

INMATEH -

AGRICULTURAL ENGINEERING

Indexed in:



ULRICHS



CABI



SCPIO ROMANIAN
EDITORIAL PLATFORM



ELSEVIER /
SciVerse SCOPUS

SEPTEMBER - DECEMBER

Editorial

The National Institute of Research-Development for Machines and Installations designed to Agriculture and Food Industry - INMA Bucharest has the oldest and most prestigious research activity in the field of agricultural machinery and mechanizing technologies in Romania.

Short History

- ✓ *In 1927, the first research Center for Agricultural Machinery in Agricultural Research Institute of Romania - ICAR (Establishing Law was published in O.D. no. 97/05.05.1927) was established;*
- ✓ *In 1930, was founded The Testing Department of Agricultural Machinery and Tools by transforming Agricultural Research Centre of ICAR- that founded the science of methodologies and experimental techniques in the field (Decision no. 2000/1930 of ICAR Manager - GHEORGHE IONESCU ȘIȘEȘTI);*
- ✓ *In 1952, was established the Research Institute for Mechanization and Electrification of Agriculture - ICMA Băneasa, by transforming the Department of Agricultural Machines and Tools Testing;*
- ✓ *In 1979, the Research Institute of Scientific and Technological Engineering for Agricultural Machinery and Tools - ICSITMUA was founded - subordinated to Ministry of Machine Building Industry - MICM, by unifying ICMA subordinated to MAA with ICPMA subordinated to MICM;*
- ✓ *In 1996 the National Institute of Research-Development for Machines and Installations designed to Agriculture and Food Industry - INMA was founded - according to G.D. no.1308/25.11.1996, by reorganizing ICSITMUA, G.D no. 1308/1996 coordinated by the Ministry of Education and Research G.D. no. 823/2004;*
- ✓ *In 2008 INMA has been accredited to carry out research and developing activities financed from public funds under G.D. no. 551/2007, Decision of the National Authority for Scientific Research - ANCS no. 9634/2008.*

As a result of widening the spectrum of communication, dissemination and implementation of scientific research results, in 2000 was founded the institute magazine, issued under the name of SCIENTIFIC PAPERS (INMATEH), ISSN 1583 – 1019.

*Starting with volume 30, no. 1/2010, the magazine changed its name to INMATEH - *Agricultural Engineering*, appearing both in print format (ISSN 2068 - 4215), and online (ISSN online: 2068 - 2239). The magazine is bilingual, being published in Romanian and English, with a rhythm of three issues / year: January-April, May-August, September-December and is recognized by CNCSIS – with B category. Published articles are from the field of AGRICULTURAL ENGINEERING: technologies and technical equipment for agriculture and food industry, ecological agriculture, renewable energy, machinery testing, environment, transport in agriculture etc. and are evaluated by specialists inside the country and abroad, in mentioned domains.*

*Technical level and performance processes, technology and machinery for agriculture and food industry increasing, according to national requirements and European and international regulations , as well as exploitation of renewable resources in terms of efficiency, life, health and environment protection represent referential elements for the magazine „INMATEH- *Agricultural Engineering*”.*

We are thankful to all readers, publishers and assessors.

*Editor in chief,
Ph.D. Eng. Pîrnă Don*

Managing Editorial Board - INMA Bucharest**Editor in Chief**

Pirnă Ion, General Manager, Prof.Hon. Ph.D.Eng, SR I, Corresponding member of ASAS, pirna@inma.ro

Executive Editor

Vlăduț Valentin, Ph.D.Eng, SR II;

valentin_vladut@yahoo.com

Cioica Nicolae, Ph.D. Eng, IDT II

Assistant Editor

Drâmbei Petronela, Ph.D.Eng, SR I;

petronela_drambei@yahoo.com

Postelnicu Elena, PhD. Stud. Eng, SR;

postelnicu.elena@yahoo.com

Logistic support, database

Muraru Virgil, Ph.D.Eng, SR I;

vmuraru@inma.ro

Țicu Tania, techn; tanya_manu@yahoo.com

Scientific Secretary

Cârdei Petre, mat.,

petru_cardei@yahoo.com

Official translators

Barbu Mihaela, Prof. English, French

Nedelcu Mihail, Ph.D. Eng. SR III

Editorial Board

- Acad. HERA Cristian - Romania, Honorary President of ASAS - Academy of Agricultural and Forestry Sciences "Gheorghe Ionescu Șişești", member of Romanian Academy;
- Acad. Prof. Ph.D. SIN Gheorghe - Romania, President of ASAS - Academy of Agricultural and Forestry Sciences "Gheorghe Ionescu Șişești";
- Prof. Ph.D. NICOLESCU I. Mihai - Romania, Vicepresident of ASAS - Academy of Agricultural and Forestry Sciences "Gheorghe Ionescu Șişești";
- Hon.Prof. Ph.D.Eng. GÂNGU Vergil - Romania, President of the Department of Agricultural Mechanization of ASAS - Academy of Agricultural and Forestry Sciences "Gheorghe Ionescu Șişești";
- Ph.D. Eng. NICOLESCU C. Mihai - Romania, Scientific Secretary of the Department of Agricultural Mechanization of the ASAS - Academy of Agricultural and Forestry Sciences "Gheorghe Ionescu Șişești";
- Assoc.Prof. Ph.D. Eng. BELC Nastasia - Romania, IBA Bucharest;
- Ph.D. Eng. DRUMEA Petrin - Romania, INOE 2000-IHP Bucharest;
- Prof. Ph.D. Eng. PARASCHIV Gigel - Romania, P.U. Bucharest;
- Assoc.Prof. Ph.D.Eng. BIRIȘ Sorin - Romania, P.U. Bucharest;
- Prof. Ph.D. Eng. NICULIȚĂ Petru - Romania, USAMV Bucharest;
- Prof. Ph.D. Eng. VLASE Sorin - Romania, "Transilvania" University Brașov;
- Prof. Ph.D. Eng. ROȘ Victor - Romania, Technical University Cluj Napoca;
- Prof. Ph.D. Eng. FILIP Nicolae - Romania, Technical University Cluj Napoca;
- Prof. Ph.D. Eng. VOICU Gheorghe - Romania, P.U. Bucharest ;
- Prof. PhD. Eng. GERGEN Iosif - Romania, USAMVB Timișoara;
- Prof. Ph.D. Eng. ȚENU Ioan - Romania, USAMV Iași;
- Assoc.Prof. Ph.D.Eng. BUNGESCU Sorin - Romania, USAMVB Timișoara;
- Prof. Ph.D.Eng. FENYVESI László - Hungary, Hungarian Institute of Agricultural Engineering Godolo;
- Prof. Ph.D.Eng. KOSUTIC Silvio - Croatia, University of Zagreb;
- Ph.D. BIOCCA Marcello - Italia, Agricultural Research Council, Agricultural Engineering Research Unit;
- Prof. Ph.D.Eng. MIHAILOV Nikolay - Bulgaria, University of Rousse;
- Assoc.Prof. Ph.D.Eng. Atanasov At. - Bulgaria, University of Rousse;
- Assoc.Prof. Ph.D. ERTEKIN Can - Turkey, Akdeniz University Antalya;
- Prof. Ph.D.Sc. Eng. VARTUKAPTEINIS Kaspars - Latvia, Latvia University of Agriculture, Institute of Agricultural Machinery;
- ir. HUYGHEBAERT Bruno - Belgium, Walloon Agricultural Research Center CRA-W;
- Prof. Ph.D. Eng. FABBRO Dal Inacio Maria - Brazil, Campinas State University.

INMATEH - Agricultural Engineering

vol. 38, no. 3 / 2012

NATIONAL INSTITUTE OF RESEARCH-DEVELOPMENT FOR
MACHINES AND INSTALLATIONS DESIGNED TO
AGRICULTURE AND FOOD INDUSTRY - INMA Bucharest

