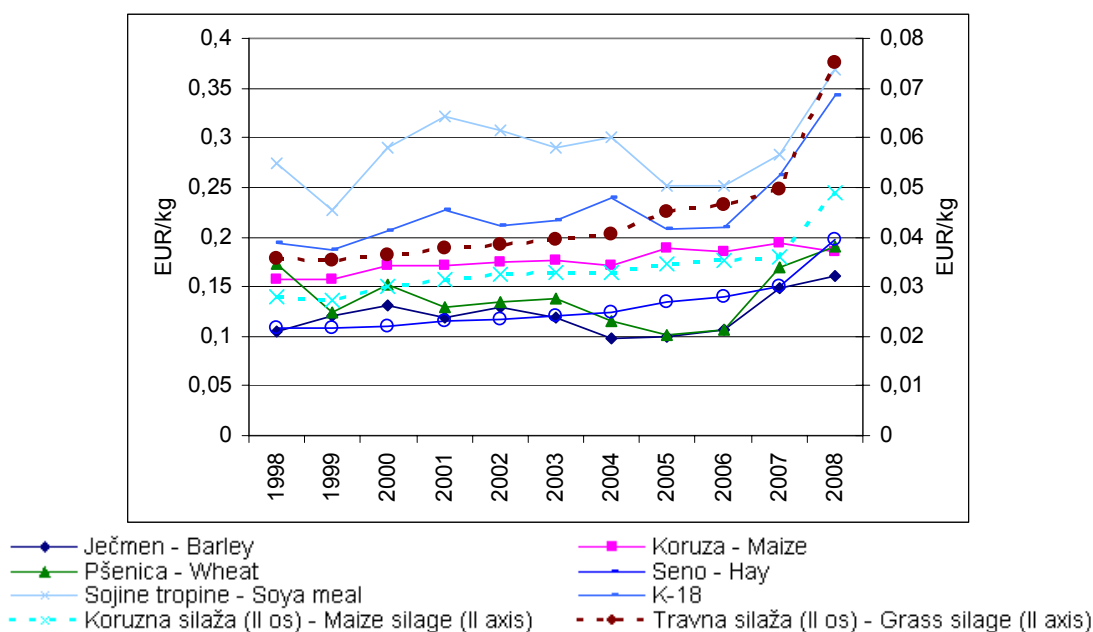
prežvekovalcev, ki temelji na presnovni energiji. Simulacijski model je podrobneje opisan v Žgajnar in sod. (2007).

Kupljena in doma pridelana krma

Za analizo smo izbrali najpogostejši način pitanja v Sloveniji. Predpostavili smo, da kmetijsko gospodarstvo večji del krme pridelava na lastnih zemljiščih, del močne krme pa dokupi na trgu po tržnih cenah. Ker voluminozne krme večinoma ni tržna dobrina, smo na podlagi izračunov modelnih kalkulacij ocenili skupne stroške pridelave posamezne krme in jih nadalje ovrednotili s polno lastno ceno (brez upoštevanja morebitnih subvencij). Za razliko od metode pokritja, kjer so zajeti zgolj spremenljivi stroški, modelne kalkulacije vključujejo vse stroške, ki so povezani s pridelavo, kamor prištevamo tudi stroške dela (Rednak, 1998). Ob tem je potrebno poudariti, da smo upoštevali zgolj stroške, povezane s pridelavo glavnega pridelka oziroma pridelka, ki ga lahko vključimo v krmni obrok.

Pri vrednotenju krme po polni lastni ceni ima ekonomija obsega ključno vlogo. Zato je potrebno izpostaviti, da kalkulacije temeljijo na predpostavki, da je velikost parcel 1 ha in so od kmetijskega gospodarstva oddaljene 1 km. Serijo osnovnih podatkov med leti 1998 in 2008 smo pridobili na spletni strani Kmetijskega inštituta, kjer imajo objavljene t.i. zbirnike podatkov na letni ravni (KIS, 2008).

