

Optimizacija krmnih smjesa pomoću računala

Zandt, Jelena

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:036751>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-20**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Jelena Zandt, absolvent

Sveučilišni diplomski studij Zootehnika

Smjer Hranidba domaćih životinja

OPTIMIZACIJA KRMNIH SMJESA POMOĆU RAČUNALA

Diplomski rad

Osijek, 2018.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Jelena Zandt, absolvent

Sveučilišni diplomski studij Zootehnika

Smjer Hranidba domaćih životinja

OPTIMIZACIJA KRMNIH SMJESA POMOĆU RAČUNALA

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof. dr. sc. Davor Kralik predsjednik
2. prof. dr. sc. Zvonimir Steiner, mentor
3. doc. dr. sc. Andrijana Rebekić, član

Osijek, 2018.

Popis kratica

DTS	Djetelinsko travna smjesa
LP	Linarno programiranje
ME	Metabolička energija
NET	Nedušične ekstraktivne tvari
OI	Operacijska istraživanja

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Cilj istraživanja	1
2. PREGLED LITERATURE	2
2.1. Uvođenje hranidbenih sustava	2
2.2. Troškovi proizvodnje	4
2.2.1. Troškovi hrane u proizvodnji kravljeg mlijeka	5
2.2.2. Troškovi hrane u tovu svinja	7
2.2.3. Troškovi hrane u peradarstvu	8
2.3. Sastavljanje obroka i smjesa	9
2.4. Varijabilnost podataka	10
3. MATERIJAL I METODE RADA	11
3.1. Računalna optimizacija krmnih smjesa	11
3.2. Operacijska istraživanja	13
3.3. Matematičko programiranje	14
4. REZULTATI RADA	15
4.1. Linarno programiranje	15
4.1.1. Simpleks metoda	16
4.2. Primjeri računalnih programa na tržištu	21
4.2.1. PanonMix programski paket	21
4.2.2. Mobilna aplikacija FeedCalculator	25
5. RASPRAVA	29
6. ZAKLJUČAK	31
7. POPIS LITERATURE	32
8. SAŽETAK	34
9. SUMMARY	35
10. POPIS TABLICA	36
11. POPIS GRAFIKONA	37
12. POPIS SLIKA	38
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA	39
BASIC DOCUMENTATION CARD	40

1. UVOD

Izračunavanje obroka i smjesa nekada se uglavnom provodilo ručno, da bi potom bilo olakšano upotrebom malih elektronskih kalkulatora. Danas se za sastavljanje obroka i smjesa sve više rabe usluge osobnih računala (Domaćinović, 1999.).

Sve veća prisutnost osobnih računala i interneta u znanosti i praksi ishrane domaćih životinja dala je bezbrojne mogućnosti za uspješnu stočarsku proizvodnju. Na tržištu računalnih programa mogu se pronaći više ili manje usavršene verzije programa za optimizaciju krmnih smjesa za sve vrste stoke, ribe i kućne ljubimce. Upotreba programa je postala pristupačna širem krugu zainteresiranih a posebno stručnjacima (Pavličević, 1996.).

Kako bi seljak - farmer mogao pratiti trendove razvoja suvremene organizacije i tehnologije, kakva danas postoji u razvijenim zemljama, u proizvodnji mu je potrebna podloga - srednje i više stručno obrazovanje - što je, po pitanju teoretskog znanja, manje važno, a više po pitanju praktičnog znanja i iskustva u organizaciji i tehnologiji proizvodnje (Prskalo, 2011.).

1.1. Cilj istraživanja

Cilj istraživanja je prikazati dostupne on-line aplikacije za sastavljanje obroka i smjesa, te uštede u hranidbi domaćih životinja primjenom matematičkog programiranja. U radu će se prikazati koliko troškovi hrane utječu na troškove proizvodnje te će se na temelju saznanja iz pregleda literature dati kritički osvrt na prednosti računalnog sastavljanja smjesa i obroka u odnosu na klasičnu „ručnu“ metodu.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Uvođenje hranidbenih sustava

Vrijeme uvođenja prvih hranidbenih sustava odnosno normi nije točno poznato, ipak još se u pisanim dokumentima starih Egipćana (2500 prije Krista) spominje spoznaja da obilnija hranidba rezultira debljim životinjama. Kasnije Hipokrat razvija teoriju (danas pogrešnu) o postojanju samo jedne hranjive tvari u različitim krmivima. U prilog prethodnim znanjima Aristotel donosi spoznaju da se u tijelu životinje po završetku razvoja koštanog tkiva (kostura) i mišićnog tkiva značajnije nakuplja mast. Potrebu normiranja obroka prvi je uočio Columella još u 1.st. poslije Krista, utvrdivši da volovi koji oru i melju pšenicu trebaju znatno više hrane od onih koji miruju – ne rade. Značajan je preokret u razvoju hranidbe kao znanstvene discipline donijelo otkriće, a potom i objašnjenje procesa disanja kao oksidativnog procesa, pri čemu se stvara toplina (Lavoisier XVIII. St.) Ovim otkrićem otpočelo je intenzivno proučavanje životnih procesa u tijelu životinje, a potom sastav tijela životinje i stočne hrane (Domaćinović, 1999).

Prve spoznaje o utvrđivanju i mjerenju hranjive vrijednosti stočne hrane čovjek otkriva istodobno s početkom organiziranog uzgoja domaćih životinja. Kako je hranidba domaćih životinja u počecima organizirane stočarske proizvodnje bila jednostavna (ljeti paša, zimi sijeno) i hranjiva je vrijednost krmiva bila svedena na prvu praktičnu jedinicu (jedinicu sijena). Ovo se ujedno smatra prvim sustavom procijene hranjive vrijednosti krmiva (Albert Thear 1752.-1828. god.).

U vrijeme primjene jedinice sijena vrijedilo je mišljenje da hranjiva vrijednost nekog krmiva ovisi samo o sadržaju hranjivih tvari koje su topive u vodi, alkoholu, razblaženim kiselinama i lužinama (Domaćinović, 1999).

Razvitkom analitičke kemije ubrzo se počinje rabiti Weende metoda (Henneberg i Stohmann, 1860.), koja se u praktičnoj hranidbi pri određivanju kemijskog sastava krmiva zadržala i do danas. Drugim riječima, ona predstavlja potencijalnu vrijednost nekog krmiva obzirom na udio hranjivih tvari (bjelančevina, masti, vlakna, NET i pepela). Podatci o sadržaju pojedinih hranjivih tvari u krmivu ujedno su i polazna stanica na putu stvarne ocijene hranjive vrijednosti krmiva. Na njih se potom nastavlja određivanje probavljivosti kao i određivanje produktivnog djelovanja krmiva dobivenih metaboličkim ispitivanjima. Prvi neto energetske sustav izražen kroz praktičnu jedinicu – škrobnu vrijednost izradio je O. Kellner 1905. god., što je potom bila

polazna jedinica za razvoj drugih jedinica sličnog karaktera (ječmena jedinica, zobena hranjiva jedinica).

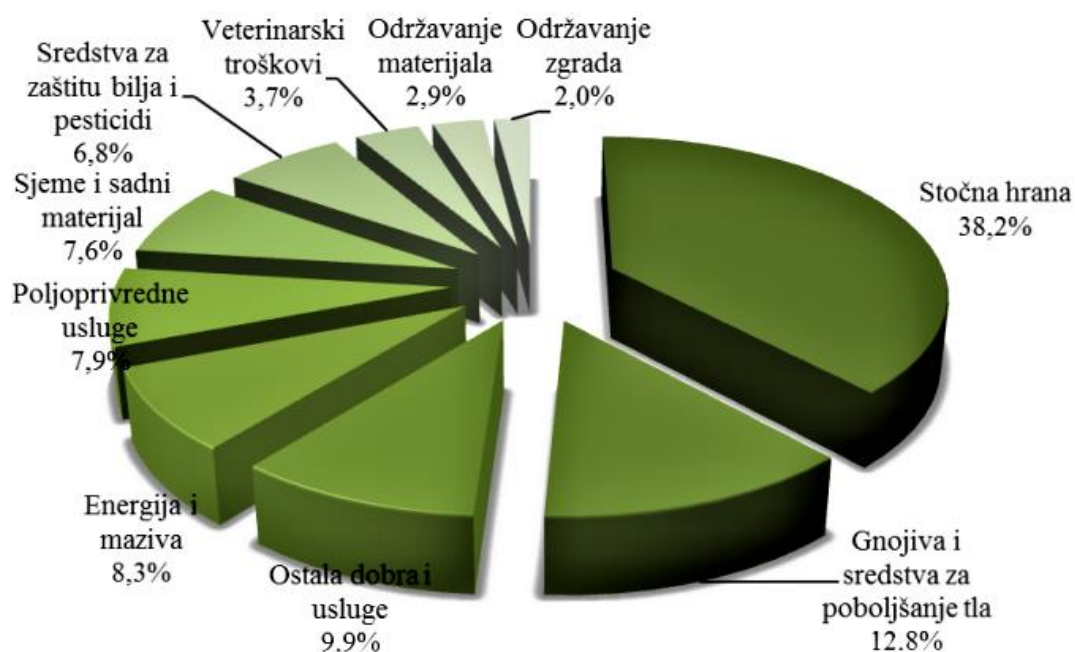
U novije je vrijeme analitičko ocjenjivanje stočne hrane obogaćeno i prošireno primjenom kemijskih, fizičko-kemijskih, bioloških i mikrobioloških metoda. Uporabom ovakvih spomenutih metoda, a uz poznavanje koeficijenta iskorištenja pojedinih hranjivih tvari kod životinja dobiva se detaljna slika hranjive vrijednosti ispitivanih krmiva, što potom omogućuje kvalitetnije određivanje stvarnih potreba (količina) hrane u cilju podmirenja uzdržnih i produktivnih potreba pojedinih vrsta i kategorija životinja (Domaćinović, 1999).

Hranjivost krmiva se određuje na uzorku pa je krmivo hranjivo koliko je hranjiv uzorak. Mnogo puta nam je nemoguće, ili skupo, raditi biološko vrednovanje krmiva (probavljivost hranjiva, osobito aminokiselina i minerala), odnosno pojedine analize krmiva (aminokiseline, minerale, vitamine) ili pak nemamo dovoljno vremena ni za osnovnu analizu. U takvim situacijama tablice su jedini dostupni izvor podataka o hranjivosti krmiva. Ako su u tablicama date vrijednosti krmiva koje se stvarno upotrebljavaju u proizvodnji, tada će se s velikom vjerojatnošću sastaviti obrok koji će biti blizu potreba životinje, na koji će ona odgovoriti očekivanom visinom i kakvoćom proizvoda, bez zdravstvenih poremećaja uzrokovanih suviškom ili manjkom hranjiva, odnosno bez mogućeg zagađenja okoliša (Grbeša, 2004.).