6 Ion Ionescu de la Brad Blvd., sector 1, Bucharest

Three issues per year,

e ISSN: 2068 – 2239

p ISSN: 2068 – 4215

Edited by: INMA Bucharest

CUPRINS / CONTENTS

	Pag.
1. STUDIES AND RESEARCHES ON ENERGETIC OPTIMIZATION OF FODDER HARVESTING COMBINES - UNIDIMENSIONAL MODELS / STUDII ȘI CERCETĂRI ASUPRA OPTIMIZĂRII ENERGETICII COMBINELOR DE RECOLTAT FURAJE – MODELE UNIDIMENSIONALE Math. Cârdei P. ¹⁾ , Eng. Sfîru R. ¹⁾ , PhD. Stud. Ștefănoiu M.D. ²⁾ , Prof. PhD. Eng. Bădescu M. ²⁾ , Assoc. Prof. PhD. Eng. Boruz S. ²⁾ , Assoc. Prof. PhD. Eng. Lazar S. ³⁾ ¹⁾ INMA Bucharest / Romania; ²⁾ University of Craiova / Romania; ³⁾ University of Novi Sad / Serbia	5
2. STUDIES AND RESEARCHES ON ENERGETIC OPTIMIZATION OF FODDER HARVESTING COMBINES - TWO DIMENSIONAL MODELS / STUDII SI CERCETARI ASUPRA OPTIMIZARII ENERGETICII COMBINELOR DE RECOLTAT FURAJE – MODELE BIDIMENSIONALE PhD. Stud. Ștefănoiu M.D. ¹⁾ , Math. Cârdei P. ²⁾ , Prof. PhD. Eng. Pirnă I. ²⁾ , Prof. PhD. Eng. Bădescu M. ¹⁾ , Assoc. Prof. PhD. Eng. Boruz S. ¹⁾ , Assoc. Prof. PhD. Eng. Atanasov At. ³⁾ ¹⁾ University of Craiova / Romania; ²⁾ INMA Bucharest / Romania; ³⁾ University of Rousse / Bulgaria	15
3. RESEARCHES ON IMPROVING THE WORKING PROCESS OF THE PICK-UP TYPE DRUM WITH RETRACTABLE FINGERS / CERCETĂRI CU PRIVIRE LA ÎMBUNĂȚĂȚIREA PROCESULUI DE LUCRU AL TOBEI CU DEGETE ELASTICE RETRACTABILE Ph.D. Eng. Caba I.L. ¹⁾ , Assoc. Prof. PhD. Eng. Bungescu S. ¹⁾ , Assoc. Prof. PhD. Eng. Biriș S. ²⁾ , Prof. PhD. Eng. Moise V. ²⁾ ¹⁾ USAMVB Timișoara / Romania; ²⁾ P.U. Bucharest / Romania	23
4. RESEARCHES REGARDING THE OPTIMIZATION OF FODDER COMBINES CHOPPING DRUMS / CERCETARI PRIVIND OPTIMIZAREA TOBELOR DE TOCARE LA COMBINELE DE FURAJE Ph.D. Eng. Anisoara PAUN, Ph.D. Eng. Ancuta NEDELICU, Eng. Valerica NEAGOE. INMA Bucharest	33
5. SOME PHYSICAL PROPERTIES OF “BALO” BELL PEPPER IN THREE HARVEST TIME FOR SORTING MACHINE DESIGN / SINIFLANDIRMA MAKINASI TASARIMI İÇİN ÜÇ FARKLI HASAT ZAMANINDA “BALO” DOLMALIK BİBERİN BAZI FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ Ph.D. Kabas O., Prof. Ozmerzi A. Batı Akdeniz Agricultural Research Institute, Antalya /Turkey	39
6. EVALUATION METHOD OF ENERGY POTENTIAL OF SOLID VEGETAL BIOMASS / METODA DE EVALUARE A POTENTIALULUI DE ENERGIE DIN BIOMASA SOLIDA VEGETALA PhD. Stud. Eng. Nagy E.M. ¹⁾ , PhD. Stud. Eng. Coța C. ¹⁾ , PhD. Eng. Cioica N. ¹⁾ , Prof. PhD. Eng. Brkic M. ²⁾ ¹⁾ INMA Bucharest-Cluj Napoca Branch / Romania ²⁾ University of Novi Sad / Serbia	45
7. SOME PHYSICAL – BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF MISCANTHUS ENERGETIC PLANT STALKS / UNELE CARACTERISTICI FIZICO-BIOLOGICE ALE TULPINILOR PLANTEI ENERGETICE MISCANTHUS PhD. Stud. Eng. Moiceanu G. ¹⁾ , Prof. PhD. Eng. Voicu Gh. ¹⁾ , Prof. PhD. Eng. Paraschiv G. ¹⁾ , PhD. Stud. Eng. Poenaru I.C. ¹⁾ , Prof. PhD. Eng. Pirnă I. ²⁾ ¹⁾ P.U. Bucharest / Romania; ²⁾ INMA Bucharest / Romania	53
8. ANALYSIS OF COMPLEX TECHNOLOGY FOR VEHICLE FUELING WITH BIOMETHANE / KOMPLEKSAS TEHNOLOĖIJAS SPĒKRATA UZPILDĖŠANAI AR BIOMETĀNU ANALĖZE Inventor Safronov A. ¹⁾ , Prof. PhD. Habil. Phys Gelfgat Y. ²⁾ , Assist. Prof. Ph.D.Sc. Eng. Šmigins R. ³⁾ , ⁴⁾ ¹⁾ Hygen Ltd.; ²⁾ Institute of Physics of University of Latvia; ³⁾ Latvia University of Agriculture; ⁴⁾ Institute of Physical Energetics / Latvia	59
9. DETERMINATION OF SOME SOIL PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS USING FACTOR ANALYSIS FOR SOIL TILLAGE IN VERTISOL AND ENTISOL / ENTİSOL VE VERTİSOLDE TOPRAK İŞLEME İÇİN FAKTÖR ANALAZİ KULLANARAK BAZI TOPRAK FİZİKO-KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ Assist. Prof. Dr. Sağlam M., Ress. Assist. Selvi K.Ç., Assoc. Prof. Dr. Dengiz O., Ress. Assist. Sarioğlu E.F. Department of Soil Science and Plant Nutrition, Agricultural Faculty, Ondokuz Mayıs University, Samsun / Turkey	65

10. **CHANGING EXISTING IRRIGATION SYSTEMS AND MANAGEMENT IN BULGARIA FOR SUSTAINABLE USE OF WATER /** 73
ПРОМЯНА НА СЪЩЕСТВУВАЩИТЕ НАПОИТЕЛНИТЕ СИСТЕМИ В БЪЛГАРИЯ И УПРАВЛЕНИЕТО
ИМ ЗА УСТОЙЧИВО ИЗПОЛЗВАНЕ НА ВОДАТА
Assist. Prof. Ph.D. Patamanska G., Assoc. Prof. Ph.D. Chehlarova-Simeonova S.
Institute of Soil Science, Agrotechnology and Plant Protection "Poushkarov" Sofia / Bulgaria
11. **THEORETICAL AND EXPERIMENTAL VIBRATION OF TILLAGE CUTTER** 79
CERCETARI TEORETICE SI EXPERIMENTALE ALE VIBRATIILOR UNEI FREZE
As. PhD. Stud. Eng. Ovanisof A., Assoc. Prof. Ph.D. Eng. Savu M., Prof. Ph.D. Eng. Magheți I.
P.U. Bucharest / Romania

STUDIES AND RESEARCHES ON ENERGETIC OPTIMIZATION OF FODDER HARVESTING COMBINES-UNIDIMENSIONAL MODELS

STUDII ȘI CERCETĂRI ASUPRA OPTIMIZĂRII ENERGETICII COMBINELOR DE RECOLTAT FURAJE – MODELE UNIDIMENSIONALE

Math. Cârdei P.¹⁾, Eng. Sfîru R.¹⁾, PhD. Stud. Ștefănoiu M.D.²⁾, Prof. PhD. Eng. Bădescu M.²⁾,
Assoc. Prof. PhD. Eng. Boruz S.²⁾, Assoc. Prof. PhD. Eng. Lazar S.³⁾

¹⁾INMA Bucharest / Romania; ²⁾University of Craiova / Romania; ³⁾University of Novi Sad / Serbia
e-mail: petru_cardei@yahoo.com

Abstract: This article is the first among a series of three articles describing mathematical models of fodder harvesting combines energetics, in order to optimize their working regimes. Starting from scientific literature of 1970-1980s, the classical models have been improved and adjusted, obtaining new models and results. The calibrating method of mathematical models is shown in order to determine the model constants which are not given by specialty literature. There are made references to manner of validating the results and possible applications in a wider domain of technique and science. The three articles are structured according to complexity of mathematical models elaborated and used for optimization. The first article deals with generalities and unidimensional model, namely that model considering a unique speed for working regime, idle speed and at turnings. The second contains models that consider the working speed and turning speed equal to idle speed, and the third one will describe the models containing the three speeds as independent variables.

Keywords: combine, energetics, optimization

INTRODUCTION

Optimization of agricultural machines and equipment energetics is a continuous concern, especially in this era marked not only by fossil fuel crisis, being generally an energetic crisis, but also by the negative change of planet climate determined by the increased consumption of fossil fuels and power.

As a general rule, this theme, focused on agricultural machines and equipment has not been widely tackled in specialty literature, being rather difficult to solve, unless optimum combinations of parameters are obtained, as the energetic terms structure is in such a way that optimum points strictly speaking (local extremum points of aim or objective functions) almost do not exist, without introducing additional terms, or calculation special restrictions. There are theoretical approaches but also experimental approaches of optimization or energetic efficiency increment of agricultural machinery. Among the few relevant references, we started from Romanian specialty literature, [1], [3], [4], where we could find articles treating about the cereal and fodder harvesting combines energetics optimization. The manner in which the problem is dealt with is clear and simple. Nevertheless, in some formulae, mistakes appeared, which should be corrected. Therefore, none of mathematical models elaborated within the paper is similar to those given in [1], [3] and [4]. Mathematical models developed within this paper have started from criticisms addressed to models elaborated in [1], [3] and [4]. Another reason for which the models built in this paper differ from those in [1], [3] and [4], is that new terms beside the above authors, have been introduced. On the one hand, these terms have been introduced for enabling the calibration of the model on basis of experimental data, and on the other hand new variables have been introduced, because it is natural that

Rezumat: Acest articol este primul dintr-o serie de trei articole dedicate descrierii unor modele matematice ale energeticii combinelor de recoltat furaje, modele folosite pentru optimizarea regimurilor de lucru ale acestor utilaje agricole. Pornind de la literatura științifică a anilor 1970-1980, modelele clasice au fost îmbunătățite și corectate, obținându-se modele și rezultate noi. Se ilustrează modul de calibrare a modelelor matematice în scopul determinării constantelor de model care nu sunt date în literatura de specialitate. Se fac referiri la modul de validare a rezultatelor și la aplicațiile posibile într-un domeniu mult mai larg în cadrul tehnicii și științei. Cele trei articole sunt structurate după complexitatea modelelor matematice elaborate și folosite pentru optimizare. Primul se ocupă de generalități și de modelul unidimensional, adică cel care consideră o singură viteză pentru regimul în lucru, în gol și la întoarcere. Al doilea articol conține modele care consideră viteza în lucru și viteza de întoarcere egală cu cea în gol, iar al treilea articol va descrie modelele care conțin cele trei viteze ca variabile independente.

Cuvinte cheie: combină, energetică, optimizare

INTRODUCERE

Optimizarea energeticii mașinilor și echipamentelor agricole este o preocupare permanentă, mai ales în această epocă marcată nu numai de criza combustibililor fosili și în general energetică, ci și de modificările negative ale climatului planetar datorate creșterii masive a consumului de combustibili fosili și de energie.