Prva dva modela (LP in WGP) lahko pri sestavljanju krmnega obroka izbirata med osmimi vrstami krme (slika 1). Na razpolago imata pet vrst močnih krmil (ječmen, koruza, pšenica, dopolnilna krmna mešanica K-18 in sojine tropine), ter tri vrste voluminozne krme (seno, koruzna silaža in travna silaža). Predpostavili smo, da rejci vsa močna krmila dokupijo po tržnih cenah. Na lastnih zemljiščih pa pridelajo seno, travno in koruzno silažo. Slednje lahko ovrednotimo po njihovi polni lastni ceni. Kot je razvidno s slike 1, se je v opazovanem obdobju vsa krma podražila.



Slika 1. Gibanje tržnih cen močne krme ter polnih lastnih cen doma pridelane voluminozne krme v obdobju 1998–2008.

Figure 1. Changing market prices and total unit costs for feed and voluminous forage in the period 1998–2008.

Izračunane polne lastne cene doma pridelane voluminozne krme so se vse od leta 1998 nenehno zviševale. S podrobnejšo analizo smo ugotovili, da je zviševanje cen voluminozne krme posledica predvsem vse dražjih strojnih storitev in vse višjih postavk domačega dela ter kapitala. Poleg tega so se v opazovanem obdobju tudi mineralna gnojila nenehno dražila, kar je bilo še posebej izrazito v zadnjih dveh letih. V letu 2008 so se denimo cene mineralnih gnojil zvišale skoraj za trikrat. Slednje je tudi ključni razlog, da so se lastne cene pridelkov v zadnjem letu tako povečale. Slika bi bila nekoliko drugačna, če bi pretežen del rastlinskih hranil rejci zagotovili z gnojem domačih živali. S slike 1 je razvidno, da se je cena travne silaže v primerjavi s koruzno silažo relativno hitreje zviševala. Izrazit razkorak se kaže od leta 2002 dalje. Na prvi pogled nelogično dejstvo je moč pojasniti s količino pridelka na enako površino zemljišča. Pridelak travne silaže je bistveno manjši v primerjavi s sicer že tako ali tako cenejšo koruzno silažo, zato so stroški pridelave travne silaže na enoto pridelka večji.

Nihanja so opazna tudi pri kupljeni močni krmi. Dvig cen je nedvomno posledica kompleksnih pojavov in vplivov, ki pa jih ni mogoče enoznačno opredeliti. S slike 1 je razvidno, da so energijska krmila (koruza, pšenica in ječmen) v primerjavi s pretežno beljakovinsko krmo (sojine tropine) in sestavljenim močnim krmilom K-18 bistveno cenejša. Koruzno zrnje je v vsem opazovanem obdobju dražje od pšenice in ječmena, ki se izraziteje podražita šele v zadnjih treh letih.

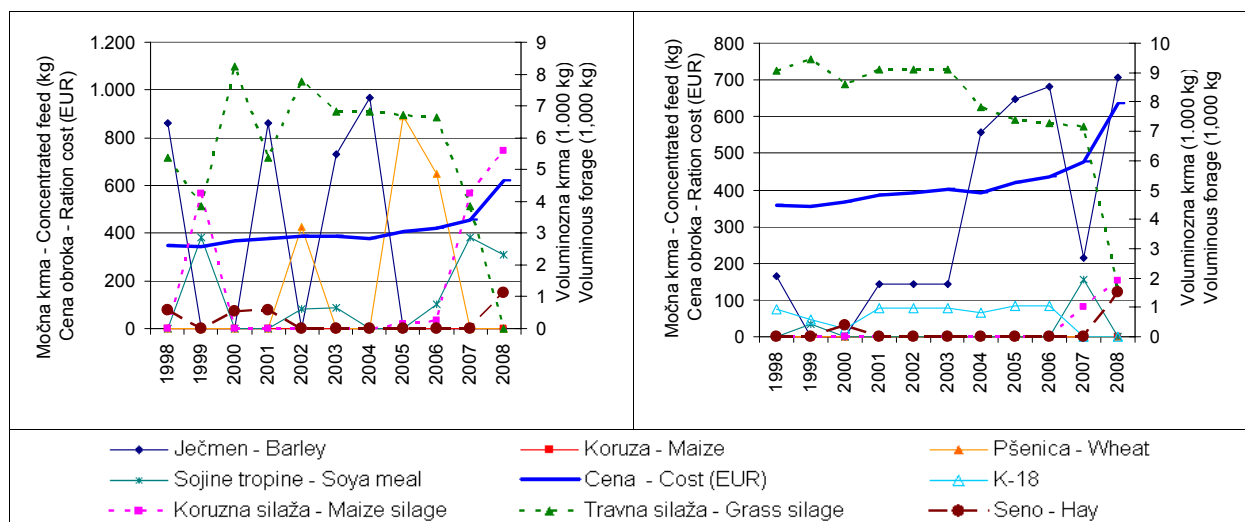
Za pokrivanje potreb po rudninskih snoveh so v nabor krmil vključene tudi štiri rudninsko vitaminske mešanice. Sprememb njihovih cen v danem obdobju ne prikazujemo, saj zaradi manjše količinske zastopanosti v obroku ne vplivajo na našo analizo.