U Hrvatskoj se od 1910. do danas upotrebljavaju raznovrsne strane krmne tablice za svaku vrstu životinja koje, između ostalog, zbog različitih načina procjene hranjivosti daju različite vrijednosti sadržaja dostupnih hranjiva iz istog sadržaja sirovih hranjiva u krmivu. Zato je izuzetno važno imati jedinstvene domaće tablice koje iznose hranjivost krmiva za najvažnije domaće životinje, a hranjivost se procjenjuje na temelju kemijskog sastava i dostupnosti hranjiva iz krmiva koja se upotrebljavaju u našoj zemlji. Na primjer, sadržaj ME za svinje u uzorcima različitih krmiva ili uzorcima istog krmiva (npr. u kukuruzu) mora biti procijenjen istim, a ne različitim modelima, jer se inače dobiju razlike u hranjivosti koje su odraz razlika u načinu izračunavanja, a ne u hranjivosti krmiva (Grbeša, 2004.).

2.2. Troškovi proizvodnje

Prema podacima hrvatskog Ministarstva poljoprivrede u strukturi troškova poljoprivredne proizvodnje u 2016. godini najznačajniji su troškovi stočne hrane, koji u ukupnim troškovima čine udio od 38,2%, slijede troškovi za gnojiva i sredstva za poboljšanje tla s udjelom od 12,8%, ostala dobra i usluge s udjelom od 9,9%, troškovi za energiju i maziva s udjelom od 8,3%, troškovi poljoprivrednih usluga s udjelom od 7,9%, troškovi za sjeme i sadni materijal s udjelom od 7,6%, troškovi sredstava za zaštitu bilja i za pesticide s udjelom od 6,8%, veterinarski troškovi s udjelom od 3,7%, troškovi održavanja materijala s udjelom od 2,9% i troškovi održavanja zgrada s udjelom od 2,0%.



Grafikon 1. Struktura međufazne potrošnje, 2016 godina

(Izvor: http://www.mps.hr/datastore/filestore/140/Hrvatska_poljoprivreda_2016.pdf)

U uvjetima sve većeg kolebanja cijena stočarskih proizvoda i hrane za stoku na svjetskom tržištu, raste važnost djelotvornog korištenja stočne hrane (Juračak i sur., 2018.).

2.2.1. Troškovi hrane u proizvodnji kravljeg mlijeka

Prema izvješću Europske komisije (2013.), troškovi hrane u proizvodnji kravljeg mlijeka su činili u prosjeku 48% svih troškova proizvodnje.

Troškovi hrane su najveći troškovi u proizvodnji mlijeka stoga ih je potrebno maksimalno smanjiti. Kod velikih mliječnih farmi ukupan udio hrane u strukturi troškova kreće se od 40 - 50 %, dok je kod malih farmi iznad 50 %. Iz navedenog je vidljiv obrnuto proporcionalan odnos troškova hrane s drugim troškovima proizvodnje. Na visinu troškova hrane direktno utječu visina proizvodnje, cijena hrane i udio drugih troškova. Utrošak hrane po kravi ovisi o razini proizvodnje, kvaliteti hrane, učestalosti hranjenja i probavljivosti hrane. Cijena hrane se određuje ili vlastitom proizvodnjom (jeftinija) ili kupovinom na tržištu (skuplja). Pravljenja smjesa od vlastitih komponenata približno iste hranidbene vrijednosti košta oko 1-1,5 kune ili gotovo 30-50 % jeftinija u odnosu na kupljenu (Haluška i sur. 2005).

Tablica 1. Kalkulacija proizvodnje kravljeg mlijeka – Holstein Freisian pasmina

Kalkulacija pokrića varijabilnih troškova			Kn/grlo
Proizvodnja mlijeka, kg/grlo			7.000
Prihod od prodaje mlijeka			17.010,00
Izlučene krave	650 kg	6,00 kn/kg	975,00
Telad	60 kg	20,00 kn/kg	540,00
Posebna plaćanja (mliječna krava)			836,00
UKUPNI PRIHODI			19.361,00
Stočna hrana			11.557,60
Veterinarski troškovi			1.550,00
Troškovi uzgoja			73,20
Ostali troškovi			1.000,00
UKUPNI VARIJABILNI TROŠKOVI			14.180,80
PVT			5.180,20

Izvor: www.savjetodavna.hr (28.08.2018.)

U tablici 1. analizirana je proizvodnja kravljeg mlijeka za Holstein pasminu. Iz tablice je vidljivo da su ukupni prihodi 19.361,00 kn, dok su ukupni varijabilni troškovi 14.180,80 kn. S obzirom na razliku prihoda i varijabilnih troškova po muznom grlu je zabilježen doprinos pokrića od 5.180,20 kn.

Tablica 2. Tehnologija hranidbe

Vrsta	Jedinična cijena	Količina (kg/lit)	Kn/grlo
Sjenaža (kg)	0,56	4.869	2.737,81
Kukuruzna silaža	0,23	6.571	1.483,98
Sijeno	1,00	2.020	2.014,72
Vlastita smjesa 19 % proteina	1,98	2.346	4.645,08
Mliječna zamjenica	11,00	50	550,00
Starter	2,52	50	126,00
UKUPNO			11.557,60

Izvor: www.savjetodavna.hr (28.08.2018.)

U tablici 2. navedene su osnovne vrste stočne hrane potrebne za cjelokupnu hranidbu, jedinična cijena te količina po grlu. Na temelju izračunatih parametara vidljivo je da ukupni troškovi stočne hrane po grlu iznose 11.557,60 kn.

2.2.2. Troškovi hrane u tovu svinja

Podaci iz izvješća Europske komisije o troškovima proizvodnje i zaradi u tovu svinja (2009.), pokazuju da u ovoj djelatnosti troškovi hrane čine u prosjeku 43% ukupnih proizvodnih troškova, dok drugo istraživanje (Hoste, 2017.) pokazuje da ovi troškovi mogu doseći i 60% ukupnog troška proizvodnje.

Tablica 3. Kalkulacija proizvodnje svinja u tovu (25-100kg), vlastite smjese

Kalkulacija pokriva var. troškova (PVT)				HRK/grlo
Tovljenik	100 kg	0,99	10,00 kn	990,00
UKUPNI PRIHOD				990,00
Prase	25 kg	1,01	12,00 kn	303,00
Stočna hrana				445,25
Veterinarski troškovi				50,00
Ostali troškovi				50,00
UKUPNI VAR. TROŠKOVI				848,25
PVT				141,75

Izvor: www.savjetodavna.hr (29.08.2018.)

U tablici 3. analizirana je proizvodnja tovljenika (25 – 100 kg), vlastitom smjesom. Iz tablice je vidljivo da su ukupni prihodi 990,00 kn, dok su ukupni varijabilni troškovi 848,25 kn. S obzirom na razliku prihoda i varijabilnih troškova zabilježen je doprinos pokriva od 141,75 kn.

Tablica 4. Različite cijene

Različite cijene	Jedinična cijena	PVT (kn)
Cijena niža	9,00	42,75
Cijena srednja	10,00	141,75
Cijena viša	11,00	240,75

Izvor: www.savjetodavna.hr (29.08.2018.)

Tablica 5. Tehnologija hranidbe

Vrsta	Jedinična cijena	Količina (kg, lit)	HRK/grlo
Kukuruz	0,93	122	112,68
Ječam	1,11	64	70,93
Pšenica	1,43	25	35,64
Sojina sačma	3,50	44	154,00
Premiks	9,00	8	72,00
UKUPNO			445,25

Izvor: www.savjetodavna.hr (29.08.2018.)

U tablici 5. navedene su osnovne vrste stočne hrane potrebne za cjelokupnu hranidbu, jedinična cijena te količina po tovljeniku. Na osnovu izračunatih parametara vidljivo je da ukupni troškovi stočne hrane po tovljeniku iznose 445,25 kn.

2.2.3. Troškovi hrane u peradarstvu

Szöllösi i Szűcs (2014.) analiziraju troškove proizvodnje brojlera u 7 zemalja Europske unije. Utvrdili su da troškovi hrane u intenzivnoj proizvodnji čine u prosjeku 67,45% proizvodnih troškova (Juračak i sur., 2018.). U intenzivnoj proizvodnji jaja, kvalitetna hrana i pravilna hranidba imaju osobit značaj. Upravo stoga, smjese za nesilice moraju biti kompletne, sadržavati biološki punovrijedne sirovine s dobro izbalansiranim aminokiselinama, sastavom i optimalnom količinom minerala, mikroelemente, te vitamine i druge dodatke. Upravo stoga, kada govorimo o troškovima u proizvodnji, hrana za nesilice zauzima oko 50-60%. Prilikom svake pogreške u hranidbi ili davanju nekompletne smjese, nesilice mogu reagirati smanjenjem uzimanja hrane i padom nesivosti. Upravo stoga, nužno je izbjeći pogreške koje se, ako je riječ o dužem razdoblju, vrlo teško popravljaju. Gubitak od nekoliko jaja po nesilici može biti znatan financijski gubitak ako je riječ o velikom broju (Kljenak, 2017.).

Prema podacima hrvatskog ureda za FADN (Standardni rezultati za 2014. i 2015. godinu), troškovi hrane čine od 42% do 47% ukupnih troškova inputa u uzgoju preživača (ovisno o vrsti). Prema istom izvoru, u svinjogojstvu i peradarstvu troškovi hrane čine još veći dio ukupnih troškova inputa: oko 52% (Juračak i sur. 2018).

2.3. Sastavljanje obroka i smjesa

Obrok se označava kao količina hrane koju životinja konzumira tijekom 24 sata s ciljem zadovoljavanja ukupnih potreba. Potrebe za određene vrste i kategorije životinja dobivaju se upotrebom unaprijed izrađenih normi. Potrebe se razlikuju i u kvantitativnom i kvalitativnom smislu, a to ovisi o starosti, produktivnosti i tjelesnoj masi životinje. Na primjer, mlade životinje imaju drugačije potrebe glede strukture hranjivih tvari u odnosu na starije, a kod mliječnih krava potrebe se mijenjaju čak i po pojedinim razdobljima reproduktivnog ciklusa. Obrokom životinje podmiruju se ukupne norme, a one se sastoje od uzdržnih i produktivnih. Dakle, imajući u vidu ove ukupne potrebe, obrok se sastavlja kombinacijom odabranih krmiva koja su najpogodnija za hranjenje određene vrste i kategorije životinja. Pojam pogodnosti krmiva odnosi se na količinu i odnos hranjivih tvari, njegovu hranjivu i energetska vrijednost, te cijenu (Domaćinović, 1999.).

