



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
<http://ageconsearch.umn.edu>
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

5. konferenca DAES

Sodobni izzivi menedžmenta v agroživilstvu

Pivola
18.-19. marec 2010

društvo agrarnih
ekonomistov slovenije



DAES

Sodobni izzivi menedžmenta v agroživilstvu

Uredil:

dr. Črtomir Rozman in dr. Stane Kavčič

Programski odbor:

dr. Jernej Turk (predsednik), dr. Emil Erjavec, dr. Črtomir Rozman, Branko Ravnik, mag. Neva Pajntar, dr. Karmen Pažek, dr. Darja Majkovič, dr. Andreja Borec, dr. Andrej Udovč, dr. Stane Kavčič, dr. Miroslav Rednak, dr. Martin Pavlovič.

Izdajatelj:

Društvo agrarnih ekonomistov - DAES; zanj Emil Erjavec

Prelom in priprava za tisk:

dr. Stane Kavčič, mag. Ajda Kermauner Kavčič

Oblikovanje naslovnice:

Grega Kropivnik in Potens d.o.o.

Tisk:

Potens d.o.o.

1. izdaja

Naklada 250 izvodov

Domžale, 2010

Prispevki so recenzirani. Za jezikovno pravilnost in vsebino odgovarjajo avtorji.

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

338.43(497.4)(082)

338.43(497-15)(082)

63:339.923:061.1EU(082)

DRUŠTVO agrarnih ekonomistov Slovenije. Konferenca (5 ; 2010 ; Maribor)

Sodobni izzivi menedžmenta v agroživilstvu / 5. konferenca DAES,
Pivola, 18.-19. marec 2010 ; [uredil Črtomir Rozman in Stane Kavčič].

- 1. izd. - Ljubljana : Društvo agrarnih ekonomistov Slovenije - DAES, 2010

ISBN 978-961-91094-5-8

1. Gl. stv. nasl.

250170112

I. Orodja za podporo poslovnemu odločanju

EKONOMSKO UTEMELJENO NAČRTOVANJE GNOJENJA

Jaka ŽGAJNAR^a, Stane KAVČIČ^b

IZVLEČEK

Priprava gnojilnih načrtov je pomembna naloga v kmetijski proizvodnji, jo pa pogosto opravijo kmetijski svetovalci ob pomanjkanju informacij o posameznih parcelah in nepoznavanju praks gnojenja posameznih kmetov. V vse bolj poudarjeni skrbi za okolje in trajnostno gospodarjenje je zato pomembno, da načrtovanje gnojenja postane praksa kmetov. Izrazit porast cen rudninskih gnojil dodatno sili v racionalno prakso gnojenja, ki je možna le na podlagi večletnih načrtov. V prispevku predstavljamo orodje za pripravo gnojilnih načrtov, zasnovano kot klasičen večkriterijski problem, razvit s pomočjo tehnik matematičnega programiranja. Na hipotetičnem primeru prikazujemo njegovo uporabo, ter prednosti in pomanjkljivosti uporabljenega pristopa.

Ključne besede: gnojilni načrt, večkriterijsko optimiranje, linearno programiranje, ciljno programiranje, kazenska funkcija

FERTILIZATION PLANNING BASED ON ECONOMIC EFFICIENCY

ABSTRACT

Formulation of fertilization plan is important task in agricultural production, but frequently performed by advisors without necessary information about individual plots and fertilisation practices applied by individual farmers. With increasing concerns for environment and sustainable production it is therefore important that fertilization planning is done by farmers. High fertilizers' prices also urge to their rational application, achievable only on the basis of plans for several years. In the article an electronic tool for fertilization plan formulation is presented. It is developed as a multi-criteria decision making model based on mathematical programming techniques. Hypothetical case illustrates its application as well as strengths and weaknesses of methodology applied.

Key words: fertilization plan, multiple-criteria optimization, linear programming, goal programming, penalty function

^a Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, Odd. za zootehniko, 1230 Domžale, Groblje 3;
jaka.zgajnar@bf.uni-lj.si