Pri optimiranju sestave krmnega obroka sta, poleg ekonomskega vidika, ključnega pomena hranilna vrednost in kakovost krme. Obe sta odvisni od številnih dejavnikov kot so kakovost tal, klimatski dejavniki, količine padavin, tehnologije pridelave in tehnologije spravila. Iz tega sledi, da lahko kakovost krme med leti močno niha, kar lahko povzroči, da obroki s povsem enako sestavo ne pokrijejo vedno vseh potreb živali po hranljivih snoveh. V naši analizi smo ta vidik zanemarili; v izračunu smo upoštevali nekoliko nadpovprečno hranilno vrednost krme, ki je bila enaka v celotnem obdobju opazovanja.

REZULTATI IN RAZPRAVA

Rezultate modelov prikazujemo v enakem vrstnem redu, kot so opisani uporabljeni pristopi. Najprej pokažemo, kako bi se sestava obroka spreminjala, če bi bil rejec povsem prilagodljiv in bi bil njegov edini cilj minimiranje stroškov (rezultati LP). Sledijo krmni obroki, ki so sestavljeni s pomočjo tehtanega ciljnega programiranja. Nadaljujemo s predstavitvijo rezultatov post-optimalne analize in njihovega pomena. V zadnjem delu se osredotočimo na simulirane krmne obroke s pomočjo PMP modela. Vsi grafikoni, ki prikazujejo skupne stroške in strukturo krmnih obrokov, se nanašajo na celotno obdobje pitanja.

V prvi model smo vključili 12 vrst krme, iz katerih smo sestavili najcenejši možni krmni obrok. S slike 2 je razvidno, da se sestava tega krmnega obroka med leti močno spreminja. Značilnost LP je namreč prekinjen (nezvezen) odziv na spremenjene zunanje razmere – v našem primeru tržne cene oziroma izračunane polne lastne cene. Posledično se dobljena rešitev izrazito spreminja med leti in kar je bolj problematično, iz dobljenih rezultatov se ne da izluščiti neke splošne zakonitosti, kaj se je v opazovanem obdobju dogajalo s sestavo krmnega obroka in napovedati, kakšna bodo gibanja v prihodnosti. To dejstvo je še zlasti izrazito pri vključevanju energijskih močnih krmil v obrok.