Dnevni obrok može biti raspodijeljen na jedno, dva ili više hranjenja. Sastavljeni obrok treba biti kvalitetno uravnotežen glede svih potrebnih hranjivih tvari, a u tom slučaju pozitivno utječe na produktivnost, dobro zdravstveno stanje i na snižavanje troškova proizvodnje. No, kako je tolerantnost organizma ograničena između potreba i količine primljenih tvari, to se njenim prekoračenjem narušava prethodno spomenut pozitivan utjecaj (Domaćinović, 1999.).

Pri sastavljanju obroka ili smjesa treba poznavati sljedeće:

- dnevne potrebe u energiji i hranjivim tvarima, te njihovu koncentraciju u obroku ili smjesi
- broj i karakter krmiva u izboru
- cijenu krmiva
- ograničenje udjela krmiva
- način držanja životinja
- način manipuliranja obroka i broj hranjenja

Ovakvim načinom programiranja i pripreme obroka, uz određenu stručnost i praktično iskustvo, omogućava se najracionalnija i jeftinija hranidba životinja (Domaćinović, 1999.).

2.4. Varijabilnost podataka

Varijabilnost sadržaja i dostupnosti hranjiva je prirodno svojstvo krmiva. Prema europskom prijedlogu obilježavanja krmiva, svako je krmivo opisano s 11 obilježja koja bitno utječu na varijabilnost sadržaja hranjiva i hranjivost. Sastav krmiva se uglavnom mijenja tijekom vremena, i različit je od države do države zbog:

- raznovrsnog sastava i plodnosti tala,
- promjene i različitih uvjeta i načina proizvodnje, te različitih i novih sorti/hibrida izvornog krmiva,
- razlike i promjene u preradi i tehnologiji proizvodnje krmiva,
- razlike u potrebama između starih i novih genotipova životinja (Grbeša, 2004).

3. MATERIJAL I METODE RADA

3.1. Računalna optimizacija krmnih smjesa

U znanosti i praksi često stvarnost sagledavamo i rješavamo modelom. Pri tome, model uvijek predstavlja pojednostavljenu stvarnost. Stočarska proizvodnja vrlo je složena aktivnost koja uključuje velik broj faktora koji su određeni prirodnim, ekonomskim i socijalnim okolnostima (Pavličević, 1996).

Intenzivna proizvodnja u stočarstvu podrazumijeva korištenje smjesa, obroka i premiksa koji u potpunosti zadovoljavaju potrebe domaćih životinja u hranjivim tvarima. Pored toga primarni cilj je da obrok bude i najniže moguće cijene. Ispunjavanje tih uvjeta vrlo je teško bez primjene odgovarajuće računalne opreme i adekvatnih programa (PanonMix, 2013).

Glavna prednost računalnog sastavljanja smjesa i obroka u odnosu na klasičnu „ručnu“ metodu je ta što program sastavlja smjese i obroke na bazi definiranih nutritivnih ograničenja po najnižoj mogućoj cijeni za nekoliko sekundi, a da pri tome zadovoljava sve potrebe životinja. Pri ručnom sastavljanju, svakako je moguće sastaviti kvalitetnu smjesu ili obrok, ali je praktično nemoguće pri tome napraviti i najjeftiniju smjesu, odnosno obrok. No, ne znači da je svaki računalni program dobar jer kvaliteta programa prije svega ovisi od informacija koje su unesene, kao i algoritma koji se koristi za optimizaciju. Pojedini računalni programi na tržištu ne optimiziraju smjese i obroke već služe kao poboljšana verzija za ručno sastavljanje što je daleko lošije u odnosu na programe koji vrše optimizaciju (PanonMix, 2013).

IZRADA DNEVNOG OBROKA ZA MLIJEČNE KRAVE *									
težina krave (kg)	500	mlijeka (l/dan)	10	masnoća mlijeka (%)	3.4	proteini u mlijeku (%)	2	tjedan laktacije	1
Izaberi voluminozi	500	va		kol/kg	kn/kg	Izaberi koncentrirana krmiva		kol/kg	kn/kg
	550								
	600								
	650								
	700								
	750								
	800								

Slika 1. Web aplikacija za izradu dnevnog obroka za mliječne krave. Aplikacija služi samo u orijentacijske svrhe

(Izvor: <https://www.gospodarstvo-petricevic.hr/razno/probni.php>)

težina krave (kg) 500 ▾ mlijeka (l/dan) 10 ▾ masnoća mlijeka (%) 3.4 ▾ proteini u mlijeku (%) 2 ▾ tjedan laktacije 1 ▾

Izaberi voluminozna krmiva	kol/kg	kn/kg
Sijeno lucerke, kraj cvatnje ▾	2.8	
Silaža kukuruza, mliječno/voštana zrioba ▾	28.5	
Livadno sijeno, 1. otkos, kraj cvatnje ▾	0.2	
▾		
▾		

Izaberi koncentrirana krmiva	kol/kg	kn/kg
Kukuruz, zrno ▾	2.1	
Pšenica, zrno ▾	0.7	
▾		
▾		
▾		

Reset
 RAČUNAJ

	POTREBNO	DOBIVENO
Konsumacija suhe tvari - kg/dan	1.4	15
Neto energija za laktaciju - MJ/dan	59.6	86
Sirovi proteini - g/dan	842	1164.6
Nerazgradivi proteini, %SP		30
Bilanca dušika		-236.5
Sirova vlakna - g/dan	2703	3111
Kalcij - g/dan	61	59
Fosfor - g/dan	35	36
Magnezij - g/dan	21	22
Udio voluminozne krme, %		89.1

Cijena obroka: 0 kn

Slika 2. Web aplikacija za izradu dnevnog obroka za mliječne krave. Aplikacija služi samo u orijentacijske svrhe

(Izvor: <https://www.gospodarstvo-petricevic.hr/razno/probni.php>)

Korištenje računalnih aplikacija za izradu smjesa svojstveno je većim, specijaliziranim gospodarstvima. Mala gospodarstva si ne mogu priuštiti skupa komercijalna rješenja koja omogućuju kvalitetniju i jeftiniju hranidbu. Suvremeni pristupi omogućuju razvoj široko dostupnih on-line aplikacija uz niže troškove (Juračak i sur. 2018).

Od 60-ih godina 20. stoljeća do danas razvijene su mnoge računalne aplikacije u području hranidbe stoke radi smanjenja troškova i povećanja proizvodnosti. Velika stočarska gospodarstva raspolažu potrebnim sredstvima za komercijalna računalna rješenja za kvalitetno upravljanje hranidbom. Mala gospodarstva često nisu niti svjesna postojećih rješenja, a ako i jesu, ne mogu si ih priuštiti. Pretpostavka je da bi dostupnost ovakvih alata mogla povećati djelotvornost na mnogim malim gospodarstvima. Preduvjeti su široka dostupnost i niska cijena, što nude on-line rješenja i mobilne platforme (Juračak i sur. 2018.).

3.2. Operacijska istraživanja

Operacijsko istraživanje je disciplina koja primjenjuje matematičke modele i metode optimizacije, kako bi se znanstvenim pristupom rješavanju problema pomoglo pri donošenju boljih odluka u upravljanju složenim sustavima. Operacijska istraživanja na temelju raspoloživih podataka omogućuju donošenje efikasnijih odluka i izgradnju produktivnijih sustava. Pritom se razmatraju sve raspoložive opcije, pažljivo se predviđaju rezultati i procjenjuje rizik, uz upotrebu najpogodnijih metoda optimizacije i tehnika za odlučivanje. Velik broj mogućnosti izbora u rješavanju određenog problema, s vremenskim pritiskom, čini odluke s kojima se susrećemo još težima i odgovornijima. Operacijska istraživanja se koriste modelskim pristupom rješavanju realnih problema (Lukač i Neralić, 2012.).

Rješavanje se provodi u nekoliko faza:

1. Prikupljanje podataka za formulaciju realnog problema koji treba riješiti. To može načiniti tim stručnjaka različitih specijalnosti koji dobro poznaju problem do operacijskog istraživača. Pritom treba imati u vidu cilj (ili ciljeve, ako ih ima više), koji se želi ostvariti, kao i na pretpostavke na kojima se problem zasniva. Također treba razmotriti i prikupiti podatke o parametrima koji će se poslije koristiti pri rješavanju modela.
2. Formulacija odgovarajućeg matematičkog modela. Taj je model matematička aproksimacija stvarnog problema. Model sadržava varijable koje imaju realno značenje, funkciju cilja (ili više njih) i ograničenja na varijable. To je tipično problem matematičkog programiranja, jednokriterijski u slučaju jedne funkcije cilja (odnosno višekriterijski u slučaju više funkcija cilja). U posebnom slučaju, ako su ispunjene pretpostavke linearnosti, pa je funkcija cilja linearna, a ograničenja su linearne jednadžbe i/ili nejednadžbe, uz ograničenja nenegativnosti varijabli, riječ je o problemu linearnog programiranja (Lukač i Neralić, 2012.).
3. Rješavanje modela, odnosno problema matematičkog programiranja. U tu svrhu potrebno je pronaći odgovarajuću metodu za rješavanje na računalu, pri čemu se primjenjuje raspoloživa programska podrška. Npr., za rješavanje problema linearnog programiranja može se koristiti simpleks metodom.
4. Implementacija dobivenog rješenja. Dobiveno rješenje treba pomoći donositelju odluke u njegovim daljnjim postupcima. Nije realno očekivati da će sve što matematičko rješenje sadržava biti prihvaćeno i realizirano, ali može znatno pomoći donositelju

odluke. U slučaju da donositelj odluke nije zadovoljan dobivenim rezultatima, treba poboljšati matematički model i ponoviti neke ili sve faze dok se ne postigne prihvatljivo rješenje (Lukač i Neralić, 2012.).

3.3. Matematičko programiranje

Zbog važnosti hranidbe u stočarstvu, od 50-ih godina 20. stoljeća se razvija niz matematičkih metoda za planiranje smjesa i obroka za životinje. Različite pristupe i metode možemo podijeliti u dvije velike skupine. Prvu skupinu čine modeli koji uključuju primjenu samo jedne metode, a temelje se na matematičkom programiranju i stohastičkom modeliranju. Drugu skupinu čine sustavi koji koriste kombinacije dvaju modela, bilo da se radi o determinističkim ili o stohastičkim modelima. Većina suvremenih komercijalnih računalnih programa za optimizaciju smjesa i obroka koristi LP, višeciljno programiranje, cjelobrojno programiranje ili njihove kombinacije kao temeljne algoritme (Juračak i sur. 2018).