În general, tema, centrată pe mașini și utilaje agricole, nu este foarte mult abordată în literatura de specialitate, fiind destul de greu rezolvabilă până la obținerea unor combinații optime de parametri, deoarece structura termenilor energetici ai acestora este de așa natură încât puncte optime în sens strict (de puncte de extremum locale ale unor funcții scop sau obiectiv) aproape că nu există, fără introducerea unor termeni suplimentari sau a unor restricții speciale în calcul. Există abordări teoretice, dar și experimentale ale problemei optimizării sau creșterii eficienței energetice a mașinilor și utilajelor agricole. Din puținul material bibliografic, am pornit de la literatura românească de specialitate, [1], [3], [4], unde am găsit o abordare a optimizării energeticii combinelor de recoltat cereale sau furaje. Metoda de abordare a problemei este clară și simplă. Totuși în unele formule s-au strecurat greșeli care au trebuit îndreptate. Pentru acest motiv, niciunul dintre modelele matematice elaborate în lucrare nu este similar celor date în [1], [3] și [4]. Modelele matematice dezvoltate în lucrare au plecat de la criticile aduse modelelor elaborate în [1], [3] și [4]. Un alt motiv pentru care modelele construite în lucrare diferă de cele din [1], [3] și [4], este acela că s-au introdus termeni noi față de lucrările autorilor susmenționați. Pe de-o parte s-au introdus acești termeni pentru a putea calibra modelul cu date experimentale, iar pe de altă parte s-au introdus variabile noi întrucât ni se pare natural ca viteza în gol, la deplasarea spre o zonă de greș, sau viteza de întoarcere,

the idle speed when moving to a dislevelment area, or the reverse rate should not be equal or simple relations between them should not exist. During the modeling activity, starting from power needed to idle driving of combine working parts, it was considered as interesting to model and estimate the existence of optimum points, and, at idle driving and turning, the power supply from PTO is stopped (either by the tractor driver or by means of an automated device based on sensors which are able to perceive the absence of vegetal matter in front of cutting device).

In this article we will present the classical model obtained from correcting and completing the model from [1], [3] and [4], model with a single variable, a unique speed [6, 7, 8].

MATERIAL AND METHOD

In order to optimize the energetics of the tractor-trailed fodder harvesting combine aggregate, we will follow a way similar to that from [1], [3] and [4], where such a calculation is made for self-carried combines. Method used in [1], [3], [4] is clear, consisting of the following stages: writing down the power balance of cereal harvesting combine; obtaining the energetic balance out of power balance by multiplying each power term by the suitable working time; replacing the time according to plot characteristics and working speed (real speed, idle speed, at turnings); optimization of energetic consumption simultaneously with improving the working capacity.

In table 1 is presented the list comprising the model parameters, so that their explanation should not be necessary for each formula.

să nu fie egale între ele, sau, să nu existe relații simple între acestea. Pe parcursul activității de modelare, pornind de la puterea necesară acționării în gol a organelor de lucru ale combinei, s-a considerat interesant să se modeleze și să estimeze existența unor puncte optime și în cazul în care la deplasările în gol și întoarceri, debitarea de putere la priza de putere se oprește (fie de către tractorist, fie cu ajutorul unui dispozitiv automat bazat pe senzori care pot sesiza absența materialului de vegetal din fața aparatului de tăiere).

În acest articol se va prezenta modelul clasic obținut prin corectarea și completarea modelului din [1], [3] și [4], model cu o singură variabilă, o singură viteză [6, 7, 8].

MATERIAL ȘI METODĂ

Pentru a încerca să ajungem la optimizarea energeticii agregatului format din tractor și combina tractată de recoltat furaje, vom urma o cale asemănătoare cu cea din [1], [3] și [4], unde se face un astfel de calcul pentru combine autopurtate. Metoda folosită în [1], [3], [4] este clară, constând în următoarele etape: scrierea bilanțului de putere al combinei de recoltat cereale; obținerea bilanțului energetic din cel de putere prin înmulțirea fiecărui termen putere cu timpul de lucru corespunzător; înlocuirea timpului funcție de caracteristicile parcelei și vitezele de lucru (efectiv, în gol, la întoarceri); optimizarea consumului energetic simultan cu maximizarea capacității de lucru.

În tabelul 1 se prezintă lista parametrilor modelului, astfel încât să nu fie nevoie explicitarea acestora la fiecare formulă întâlnită.

Table 1 / Tabelul 1

List of parameters of mathematical model used for optimizing the energetics of tractor-trailed fodder harvesting combine aggregate / Lista parametrilor modelului matematic folosit la optimizarea energeticii agregatului tractor-combina tractată de recoltat furaje

No./Nr.	Parameter / Parametrul	Notation / Notație	MU / UM
1	Gravity acceleration / <i>Accelerația gravitațională</i>	g	ms^{-2}
2	Increment coefficient of energy specific for acting the harvesting parts / <i>Coeficient de creștere a energiei specifice pentru acționarea organelor active la recoltare</i>	p_{2r}	$\text{Ws}^2\text{kg}^{-1}\text{m}^{-1}$
3	Increment coefficient of resistance force to movement / <i>Coeficientul de creștere a forței de rezistență la deplasare</i>	f_v	sm^{-1}
4	Friction coefficient of combine wheels rolling on soil / <i>Coeficientul de frecare la rularea roților combinei pe sol</i>	f	-
5	Coefficient of connection between the idle speed and working speed / <i>Coeficientul de legatură între viteza în gol și viteza în lucru</i>	β	-
6	Maximum allowable flow rate / <i>Debitul maxim admisibil</i>	q	kgs^{-1}
7	Distance from the plot edge to the road / <i>Distanța de la marginea parcelei la drum</i>	e	m
8	Specific energy for acting the active parts when harvesting / <i>Energia specifică pentru acționarea organelor active la recoltare</i>	p_1	Wskg^{-1}
9	Coefficient of increment of energy specific to drive the active parts in work / <i>Coeficient de creștere a energiei specifice pentru acționarea organelor active în lucru</i>	p_2	$\text{Ws}^2\text{kg}^{-1}\text{m}^{-1}$
10	Specific weight of combine on working width / <i>Greutatea specifică a combinei pe lățimea de lucru</i>	$g_s = \frac{(M + m) \cdot g}{B}$	Nm^{-1}
11	Combine working width / <i>Lățimea de lucru a combinei</i>	B	m
12	Plot width / <i>Lățimea parcelei</i>	C	m
13	Plot length / <i>Lungimea parcelei</i>	L	m
14	Length of path run for repairing the dislevelments / <i>Lungimea traseului parcurs pentru repararea greșurilor</i>	L_s	m
15	One turning's length / <i>Lungimea unei întoarceri</i>	l_i	m
16	Combine mass / <i>Masa combinei</i>	M	kg
17	Equipment mass / <i>Masa echipamentului EI</i>	m	kg
18	Production appropriate to surface unit / <i>Producția specifică unității de suprafață</i>	ρ	kgm^{-2}
19	Power consumed at PTO in idle speed / <i>Puterea consumată la priză în gol</i>	P_{pg}	W
20	Power consumed at PTO in idle speed / <i>Puterea consumată la priză în gol</i>	P_{pgef}	W
21	Real power at PTO / <i>Puterea efectivă la priza de putere</i>	P_p	W
22	Real power at PTO / <i>Puterea efectivă la priza de putere</i>	P_{pef}	W
23	Real power for combine trailing / <i>Puterea efectivă pentru tractarea combinei</i>	P_{tef}	W
24	Power necessary for acting the combine active parts in idle speed / <i>Puterea necesară pentru acționarea organelor de lucru ale combinei în gol</i>	P_{rg}	W
25	Power necessary for combine towing / <i>Puterea necesară pentru tractarea combinei</i>	P_t	W
26	Total effective power needed to drive the combine during work / <i>Puterea totală efectivă pentru acționarea combinei în timpul lucrului</i>	P_{Tef}	W
27	Radius of turning / <i>Raza de întoarcere</i>	R	m
	Time necessary to turning / <i>Timpul necesar întoarcerilor</i>	t_i	s
28	Working time in idle speed / <i>Timpul de lucru în gol</i>	t_g	s

No./Nr.	Parameter / Parametrul	Notation / Notatie	MU / UM
29	Working time at harvesting / Timpul de lucru în recoltare	t_r	s
30	Working speed (when harvesting or in load) / Viteza de lucru (în recoltare sau sarcină)	v_r, v	m/s
31	Idle speed / Viteza în gol	v_g	m/s
32	Turning speed / Viteza la întoarceri	v_i	m/s
33	Specific fuel consumption of engine per HP and hour / Consumul specific de combustibil al motorului pe cal putere și oră	C_{hcp}	kgCP ⁻¹ h ⁻¹

Balance of power of fodder harvesting combine – a partition of power balance which is simplified

Authors [1] make a simplified power balance in order to solve as simply as possible the aggregate energetics optimization. In this chapter, a correct solution to problem from [1], generalized by two relations allowing to consider complex approaching situations will be given. So, it will be considered the power necessary to tow the trailed harvesting combine, P_t , as:

$$P_t = \begin{cases} g_s f B v_r + g_s f_v B v_r^2, & \text{pentru lucru în sarcina (recoltare)} \\ g_s f B v_g + g_s f_v B v_g^2, & \text{pentru lucru în gol (la întoarceri)} \end{cases} \quad (1)$$

And for power acted at PTO:

$$P_r = \begin{cases} P_{pg} + p_1 B \rho v_r + p_2 B \rho v_r^2, & \text{pentru lucru în sarcina (recoltare, } \rho > 0) \\ P_{pg}, & \text{pentru lucru în gol (} \rho = 0) \end{cases} \quad (2)$$

The second degree terms of working speed and idle speed are introduced to enable the appearance of an objective function which should have an optimum point as local extremum, therefore minimizing the consumed energy. These terms contain the working speed square and idle speed square, as well as in case of machines for soil works, especially ploughs, [2]. Authors [1] have introduced the square term in working speed, v_r , and adding the square term in idle speed, v_g , represents a first original contribution of the author. The existence of this term is neither sure nor experimentally checked, but as we shall see, the experimental data allow the calibration of such a model.