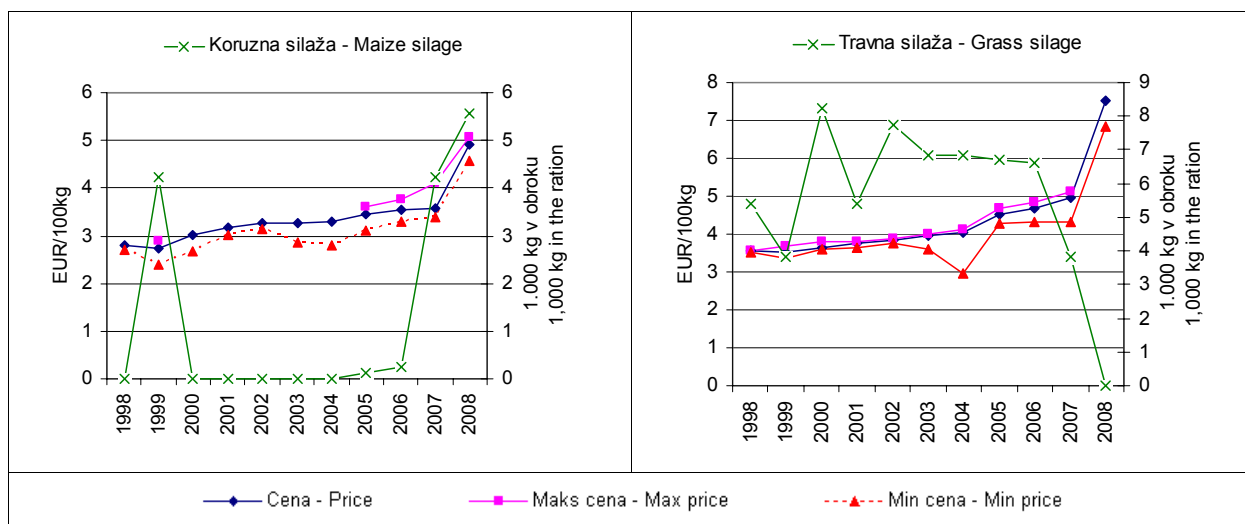
Slika 2. Krmni obroki v obdobju 1998–2008, sestavljeni s pomočjo linearnega in tehtanega ciljnega programa.

Figure 2. Rations for the period 1998–2008, calculated with linear and weighted goal program.

S slike 2 je razvidno, da manjkajoče potrebe po energiji z izjemo leta 1999 in zadnjih dveh let, kjer v krmni obrok vstopa koruzna silaža, pokrijemo s pšenico in ječmenom, ki se v krmnem obroku linearnega modela pojavljata kot alternativni. Predvsem v zadnjem obdobju se zaradi vse dražje doma pridelane travne silaže količina sojinih tropin, kot vira beljakovin, v obroku povečuje. Zviševanje cen sojinih tropin je vse od leta 2005 dalje na enoto beljakovin manjše kot pri travni silaži. Drago koruzno zrnje ni vključeno v rešitev. Svoj delež k temu doprinese tudi povečana količina koruzne silaže v krmnem obroku. Kljub rahlemu povečanju količine koruzne silaže v obrokih, postaja zagotavljanje ustrezne strukture obroka (strukturna vlaknina iz voluminozne krme) ključen problem. Na to je pokazala tudi dodatna analiza senčnih cen, ki so pri omejitvi zagotavljanja najmanjšega deleža strukturne vlaknine v obroku najvišje. Nedvomno je to posledica dragega in kakovostnega sena. Izračunane senčne cene bi bile tako bistveno drugačne, če bi imeli v naboru voluminozne krme cenejše seno slabše hranilne vrednosti.