^b Enako kot a); stane.kavcic@bf.uni-lj.si

1 Uvod

Skupna kmetijska politika od kmetov zahteva, da gospodarijo v skladu s t.i. dobro kmetijsko prakso. Ta z vidika gnojenja kmetom nalaga, da gnojijo na podlagi analize tal in v skladu s pripravljanim gnojilnim načrtom. Slednjega so dolžni pripraviti za vse enote rabe, na katerih gnojijo z rudninskimi gnojili. Gnojilni načrt se praviloma pripravi za obdobje petih let. Gre za pomembno nalogo upravljanja kmetijske proizvodnje, saj z njo skrbimo za optimalno preskrbljenost tal s hranili, kar je eden izmed pogojev za optimalen pridelek, hkrati pa preprečujemo prekomerno gnojenje in s tem onesnaževanje okolja. Hkrati zaradi visokih stroškov gnojil izboljšamo tudi ekonomiko pridelave. Na večini kmetij izdelavo gnojilnih načrtov še vedno opravi kmetijska svetovalna služba. Poleg pomanjkljivega znanja se zdi najverjetnejši razlog za to pomanjkanje časa, ki ga priprava tovrstnega načrta zahteva. V vseh teh primerih so »ne-hranilni« vidiki, zlasti ekonomski, pogosto spregledani, kar praviloma zmanjša ekonomsko učinkovitost same pridelave. Pri pripravi klasičnih gnojilnih načrtov se namreč navadno osredotočimo predvsem na uravnavanje hranil (N, P in K), ki jih vnesemo na kmetijske površine, in njihov odvzem s pridelki. Izrazit porast cen rudninskih gnojil v zadnjem obdobju pa sili racionalne kmetijske gospodarje k iskanju novih rešitev in s tem k izogibanju 'neoptimalnih' potez načrtovanja. Z vidika ekonomske učinkovitosti to pomeni, da mora biti po hranilih izravnani gnojilni načrt čim cenejši.

Osnovni problem pri pripravi gnojilnega načrta je torej izbira ustrezne kombinacije organskih in rudninskih gnojil, s katero pokrijemo odvzem in v petih letih preskrbljenost tal s hranili približamo optimalni stopnji založenosti (razred C). Ob tem poskušamo doseči, da je sestavljeni načrt gnojenja čim cenejši. Z matematičnega vidika gre za razmeroma preprost problem omejene optimizacije, ki ga lahko razrešimo z metodami matematičnega programiranja (MP). Na osnovi danih omejitev in definirane ciljne funkcije iščemo rešitev - načrt gnojenja, ki bo najbolje zadostil danim omejitvam in bo hkrati čim cenejši. Matematično gledano torej lahko problem priprave gnojilnega načrta enačimo s pripravo optimalne krmne mešanice oziroma pripravo krmnega obroka za domače živali.

Pri pripravi gnojilnega načrta je linearno programiranje (LP) ena izmed bolj uveljavljenih metod (Hansson s sod., 1999). Kljub pogosti uporabi pa ima LP določene predpostavke preveč toge (zlasti ena ciljna funkcija in fiksnost omejitev), saj te dopuščajo optimizacijo zgolj enega cilja naenkrat (npr. minimizacija stroškov). Nedvomno je sestavljanje gnojilnih načrtov bistveno bolj kompleksno. Poenostavitve (kot so upoštevanje zgolj enega cilja) lahko pripeljejo do 'slabe' rešitve oziroma do primera, ko ta ne obstaja (problem togosti postavljenih omejitev). Zato so za oblikovanje gnojilnih načrtov primernejše tehnike večkriterijskega programiranja, v katere lahko vključimo večje število dejavnikov – kriterijev.

Drug ključen problem LP pa je togost omejitev, ki ne dopuščajo nikakršnega odstopanja (Minguez s sod., 1988). V praksi nas to pogosto pripelje do dveh ključnih problemov. Prvi je ta, da sistem enačb včasih nima rešitve. Lahko pa se zgodi tudi, da rešitev obstaja, je pa zaradi prevelikih prekoračitev postavljenih zahtev le-ta neuporabna. Nedvomno pri gnojenju majhna odstopanja ne bi bistveno vplivala na stopnjo založenosti in s tem na višino pridelka, bi pa omogočila rešitev. Ob tem Minguez in sod. (1988) dodajajo, da bi tudi v primeru nekoliko nižjih pridelkov izgubo lahko kompenzirali tudi z manjšimi stroški gnojenja. Če se vrnemo k bilanci hranil, se

moramo zavedati, da so tudi ocenjene potrebe (glede na pričakovan pridelek) po rudninskih hranilih (N, P, K) podvržene določenim odstopanjem - 'napakam' - in je torej nesmiselno zahtevati, da v gnojilnem načrtu za vsako ceno pokrijemo prav vse zahteve, pri tem pa zanemarimo prekoračitve, ki so prav tako drage in zaradi nastalega neravnovesja hranil ne zagotavljajo teoretično izračunanega pridelka.