For fodder harvesting using the method of circular displacing with turnings at the fourth points of the plot, the following formula representing the length of one turn, is obtained:

$$l_i = R \left(\frac{\pi}{2} + 2 \right) + \frac{B}{2} + e. \quad (3)$$

The working time during harvesting, according to [1], is given by:

$$t_r = \frac{CL}{B v_r}, \quad (4)$$

And the idle time in work (turnings and distances run for repairing the dislevelments), according to [1]:

$$t_g = \frac{2C}{B v_g} \left(l_i + \frac{L_s}{C} B \right) \quad (5)$$

In these conditions, the energy consumed by the tractor on a plot when harvesting with fodder combine is obtained by multiplying the working power (harvesting), respectively without load, by the working time, respectively without load.

$$E = \left(f g_s B v_r + f_v g_s B v_r^2 + p_1 B \rho v_r + p_2 B \rho v_r^2 + P_{pg} \right) \frac{CL}{B v_r} + \frac{2C}{B v_g} \left(f g_s B v_g + f_v g_s B v_g^2 + P_{pg} \right) \left(l_i + \frac{L_s}{C} B \right) \quad (6)$$

Noting:

$$A = R \left(\frac{\pi}{2} + 2 \right) + e \quad (7)$$

And considering the linear relation between idle speed

Bilanțul de putere al combinei de recoltat furaje - o partiție a bilanțului de putere simplificată

Autorii [1] fac un bilanț de putere simplificat pentru a rezolva cât mai ușor optimizarea energeticii agregatului. În acest capitol se va da o soluție corectă a problemei din [1], generalizată prin două relații care permit considerarea unor situații complexe de lucru. Astfel, se va considera puterea necesară tracțiunii combinei tractate de recoltat furaje, P_t , de forma:

iar pentru puterea acționării la priză:

Termenii de gradul al doilea în viteza în lucru și în viteza în gol sunt introduși pentru a face posibilă apariția unei funcții obiectiv care să aibă un punct optimal în sens clasic de extremum local, în acest caz, minimizând energia consumată. Acești termeni conțin pătratul vitezei de lucru și pătratul vitezei în gol, ca și la mașinile destinate lucrărilor solului, în special pluguri, [2]. Autorii [1] au introdus termenul pătratic în viteza de lucru, v_r , iar adăugarea termenului pătratic în viteza în gol, v_g , este o primă contribuție originală a autorului. Nu este sigură existența acestui termen, și foarte probabil nici nu s-a verificat experimental, dar, așa cum se va vedea, datele experimentale permit calibrarea unui astfel de model.

Pentru recoltarea furajelor, folosind metoda de deplasare circulară cu întoarceri în cele patru colțuri ale parcelei, se obține următoarea formulă pentru lungimea unei întoarceri:

Timpul de lucru în recoltare, conform [1], este dat de:

iar timpul de lucru în gol (întoarceri și distanțe parcurse pentru repararea greșurilor), tot conform [1]:

În aceste condiții energia consumată de tractor pe o parcelă la recoltarea cu combina de furaje, se obține înmulțind puterile în lucru (recoltare), respectiv în gol, cu timpii în lucru, respectiv în gol.

Notând:

și considerând relația liniară între viteza în gol și viteza

and working speed (a second original contribution):

în lucru (o a doua contribuție originală):

$$v_g = \beta v_r \quad (8)$$

And, at the same time, according to [1], considering the additional relation:

și, de asemenea conform cu [1], considerând relația suplimentară:

$$Bvp - q = 0 \quad (9)$$

relation (9) being considered as a limit, then, eliminating the working width between (6) and (9), using for simplifying the notations:

relația (9) fiind considerată o restricție, apoi eliminând lățimea de lucru între (6) și (9), folosind pentru simplificare notațiile:

$$M = g_s fCL + p_1 pCL + 2g_s fCA + \frac{P_{pg} pC(C + 2A)}{q} + f_v g_s \frac{\beta q(C + 2L_s)}{\rho} \quad (10)$$

$$N = f_v g_s CL + 2 f_v g_s C\beta A + p_2 pCL \quad (11)$$

and

și

$$Q = \frac{(\rho P_{pg} + g_s f q)(C + 2L_s)}{\rho} \quad (12)$$

A simple expression of energy is obtained (14):

se obține o expresie simplă a energiei (14):

$$E = E(v) = M + Nv + \frac{Q}{v} \quad (13)$$

considering $v > 0$. Energy, depending on working speed v , has a minimum point whose abscissa (speed which reduces energy), is got by annulling the first derivative of E :

considerând $v > 0$. Energia, ca funcție de viteza de lucru v , are un punct de minim a cărui abscisă (viteza care minimizează energia), se obține anulând prima derivată a lui E :

$$\frac{dE}{dv} = N - \frac{Q}{v^2} = 0 \quad (14)$$

From where:

de unde:

$$v_{\min} = \sqrt{\frac{Q}{N}} \quad (15)$$

respectively:

respectiv:

$$E_{\min} = M + 2\sqrt{NQ} \quad (16)$$

Introducing (12) and (11) within the expression of optimum speed (15), is obtained the following expression of this speed:

Introducând (12) și (11) în expresia vitezei optime (15), se obține următoarea expresie a acestei viteze:

$$v_{\min} = \sqrt{\frac{(\rho P_{pg} + g_s f q)(C + 2L_s)}{\rho C (f_v g_s L + 2 f_v g_s C\beta A + p_2 pL)}} \quad (17)$$

This solution presents two generalizations in comparison with solution from [1], concretized in formulae (2) and (8). Solution is slightly modified taking into consideration the power necessary to idle displacement at PTO, which in [1] is not performed at the harvesting working regime. In this test, we considered the power necessary at PTO as load regime, as being the amount of power measured in idle speed at PTO and other two terms depending on linear and square working speed (2).

Această soluție prezintă două generalizări față de soluția din [1], concretizate în formulele (2) și (8). Soluția este ușor modificată și prin considerarea puterii necesare la mers în gol la priza de putere, ceea ce în [1] nu se face la regimul de lucru în recoltare. În această încercare am considerat puterea necesară la priză în regim de sarcină ca fiind suma dintre puterea în gol la priză și alți doi termeni care depind de viteza de lucru liniar și pătratic (2).

RESULTS

Solutions similar to that above, obtained by generalization and corrections, according to [4], are comfortable solutions given by analytical calculation and emphasize the role and influence of each parameter involved. These solutions are classified by the authors [4] or [11], as belonging to problems of optimum with connections. Energy function E is the goal function, and relation of flow rate calculation, (9), is according to [4], the function or relation of restriction. The authors solution in [4] or [1] is Lagrange method of multipliers. In this paper, a simpler and smarter solution was given, comprehensible at level of elementary mathematical analysis.

In order to obtain a point of optimum, namely a working speed which should minimize one of the parameters defining the aggregate energetics, considering a simple expression of this parameter is not enough, precisely the very energy consumed for one plot harvesting. The natural structure of energy function (also, power, traction force or moment at PTO, etc.) does not allow to deduce an optimum speed which minimizes one of these objective functions, classically speaking (a

REZULTATE

Soluțiile de tipul celei de mai sus, obținute prin generalizare și corecții, după [4], sunt soluții comode care se dau prin calcul analitic și pun în evidență rolul și influența fiecărui parametru implicat. Aceste soluții sunt clasificate de autorii [4] sau [1], în categoria problemelor de optimum cu legături. Funcția energie E este funcția scop, iar relația de calcul a debitului, (9), este după [4], funcția sau relația de restricție. Soluția autorilor în [4] sau [1] se face prin metoda multiplicatorilor lui Lagrange. În această lucrare s-a dat am dat o soluție mai simplă și mai elegantă, inteligibilă la nivel de analiză matematică elementară.

Pentru obținerea unui punct optimal, în esență a unei viteze de lucru care să minimizeze una dintre mărimile ce definesc energetica agregatului, este insuficientă considerarea unei expresii simple a acestei mărimi, în cazul concret din acest subcapitol chiar energia consumată pentru recoltarea unei parcele. Structura naturală a funcției energiei (de asemenea putere, forță de tracțiune sau moment la priza de putere, etc.) nu permite deducerea unei viteze optime care să minimizeze vreuna din aceste funcții scop (obiectiv), în

local minimum outside of the definition domain). For this reason, it is necessary to introduce not only the linear terms but also the square terms in working or idle speed, and even more, to limit the working width and working speed, in case of this subchapter, (13). Eliminating the working width between restriction and goal function, leads to an expression whose derivative has a single real positive root, with variation of sign, proving that it is in fact the abscissa (speed) of a point of minimum of energy, so exactly what is looked for. This procedure supposed that less usual factors have been introduced in specialty literature of all types of combine:

- Coefficient of increasing the resistance force at displacement, f_v (which in terms of dimensions, is the reverse of a speed);
- energy specific for acting the active parts, p_1 ;
- coefficient of increasing the specific energy for acting the active parts when harvesting, p_2 ;
- combine specific weight, g_s or aggregate specific weight, less used, although it is a performance parameter in terms of design and manufacturing the combine.

Calibration of mathematical model

A mathematical model with not very complex relations but with many parameters (which for numerical studies need values, and these values are hardly found in specialty literature, being newly introduced by the author), needs, in order to be appropriately used for optimum speed calculation and its dependence on different parameters, a calibration, namely, setting the model parameters values in a concrete case [2, 3, 7, 8]. This operation is made using the experimental data from a fodder harvesting combine and adjusting (choosing) parameters of model so that the theoretical power resulted from mathematical model be sufficiently closed of the same power values measured in tests.

We have used the experimental data got on trailed fodder harvesting combine, CTF with the equipment for harvesting grassy fodder, EI, [6]. These values, as well as the theoretical ones got by calibration are given in table 2.

sensul clasic al unui minim local nesituat pe frontiera domeniului de definiție. Pentru acest motiv, este nevoie de introducerea unor termeni pătratici și nu numai liniari în viteza de lucru sau viteza în gol, și, în plus de o restricție în care să fie implicată lățimea de lucru și viteza de lucru, în cazul acestui subcapitol, (13). Eliminarea lățimii de lucru între restricție și funcția scop conduce la o expresie a funcției scop a cărei derivată are o singură rădăcină reală pozitivă, cu variația de semn care arată că aceasta este abscisa (viteza) unui punct de minim a energiei, prin urmare exact ceea ce se căuta. Această procedură a presupus totuși introducerea unor factori puțin uzuali în literatura de specialitate a combinelor de orice tip:

- coeficientul de creștere a forței de rezistență la deplasare, f_v (care, din punct de vedere dimensional, este inversul unei viteze);
- energia specifică pentru acționarea organelor active, p_1 ;
- coeficient de creștere a energiei specifice pentru acționarea organelor active la recoltare, p_2 ;
- greutatea specifică a combinei, g_s sau agregatului, puțin utilizată, deși este un parametru de performanță în ceea ce privește proiectarea și construcția combinei.

Calibrarea modelului matematic

Un model matematic cu relații nu neapărat foarte complexe, dar cu foarte mulți parametri (care, pentru studii numerice au nevoie de valori, iar aceste valori sunt greu de găsit în literatura de specialitate sau chiar imposibil, fiind nou introduși de autor), are nevoie, pentru a putea fi folosit cu încredere la calculul vitezelor optime și la studiul dependenței acestora de diverși parametri, de o calibrare, adică de fixarea valorilor parametrilor modelului pe un caz concret [2, 3, 7, 8]. Această operație se face, de exemplu, folosind datele experimentale de la o combină de recoltat furaje și reglând (alegând) parametri de model astfel încât puterile teoretice rezultate din modelul matematic să fie suficient de apropiate de valorile aceluiași puteri măsurate în la încercări.