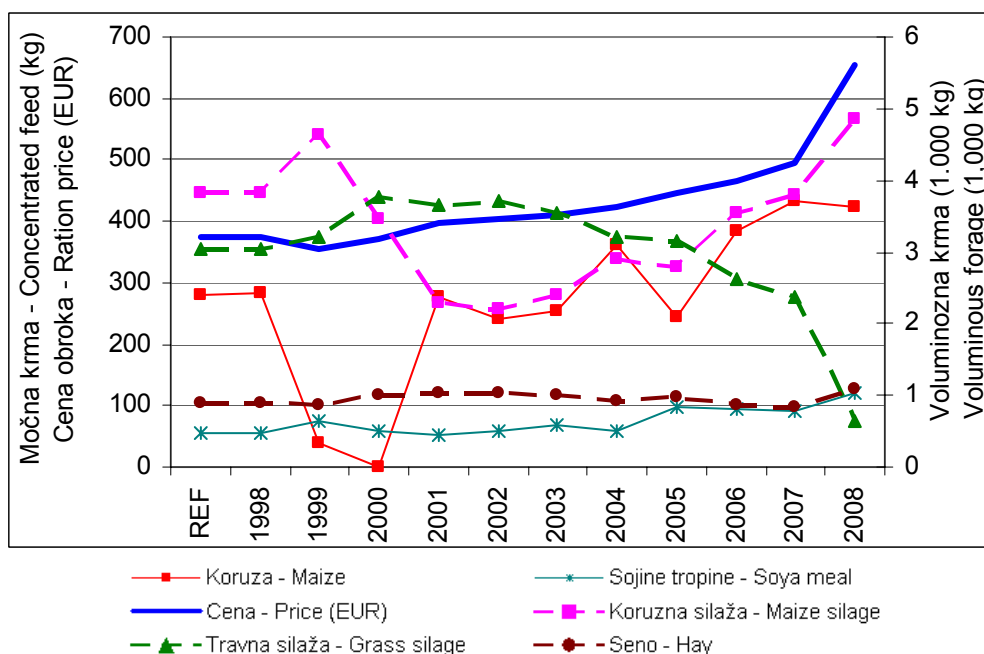
Do nekoliko drugačnih zaključkov pridemo pri rešitvi WGP, ki po definiciji išče s prehranskega vidika bolj uravnotežen krmni obrok. Ker ima sama cena nekoliko manjši vpliv, je pričakovano, da je obrok v primerjavi z obrokom linearnega modela nekoliko dražji. Razvidno je, da se med leti sestava obroka spreminja predvsem na račun zmanjševanja količine travne silaže in povečevanja količine ječmena v obroku. To je tudi edini obrok, ki vključuje relativno drago krmno mešanico K-18, kar je nedvomno posledica manjšega pomena stroška krmnega obroka pri ciljnem programiranju. Zanimivo je, da koruzna silaža z izjemo zadnjih dveh let ni zastopana v nobeni rešitvi WGP.

V vsem opazovanem obdobju je pri rezultatih obeh metod opazen izrazit trend podražitve krmnega obroka. S pomočjo dodatnih izračunov smo ugotovili, da se pri linearnem programu med leti stroški vsebovane močne krme praktično ne zvišujejo. V desetletnem obdobju vseskozi ostajajo na ravni 100 EUR, z izjemo zadnjih dveh let, ko se zvišajo za slabih 20 EUR na pitanca. To pomeni, da dvig cen vodi do vse večjega deleža voluminozne krme v skupnem strošku krmnega obroka. Precej drugačne zaključke lahko potegnemo iz rezultatov WGP. Do leta 2003 so namreč stroški močnih krmil predstavljali okrog 10 %, po tem letu pa zelo hitro narastejo na nekaj manj kot 20 % celotnih stroškov krmnega obroka.



Slika 3. Stabilnost dobljenih rešitev linearnega programa: primer koruzne in travne silaže.
 Figure 3. Stability of obtained linear program solutions: maize and grass silage.

Na sliki 3 prikazujemo izračunane meje, znotraj katerih se lahko gibljejo lastne cene koruzne in travne silaže, ne da bi ob tem prišlo do sprememb v sestavi krmnega obroka. Prikazujemo zgolj rezultate za obe silaži, ki sta se izkazali za ključni pri sestavi krmnega obroka. S slike 3 je razvidno, da se cena travne silaže praktično ves čas giblje na zgornji meji. V danih razmerah to pomeni, da bi se količina v obroku zmanjšala takoj, ko bi cena narasla. Nasprotno lahko ugotovimo pri koruzni silaži, kjer je cena, z izjemo leta 1999 in zadnjih štirih let, ves čas nad najvišjo dovoljeno ceno in zato koruzna silaža ni vključena v rešitev. Kljub izrazitemu dvigu lastne cene koruzne silaže v zadnjih dveh letih pa bi le-ta lahko še narasla, ne da bi to vplivalo na dobljeno rešitev. Glede na aktualna cenovna razmerja je bilo koruzno zrnje v primerjavi z ostalo krmo, dostopno na trgu, predrago, zato ni bilo zajeto v rešitvi.



Slika 4. Simuliranje sprememb v sestavi krmnega obroka s pomočjo pozitivne analize.
 Figure 4. Simulation of ration structure changes with positive analysis.