Novi pomak u razvoju aplikacija za hranidbu stoke donosi pojava interneta. Naime, tradicionalno „stolni“ programi, vezani uz računalo na kojem su instalirani, prepuštaju mjesto aplikacijama koje su dostupne on-line. Najveće prednosti on-line aplikacija su njihova dostupnost s bilo koje lokacije i tzv. *cross platform compatibility*, što znači da postoje na različitim mobilnim platformama. Ovakva rješenja imaju veći doseg korisnika i mogućnost bržeg razvoja uz nižu cijenu (Juračak i sur. 2018).

Primjenjivost i učinkovitost korištenja navedenih aplikacija najviše ovise o bazama podataka koje aplikacije koriste. S druge strane, hranidbene potrebe životinja, uz odgovarajući management proizvodnje, najviše ovise o pasminama/hibridima i intenzitetu proizvodnje, te su u intenzivnoj proizvodnji njihove varijacije manje izražene. Zato postoji čitav niz tablica koje koristimo prilikom sastavljanja krmnih smjesa i obroka za životinje (Juračak i sur. 2018).

4. REZULTATI RADA

4.1. Linearno programiranje

Linearno programiranje (LP) predstavlja jednu vrstu matematičkog programiranja. Najčešće se koristi za rješavanje matematičkih modela koji odgovaraju maksimalizaciji profita, odnosno minimalizaciji troškova, pri određenim uvjetima (Ivanović, 2014.).

Pored matematike OI, koja se bavi proučavanjem i razumijevanjem matematičkih modela, u punom su razvoju i numeričke metode optimizacije. Svoju važnost OI zahvaljuju i fenomenalnom razvoju računarske tehnologije i informatike, što je omogućilo modeliranje i rješavanje realnih problema s velikim brojem podataka. Činjenica je da se danas ekonomski i industrijski razvoj neke zemlje često uspoređuje sa stupnjem razvijenosti OI i računarske tehnologije. Istaknimo da je “programiranje” u kontekstu OI sinonim za “planiranje”, pa je npr. “linearno programiranje” ustvari “linearno planiranje” (Lukač i sur. 2012).

Metode optimizacije omogućuju nalaženje najboljih rješenja različitih vrsta problema, i vrlo su pogodne za rješavanje problema u poslovnoj ekonomiji. Tipični poslovni problemi vezani su za korištenje ograničenih resursa (ljudi, oprema, materijali, financiranje i sl.) kojima se nastoji postići najveća moguća dobit, osigurati najveća moguća kvaliteta usluge s postojećim poslovnim resursima. Kod svih tih metoda zajedničko je to da je potrebno formulirati model problema, analizirati moguće varijante rješenja i među njima pronaći najpovoljnije rješenje po odabranom kriteriju. U poslovnoj ekonomiji najviše se koriste metode linearne optimizacije koje omogućuju nalaženje najpovoljnijih rješenja problema u kojima su i funkcija cilja (npr. dobit) i utrošci resursa (npr. materijala ili vremena) linearno proporcionalni vrijednostima nezavisnih varijabli (Čerić, 2004.).

4.1.1. Simpleks metoda

Simpleks metoda je algebarski postupak za nalaženje mogućeg bazičnog rješenja sustava jednačbi matričnim putem, a pri tom svako dobiveno rješenje ispituje jesmo li našli bazično rješenje koje funkciji cilja daje maksimalnu vrijednost, odnosno može li se vrijednost z povećati prijelazom na sljedeće bazično rješenje. Geometrijski gledano, simpleks metoda kreće od ishodišta i dalje od vrha do vrha po skupu mogućih rješenja, povećavajući vrijednost funkcije cilja dok ne dođe do optimalnog rješenja. Početno bazično rješenje je ono koje je poznato, tj. ono kod kojeg su strukturne varijable jednake nuli (nebazične), a dodatne varijable su bazične (različite od nule). To je ishodište koordinatnog sustava. Sljedeće bazično rješenje nalazimo elementarnom transformacijom početne baze, tako da se jedan od vektora početne baze zamijeni jednim od preostalih vektora matrice A, a koji nisu u bazi. Ta zamjena se odvija prema definiranim kriterijima za odabir vektora koji će ući u bazu, te onog koji će izaći iz baze. Transformacija baze tj. nalaženje novih bazičnih rješenja se obavlja sve dok postoji mogućnost povećanja vrijednosti funkcije cilja z. Primjenom kriterija omogućeno je da se dođe do optimalnog rješenja efikasno, tj. bez da se nalazi i ispituje sva moguća bazična rješenja sustava (Lovrić, 2008.).

Simpleks procedura se može definirati pomoću tri osnovne karakteristike:

- nalaženje barem jednog mogućeg rješenja;
- provjeravanje je li nađeno moguće rješenje optimalno;
- nalaženje novog mogućeg rješenja koje je bliže optimalnom (Lovrić, 2008.).

Mogućnosti uštede u hranidbi stoke primjenom matematičkog programiranja u optimizaciji smjese vidljive su i iz jednostavnih primjera (Juračak i sur., 2018.).

U ovom primjeru prikazano je sastavljanje smjese za krave u suhostaju (Simental pasmine mliječnih krava), tjelesne mase 600 kg i prvo (I) razdoblje suhostaja.

10 mjeseci nakon teljenja i 2 mjeseca pred novo teljenje krava treba zasušiti. Ovo je potrebno učiniti da bi se organizam krave prvenstveno orijentirao na razvoj teleta u uterusu. Potrebe na hranjivim tvarima za krave u suhostaju sastoje se iz uzdržnih potreba majke i odgovarajuće opskrbe za razvoj ploda. U prve 2/3 graviditeta razvoj ploda je polagan, te su i potrebe vrlo male. Tek u zadnjoj 1/3 graviditeta plod raste, a time se i potrebe povećavaju. Obzirom na smanjenu mogućnost prijema kabaste hrane u probavni trakt, znatan dio trbušne šupljine

zauzima uterus s plodom, obrok visokosteonih krava treba sadržavati visoko vrijedna krmiva. Probavljivost obroka ne bi smjela biti manja od 70%.

Obroci većim dijelom mogu biti sastavljeni iz voluminoznih komponenti i nusproizvoda prehrambenih industrija, a samo manjim dijelom sudjeluju koncentrirana krmiva. Izbor krmiva i kreiranje obroka kod zasušanih krava provodi se uz pomoć poznatih normi, a one se prvenstveno odnose na energetska i bjelančevinasta vrijednost, te potom i na mineralno - vitaminsku (Domaćinović, 1999).

Tablica 6. Potrebe krava u suhostaju

Masa, kg	Period	Tjedan pred porod	Probavljenih proteina (g)	Zobenih hranjivih jedinica (ZHJ)
	I	6-4	720	8,5
550	II	3-0	920	9,5
	I	6-4	760	8,65
600	II	3-0	960	10,15
	I	6-4	860	9,6
650	II	3-0	990	11,0

Izvor: Domaćinović, 1999

Da bi krava ostala vitalna zdrava, potrebno je ispuniti i neke biološke zahtjeve.

Tablica 7. Biološki zahtjevi u hranjivim tvarima i komponentama

Probavljene bjelančevine	760
Zobene hranjive jedinice	8,65
Suha tvar	1,5-1,8
Sirova vlakna	18-26
Kalcij (Ca)	55-75
Fosfor (P)	40-55

Izvor: Domaćinović, 1999

Kod izrade recepture za krmnu smjesu moramo poznavati i hranjivu vrijednost koju sadrže pojedina krmiva.

Tablica 8. Cijene i sadržaj hranjivih tvari

Hranjive tvari	Jedinice mjere	Silaža kukuruza	Sjenaža livad. trava	Sijeno DTS daljnji otkos	Kukuruz	Ječam	Monokalcij fosfat
Probavljene bjelančevine	g	13	31	101	60	86	-
Zobena hranjiva jedinica		0,27	0,27	0,64	1,31	1,16	-
Sirova vlakna	g	61	101	244	21	65	-
Suha tvar	g	270	350	860	880	880	-
Kalcij (Ca)	g	0,8	2,3	6,9	0,3	0,5	210
Fosfor (P)	g	0,6	1,2	2,6	2,7	3,3	215
Cijena	NJ/kn	0,13	0,30	0,40	0,80	1,0	1,13

Izvor: Domaćinović, 1999

Odrediti ćemo krmiva u smjesi tako da dnevni obrok bude najjeftiniji.

Uvodimo sljedeće varijable:

- X_1 = postotak silaže kukuruza u smjesi
- X_2 = postotak sjenaže livadnih trava u smjesi
- X_3 = postotak sijena DTS-a (daljnji otkos) u smjesi
- X_4 = postotak kukuruza u smjesi
- X_5 = postotak ječma u smjesi
- X_6 = postotak monokalcij fosfata u smjesi

Matematički model za naš primjer glasi:

$$\text{Minimizirati} \quad 0,13x_1 + 0,30x_2 + 0,40x_3 + 0,80x_4 + 1,0x_5 + 1,13x_6$$

$$\text{s obzirom na} \quad 13x_1 + 31x_2 + 101x_3 + 60x_4 + 86x_5 \geq 760$$

$$0,27x_1 + 0,27x_2 + 0,64x_3 + 1,31x_4 + 1,16x_5 = 8,65$$

$$\left(\frac{61x_1 + 101x_2 + 240x_3 + 21x_4 + 65x_5}{270x_1 + 350x_2 + 860x_3 + 880x_4 + 880x_5} \right) \times 100 \geq 18$$