Ca date au fost folosite datele experimentale obținute pe combina tractată de recoltat furaje, CTF cu echipamentul de recoltat furaje ierboase, EI, [6]. Aceste valori, precum și cele teoretice obținute prin calibrare, sunt date în tabelul 2.

Table 2 / Tabelul 2

Physical size on basis of which calibration is performed and experimental and theoretical values by positive choice of model parameters /
Mărimile fizice în termenii cărora se face calibrarea și valorile experimentală și teoretică prin alegerea potrivită a parametrilor de model

Sizel Marimea, MU	Measured value / Valoarea măsurată	Calibrated value / Valoarea calibrată
Real power for towing the combine / Puterea efectivă pentru tractarea combinei, kW	5.020 / 5,020	5.020 / 5,020
Real power at PTO / Puterea efectivă la priza de putere, kW	29.500 / 29,500	29.500 / 29,500
Power consumed in idle speed / Puterea consumată la priză în gol, kW	7.600 / 7,600	7.600 / 7,600
Total power for acting the combine in work / Puterea totală efectivă pentru acționarea combinei în timpul lucrului, kW	34.520 / 34,520	34.520 / 34,520

Table 3 / Tabelul 3

Model parameters, notations, measuring units and calibrating values. Parameters which denomination (second column) is hachured are the only directly involved in the calibration process. Parameters with cell of classifying hachured are newly introduced parameters /
Parametrii modelului, notații, unități de măsură și valorile de calibrare. Parametrii ai căror denumire (coloana a doua) este hașurată sunt singurii direct implicați în procesul de calibrare. Parametri cu celula de ordine hașurată sunt parametri nou introduși în model

No./Nr.	Parameter / Parametrul	Notation / Notație	MU / UM	Calibrating value / Valoarea de calibrare
1	Gravity acceleration / <i>Accelerația gravitațională</i>	<i>g</i>	ms ⁻²	9.810 / 9,810
2	Radius of turning / <i>Raza de întoarcere</i>	<i>R</i>	m	3.400 / 3,400
3	Distance from the access road to plot edge / <i>Distanța de la drumul de acces la marginea parcelei</i>	<i>e</i>	m	0
4	Combine working width / <i>Lățimea de lucru a combinei</i>	<i>B</i>	m	2
5	Combine mass / <i>Masa combinei</i>	<i>M</i>	kg	1600
6	Equipment mass / <i>Masa echipamentului EI</i>	<i>m</i>	kg	650
7	Combine specific weight on working width / <i>Greutatea specifică a combinei pe lățimea de lucru</i>	$g_s = \frac{(M+m) \cdot g}{B}$	Nm ⁻¹	11040
8	Friction coefficient of combine wheels when rolling on soil / <i>Coeficientul de frecare la rularea roților combinei pe sol</i>	<i>f</i>	-	0.0809 / 0,0809 ([5], pag. 28)

9	Coefficient of growth of resistance force to displacement / de creștere a forței de rezistență la deplasare	f_v	sm^{-1}	0.005 / 0,005
10	Energy specific for acting the active parts in idle speed/ Energia specifică pentru acționarea organelor active în gol	p_1	Wskg^{-1}	3277.750 / 3277,750
11	Coefficient of growth of specific energy for acting the active parts during work / Coeficient de creștere a energiei specifice pentru acționarea organelor active în lucru	p_2	$\text{Ws}^2\text{kg}^{-1}\text{m}^{-1}$	178.600 / 178,600
12	Specific production / Producția specifică	ρ	kgm^{-2}	1.420 / 1,420
13	Maximum allowable flow rate / Debitul maxim admisibil	q	kgs^{-1}	5.166 / 5,166
14	Linking coefficient between idle speed and working speed / Coeficientul de legătură între viteza în gol și viteza în lucru	β	-	1
14	Plot width / Lățimea parcelei	C	m	50
15	Plot length / Lungimea parcelei	L	m	700
16	Length of path run for repairing the errors / Lungimea traseului parcurs pentru repararea greșurilor	L_s	m	1750
17	Power output when trailing / Randamentul de putere la tractiune	η_t	-	0.720 / 0,720
18	Yield of power transmission to PTO / Randamentul de transmisie a puterii la priza de putere	η_p	-	0.850 / 0,850

Considering the values of parameters in table 3 and the results in table 2, the calibration proces is considered successfully finished. Optimum speed obtained by the optimization model built according to [4] including the relevant corrections, is of: 1.78 m/s [6,409 km/h, formula (17)]. Value got suitably frames within the speed range considered efficient also by the author [6], 2.4÷7.5 km/h.

CONCLUSIONS

It is important to see more clearly the manner in which the optimum speed (17) acts according to different variables defining it. It is clearly observed that minimum speed lows along with plot length growing. Increasing the idle speed and working speed relation leads to reducing the optimum working speed. These aspects can be found in graphic of fig. 1, which is created starting from data from table 3. Plot length, L and idle speed and working speed relation, β , are variable.

If the plot length is varied between 100 and 1100 m, respectively the report between the idle speed and working speed between 0.5 and 1.5 (both varying within reasonable limits), for the rest of data given in table 3, it is noticed (graphic in fig. 1) that optimum speed varies hyperbolically with plot length and practically very little with the report above. To be noticed that the influence of that report depends on its coefficients from the optimum speed expression.

Cu valorile parametrilor din tabelul 3 și cu rezultatele din tabelul 2, se consideră procesul de calibrare încheiat cu succes. Viteza optimă obținută prin modelul de optimizare construit după [4] cu corecțiile de rigoare, au valorile: 1,78 m/s [6,409 km/h, formula (17)]. Valoarea obținută se încadrează bine față de intervalul de viteze considerate eficiente și de către autorul [6], 2,4÷7,5 km/h.

CONCLUZII

Este important să vedem mai clar cum se comportă viteza optimă (17) funcție de diverse variabile care o definesc. Se observă clar că viteza minimă scade cu creșterea lungimii parcelei. Creșterea raportului dintre viteza în gol și viteza în lucru, conduce la scăderea vitezei optime de lucru. Aceste aspecte sunt vizibile pe reprezentarea grafică din fig. 1, care este construită folosind date din tabelul 3. Lungimea parcelei, L și raportul dintre viteza în gol și cea în lucru, β , sunt variabile.

Dacă se variază lungimea parcelei între 100 și 1100 m, respectiv raportul dintre viteza în gol și viteza în lucru între 0,5 și 1,5 (ambele variabile în limite rezonabile), pentru restul datelor cu valorile din tabelul 3, se observă (reprezentarea grafică din fig. 1) că viteza optimă variază aproximativ hiperbolic cu lungimea parcelei și, practic foarte puțin, relativ la raportul dintre viteza în gol și cea în lucru. Se precizează că influența raportului dintre viteza în gol și viteza în lucru depinde de coeficienții acestuia în expresia vitezei optime.

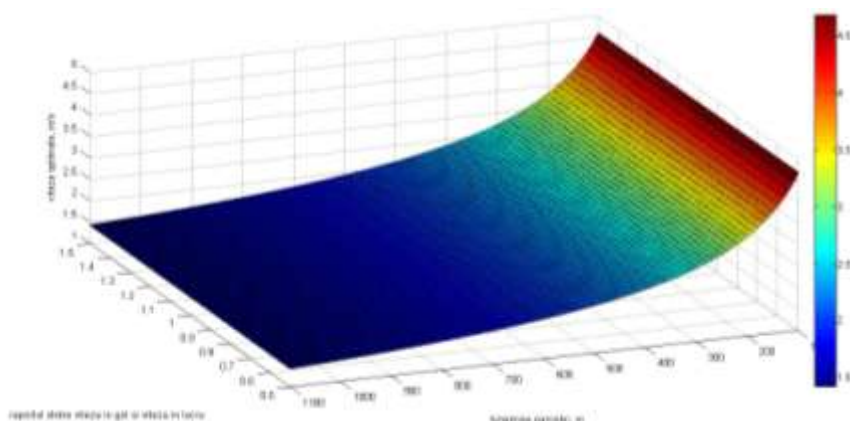


Fig. 1 - Variation of optimum speed according to plot length, L and report β between the idle speed and working speed / Variația vitezei optime în raport cu lungimea parcelei, L , și cu raportul β , dintre viteza în gol și viteza de lucru

Little dependence of optimum speed on the report between idle speed and working speed can be noticed in fig. 2, where it is graphically represented, for six length values. Dependence of optimum speed on the above report, whatever the plot length could be, is strictly decreasing.

Dependența slabă a vitezei optime de raportul dintre viteza în gol și viteza în lucru se poate observa în fig. 2, unde dependența este reprezentată grafic, pentru șase valori ale lungimii parcelei. Dependența vitezei optime de raportul dintre viteza în gol și viteza în lucru, indiferent de lungimea parcelei, este strict descrescătoare.

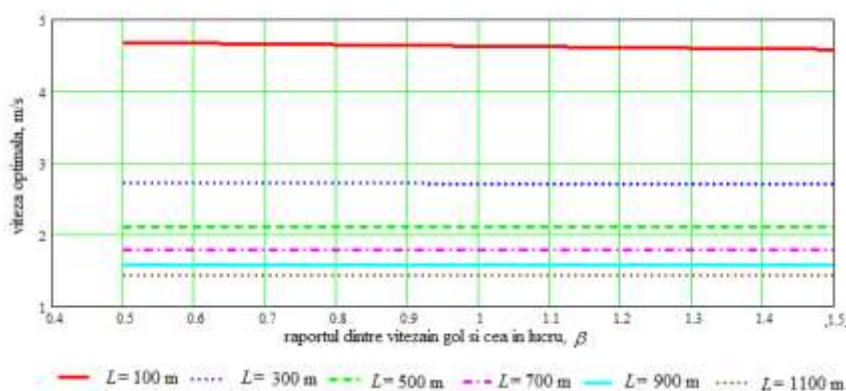


Fig. 2 –Variation of optimum speed according to the report between idle speed and working speed, for different length of plot /
Variația vitezei optimele relativ la raportul între viteza în gol și cea în lucru, pentru diverse lungimi ale parcelei

Influence of the path developed for repairing the dislevelments on optimum speed variation clearly results from graphical representation in fig. 3. Increasing L_s , involves growing the optimum speed, which can be seen from structure of fraction under the radical defining the optimum speed, where L_s appears at the counter. For a path without errors, in case of model defined by values of parameters in table 3, the optimum speed is low under 1 m/s, instead of a path where the errors that are corrected reaches 25 % out of the length of working path, optimum speed being around 2.5÷3 m/s. These remarks are shown in fig. 4, bidimensional representation of optimum speed dependence on plot length and path length developed for correcting the errors as fraction from the length of path run by the aggregate on the entire plot.