Poleg linearne metode v literaturi najdemo uporabo številnih drugih optimizacijskih metod s področja operacijskih raziskav. Minguez s sod. (1988) so pomanjkljivosti LP deloma zaobšli z uporabo ciljnega programiranja (angl. goal programming - GP), nadgrajenega s kazensko funkcijo (angl. penalty function - PF). Na primeru načrtovanja gnojenja za sladkorni trs so Sharma s sod. (2003) uporabili ciljni program in s pomočjo evklidskih razdalj iskali optimalno rešitev. Prav tako so Ghosh s sod., (2005) uporabili prioriteto ciljno programiranje za načrtovanje gnojenja pri proizvodnji riža. Na primeru priprave načrta gnojenja riža sta Sharma in Jana (2009) uporabila t.i. »fuzzy« ciljno programiranje (FGP) ter genski algoritem (GA), temelječ na FGP. Z njim sta iskala optimalno mešanico gnojil, ki bo v dani situaciji dala najvišji pridelek. Hansson s sod. (1999) so denimo klasičen LP razvili v mešani celoštevilski program (angl. mixed integer program - MIP) in s pomočjo binarnih spremenljivk omogočili uporabo dodatnih t.i. tehničnih omejitev.

Namen prispevka je prikazati, kako lahko tehnike matematičnega programiranja uporabimo pri pripravi gnojilnega načrta kot podporo pri operativnem odločanju v kmetijstvu. Prav s tem namenom je orodje razvito v MS Excelu, saj je ta programska oprema danes razširjena na večini osebnih računalnikov, s tema pa dostopna potencialnim uporabnikom. Kratki razlagi uporabljenih optimizacijskih tehnik ter kazenske funkcije sledi opis uporabljenega pristopa. Po opisu značilnosti analiziranega primera so prikazani dobljeni rezultati skupaj z razpravo. Prispevek zaokrožamo z nekaj zaključki in smernicami za nadaljnje delo.

2 Material in metode dela

Problem priprave gnojilnega načrta bomo obravnavali kot primer večkriterijskega programiranja. Uporabili bomo tehniko ciljnega programiranja, ki se za tovrstni tip problemov v kmetijstvu najpogosteje uporablja.

Ciljno programiranje (GP) je bilo razvito z namenom, da zaobide pomanjkljivosti klasičnega LP. Razvila sta ga Charnes in Cooper že leta 1955 in ga sprva poimenovala omejena regresija in šele šest let pozneje kot ciljni program (Ignizio in Romero, 2003). Gre za posebno kompromisno metodo reševanja večkriterijskih problemov, ki predpostavlja, da odločevalec pozna ciljne vrednosti in lahko določi njihov relativen pomen (Liu, 2008). Pri reševanju realnih problemov so namreč nasprotujoči si cilji dosegljivi le na račun 'žrtvovanja' drugih ciljev – s tem pa je izpolnjen pogoj za dosego Paretovega optimuma (Liu, 2008).

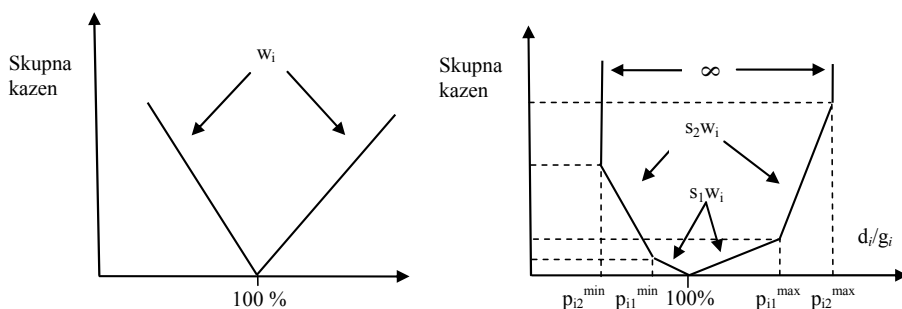
2.1 Tehtano ciljno programiranje in kazenska funkcija

Tehtano ciljno programiranje (angl. weighted goal programming - WGP) nam omogoča sočasno optimiranje večjega števila ciljev. Cilje oblikujemo tako, da želene omejitve pretvorimo v cilje. Postavljenim ciljem lahko teoretično popolnoma zadostimo, včasih le deloma, v ekstremnih primerih pa srečamo tudi take, ki se jim ne moremo približati. Odstopanje od ciljev omogočimo s spremenljivkami, ki jih

opredelimo za vsak cilj posebej, bodisi v pozitivno ali negativno smer in torej pomenijo pozitivno ali negativno odstopanje od zastavljenega cilja. Tako zapisan matematičen model ima eno samo namensko funkcijo, ki išče najmanjšo vsoto odstopanj od zastavljenih ciljev. Dobljen rezultat predstavlja kompromisno rešitev med navadno nasprotujočimi si cilji.