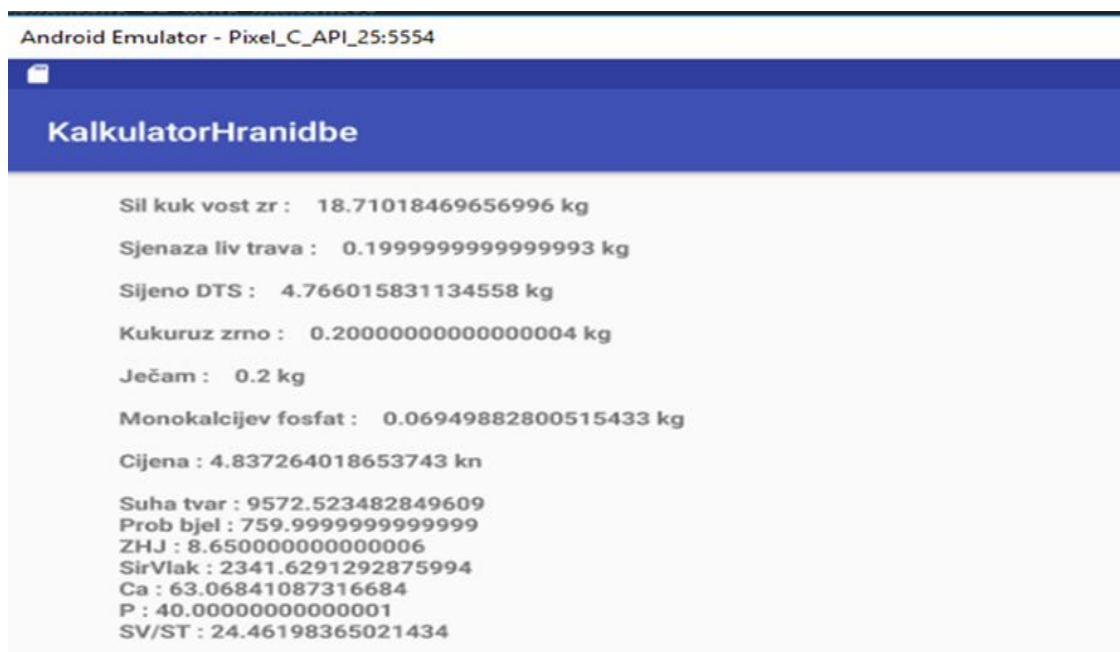
$$\left(\frac{61x_1 + 101x_2 + 240x_3 + 21x_4 + 65x_5}{270x_1 + 350x_2 + 860x_3 + 880x_4 + 880x_5} \right) \times 100 \leq 26$$

$$\begin{aligned}
270x_1 + 350x_2 + 860x_3 + 880x_4 + 880x_5 &\geq 9000 \\
270x_1 + 350x_2 + 860x_3 + 880x_4 + 880x_5 &\leq 10800 \\
0,8x_1 + 2,3x_2 + 6,9x_3 + 0,3x_4 + 0,5x_5 + 210x_6 &\geq 55 \\
0,8x_1 + 2,3x_2 + 6,9x_3 + 0,3x_4 + 0,5x_5 + 210x_6 &\leq 75 \\
0,6x_1 + 1,2x_2 + 2,6x_3 + 2,7x_4 + 3,3x_5 + 215x_6 &\geq 55 \\
x_j \geq 0, j = 1, \dots, 6
\end{aligned}$$

Kako bi učinkovitost ovog programa bila maksimalna, potrebno je pridržavati se određenih parametara. Definiran je problem i cilj te odabran statistički model. Izvršeno je grupiranje unesenih podataka i postavljena ograničenja.

Sada se može vršiti matematičko-statistička obrada podataka.

Nakon pravilno unesenih podataka i ograničenja pokrećemo program te dobivamo rezultate. Donosimo zaključke na temelju dobivenih rezultata obrade te odlučujemo o prihvaćanju dobivenih rezultata ili idemo na daljnje korekcije.



Slika 3. Prikaz rezultata dobivenih primjenom programa na bazi simpleks metode

(Izvor: Autor)

Dobivene rezultate prikazati ćemo u tablicu radi lakše usporedbe sa normama.

Tablica 9. Usporedba normi i dobivenih rezultata

	NORME	REZULTATI
Probavljene bjelančevine	760	759,9
Zobene hranjive jedinice (ZHJ)	8,65	8,65
Suha tvar	1,5-1,8	1,59
Sirova vlakna	18-26	24,46
Kalcij (Ca)	55-75g	63,06
Fosfor (P)	40-55g	40,00

Izvor: Autor

4.2. Primjeri računalnih programa na tržištu

4.2.1. PanonMix programski paket

„PanonMix“ je programski paket za Windows platforme koji služi za sastavljanje (optimizaciju) smjesa, obroka i premiksa za ishranu svih vrsta i kategorija domaćih životinja. Koristeći matematičke modele sastavlja smjese i obroke sa najnižom mogućom cijenom, a pri tome zadovoljava sve potrebe životinja.

Sastoji se iz tri nezavisna programa:

- Program za sastavljanje (optimizaciju) Smjesa
- Program za sastavljanje (optimizaciju) Obroka
- Program za sastavljanje Premiksa

Najvažnije karakteristike "PanonMix-a" su:

- Sastavljanje (optimizacija) smjesa za sve vrste i kategorije domaćih životinja
- Sastavljanje (optimizacija) kompletnih dnevnih obroka za sve vrste i kategorije preživača i konja
- Sastavljanje mineralno vitaminskih smjesa (premiksa) za sve vrste i kategorije domaćih životinja
- veliku bazu krmiva (>200) kao i detaljno definiran kemijski sastav i vrijednost (više od 250 pokazatelja)
- Obilne baze smjesa, obroka i premiksa sa već definiranim ograničenjima
- Mogućnost neograničenog unosa novih krmiva, smjesa, obroka i premiksa
- Mnogobrojne druge korisne mogućnosti

Program je namijenjen za: Tvornice i mješaonice stočne hrane, farme, fakultete, Institute i sve druge institucije koje se bave problematikom ishrane domaćih životinja ili pružaju usluge trećim licima, kao i sve one koji se bave ishranom i sastavljanjem smjesa, dnevnih obroka i premiksa za životinje (PanonMix, 2013).

U Bazi krmiva nalazi se većina krmiva potrebnih za rad u Panonmix-u. Krmiva su raspoređena u po grupama, svako krmivo ima svoju šifru. Na slici 4. se vidi još i udio sirovih proteina, suhe tvari, cijena, količina, jedinica mjere i opis.

Grupa1	Sifra	SM%	SP%	Grupa2	Naziv	Cena	Količina	JM	Opis
Suva	1 1022 SM	90.00%	22.00%	Kabas	1 Bela detelina, seno			Kg	11-01-378 NRC, 1982
Suva	1 1052 SM	89.00%	16.00%	Kabas	1 Crvena detelina, seno			Kg	11-01-415 NRC, 1982
Suva	1 1232 SM	87.00%	13.50%	Kabas	1 Grašak, seno			Kg	11-03-572 Ensminger, 1990 (1382-236)
Suva	1 1234 SM	87.00%	8.90%	Kabas	1 Grašak, slama			Kg	11-03-577 Ensminger, 1990 (1382-237)
Suva	1 1322 SM	91.00%	4.30%	Kabas	1 Ječam, slama			Kg	11-00-498 NRC, 1982
Suva	1 1352 SM	90.00%	3.20%	Kabas	1 Kukuruz, košanke			Kg	11-28-234 NRC, 1982
Suva	1 1353 VS	90.00%	2.88%	Koncel	2 Kukuruz, košanke			Kg	11-28-234 NRC, 1982
Suva	1 1354 SM	85.00%	6.40%	Kabas	1 Kukuruz, kukuruzovina			Kg	11-02-776 Ensminger, 1990 (1366-115)
Suva	1 1356 SM	89.00%	3.70%	Kabas	1 Kukuruz, suva komušina			Kg	11-02-785 Ensminger, 1990 (1366 str)
Suva	1 1358 SM	87.00%	8.70%	Kabas	1 Kukuruz, suvi listovi			Kg	11-02-788 Ensminger, 1990 (1366 str)
Suva	1 1432 SM	90.00%	17.30%	Koncel	2 Lucerka, dehidrirana, 15%			Kg	11-00-022 NRC, 1982
Suva	1 1433 VS	90.00%	15.57%	Koncel	2 Lucerka, dehidrirana, 15%			Kg	11-00-022 NRC, 1982
Suva	1 1434 SM	92.00%	18.90%	Koncel	2 Lucerka, dehidrirana, 17%			Kg	11-00-023 NRC, 1982
Suva	1 1435 VS	92.00%	17.39%	Koncel	2 Lucerka, dehidrirana, 17%	14.00	4.0000	Kg	11-00-023 NRC, 1982
Suva	1 1436 SM	92.00%	22.00%	Koncel	2 Lucerka, dehidrirana, 20%			Kg	11-00-024 NRC, 1982

Slika 4. Prikaz baze krmiva

(Izvor: PanonMix, 2013)

Tip	Sifra	Naziv	Grupa1	Sifra	SM%	SP%	Naziv	Cena	Ogr.	Min1	Max1	Grupa2
1	1333 VS	2.88 Kukuruz, košanke			90.00	2.88	Kukuruz, košanke	0.00 / Kg				2
1	1433 VS	15.57 Lucerka, dehidrirana, 15%			90.00	15.57	Lucerka, dehidrirana, 15%	0.00 / Kg				2
1	1435 VS	17.39 Lucerka, dehidrirana, 17%			92.00	17.39	Lucerka, dehidrirana, 17%	14.00 / Kg				2
1	1437 VS	20.24 Lucerka, dehidrirana, 20%			92.00	20.24	Lucerka, dehidrirana, 20%	0.00 / Kg				2
1	1745 VS	10.83 Soja, fuske			91.00	10.83	Soja, fuske	0.00 / Kg				2
1	1771 VS	4.97 Sunceokret, fuske od zrna			92.00	4.97	Sunceokret, fuske od zrna	0.00 / Kg				1
1	4323 VS	10.51 Ječam, zrna			88.00	10.51	Ječam, zrna	27.00 / Kg				2
1	4355 VS	7.83 Kukuruz, klj sa košankom			87.00	7.83	Kukuruz, klj sa košankom	0.00 / Kg				2
1	4357 VS	8.37 Kukuruz, mekinje			89.00	8.37	Kukuruz, mekinje	0.00 / Kg				2
1	4359 VS	0.54 Kukuruz, skrob			96.00	0.54	Kukuruz, skrob	0.00 / Kg				2
1	4433 VS	0.00 Lij			97.00	0.00	Lij	0.00 / Kg				2
1	4483 VS	0.00 Mast, žvčanska			99.00	0.00	Mast, žvčanska	0.00 / Kg				2
1	4485 VS	0.00 Mast, svinjska			99.00	0.00	Mast, svinjska	0.00 / Kg				2
1	4490 VS	0.00 Hladac			95.00	0.00	Hladac	0.00 / Kg				2
1	4493 VS	0.00 Mast, Alfer (hidratizirani lj)			100.00	0.00	Mast, Alfer (hidratizirani lj)	0.00 / Kg				2
1	4495 VS	1.60 Mast, Booster (lj)			100.00	1.60	Mast, Booster (lj)	0.00 / Kg				2
1	4497 VS	0.00 Mast, Carobac (hidratizirani lj)			100.00	0.00	Mast, Carobac (hidratizirani lj)	0.00 / Kg				2
1	4499 VS	0.00 Mast, Energy Booster 100 (lj)			100.00	0.00	Mast, Energy Booster 100 (lj)	0.00 / Kg				2
2	3881 VS	6.83 Melasa od šećerne repe			78.00	6.83	Melasa od šećerne repe	0.00 / Kg				2
2	4553 VS	11.84 Ovas, zrna			88.00	11.84	Ovas, zrna	25.00 / Kg				2
2	4555 VS	15.84 Ovas, zrna ajutano			90.00	15.84	Ovas, zrna ajutano	0.00 / Kg				2
2	4593 VS	11.50 Pšenica, zrna (mekla)			87.00	11.50	Pšenica, zrna (mekla)	27.00 / Kg				2
2	4595 VS	12.67 Pšenica, zrna (tvrda)			88.00	12.67	Pšenica, zrna (tvrda)	0.00 / Kg				2
2	4597 VS	15.50 Pšenično stočno brašno			89.00	15.50	Pšenično stočno brašno	15.00 / Kg				2
2	4599 VS	15.50 Pšenično mekinje			89.00	15.50	Pšenično mekinje	15.00 / Kg				2