S pomočjo tretjega modela (PMP), ki je bil razvit za potrebe te analize, smo simulirali, kako bi se rejec glede na svoje preference odzival na 'zunanje' spremembe. Kot referenčno situacijo smo izbrali cenovno – stroškovna razmerja iz leta 1998. Predpostavili smo, da je t.i. referenčni krmni obrok (REF) nekoliko prilagojen krmni obrok iz modelnih kalkulacij. Na sliki 4 prikazujemo, kako bi sprememba cen po posameznih letih vplivala na sestavo krmnega obroka 'racionalnega' rejca. Referenčni obrok za celotno obdobje pitanja naj bi tako vključeval nekaj manj kot štiri tone koruzne silaže, dobre tri tone travne silaže, nekaj manj kot 900 kg sena, 280 kg koruznega zrnja in dobrih petdeset kilogramov sojinih.

S slike 4 je razvidno, da vse dražja travna silaža počasi izgublja pomen v krmnem obroku. Hkrati se delež koruzne silaže v obroku povečuje vse od leta 2002 naprej. V tem letu se je namreč travna silaža v primerjavi s koruzno silažo začela močnejše dražiti. Simulacija je pokazala tudi, da je z izjemo leta 2000 koruzno zrnje vključeno v krmni obrok, kar je glede na rezultate prejšnjih modelov dokaj neracionalno. Na tem preprostem primeru se izkaže značilnost (pomankljivost) PMP metode, saj lahko kalibriramo zgolj tiste aktivnosti (v našem modelu vrste krme), ki so vključene že v referenčni (izhodiščni) rešitvi, ne pa tudi tistih, ki so prav tako na razpolago in jih kmet v referenčni situaciji zaradi takšnih ali drugačnih razlogov ni uporabil. Z drugimi besedami to pomeni, da je lahko pri klasičnem PMP pristopu v rešitev zajeta zgolj tista krma, ki jo je vključevala referenčna (REF) situacija.

Pri kalibriranju modela je bila senčna cena kalibracijske omejitve koruznega zrnja enaka nič. Posledično je tudi parameter β enak nič, kar pomeni, da je 'odzivanje' rejca pri vključevanju koruznega zrnja v obrok ostalo linearno. Heckeley (2002) takšne aktivnosti imenuje mejne aktivnosti (marginal activities). Značilnost slednjih je, da so omejene s strani 'klasičnih' omejitev in ne zgolj s strani dodatnih kalibracijskih omejitev, kar je značilnost bolj zaželenih aktivnosti. Heckeley (2002) opozarja na t.i. fenomen substitucije, kar se v našem primeru zaradi podražitve bolj zaželenih aktivnosti odraža v večjem vključevanju koruznega zrnja v obroku.

SKLEPI

Na podlagi dobljenih rezultatov lahko zaključimo, da se je strošek krmnega obroka v zadnjih desetih letih tudi pri optimizaciji nenehno povečeval. S pomočjo normativnih modelov smo ugotovili, da bi teoretično bolj prilagodljivi rejci s pogostejšim optimiranjem sicer lahko zniževali stroške krmnega obroka, ki pa bi v zadnjih desetih letih še vedno kazali izrazit trend rasti. Bistven problem pri normativni analizi, zlasti LP, se je izkazal zaradi značilnega prekinjenega (nezveznega) odziva na spremenjene tržne cene oziroma izračunane polne lastne cene. Posledično se dobljena rešitev močno spreminja med leti in, kar je še bolj problematično, iz dobljenih rezultatov se ne da izluščiti nekega splošnega trenda, v katero smer se je spreminjala sestava krmnega obroka v obravnavanem obdobju. Prav tako nam takšen normativen matematičen model ne omogoča, da bi izračunali dejansko - referenčno stanje. To se izkaže kot problem v primeru, če na določenem kmetijskem gospodarstvu rejec krmi obrok, ki z ekonomskega vidika ni racionalen, je pa zaradi določenih okoliščin edino možen (npr. razmerje med njivskimi in travnatimi površinami). V takšnem primeru ne moremo opazovati, kako sprememba cen krme in krmil vpliva na sestavo krmnega obroka, saj z modelom kljub dodatnim omejitvam ne moremo simulirati realnega stanja.