Kakovost dobljenega rezultata je odvisna od izbire t.i. 'prednostnih uteži'. S temi na nek način 'kaznujemo' neželjeno odstopanje od ciljnih vrednosti, s tem pa postavimo tudi prioriteto lestvico ciljev. Vrednosti uteži lahko definiramo na osnovi ekspertne ocene oziroma s pomočjo analize senčnih cen. Da bi zmanjšali pristranskost dobljenih rezultatov, pa Gass (1987) predlaga uporabo zahtevnejših matematičnih tehnik.

Značilnost metode WGP je, da je vsako mejno odstopanje pri posamičnem cilju enako ovrednoteno (konstantna kazen) neodvisno od tega, kako močno je odstopanje od ciljne vrednosti. Z vidika rešitve to seveda lahko predstavlja pomanjkljivost. Za praktično sestavljanje gnojilnih načrtov premočno odstopanje od zastavljenih ciljev (izračunan odvzem hranil in izravnava) pomeni, da načrt ni sprejemljiv tako z vidika uporabnika, stroke, kot zakonodajalca. Da bi odstopanja ohranili znotraj določenih tolerančnih meja in da bi lahko razlikovali v ovrednotenju različno intenzivnih odstopanj, lahko WGP nadgradimo s kazenskimi funkcijami (slika 1). Pri sestavljanju gnojilnih načrtov so jo prvi uporabili Minguez s sod. (1988).



Slika 1: Shematičen prikaz konstantne in več-stopenjske kazenske funkcije (prilagojeno po Romero in Rehman, 2003)

Kazenska funkcija omogoča natančno nastavitve pozitivnih in negativnih intervalov odstopanj in sicer za vsak cilj posebej. Njena občutljivost je odvisna od števila in velikosti definiranih intervalov in od uporabljenih uteži znotraj posameznega intervala. Vsako odstopanje namreč obravnavamo na podlagi predhodno določene večstranske kazenske funkcije, ki v nobenem primeru ne sme preseči zunanjih meja postavljenih intervalov. Ker je kazenska funkcija povezana s WGP preko namenske funkcije, predstavlja pomemben dejavnik pri minimiranju vsote vseh odstopanj.

2.2 Opis razvitega orodja

Orodje za načrtovanje gnojenja je bilo razvito v MS Excelu. Zasnovano je kot dvofazni model (vsebuje dva pod-modela), ki temelji na tehnikah matematičnega programiranja (LP in WGP z vgrajenimi kazenskimi funkcijami). Model je z vidika končnega uporabnika precej »odprt« in omogoča spreminjanje ter prilagajanje večih parametrov reševanja. Spreminjamo lahko prioriteto lestvico ciljev, nabor ciljev, reševanje problema zgolj s prvim pod-modelom ali z obema itd. Denimo pri iskanju optimalnega načrta gnojenja se lahko upošteva ali pa tudi ne 'ocenjen' strošek organskega gnoja. Slednji ima kljub temu, da ga navadno ne kupimo, določeno vrednost. Ocenimo jo lahko na podlagi povprečnih cen čistih hranil, preračunanih iz tržnih cen najpogosteje uporabljenih mineralnih gnojil. Posledično je lahko tako ocenjena cena previsoka in hlevski gnoj ne vstopa v rešitev. Model zato dopušča možnost, da se izračunana cena hlevskega gnoja ne upošteva oziroma se ustrezno zniža. Nedvomno pa bi bilo pri nadaljnjem delu smotno ekonomsko ovrednotiti tudi organsko snov, ki je predvsem v njivskem kolobarju zelo pomembna, in sicer v smislu znižanja 'lastne cene' hlevskega gnoja. V trenutni verziji orodja je to možno zgolj z zniževanjem ocenjenih stroškov na podlagi lastne presoje.