Influența lungimii drumului parcurs pentru repararea greșurilor asupra variației vitezei optimele rezultă clar din reprezentarea grafică din fig. 3. Creșterea L_s , implică creșterea vitezei optimele, ceea ce se poate vedea și din structura fracției de sub radicalul care definește viteza optimă, unde L_s apare la numărător. Pentru un parcurs fără greșuri, în cazul modelului definit de valorile parametrilor din tabelul 3, vitezele optimele sunt mici, sub 1 m/s, în timp ce pentru un parcurs în care lungimea traseului parcurs pentru repararea greșurilor ajunge la 25 % din lungimea traseului în lucru, vitezele optimele sunt undeva între 2,5÷3 m/s. Aceste observații sunt vizibile și în fig. 4, reprezentare bidimensională a dependenței vitezei optimele de lungimea parcelei și de lungimea traseului parcurs pentru repararea greșurilor ca fracție din lungimea traseului parcurs de agregat pe întreaga parcelă.

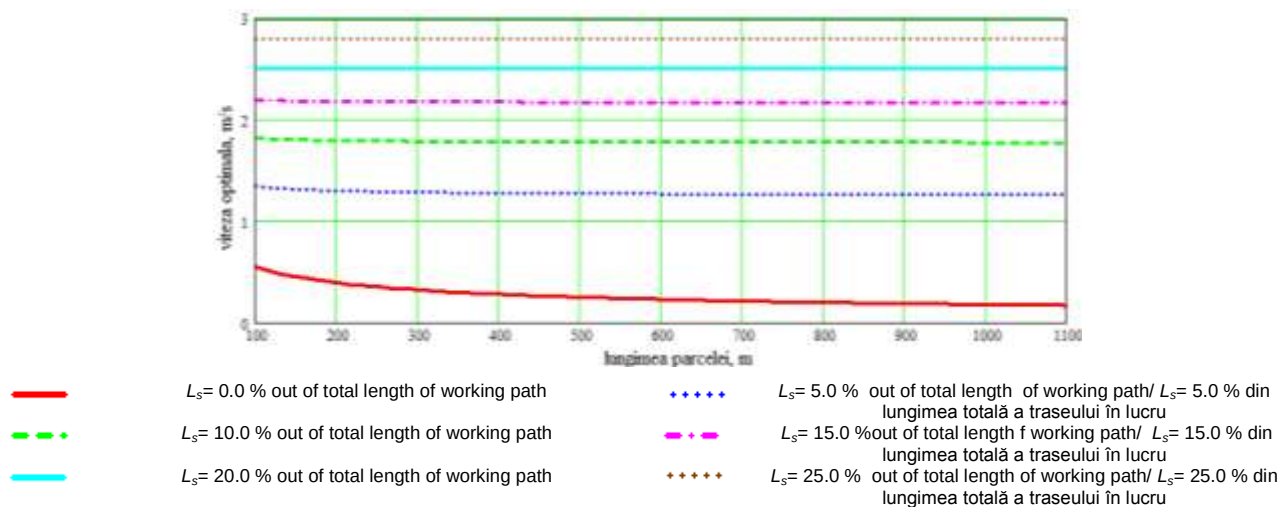


Fig. 3 – Variation of optimum speed depending on plot length, for different values of path run for repairing the errors /
Variația vitezei optimele funcție de lungimea parcelei, pentru diverse valori ale lungimii drumului parcurs pentru repararea greșurilor

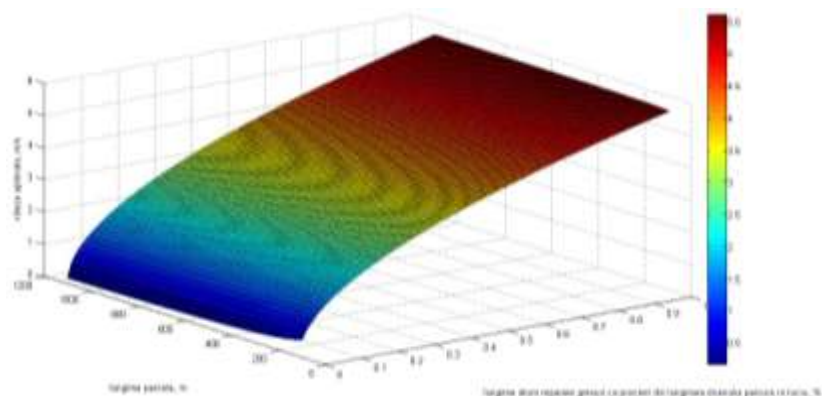


Fig. 4 - Variation of optimum speed along with plot length and length of path developed for repairing the errors as a fraction from total length of aggregate path / *Variația vitezei optimele cu lungimea parcelei și cu lungimea traseului parcurs pentru repararea greșurilor ca fracție din lungimea totală a traseului parcurs în lucru de agregat*

Variation of optimum speed related to plot length and vegetal production, for two values of length of path developed for repairing the errors, appears in figures 5 and 6, emphasizing not only the decrease of speed along with plot length but also the speed reducing along with vegetal production growing and optimum speed increasing when the path run is longer.

Variația vitezei optime în raport cu lungimea parcelei și cu producția vegetală, pentru două valori ale lungimii traseului parcurs pentru repararea greșurilor, apare în figurile 5 și 6, punând în evidență în afară de scăderea vitezei cu lungimea parcelei (evidențiată și mai sus), scăderea vitezei optime cu creșterea producției vegetale, dar și creșterea vitezei optime atunci când lungimea traseului parcurs pentru repararea greșurilor crește.

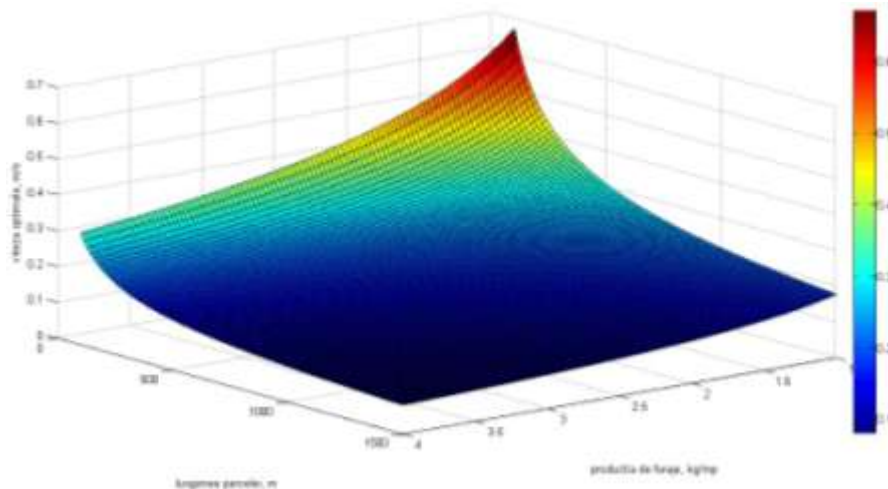


Fig. 5- Variation of optimum speed along with plot length and specific production for $L_s=0$ / *Variația vitezei optime cu lungimea parcelei și producția specifică, pentru $L_s=0$*

In graph from fig. 7, is emphasized the energy variation related to working speed, so the point of minimum may be seen (optimum speed) appropriate to values of parameters in table 3. The minimum energy is of approx. 67 kWh.

În graficul din fig. 7, se pune în evidență și variația energiei cu viteza de lucru, astfel încât se poate vizualiza punctul de minim (viteza optimă) corespunzătoare valorilor parametrilor din tabelul 3. Se identifică energia minimă de aproximativ 67 kWh.

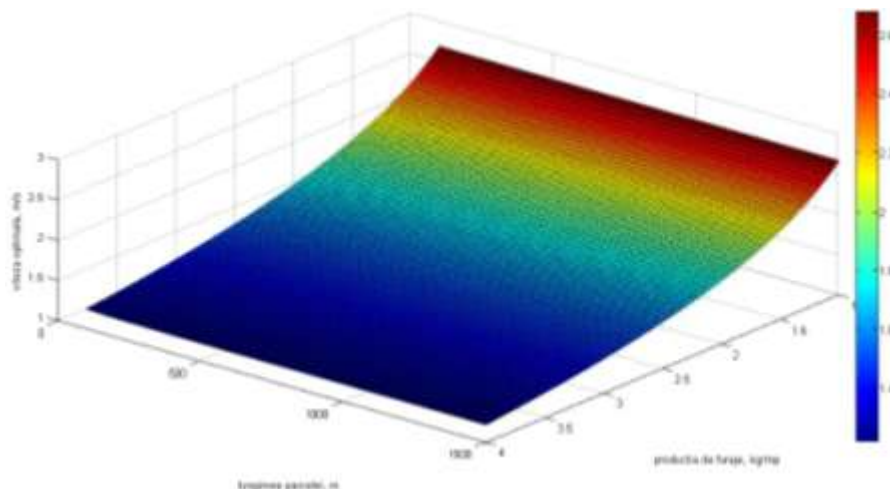


Fig. 6 – Variation of optimum speed along with plot length and specific production, for $L_s=15\%$ out of harvesting path length / *Variația vitezei optime cu lungimea parcelei și producția specifică, pentru $L_s=15\%$ din lungimea traseului în recoltare*

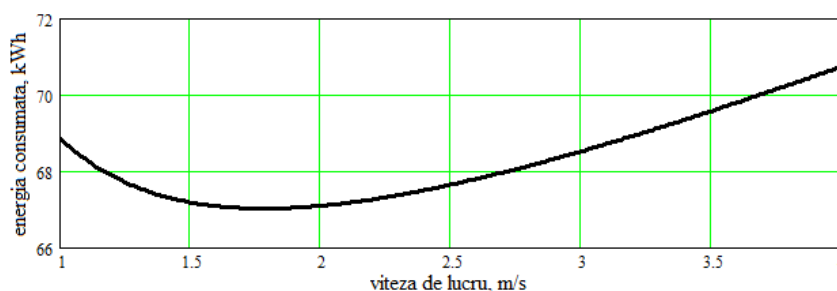


Fig. 7 – Numerical emphasizing of working point of optimum / *Punerea în evidență pe cale numerică a punctului optimal de lucru*

In order to estimate the behaviour of optimum speed according to variable g_s , we must make some tests on trailed harvesting combine, for observing the interval within which this variable varies.