S pomočjo PMP modela smo simulirali, kako bi se povprečen rejec, glede na svoje preference, odzival na zunanje spremembe. Dobljeni rezultati kažejo, da se je sestava krmnega obroka v zadnjih desetih letih nagnila v prid koruzne silaže na račun travne silaže. Vsekakor dobljenih rezultatov ne gre posploševati, saj je struktura lastnih cen v veliki meri odvisna od stalnih stroškov, ki pa se med posameznimi kmetijskimi gospodarstvi močno razlikujejo.

Posledično bi bila lahko situacija na posameznem kmetijskem gospodarstvu precej drugačna, v največji meri pa odvisna od ekonomske učinkovitosti gospodarstva.

V praksi seveda nismo in tudi ne bomo zasledili tako izrazitih trendov, zlasti ne tako izrazitega zmanjšanja količine travne silaže v obroku. Realnejše rezultate bi dobili s t.i. kmetijskim modelom, ki bi kot omejitev vključeval tudi površine obdelovalnih zemljišč, hkrati pa bi zajel tudi druge omejitve, ki so prav tako pomembne in posredno vplivajo na vodenje kmetijskega gospodarstva. Značilnost oziroma predpostavka modelov, ki smo jih uporabili pri analizi, je, da ne upoštevajo razmerja zemljišč (travniki : njive), kot tudi ne, da le-ta ne smejo ostati neizkoriščena in ostalih omejitev, ki jih SKP nalaga kmetom. Dobljene rezultate zato lahko tolmačimo tudi na nekoliko drugačen način. Dobljeni trendi kažejo na nujnost iskanja možnosti cenejše pridelave krme, bodisi z izboljševanjem tehnologije oziroma kjer je možno, z ekonomijo obsega. Iz dobljenih rezultatov bi tako lahko zaključili, da bo predvsem pri spravi travne silaže potrebno posvetiti več pozornosti zniževanju stroškov.

SUMMARY

Due to changing political and economic environment, beef fattening has recently become one of the most sensible sectors within EU agriculture. Its poor economic position is mainly caused by the change of the common agricultural policy (CAP). Strongly protectionist oriented policy from the past has changed fundamentally in the last few years. Starting with MacSharry reform in 1992 that was continued with Agenda 2000 and the reform in 2003, implemented in Slovenia in 2007, CAP is abandoning previous market-price policy instruments in favour of new decoupling concept. It is expected that such approach should yield more market oriented farmers. But in the beef sector this is so far more reflecting in worsening economic position. Production costs are much higher than price achieved at the global market. The main cost in fattening, beside calve purchase, goes to ration costs. In Slovene circumstances it presents up to 55% of total cost or around 70% of variable cost. This is especially important, since feed and fodder price trend is positive and in last few years more and more steep. This is due to additional demand for grains caused by bio-energy production, decreased grains production (draughts, floods etc.) in strategic regions in the world as well as energy price rise (fertilizers and gasoline).

In this study we have analysed how optimal beef rations have been changing in the last decade due to changes in feed price and estimated fodder total costs. Model calculations, prepared by Slovene Agricultural Institute (KIS, 2008) have been used for estimation of total costs for home produced forage.

Three mathematical programming methods based on constraint optimization have been applied. They tend to solve basic economic problem – making the best use of limited resources, which is the basic concept of neoclassical economic theory (Buysse *et al*, 2007). Constrained optimisation models could be split into normative and positive ones.

The normative analyses have been done with already developed tool - decision support system (DSS) for beef ration formulation (Žgajnar and Kavčič, 2008). According to the purpose of this study it has been slightly adapted in the sense of total cost approach and fattening periods, which have been jointed into one period. Both sub-models could formulate rations from five purchased feed and three home produced voluminous forages. With the common LP approach (the first sub-model) the least cost ration has been formulated as well as post optimal analyses have been performed to estimate the stability of obtained solutions. The second sub-model, based on weighted goal programming (WGP), served for calculation, how farmer that pays more attention to the quality and not mainly on economics would have formulated the ration. To estimate how an average farmer (we took the presumptions of the model calculation (KIS, 2008)) would have react on external – feed and fodder price changes, an model based on positive

mathematical programming (PMP) approach has been developed. Calibration process is done by the most widely applied approach, proposed by Howitt (1995).