Prvi pod-model je klasičen primer iskanja najcenejše kombinacije organskih in rudninskih gnojil, s katero bomo pokrili odzvem ter uravnali založenost hranil (N, P, K) v zemlji na želeno stopnjo 'C'. V primeru, da je rešitev sprejemljiva, kar je odvisno zlasti od ravni odstopanj, se načrtovanje v tej točki lahko ustavi. Če ta pod-model ne najde za praktično uporabo ustrezne rešitve (odstopanja N/P/K so prevelika), pa le-ta služi za približno oceno minimalnih stroškov gnojil, s katerimi pokrijemo petletne potrebe po hranilih. Ta rezultat potrebujemo v drugem pod-modelu, saj je strošek vsebovanih gnojil v gnojilnem načrtu eden izmed ciljev modela (slika 2). Prednost uporabljenega pristopa je predvsem v tem, da model sam oceni pričakovan strošek, ki se pri spremembah cen rudninskih gnojil zelo hitro spreminja. Z opisanim pristopom tako lahko pridemo do zanesljive ocene pričakovanih stroškov in zato ne potrebujemo ekspertnega znanja. Na ta način omogočimo, da drugi pod-model, ki temelji na WGP, nadgrajenim s PF, pripelje do tehnološko ustrezne rešitve, ki je sprejemljiva tudi z ekonomskega vidika.

Drugi pod-model vključuje štiri cilje. Kot cilj obravnava bilance dušika, fosforja in kalija ter skupne stroške gnojil petletnega gnojilnega načrta. Problem načrtovanja gnojenja smo formulirani tako, da so ciljne vrednosti bilanc hranil enake nič. Na ta način želimo doseči, da so bilance kar najboljše izravnane. Kot ciljne stroške pa upoštevamo stroške, izračunane s prvim pod-modelom. Vse štiri cilje smo nadgradili s kazensko funkcijo in tako omogočili natančen nadzor odstopanj od zelenih vrednosti. Tehtani ciljni program zahteva da vsem ciljem pripišemo utež (W) in jih tako razvrstimo po pomenu. V nadaljevanju prikazanem primeru smo nastavili, da je bilanca hranil bistveno bolj pomembna kot cena ($W_{N/P/K} = 80/100/80$; $W_{cena} = 5$). S tem pristopom uporabnik lahko določi, kako naj se model obnaša v primerih, ko je rešitev (npr. zadostitev enemu cilju) možna le z 'žrtvovanjem' drugega cilja. Pri gnojilnem načrtu to pomeni, da bo model našel rešitev, pri kateri bodo presežki hranil (zlasti P in K) minimalni, vendar še sprejemljivi z vidika uporabnosti načrta.

Glede na to, da so kmetje po zakonodaji dolžni pripraviti petletni gnojilni načrt, smo orodje zasnovali tako, da se načrt gnojenja izdela za vsako leto posebej, bilanca hranil pa se v petih let izravna skladno z njihovim odzvemom in rezultati opravljene analize tal. Trenutna verzija modela je razmeroma preprosta in vključuje zgolj

najpomembnejše omejitve, ki jim moramo zadostiti pri gnojenju. Pri obeh podmodelih upoštevamo omejitve za največji dovoljen vnos hranil z živinskimi gnojili (170 kg/ha dušika, 120 kg/ha fosforja in 300 kg/ha kalija), uporabnik pa ima možnost, da vnos hranil z živinskimi gnojili še dodatno zmanjša oziroma omeji. Slednje je zlasti pomembno, kadar nam primanjkuje organskega gnoja oziroma smo tega že porabili na drugih površinah. Model dodatno omogoča, da na določenih površinah izločimo možnost uporabe hlevskega gnoja (bodisi je razlog v oddaljenosti in s tem povezanimi previsokimi transportnimi stroški, ali pa je problem z razvozom zaradi strmih površin ipd.). Pri posameznih kulturah lahko dodatno vklopimo omejitve, da gnojenje z organskimi ali anorganskimi gnojili ni zaželeno. Tako bo model poizkušal poiskati optimalni načrt znotraj nabora razpoložljivih gnojil.

Pri sestavljanju kolobarja lahko uporabnik izbira med naborom kultur s pripadajočimi podatki o odvzemu hranil, ki se izračuna na podlagi pričakovanega pridelka (Leskošek, 1993). V model je možno vnesti tudi nove kulture z odvzemi hranil in tako njihov nabor razširiti. Posamezna kultura lahko vstopa v kolobar kot glavna kultura ali kot dosevek. V drugem primeru lahko s pomočjo korekcijskega faktorja prilagodimo tudi pridelek in z njim odvzem hranil s površin.

2.3 Opis analiziranega primera

Za predstavitev delovanja orodja smo pripravili petletni gnojilni načrt za hipotetično njivsko parcelo s srednje težkimi tlemi in površino 1,5 ha. Načrt se nanaša na obdobje 2009-2013. Predpostavili smo, da je analiza tal iz leta 2008 pokazala preskromno preskrbljenost s K (založenost 9,7 mg/100g) in P (založenost 14 mg/100g), tako da je v petletnem obdobju potrebno povečati odmerke gnojil s ciljem doseči optimalno stopnjo založenosti pri obeh hranilih (prehod s stopnje B na stopnjo C).