Pentru estimarea comportamentului vitezei optime în raport cu variabila g_s , trebuie făcute câteva investigații asupra combinelor tractate de recoltat furaje, pentru a vedea în ce interval variază această variabilă.

Table 4 / Tabelul 4
Types of trailed combines and data necessary / Tipuri de combine tractate și datele necesare calculului g_s

Nr./No.	Type/Tipul	Mass/Masa [kg]	Working width/Lățimea de lucru, [m]	g_s [N/m]
1	New Holland 790	1411	2.79 / 2,79	4961.26 / 4961,26
2	New Holland FP 230	2040 (+218)	3.30 / 3,30	6060.36÷6712.42 / 6060,36÷6712,42
3	New Holland FP 240	2130 (+231)	3.30 / 3,30	6331.91÷7018.61 / 6331,91÷7018,61
4	INMA CTF EI	2250	2.00 / 2,00	11036.25 / 11036,25
5	John Deer 625 Side-Pull MoCo	2027	2.50 / 2,50	7953.95 / 7953,95
6	John Deer 630 Side-Pull MoCo	2130	3.00 / 3,00	6965.10 / 6965,10
7	John Deer 635 Side-Pull MoCo	2388 (2233)	3.50 / 3,50	6693.22 (6258.78) / 6693,22 (6258,78)
8	John Deer 830 Mid-Pivot MoCo	2802 (2659)	3.00 / 3,00	9162.54 (8694.93) / 9162,54 (8694,93)
9	John Deer 835 Mid-Pivot MoCo	2916 (2762)	3.50 / 3,50	8173.13 (7741.49) / 8173,13 (7741,49)
10	John Deer 946 Mid-Pivot MoCo	3118 (2955)	4.00 / 4,00	7646.89 (7247.14) / 7646,89 (7247,14)
11	John Deer 956 Mid-Pivot MoCo	3325 (3055)	4.50 / 4,50	7248.50 (6659.90) / 7248,50 (6659,90)
12	JF-Stoll AMAKO	2760	2.10÷3.10 / 2,10÷3,10	12893.14 - 8734.06 / 12893,14 - 8734,06
13	CASE FHX300	2130	3.30 / 3,30	6331.91 / 6331,91
14	ROSTSELMASH Sterh KSD 2,0	1250	2.0 / 2,0	6131.25 / 6131,25
15	Tehinvest-CX, OOO	1250	2.0 / 2,0	613125

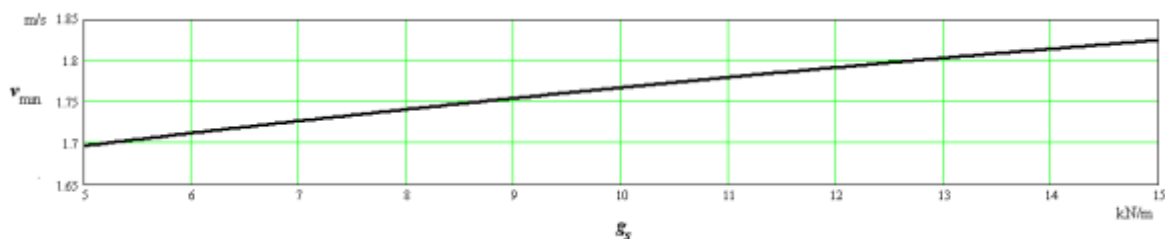


Fig. 8 – Variation of optimum speed given in data from table 1.2.2, according to parameter g_s /
Variația vitezei optime pe datele din tabelul 1.2.2, funcție de parametrul g_s

As we can notice from fig. 8, the optimum speed increases along with variable g_s . At the same time, the optimum energy increases along with machine specific weight per working width, see fig. 9.

După cum din se observă în fig. 8, viteza optimă crește odată cu creșterea variabilei g_s . De asemenea, energia optimă crește și ea odată cu creșterea greutății specifice a mașinii pe lățimea de lucru, așa cum se poate observa din fig. 9.

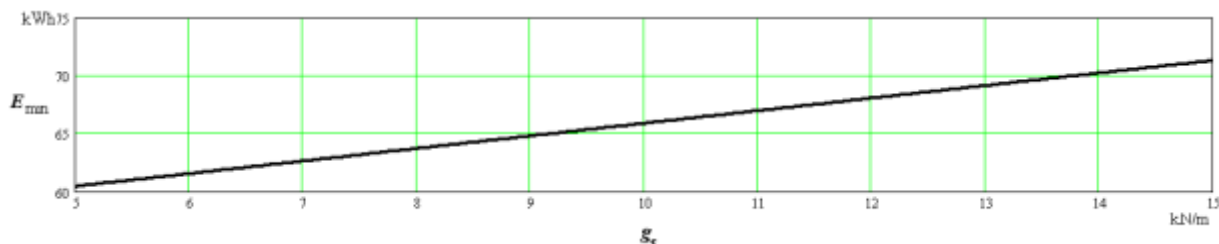


Fig. 9 – Variation of optimum speed given in data from table 4, according to parameter g_s /
Variația energiei optime pe datele din tabelul 4, funcție de parametrul g_s

Specific weight is usually considered as a performance parameter in design and manufacturing agricultural machinery.

Less is the value of this parameter, more the machine is performant, excepting the case of machines which need a bigger weight for specific works (soil works).

In our case, a weight specific to a smaller working width leads to a lower working speed (so, a reduced capacity of work), but also to a diminished optimum energy, namely a reduced fuel consumption, reduced harmful gas emissions and, finally reduced soil compaction.

Greutatea specifică lățimii de lucru este considerat, de obicei, un parametru de performanță al proiectării și construcției mașinilor agricole.

Mașina se consideră că este cu atât mai performantă cu cât valoarea acestui parametru este mai mică, cu excepția acelor mașini care au nevoie de greutate mare pentru lucrările specifice (de exemplu lucrări ale solului).

În cazul nostru se observă că o greutate specifică lățimii de lucru mai mică, conduce la o viteză optimă de lucru mai mică (deci și capacitate de lucru mai mică), dar conduce și la o energie optimă mai mică, ceea ce înseamnă consum redus de combustibil, reducerea emisiilor de gaze în atmosferă și nu în cele din urmă, reducerea fenomenului de compactare a solului.

REFERENCES

- [1]. Dobrescu C. (1981) – *Optimization of agricultural aggregates parameters in order to reduce the energy consumption*, Editorial propaganda agricultural machinery Publishing, Bucharest;
- [2]. Letoşnev N.N. (1959) - *Agricultural Machines*, State Agro-Forestry Publishing House;
- [3]. Schuler R. T. (1991) - *Estimating Agricultural Field Machinery Costs*, A3510, Agricultural Bulletin, Rm. 245, 30 N. Murray St., Madison, Wisconsin 53715;
- [4]. Şandru A., Bădescu M., Şandru L. (1982) – *Reducing the energy consumption by rationally using the agricultural aggregates*, Scrisul Românesc Publishing, Craiova;
- [5]. Şandru A., Popescu S., Cristea I., Neculăiaş V. (1983) – *Exploitation of agricultural equipment*, Didactic and Pedagogic Publishing, Bucharest;
- [6]. Voicu E. (2007) – *Researches on dynamic and energetic optimization of tractor-fodder harvesting combine aggregate*, Ph.D. Thesis, University Transilvania Braşov, Faculty of Mechanical Engineering;
- [7]. *** Regional Statistics Office Bucharest, <http://www.bucuresti.insse.ro>
- [8]. <http://dexonline.ro/definitie/gre%C8%99>.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Dobrescu C. (1981) - *Optimizarea parametrilor agregatelor agricole în scopul reducerii consumului de energie*, Redacţia de propagandă tehnică agricolă, Bucureşti;
- [2]. Letoşnev N.N. (1959) - *Maşini Agricole*, Editura Agro-Silvică de Stat;
- [3]. Schuler R.T. (1991) - *Estimarea costurilor domeniul maşinilor agricole*, A3510, Buletinul Agricol, RM. 245, 30 N. Str.Murray, Madison, Wisconsin 53715;
- [4]. Şandru A., Bădescu M., Şandru L. (1982) - *Reducerea consumului de energie prin folosirea raţională a agregatelor agricole*, Editura Scrisul Românesc, Craiova;
- [5]. Şandru A., Popescu S., Cristea I., Neculăiaş V. (1983) - *Exploatarea utilajelor agricole*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti;
- [6]. Voicu E. (2007) - *Cercetări privind optimizarea dinamică şi energetică a agregatului tractor cu combină de recoltat furaje*, Teza de doctorat, Universitatea Transilvania din Braşov, Facultatea de Inginerie Mecanică ;
- [7]. *** Direcţia Regională de Statistica Bucureşti, <http://www.bucuresti.insse.ro>
- [8]. <http://dexonline.ro/definitie/gre%C8%99>.

STUDIES AND RESEARCHES ON ENERGETICS OPTIMIZATION OF FODDER HARVESTING COMBINES - BIDIMENSIONAL MODELS

/

STUDII SI CERCETARI ASUPRA OPTIMIZARII ENERGETICII COMBINELOR DE RECOLTAT FURAJE – MODELE BIDIMENSIONALE

PhD. Stud. Ștefănoiu M.D.¹⁾, Math. Cârdei P.²⁾, Prof. PhD. Eng. Pirnă I.²⁾, Prof. PhD. Eng. Bădescu M.¹⁾,
 Assoc. Prof. PhD. Eng. Boruz S.¹⁾, Assoc. Prof. PhD. Eng. Atanasov At.³⁾

¹⁾University of Craiova / Romania; ²⁾INMA Bucharest / Romania; ³⁾University of Rousse
 e-mail: geiacob@yahoo.com

Abstract: In this article are presented the original results obtained by the authors starting from classical works in the field of energetics optimization of forage harvester combines. The original models were corrected and developed in the first article of this series, model in which it was considered a single speed in the formulas that give the energy consumed for performing the harvesting works. The model has led to an original formula for the optimum working speed. Because of certain objections related to the working process and of consideration of restrictions, authors considered useful extending to mathematical models of energy consumption with two and three speeds. These models consider the turning speed and the no load speed different from working speed, but not mandatory. Practically the energy consumed, depending on objective of the optimization process, becomes a function of two or three variables. In this paper is presented the model with two variables, the two-dimensional model. The bidimensional model considers the consumed energy dependent on the working speed and the no load speed, the turning speed being equated with that in no load. This last assumption will also be abandoned at the three dimensional model that will be presented in the third article of the series.