Slika 5. Prikaz menija na kojemu se nalaze smjese, krmiva i odabrana krmiva

(Izvor: PanonMix, 2013)

Lijevim klikom na ikonicu "Smeše" iz glavnog menija otvara se prozor, kao što je prikazano na slici 5., koji se sastoji iz tri manja prozora:

- Smjese (lijevo bočno)
- Krmiva (centralni dio)
- Odabrana krmiva (donji dio)

Lijevo bočno se nalaze smjese koje su već kreirane, također ovdje možemo samostalno dodavati smjese, tako što ćemo kreirati potpuno novu ili kopiranjem na bazi već postojeće smjese (PanonMix, 2013).

šifra: 2031 Grupa: 2 Naziv: Potpuna smeša za Cobb 500(11-22 dana) grover									
Cena:		40076.41/t		Fiksni troškovi:		0.00/kg			
Ukupna cena:		40.08/kg		Masa šarže:		100.00			
šifra	gr.1	Naziv hraniva	Min (%)	Udeo u smeši (%)	Max (%)	u 100 Kg	Cena / Kg	Udeo, dn	Udeo %
4353	4	Kukuruz, zrno		58.96		58.963	26.00	1533.05	38.25
4597	4	Pšenično stočno brašno		5.00 >	5.00	5.000	15.00	75.00	1.87
4843	4	Ulje, Biljno		0.00	3.00	0.000	106.00	0.00	0.00
5433	5	Lizin-L (78%)		0.28		0.279	233.00	65.02	1.62
5495	5	Metionin-DL (99%)		0.31		0.313	385.00	120.36	3.00
5703	5	Soja, sačma (44%)		15.15		15.153	62.00	939.49	23.44
5715	5	Sojin griz		15.97	23.00	15.966	65.00	1037.79	25.90
5813	5	Treonin-L (98%)		0.05		0.051	218.00	11.13	0.28
5815	5	Triptofan-L (98%)		0.00		0.000	1299.00	0.00	0.00
6486	6	Magnezijum oksid (50%)	0.05 <	0.05 >	0.05	0.050	37.00	1.85	0.05
6505	6	Mono kalcijum fosfat		1.56		1.556	61.00	94.92	2.37
6513	6	Natrijum bikarbonat	0.27 <	0.27		0.270	32.00	8.64	0.22
6703	6	So (NaCl), jodirana		0.30		0.303	10.50	3.19	0.08
6709	6	Stočna kreda		1.10		1.095	2.00	2.19	0.05
9014	9	VMP za tov pilica grover 1%	1.00 <	1.00 >	1.00	1.000	115.00	115.00	2.87

Slika 6. Prikaz analize smjese

(Izvor: PanonMix, 2013)

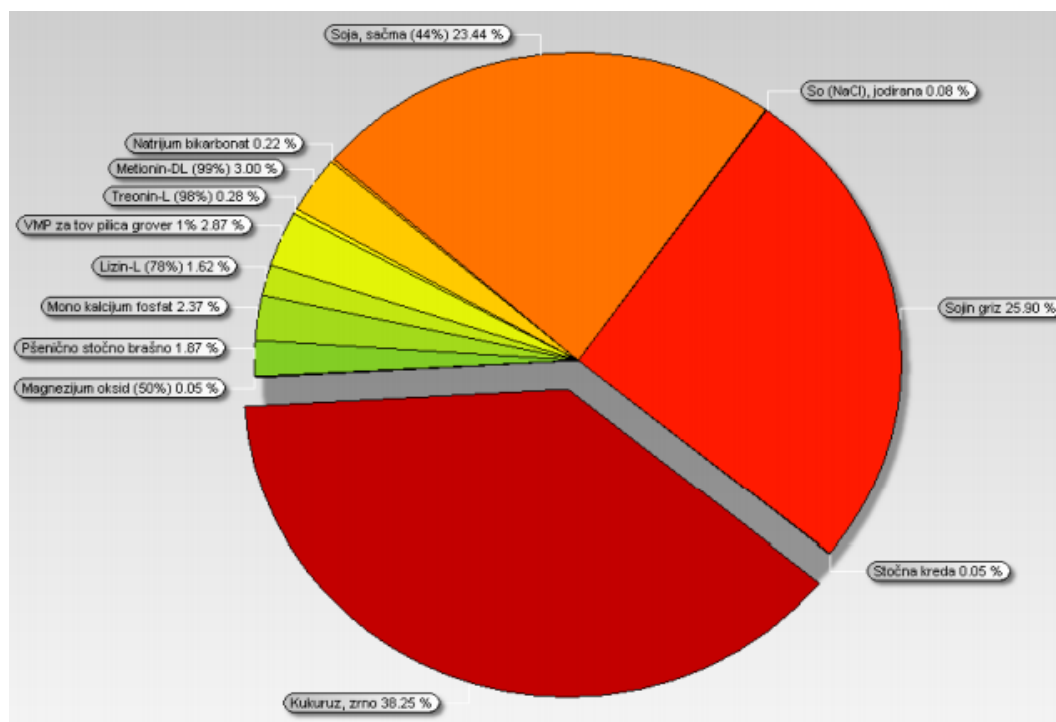
Na slici 6. prikazan je sastav krmiva sa ograničenjima i maksimalnim udjelom, cijena po kg, udio u dinarima (RSD) i udio u %.

PanonMix				HEMIJSKI SASTAV SMEŠE (VS)				08-Apr-13 8:08:27 PM			
Naziv	Min		Iznos	Max	Naziv	Min		Iznos	Max		
OSNOVNI POKAZATELJI					MASNE KISELINE						
Suva materija %			89.62		PABA mg/Kg			0.00			
Sirovi proteini %	19.00	<	19.00		Ksantofli mg/Kg			9.97			
Sirove masti %	5.50	<	5.50		Zasićene masne kiseline %			0.95			
Sirovi pepeo %			6.38		C2:0 (Sirćetna) %			0.00			
Sirova celuloza %			3.79	5.00	C3:0 (Propionska) %			0.00			
BEM %			54.96		C4:0 (Buterna) %			0.00			
NDF %			9.91		C5:0 (Valerijanska) %			0.00			
ADF %			4.84		C6:0 (Kapronska) %			0.00			
Hemiceluloza %			3.69		C8:0 (Kaprična) %			0.00			
Lignin %			0.52		C10:0 (Kaprinska) %			0.00			
Celuloza %			1.05		C12:0 (Laurinska) %			0.00			
NFC %			48.83		C14:0 (Miristinska) %			0.00			
Šećeri %			0.00		C16:0 (Palmitinska) %			0.32			
Sikrob %			0.00		C18:0 (Stearinska) %			0.11			
STVARNI SADRŽAJ AMINOKISELINA					C20:0 (Arahidonska) %			0.00			
Lizin %	1.20	<	1.20		C22:0 (Behenska) %			0.00			
Metionin %	0.47		0.61		C24:0 (Lignocerinska) %			0.00			
Cistin %			0.31		C26:0 (Cerotinska) %			0.00			
Metion+Cistin %	0.92	<	0.92		Nezasićene masne kiseline %			4.58			
Treonin %	0.78	<	0.78		C16:1 (Palmitoleinska) %			0.00			

Slika 7. Kemijski sastav smjese

(Izvor: PanonMix, 2013)

Slika 7. prikazuje kemijski sastav smjese, gdje su prikazani rezultati optimizacije, odnosno kemijski sastav smjese.



Grafikon 2. Grafički prikaz cjenovnog udjela krmiva u smjesi

(Izvor: PanonMix, 2013)

4.2.2. Mobilna aplikacija FeedCalculator

FeedCalculator je aplikacija za sastavljanje krmnih smjesa za domaće životinje. Nastala je suradnjom vodećih nizozemskih nutricionista i stručnjaka za stočnu hranu i poljoprivrednika iz zemalja u razvoju. FeedCalculator nudi uslugu sastavljanja smjesa malim poljoprivrednim gospodarstvima kako bi im omogućili izvor kvalitetnih smjesa po nižoj cijeni (FeedCalculator, 2018).

Rad sa aplikacijom se sastoji od tri koraka:

1. odabir kategorije životinja za koju se vrši kalkulacija,
2. unos trenutnih cijena za dostupna krmiva,
3. klik na ikonu „calculate“ odnosno samog izračunavanja



Slika 8. FeedCalculator princip tri koraka

(Izvor: <http://www.feedcalculator.com/3-simple-steps.html>)

Aplikacija izračunava kvalitetnu recepturu po najnižoj mogućoj cijeni omogućujući poljoprivrednicima sastavljanje kvalitetnih i jeftinih smjesa unatoč promjeni cijena krmiva na tržištu.

FeedCalculator pokazao je veliki potencijal u zemljama u razvoju, pomažući poljoprivrednicima da smanje troškove povezane s hranom u prosjeku za 30%, istovremeno povećavajući kvalitetu proizvodnje. U nastavku su prikazani rezultati i usporedbe cijena za 7 različitih zemalja i smanjenje troškova koje su imali (FeedCalculator, 2018.).

Tablica 10. Usporedbe cijena za 7 različitih zemalja

Država	Prosječna cijena kupljene smjese Cijena (€)	Prosječna cijena smjese sastavljene s aplikacijom Cijena (€)	Razlika u cijeni
Ruanda	€0.39	€0.25	-36%
Kenija	€0.51	€0.30	-40%
Nigerija	€0.34	€0.25	-27%
Indonezija	€0.53	€0.25	-53%
Kambodža	€0.55	€0.39	-29%
Malavi	€0.62	€0.24	-61%
Zambija	€0.42	€0.25	-41%
PROSJEK	€0.47	€0.28	-39%

Izvor: <http://www.feedcalculator.com/results.html> (31.08.2018.)