Opravili smo tri analize. V prvem primeru smo predpostavili, da model pri načrtovanju lahko zanemari 'ekonomsko vrednost' hlevskega gnoja in upošteva zgolj nabavne cene rudninskih gnojil. V drugem primeru pri iskanju optimalnega načrta gnojenja upoštevali tudi ocenjen strošek hlevskega gnoja. Pri tretji analizi pa smo predpostavili znižan strošek hlevskega gnoja (za 50 %), s čimer smo na nek način skušali upoštevati njegov pozitiven učinek na delež organske snovi v tleh (pregl. 1). Za vse tri situacije smo pripravili načrt gnojenja posebej s prvim in drugim podmodelom, pri čemer smo uporabili nabor 13 vrst gnojil, hlevski gnoj in cene, ki so prikazani v preglednici 1. Kot rezultat nas je poleg bilance P in K zanimal predvsem skupni strošek gnojenja.

Na analizirani njivi smo zastavili kolobar, kakršnega precej pogosto srečamo zlasti na govedorejskih kmetijah. Prvo leto glavno poljščino predstavlja koruza za silažo s pričakovanim pridelkom 45 t/ha, kateri sledi ozimna pšenica. Tej v drugem letu po žetvi sledi deteljno-travna mešanica (DTM) s pričakovanim pridelkom 2,2 t suhe snovi na ha. Tretje leto imamo na njivi samo DTM (11 t/ha). Četrto leto v kolobar vstopi koruza za zrnje (10 t/ha) in za njo ozimni ječmen, ki je v zadnjem letu glavna kultura s pričakovanim pridelkom 5,5 t/ha. Kot dosevek pa vstopa ajda (0,9 t/ha). Predpostavili smo, da na analizirani njivi lahko gnojimo s hlevskim gnojem, je pa to tehnološko smiselno le pri koruzi.

Preglednica 1: Nabor mineralnih gnojil ter hlevskega gnoja

Koda	Vrsta mineralnega gnojila/hlevski gnoj	%			Cena (€/100kg)
		N	P	K	
M1	NPK 5-15-30	5	15	30	56,3
M2	NPK 15-15-15	15	15	15	44,2
M3	Super fosfat (26%)		26		54
M4	NPK 7-14-21	7	14	21	43,4
M5	NPK 7-20-30	7	20	30	65
M6	NPK 6-18-24	6	18	24	46,9
M7	NPK 8-26-26	8	26	26	72
M8	NPK 12-12-12	12	12	12	44,4
M9	NPK 10-15-20	10	15	20	54,7
M10	Super fosfat		19		28,4
M11	KAN N (mgO) 27	27			31,3
M12	Kalijev sulfat			30	69,6
M14	UREA - 46	46			33,2
G1	Govej hlevski gnoj*	3,9	2,5	6	1,31**

* Upošteva se večletni izkoristek dušika.

** Pri prvem scenariju se lastna cena hlevskega gnoja ne upošteva, v drugem se upošteva 100% lastna cena, v zadnjem scenariju pa upoštevamo le 50% izračunane lastne cene.

3 Rezultati

S pomočjo razvitega orodja smo za predstavljen primer pripravili gnojilne načrte v skladu z opisanimi scenariji (bistvena razlika je le v upoštevanih stroških hlevskega gnoja). V preglednici 2 prikazujemo primerjavo rezultatov vseh treh scenarijev, primer izpisa gnojilnega načrta (scenarij 1, pod-model 2) ki ga pripravi orodje, pa prikazuje slika 2.

Iz preglednice 2 je razvidno, da s pomočjo drugega pod-modela, ki temelji na WGP, nadgrajenim s sistemom kazenskih funkcij, v vseh treh scenarijih pridemo do tehnološko boljše rešitve. Odstopanj pri P in K ni, torej je načrt, upoštevajoč priritke, izravnani in v petih letih predvidoma dosežemo želeno stopnjo založenosti 'C'. Z vidika praktične uporabe bi bila sprejemljiva rešitev prvega pod-modela (LP) zgolj pri drugem scenariju, medtem ko so odstopanja pri drugih dveh prevelika. So pa načrti LP v analiziranem primeru za 12 do 13 % cenejši v primerjavi z bolj izravnanim načrtom drugega pod-modela. Pri tem je vsekakor potrebno poudariti, da je bila v našem primeru kakovost (bilance N/P/K) gnojilnega načrta bistveno bolj pomembna kot skupni strošek. Če bi razmerje spremenili v korist skupnih stroškov, bi bila slika povsem drugačna.