All three models have shown that ration costs have significantly increased in the last decade. With optimization process it was possible to reduce costs, more efficiently in the case that ration costs was, besides satisfying nutrition constraints, the most important objective of the farmer (LP). On the basis of calibrated model (PMP), we have simulated how an average farmer would have change the manner of ration formulation. The main drawback of this method is, that model can 'play' only with the feeds that are included in the reference ration (REF). It comes from the analysis that the main problem is expensive grass silage that has explicit negative trend in ration structure and vice versa holds for maize silage. Of course this is only applicable when there are no constraints on tillage area, policy rules etc., what is assumed in our study. Obtained results could be therefore interpreted in the way that for improving economic position of the fattening, home produced fodder costs have to be reduced, either with improved cost – efficient technology or economics of scale.

VIRI

- Buysse, J./ Huylenbroeck, G.V./ Lauwers, L. Normative, positive and econometric mathematical programming as tools for incorporation of multifunctionality in agricultural policy modelling. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 120(2007)1, 70–81.
- Darmon, N./ Ferguson, E./ Briend, A. Linear and nonlinear programming to optimize the nutrient density of a population's diet: an example based on diets of preschool children in rural Malawi. *American Journal of Clinical Nutrition*, 75(2002)2, 245–253.
- Heckelei, T. Calibration and estimation of programming models for agricultural supply analysis. Habilitationsschrift. Bonn, Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, 2002, 162 str.
- Heckelei, T./ Britz, W. Positive mathematical programming with multiple data points: a cross-sectional estimation procedure. *Cahiers d'économie et sociologie rurales*, 57(2000), 27–50.
- Howitt, R. E. Positive mathematical programming. *American Journal of Agricultural Economics*, 77(1995)2, 329–342.
- Howitt, R.E. Agricultural and environmental policy models: calibration, estimation and optimization. Davis, University of California, Department of agricultural and resource economics, 2005, 207 str.
- Jones, G. The Effect of Milk Prices on the Dairy Herd and Milk Supply in the United Kingdom and Ireland. University of Oxford, Institute of Agricultural Economics, 1982.
- KIS. Modelne kalukacije, 2008. (<http://www.kis.si/pls/kis/!kis.web?m=177&j=SI>)
- Lara, P. Multiple objective fractional programming and livestock ration formulation: A case study for dairy cow diets in Spain. *Agricultural Systems*, 41(1993)3, 321–334.
- Rednak, M. Splošna izhodišča in metodologija izdelave modelnih kalkulacij za potrebe kmetijske politike. Prikazi in informacije 189. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije, 1998, 15 str.
- Rehman, T./ Romero, C. Multiple-criteria decision-making techniques and their role in livestock ration formulation. *Agricultural Systems*, 15(1984)1, 23–49.
- Rehman, T./ Romero, C. Goal Programming with penalty functions and livestock ration formulation. *Agricultural Systems*, 23(1987)2, 117–132.
- Vickner, S./ Hoag, D. Advances in ration formulation for beef cattle through multiple objective decision support systems. In *Multiple Objective Decision Making for Land, Water and Environment Management* (ur.: El-Swaify, S.A./ Yakowitz, D.S.). Boca Raton, Lawis Publisher, 1998, 291–298.
- Waugh, F.V. The minimum-cost dairy feed. *Journal of Farm Economics*, 33(1951), 299–310.
- Zadnik Stirn, L. Operacijske raziskave (Podiplomski študij biotehnike – za interno uporabo). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, 2001.
- Žgajnar, J./ Kavčič, S. Optimization of Bulls Fattening Ration Applying Mathematical Deterministic Programming Approach. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 14(2008)1, 76–86.
- Žgajnar, J./ Kermauner, A./ Kavčič, S. Model za ocenjevanje prehranskih potreb prežvekovalcev in optimiranje krmnih obrokov. V: *Slovensko kmetijstvo in podeželje v Evropi, ki se širi in spreminja* (ur.: Kavčič, S.). 4. konferenca DAES, Ljubljana, 2007-11-8/9. Domžale, Društvo agrarnih ekonomistov Slovenije, 2007, 279–288.