Provedeno je istraživanje 2017. godine na 35 farmi pilića brojlera u četiri države; Malavi, Ruanda, Tanzanija i Zambija (>10,000 pilića). Svaki je uzgajivač istodobno uzgajao 2 skupine od najmanje 100 pilića s jednakim uvjetima. Jedna skupina je hranjena smjesom koja je sastavljena uz pomoć FeedCalculator-a, a druga skupina komercijalnom smjesom (FeedCalculator, 2018.).

Rezultati istraživanja su pokazali da se korištenjem aplikacije postižu:

- 30% niži troškovi hrane (u rasponu od -18% do 61%)
- 3% veći porast (u rasponu od -25% do + 25%)
- Povećanje dobiti od 55%, zbog nižih troškova hranidbe (varira od -5% do + 120%)

Average profit increase of 55%!



The income increase of a farmer with 200 birds

Slika 9. Prosječni rast dobiti od 55%

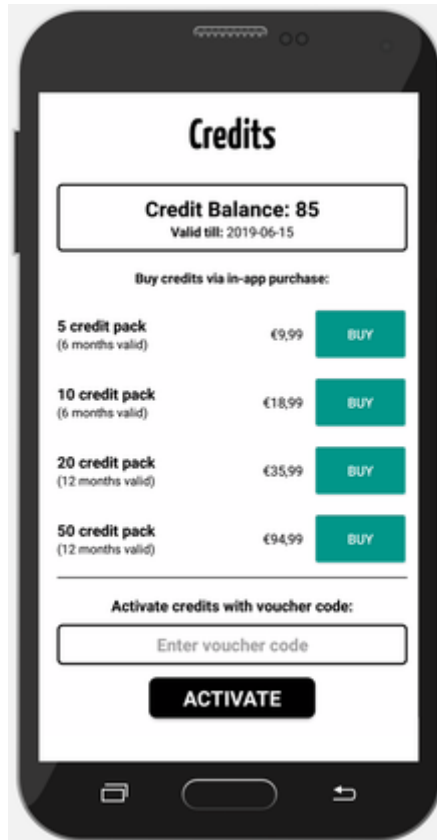
(Izvor: <http://www.feedcalculator.com/results.html>)

Da bi se mogla vidjeti konačna receptura za sastavljenu smjesu potrebno je kupiti kredite unutar aplikacije. Tablica 11 prikazuje cijene kredita.

Tablica 11. Cijene kredita

Krediti	Cijena (Euro)	Cijena (Kuna)
5 (valjanost do 6 mjeseci)	9,99	73,92
10 (valjanost do 6 mjeseci)	18,99	141,47
20 (valjanost do 12 mjeseci)	35,99	268,12
50 (valjanost do 12 mjeseci)	94,99	707,67

Izvor: <http://www.feedcalculator.com/pricing.html> (31.08.2018.)



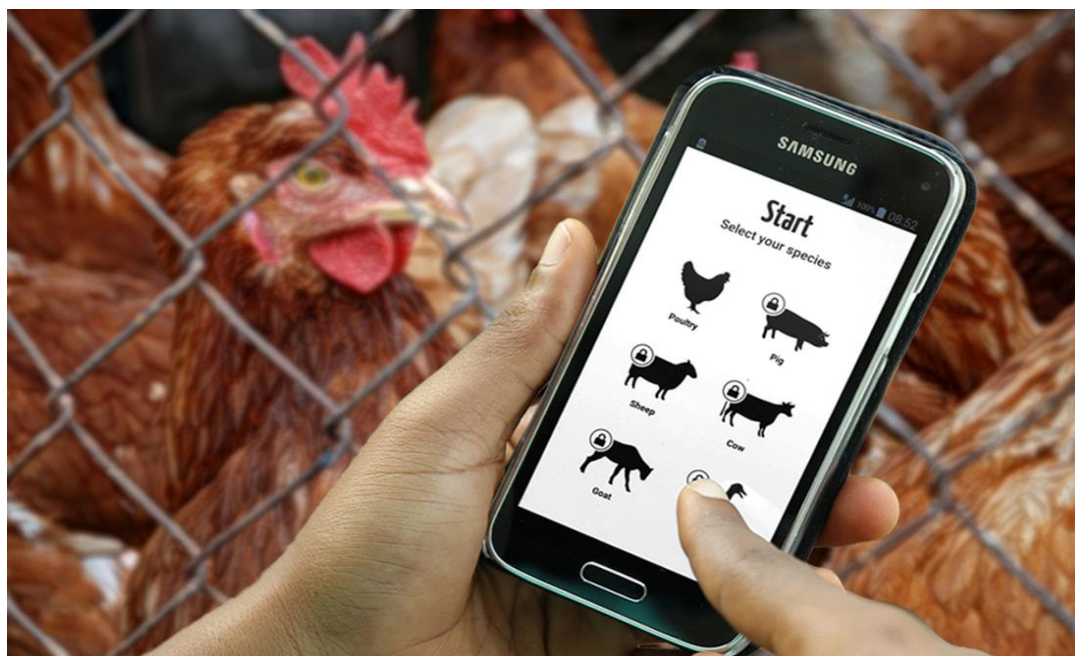
Slika 10. Cijene kredita

(Izvor: <http://www.feedcalculator.com/pricing.html>)

5. RASPRAVA

Informatička revolucija već je prilično zakoračila u sve pore ljudskog života. Pojava osobnih računala omogućila je ogroman protok informacija, kao i upravljanje tehnologijama i proizvodnim procesima (Mijić i sur., 2005.). Računalo danas poprima ulogu profesionalnog savjetnika, jer su zahtjevi suvremene poljoprivrede izuzetno visoki.

Primjenjivost i učinkovitost korištenja aplikacija najviše ovise o bazama podataka koje aplikacije koriste. Gotovo sve dostupne aplikacije posjeduju baze podataka potreba i dostupnih krmiva preuzete iz strane literature, za područja izvan Hrvatske. Međutim, za podmirenje hranidbenih potreba životinja na konkretnoj farmi, krmne smjese i obroke moramo temeljiti na sirovinama s kojima raspolažemo. Podaci o kemijskom sastavu i hranjivosti krmiva takvih sirovina često nisu dovoljno precizni, pa su i recepture smjesa i obroka u takvim slučajevima orijentacijske. To znači da će postojati određene razlike između dobivene recepture i stvarno proizvedene smjese u miješalici. Rezultat ovakvih razlika može se vidjeti u odstupanju proizvodnih rezultata od očekivanih. Stoga je izrazito važno korištenje što je moguće preciznijih podataka o krmivima u realnom vremenu ili korištenje domaćih tabličnih vrijednosti (Grbeša, 2004.).



Slika 11. Korištenje aplikacija u hranidbi domaćih životinja

(Izvor: <https://www.feedcalculator.com/for-ngos.html>)

Zbog važnosti troškova hranidbe u stočarstvu potrebno je i malim stočarskim gospodarstvima povećati dostupnost računalnih aplikacija za izradu krmnih smjesa. Preduvjeti funkcionalnosti takve aplikacije jesu njena široka dostupnost i ulazni podaci koji u najvećoj mogućoj mjeri odgovaraju lokalnim uvjetima (Juračak i sur., 2018.).



Slika 12. Korištenje računala u stočarstvu

(Izvor: <http://www.canwestdhi.com/dairycomp.htm>)

6. ZAKLJUČAK

Istraživanje je pokazalo da u strukturi troškova poljoprivredne proizvodnje najznačajniji su troškovi stočne hrane. Troškovi hrane u proizvodnji kravljeg mlijeka u prosjeku čine 48% svih troškova proizvodnje, u tovu svinja čine u prosjeku 43%, proizvodnja brojlera 67,45%, dok troškovi hrane čine od 42% do 47% ukupnih troškova inputa u uzgoju preživača. Obrok se označava kao količina hrane koju životinja konzumira tijekom 24 sata s ciljem zadovoljavanja ukupnih potreba. Intenzivna proizvodnja u stočarstvu podrazumijeva korištenje smjesa, obroka i premiksa koji u potpunosti zadovoljavaju potrebe domaćih životinja u hranjivim tvarima. Od 60-ih godina 20. stoljeća do danas razvijene su mnoge računalne aplikacije u području hranidbe stoke radi smanjenja troškova i povećanja proizvodnosti. Većina suvremenih komercijalnih računalnih programa za optimizaciju smjesa i obroka koristi LP, višeciljno programiranje, cjelobrojno programiranje ili njihove kombinacije kao temeljne algoritme. Programi su namijenjeni za tvornice i mješaonice stočne hrane, farme, fakultete, Institute i sve druge institucije koje se bave problematikom ishrane domaćih životinja ili pružaju usluge trećim licima, kao i sve one koji se bave ishranom i sastavljanjem smjesa, dnevnih obroka i premiksa za životinje. Neki programi pokazali su veliki potencijal u zemljama u razvoju, pomažući poljoprivrednicima da smanje troškove povezane s hranom za prosječno 30%, a da istovremeno povećaju kvalitetu proizvodnje.

7. POPIS LITERATURE

1. Čerić V. (2004): Informacijska tehnologija u poslovanju. Ekonomski fakultet u Zagrebu, Element, Zagreb, str. 87 – 103.
2. Domaćinović M. (1999): Praktikum vježbi, hranidbe domaćih životinja. Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet Osijek, str. 8. i 52-56.
3. Grbeša D. (2004): Metode procjene i tablice kemijskog sastava i hranjive vrijednosti krepkih krmiva. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 8-9.
4. Haluška J. i Rimac D., (2005.): Analiza troškova proizvodnje mlijeka. Stočarstvo 59:2005 (3) str. 203-223
5. Hoste R. (2017). International Comparison of Pig Production Costs 2015. Wageningen, Netherlands: Wageningen Economic Research.
6. Ivanović M. (2014): Operaciona istraživanja. Matematički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, str. 2.
7. Juračak J., Kiš G., Gligora T. (2018): Razvoj on-line alata za izradu krmnih smjesa na malim gospodarstvima. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb, str. 1-5.
8. Lovrić Lj. (2008): Kvantitativne metode za poslovno odlučivanje. Ekonomski fakultet Rijeka, str. 28.
9. Lukač Z., Neralić L. (2012): Operacijska istraživanja. Element, str. 1-4.
10. Mijić P., Knežević I. (2005): Uporaba Interneta u poljoprivredi. Stočarstvo 59:2005 (1) str. 71-78.
11. Pavličević A., Grubić G., Koljajić V., Đorđević N., Jovanović R.D., Đukić S., Kovačević D.N. (1996): Priprema modela programiranja ishrane krava u toku proizvodnog ciklusa. Poljoprivreda, SPITS, Beograd, str. 381-382.
12. Szöllősi L., Szűcs I. (2014). An Economic Approach to Broiler Production: A Case Study from Hungary. Stowarzyszenie ekonomistów rolnictwa i agrobiznesu. Roczniki Naukowe XVI/3.: 275-281 Bydgoszcz, Poland: Stowarzyszenie Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu.
13. Torsten H. (2013). Overview on Milk Prices and Production Costs World Wide. Kiel, Germany: IFCN Dairy Research Center.