Preglednica 2: Primerjava rezultatov scenarijske analize

	Scenarij 1*		Scenarij 2		Scenarij 3	
	Pod-model 1	Pod-model 2	Pod-model 1	Pod-model 2	Pod-model 1	Pod-model 2
Odstopanje na letni ravni (kg/ha):						
P	9,7	0,0	6,3	0,0	6,3	0,0
K	36,1	0,0	0,0	0,0	27,8	0,0
Strošek gnojenja na ha (€/5 let)	1.375	1.582	2.106	2.142	1.846	1.882
Količina hlevskega gnoja (t/5 let)	75,9	45,8	30,6	30,6	69,0	45,8

* scenarij 1 ne vključuje stroškov (hranil) hlevskega gnoja, scenarij 2 te vključuje v celoti, scenarij 3 pa le na ravni 50 %.

Iz preglednice 2 je razvidno tudi, da ocenjen strošek hlevskega gnoja zelo pomembno vpliva na skupni strošek gnojenja in tudi na samo vključenost hlevskega gnoja v rešitev. Po pričakovanjih je orodje pri uporabi prvega pod-modela največ hlevskega gnoja vključilo pri prvem scenariju, več kot polovico manj (v tem primeru v rešitev vstopa le v prvem letu kolobarja) pri drugem ter 10% manj pri tretjem, kjer so njegovi stroški zaradi pričakovanega pozitivnega vpliva na organsko snov v tleh znižani za polovico. Pri drugem pod-modelu pa se je zgodilo, da sta rešitvi prvega in tretjega scenarija povsem identični, manjše količine hlevskega gnoja pa so uporabljene pri drugem scenariju.

Iz predstavljenih rezultatov ne moremo potegniti zakonitosti glede upoštevanja stroškov hlevskega gnoja ter primernosti uporabljene matematične metode. V kolikor dobimo tehnološko zadovoljivo rešitev že z linearnim programom (pod-model 1), uporaba metodološko zahtevnejšega pod-modela 2 ni potrebna. Zaradi avtomatiziranosti izračunov pa lahko zaključimo, da predstavljeno orodje omogoča končnemu uporabniku enostavno pripravo načrtov gnojenja po 1. ali 2. postopku, saj se dobljene rešitve s pomočjo t.i. 'makrov' izpišejo ne glede na izbran pristop v obliki, prikazani na sliki 2.

4 Zaključek

Uporabljen pristop kombiniranja matematičnih metod linearnega in tehtanega ciljnega programiranja, nadgrajenega s sistemom kazenskih funkcij, se je izkazal za uporabnega pri pripravi petletnih načrtov gnojenja. Končnemu uporabniku omogoča, da na razmeroma enostaven in hiter način poišče tehnološko ustrezen gnojilni načrt.

V analiziranem primeru se je izkazalo, da je z drugim pod-modelom mogoče poiskati bolj uravnotežen gnojilni načrt. Vsekakor pa lahko pričakujemo tudi primere, ko bomo že s prvim pod-modelom dobili povsem ustrezen, marsikdaj pa celo identičen rezultat.

Gnojilni načrt za KMG MID

ABC

Analizo pripravil:

Žgajnar J.

Podatki o parceli:

Domače ime:

GERK:

Koda njive:

Analiza tal:

Datum analize tal:

P2O5 mg/100g

K2O mg/100g

Test	<i>Površina njive (ha):</i>	1,50
a1b1c1		
N 16		
2008		
10	B	
14	B	

Hranila v gnojilu (kg/ha)

Odvzem poljščin (kg/ha)

N	P	K	N	P	K
843,1	427,3	833,1	843,1	302,3	708,1
	85,5	166,6		60,5	141,6
				25,0	25,0
	0,0	0,0			

SKUPAJ
Povprečna količina hranil na leto
Povprečna letna korekcija za dosego razreda 'C'
Odstopanje na letni ravni

**Pri izračunu pridelka se upošteva določen %*

Leto	Glavna poljščina	Dosevek	Koda	Organsko / mineralno gnojilo	Cena €/t oz €/100kg	Količina v t oz 100kg	Hranila v gnojilu (kg/ha)			Odvzem poljščine (kg/ha)		
							N	P	K	N	P	K
	Pridelek (kg)	Pridelek* (kg)					kg/ha			kg/ha		
2009	Koruzna silaža 45.000	Pšenica 0	G1 M10 M14	Govej hlevski gnoj, dober Super fosfat UREA N 46 ali sečnina	0,0 28,4 33,2	34,2 0,4 0,3	133,4 0,0 12,9	85,4 7,1 0,0	205,0 0,0 0,0	146,3	67,5	180,0
						Prvo leto						
2010	Pšenica 5.000	DTM 2.200	M1 M6 M14	NPK 5-15-30 NPK 6-18-24 UREA N 46 ali sečnina	56,3 46,9 33,2	5,1 0,6 3,1	25,7 3,7 142,6	77,1 11,1 0,0	154,2 14,8 0,0	172,0	63,2	144,0
						Drugo leto						
2011	DTM 11.000	#N/V 0	M1 M12 M14	NPK 5-15-30 Kalijev sulfat UREA N 46 ali sečnina	56,3 69,6 33,2	6,1 2,1 4,7	30,3 0,0 217,2	91,0 0,0 0,0	182,0 63,0 0,0	247,5	66,0	220,0
						Tretje leto						
2012	Koruzna zrna 10.000	Ozimni ječmen 0	G1 M10 M14	Govej hlevski gnoj, dober Super fosfat UREA N 46 ali sečnina	0,0 28,4 33,2	11,7 2,7 2,3	45,5 0,0 104,5	29,2 50,8 0,0	70,0 0,0 0,0	150,0	55,0	45,0
						Četrto leto						
2013	Ozimni ječmen 5.500	Ajda 900	M1 M6 M14	NPK 5-15-30 NPK 6-18-24 UREA N 46 ali sečnina	56,3 46,9 33,2	4,3 0,6 2,2	21,6 3,6 102,1	64,9 10,7 0,0	129,8 14,3 0,0	127,4	50,6	119,1
						Peto leto						

Slika2: Primer izpisa sestavljenega gnojilnega načrta, pripravljenega s pomočjo predstavljenega orodja

Predstavljeno orodje je možno za raziskovalne namene nadgraditi v smeri večje vključenosti ciljev, zlasti pri spremljanju bilance mikrohranil. Nedvomno bi z njim lahko naredili tudi analize možne vključitve drugih organskih gnojil.

5 Viri

- Gass S. 1987. The setting of weights in linear goal-programming problems. *Computers and Operations Research*, 14, 227-229
- Gosh D., Sharma D.K. in Mattison D.M. 2005. Goal programming Formulation in Nutrient Management for Rice production in West Bengal. *International Journal of Production Economics*. 95: 1-7
- Hansson P.A., Svensson S.E., Hallefält F. in Diedrichs H. 1999. Nutrient and Cost Optimization of Fertilizing Strategies for Salix Including use of Organic Waste Products. *Biomass and Bioenergy*. 17: 377-387
- Ignizio, J.P. in Romero, C. 2003. Goal Programming. *Encyclopedia of Information Systems*. Elsevier Science. 2, 489-500
- Leskošek M. 1993. Gnojenje: za velik in kakovostne pridelek, zaboljšanje rodovitnosti tal, za varovanje narave. Ljubljana. ČZP Kmečki glas: 197 str.
- Liu, B. 2008. Theory and Practice of Uncertain Programming, 3. izdaja 202 str. <http://orsc.edu.cn/liu/up.pdf>
- Minguez M.I., Romero C. in Domingo J. 1988. Determining Optimum Fertilizer Combinations through Goal Programming with Penalty Functions: An Application to Sugar Beet Production in Spain. *The Journal of the Operation Research Society*. 39, 1: 61-70
- Romero C. in Rehman T. 2003. Multiple criteria analysis for agricultural decisions. 2nd ed. Elsevir, Amsterdam, 186 str.
- Sharma D.K. Ghosh D. in Alade J.A. 2003. Management Decision-Making for Sugarcane Fertilizer Mix Problems Through Goal Programming. *Journal of Applied Mathematics and Computing*. 13, 1-2: 323-334
- Sharma D.K. in Jana R.K. 2009. Fuzzy goal programming based genetic algorithm approach to nutrition management for rice crop planning. *International Journal of Production Economics* 121: 224-232
- Tamiz M., Jones D. in Romero C. 1998. Goal programming for decision making: An overview of the current state-of-the-art. *European Journal of Operational research*, 111, 569-581

Izvedbo konference so podprli:



Univerza v Mariboru

*Fakulteta za kmetijstvo in
biosistemske vede*



Univerza v Ljubljani
Biotehniška fakulteta



Kmetijski inštitut Slovenije



Okus. Življenje. Vitalnost.