Jedinice s interneta:

14. FeedCalculator (2018): Feed optimizing software for farmers. Dostupno na: <http://www.feedcalculator.com/for-ngos.html> (31.08.2018.)
15. Ministarstvo poljoprivrede (2016): Hrvatska poljoprivreda 2016. u brojkama. Dostupno na: http://www.mps.hr/datastore/filestore/140/Hrvatska_poljoprivreda_2016.pdf (28.08.2018.)
16. PanonMix, (2013). Dostupno na: <http://www.panonmix.info/proizvodi> (26.08.2018.)
17. Prskalo V. (2011): Nužno je sustavno obrazovanje seljaka-farmera. Dostupno na: http://www.sbplus.hr/kolumne/sa_zrnom_soli/nuzno_je_sustavno_obrazovanje_seljaka-farmera.aspx#.W4q6EOgzbIV (16.06.2018.)
18. Kljenak R. (2017): Hrana za nesilice najveća stavka u troškovima. Dostupno na: <https://www.agroklub.com/stocarstvo/hrana-za-nesilice-najveca-stavka-u-troskovima/30295/> (29.08.2018.)

8. SAŽETAK

Cilj istraživanja bio je prikazati dostupne online aplikacije za sastavljanje obroka i smjesa, te uštede u hranidbi domaćih životinja primjenom matematičkog programiranja. Dati kritički osvrt na prednosti računalnog sastavljanja smjesa i obroka u odnosu na klasičnu „ručnu“ metodu. Imajući u vidu sve ukupne potrebe, obrok se sastavlja kombinacijom odabranih krmiva koja su najpogodnija za hranjenje određene vrste i kategorije životinja. Pored toga primarni cilj je da obrok bude i najniže moguće cijene. Pri ručnom sastavljanju, svakako je moguće sastaviti kvalitetnu smjesu ili obrok, ali je praktično nemoguće pri tome napraviti i najjeftiniju smjesu, odnosno obrok. Glavna prednost računalnog sastavljanja smjesa i obroka u odnosu na klasičnu „ručnu“ metodu je ta što program sastavlja smjese i obroke na bazi definiranih nutritivnih ograničenja po najnižoj mogućoj cijeni za nekoliko sekundi, a da pri tome zadovoljava sve potrebe životinja. Korištenje računalnih aplikacija za izradu smjesa svojstveno je većim, specijaliziranim gospodarstvima. Mala gospodarstva često nisu niti svjesna postojećih rješenja, a ako i jesu, ne mogu si ih priuštiti. Ovakvi računalni alati mogli bi povećati djelatnost na malim gospodarstvima te pomoći zemljama u razvoju da smanje troškove povezane s hranom, a da istodobno povećaju kvalitetu proizvodnje.

Ključne riječi: troškovi, obrok, matematičko programiranje, aplikacija, računalo

9. SUMMARY

The aim of the research was to present available online applications for the preparation of meals and mixtures and, accordingly, possible savings in feeding domestic animals. There is a critical review of the benefits of computing mixtures and meals in comparison to the classic "manual" method. Taking into account all nutritional needs, the meal is made up of a combination of selected fodder which is best suited for feeding particular species and categories of animals. In addition, the primary objective is to provide the lowest possible price. When hand-assembled, it is certainly possible to make a good quality mixture or meal, but it is practically impossible to make the cheapest mix or meal. The main advantage of computer compilation of mixtures and meals in comparison to the classic "manual" method is that the program compiles mixtures and meals based on defined nutritional constraints at the lowest possible price in a few seconds. The use of computing applications for blending is more specific to larger, specialized economies. Small businesses are often unaware of existing solutions, and if they do, they can not afford it. Such computer tools could increase efficiency in small economies and help developing countries reduce food-related costs while simultaneously increasing production quality.

Key words: costs, meal, mathematical programming, application, computer

10. POPIS TABLICA

Tablica 1. Kalkulacija proizvodnje kravljeg mlijeka – Holstein Freisian pasmina (*str. 5*)

Tablica 2. Tehnologija hranidbe (*str. 6*)

Tablica 3. Kalkulacija proizvodnje svinja u tovu (25-100kg), vlastite smjese (*str. 7*)

Tablica 4. Različite cijene (*str. 7*)

Tablica 5. Tehnologija hranidbe (*str. 8*)

Tablica 6. Potrebe krava u suhostaju (*str. 17*)

Tablica 7. Biološki zahtjevi u hranjivim tvarima i komponentama (*str. 17*)

Tablica 8. Cijene i sadržaj hranjivih tvari (*str. 18*)

Tablica 9. Usporedba normi i dobivenih rezultata (*str. 20*)

Tablica 10. Usporedbe cijena za 7 različitih zemalja (*str. 26*)

Tablica 11. Cijene koštanja kredita (*str. 27*)

11. POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Struktura međufazne potrošnje, 2016 godina (*str. 4*)

Grafikon 2. Grafički prikaz cjenovnog udjela krmiva u smjesi (*str. 24*)

12. POPIS SLIKA

Slika 1. Web aplikacija za izradu dnevnog obroka za mliječne krave. Aplikacija služi samo u orijentacijske svrhe (*str. 11*)

Slika 2. Web aplikacija za izradu dnevnog obroka za mliječne krave. Aplikacija služi samo u orijentacijske svrhe (*str. 12*)

Slika 3. Prikaz rezultata dobivenih primjenom programa na bazi simpleks metode (*str. 19*)

Slika 4. Prikaz baze krmiva (*str. 22*)

Slika 5. Prikaz menija na kojemu se nalaze smjese, krmiva i odabrana krmiva (*str. 22*)

Slika 6. Prikaz analize smjese (*str. 23*)

Slika 7. Kemijski sastav smjese (*str. 24*)

Slika 8. FeedCalculator princip tri koraka (*str. 25*)

Slika 9. Prosječni rast dobiti od 55% (*str. 27*)

Slika 10. Cijene koštanja kredita (*str. 28*)

Slika 11. Korištenje aplikacija u hranidbi domaćih životinja (*str. 29*)

Slika 12. Korištenje računala u stočarstvu (*str. 30*)

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Sveučilišni diplomski studij, smjer Hranidba domaćih životinja

Diplomski rad

Optimizacija krmnih smjesa pomoću računala

Jelena Zandt

Sažetak: Cilj istraživanja bio je prikazati dostupne online aplikacije za sastavljanje obroka i smjesa, te uštede u hranidbi domaćih životinja primjenom matematičkog programiranja. Dati kritički osvrt na prednosti računalnog sastavljanja smjesa i obroka u odnosu na klasičnu „ručnu“ metodu. Imajući u vidu sve ukupne potrebe, obrok se sastavlja kombinacijom odabranih krmiva koja su najpogodnija za hranjenje određene vrste i kategorije životinja. Pored toga primarni cilj je da obrok bude i najniže moguće cijene. Pri ručnom sastavljanju, svakako je moguće sastaviti kvalitetnu smjesu ili obrok, ali je praktično nemoguće pri tome napraviti i najjeftiniju smjesu, odnosno obrok. Glavna prednost računalnog sastavljanja smjesa i obroka u odnosu na klasičnu „ručnu“ metodu je ta što program sastavlja smjese i obroke na bazi definiranih nutritivnih ograničenja po najnižoj mogućoj cijeni za nekoliko sekundi, a da pri tome zadovoljava sve potrebe životinja. Korištenje računalnih aplikacija za izradu smjesa svojstveno je većim, specijaliziranim gospodarstvima. Mala gospodarstva često nisu niti svjesna postojećih rješenja, a ako i jesu, ne mogu si ih priuštiti. Ovakvi računalni alati mogli bi povećati djelotvornost na malim gospodarstvima te pomoći zemljama u razvoju da smanje troškove povezane s hranom, a da istodobno povećaju kvalitetu proizvodnje.

Rad je izrađen pri: Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Mentor: prof. dr. sc. Zvonimir Steiner

Broj stranica: 40

Broj grafikona i slika: 14

Broj tablica: 11

Broj literaturnih navoda: 18

Broj priloga: 0

Jezik izvornika: Hrvatski

Ključne riječi: troškovi, obrok, matematičko programiranje, aplikacija, računalo

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. prof. dr. sc. Davor Kralik predsjednik
2. prof. dr. sc. Zvonimir Steiner, mentor
3. doc. dr. sc. Andrijana Rebekić, član

Rad je pohranjen u: Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku, Sveučilište u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek
University Graduate Studies, Zootechnique-Animal nutrition

Graduate thesis

Optimisation of feed mixtures with computers

Jelena Zandt

Abstract: The aim of the research was to present available online applications for the preparation of meals and mixtures and, accordingly, possible savings in feeding domestic animals. There is a critical review of the benefits of computing mixtures and meals in comparison to the classic "manual" method. Taking into account all nutritional needs, the meal is made up of a combination of selected fodder which is best suited for feeding particular species and categories of animals. In addition, the primary objective is to provide the lowest possible price. When hand-assembled, it is certainly possible to make a good quality mixture or meal, but it is practically impossible to make the cheapest mix or meal. The main advantage of computer compilation of mixtures and meals in comparison to the classic "manual" method is that the program compiles mixtures and meals based on defined nutritional constraints at the lowest possible price in a few seconds. The use of computing applications for blending is more specific to larger, specialized economies. Small businesses are often unaware of existing solutions, and if they do, they can not afford it. Such computer tools could increase efficiency in small economies and help developing countries reduce food-related costs while simultaneously increasing production quality.

Thesis performed at: Faculty of Agriculture in Osijek

Mentor: prof. dr. sc. Zvonimir Steiner

Number of pages: 40

Number of figure: 14

Number of tables: 11

Number of references: 18

Number of appendices: 0

Original in: Croatian

Key words: costs, meal, mathematical programming, application, computer

Thesis defended on date:

Reviewers:

1. prof. dr. sc. Davor Kralik president
2. prof. dr. sc. Zvonimir Steiner, mentor
3. doc. dr. sc. Andrijana Rebekić, member

Thesis deposited at: Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Kralja Petra Svačića 1d.