Keywords: energetics, harvesters, optimization

INTRODUCTION

The unidimensional model of consumed energy for actuating the combine, although initially considered the consumed energy as a function dependent on the working speed and the no load speed, makes along the assumption of equality of these speeds thus transforming a variant of a two-dimensional model into an unidimensional model. This hypothesis has inspired the authors the consideration of models with two and three variables, by introducing firstly the assumption that the speed in no load equal to that of turning (the bidimensional model) may differ of the working speed and then of the assumption that the three speeds could be different every two between them (the three dimensional model). In reality it is possible that the no load speed (namely move to error zones without that the working bodies to operate) to be greater than that of working, and the speed of turning to be somewhat smaller than the speed of working. The sequence can be reversed in some cases, so that the consideration of consumed energy cases as a function of two or three variables is considered necessary [3, 4, 9, 10].

Another critical aspect of unidimensional model from [5] is related to a restriction of equality type, which is a very improbable working case and was converted into other optimization variants in restriction expressed in inequality. This inequality makes sense of limiting the speed in order not to exceed a limit flow rate for processing of material into combine. Thus appeared the use of mathematical programming to optimize the energy as alternative to the path proposed in [2], [5] and [6].

An interesting aspect to dimensional models 2 and 3 is that the optimal speed in no load (at bidimensional models this includes also the turning speed), respectively the optimal

Rezumat: În acest articol se expun rezultate originale obținute de autori pornind de la lucrări clasice în domeniul optimizării energeticii combinelor de recoltat furaje. Modelele originale au fost corectate și dezvoltate în primul articol din această serie, model în care s-a considerat o singură viteză în formulele ce dau energia consumată pentru efectuarea lucrărilor de recoltare. Modelul a condus la o formulă originală pentru viteza optimă de lucru. Datorită unor obiecții legate de procesul de lucru și de considerarea restricțiilor, autorii au considerat utilă extinderea la modele matematice ale energiei consumate cu două și trei viteze. Aceste modele consideră viteza de întoarcere și viteza în gol diferite de viteza de lucru, nu obligatoriu însă. Practic energia consumată, funcție obiectiv a procesului de optimizare, devine o funcție de două sau trei variabile. În acest articol este expus modelul cu două variabile, modelul bidimensional. Modelul bidimensional consideră energia consumată dependentă de viteza de lucru și viteza în gol, viteza de întoarcere fiind asimilată cu cea în gol. Această ultimă presupunere va fi și ea abandonată la modelul tridimensional care va fi expus în al treilea articol al seriei.

Cuvinte cheie: combine, energetica, optimizare

INTRODUCERE

Modelul unidimensional al energiei consumate pentru acționarea combinei, deși inițial considera energia consumată ca funcție dependentă de viteza de lucru și viteza în gol, face pe parcurs ipoteza egalității acestor viteze și transformă astfel o variantă de model bidimensional într-un de model unidimensional. Această ipoteză a inspirat autorilor considerarea modelelor cu două și trei variabile, prin introducerea mai întâi a ipotezei că viteza în gol egală cu cea de întoarcere (modelul bidimensional) poate diferi de viteza în lucru și apoi, a ipotezei că cele trei viteze ar putea să fie diferite fiecare două între ele (modelul tridimensional). În realitate se poate ca viteza în gol (adică deplasare spre zone de greșuri fără ca organele de lucru să opereze) să fie mai mare ca cea de lucru, iar viteza de întoarcere să fie ceva mai mică decât viteza de lucru. Ordinea se poate inversa în unele cazuri, așa încât considerarea cazurilor energiei consumate ca funcție de două sau trei variabile este considerată necesară [3, 4, 9, 10].

Un alt aspect critic la adresa modelului unidimensional din [5] este legat de o restricție de tip egalitate, care este un caz de lucru foarte improbabil și l-am convertit în alte variante de optimizare în restricție exprimată în inegalitate. Această inegalitate are sens de limitare a vitezei pentru a nu depăși un debit limită de prelucrare a materialului în combină. Astfel a apărut utilizarea programării matematice pentru optimizarea energiei ca alternativă la calea propusă în [2], [5] sau [6].

Un aspect interesant la modelele 2 și 3 dimensionale este acela că viteza optimă în gol (la modelele bidimensionale aceasta include și viteza de întoarcere),

speed in no load and the optimal turning speed are higher than the optimal working speed (harvesting). It demonstrates that the choice of speeds in no load or in turning smaller than the optimal working speed, leads to energy losses smaller than 2%.

MATERIAL AND METHOD

The first example of optimization by the method of mathematical programming uses the model (1) of the energy

$$E = \left(fg_s Bv_r + f_v g_s Bv_r^2 + p_1 B\rho v_r + p_2 B\rho v_r^2 + P_{pg} \right) \frac{CL}{Bv_r} + \frac{2C}{Bv_g} \left(fg_s Bv_g + f_v g_s Bv_g^2 + P_{pg} \right) \left(l_i + \frac{L_s}{C} B \right), \quad (1)$$

completed with the relations (2)

completat cu relațiile (2)

$$A = R \left(\frac{\pi}{2} + 2 \right) + e, \quad (2)$$

and (5.58):

și (5.58):

$$l_i = R \left(\frac{\pi}{2} + 2 \right) + \frac{B}{2} + e. \quad (3)$$

It is obtained the energy expression as a function of working speed and no load speed and is searching for the existence of a point of minimum of the energy, with the only restriction that the two speeds to be positives, otherwise not having physical sense. This problem is written symbolically in the form:

Se obține expresia energiei ca o funcție de viteza în lucru și viteza în gol și se caută existența unui punct de minim al energiei, cu singura restricție ca cele două viteze să fie pozitive, altfel neavând sens fizic. Această problemă se scrie simbolic sub forma:

$$\begin{aligned} v_r &> 0 \\ v_g &> 0 \\ E(v_r, v_g) &\rightarrow \min \end{aligned} \quad (4)$$

Generally, mathematical programming means a subdomain of optimization, whose aim is to minimize or maximize a function, under the conditions of achieving of a number of conditions (restrictions). If the function and restrictions are expressed by linear relations in the optimization variables then the discipline is called linear programming, while otherwise, nonlinear programming [11]. According to [1], the mathematical programming is a branch of applied mathematics including the theoretical principles and numerical methods for solving of optimization problems (for determining the extremes) of some functions called function objective or purpose, whose variables satisfy a system of restrictive relations (expressing the link between them and the conditions imposed by the possibilities of the studied process). The quadratic or polynomial programming elements can be found, for example, in [7].

RESULTS

The numerical methods used in this field of mathematics are very different, from very simple to very complexe. These were developed in tens of years of intense researches, and after the development of electronic computers, the developed algorithms and programs allowed the engineers to work with instruments calculating the optimal points very simple and quickly. One of these programs is Mathcad 2001 Professional, that we used in this paper.

Numerically, the Mathcad 2001 Professional software, using as starting point $v_r = 0.5$ and $v_g = 2$, obtain for the optimal speeds working and in no load, the values: $v_r = 3.234$ m/s, $v_g = 7.655$ m/s.

The existence of the minimum point of this surface was anticipated also graphically, as shown in Fig. 1 and 2. Minimum is included in the indigo area of the lowest value. To determine more precisely the point, the chart can be detailed,

În general, prin programare matematică se înțelege un subdomeniu al optimizării, al cărui scop este minimizarea sau maximizarea unei funcții, în condițiile realizării unei serii de condiții (restricții). Dacă funcția și restricțiile se exprimă prin relații liniare în variabilele de optimizare atunci disciplina se numește programare liniară, iar în caz contrar, programare neliniară [11]. Conform [1], programarea matematică este o ramură a matematicilor aplicate cuprinzând principiile teoretice și metodele numerice de rezolvare a problemelor de optimizare (de determinare a extremurilor) a unor funcții numite funcții obiectiv sau scop, ale căror variabile satisfac un sistem de relații restrictive (care exprimă legătura dintre ele și condițiile impuse de posibilitățile procesului studiat). Elemente de programare pătratică sau polinomială se găsesc, de exemplu, în [7].

REZULTATE

Metodele numerice folosite în acest domeniu al matematicii sunt foarte variate, de la foarte simple la foarte complexe. Acestea au fost dezvoltate în zeci de ani de cercetări intense, iar după dezvoltarea calculatoarelor electronice, algoritmi și programele dezvoltate au pus la îndemâna inginerilor instrumente de lucru care calculează punctele optime foarte simplu și rapid. Unul dintre aceste programe este Mathcad 2001 Professional, pe care l-am folosit în această lucrare.

Numeric, programul Mathcad 2001 Professional, folosind ca punct de start $v_r = 0,5$ și $v_g = 2$, obține pentru vitezele optime în lucru și în gol, valorile: $v_r = 3,234$ m/s, $v_g = 7,655$ m/s.

Existența punctului de minim al acestei suprafețe era anticipabilă și grafic, după cum se vede în fig. 1 și 2. Minimumul se află inclus în zona indigo de cea mai mică valoare. Pentru a determina mai exact punctul, graficul se

as shown in Fig. 1 and 2, where there were taken larger areas of speeds to clearly delimit the entire area of minimum.

But the surprise is greater if without other hypotheses it develops a little the formula (1), without using other hypotheses. is obtained for energy the shape:

poate detalia, ca în fig. 1 și 2, unde s-au luat zone mai mari de viteze pentru a delimita clar întreaga zona de minimum.

Surpriza este însă mai mare dacă fără alte ipoteze se dezvoltă puțin formula (1), fără a folosi alte ipoteze. Se obține pentru energie forma:

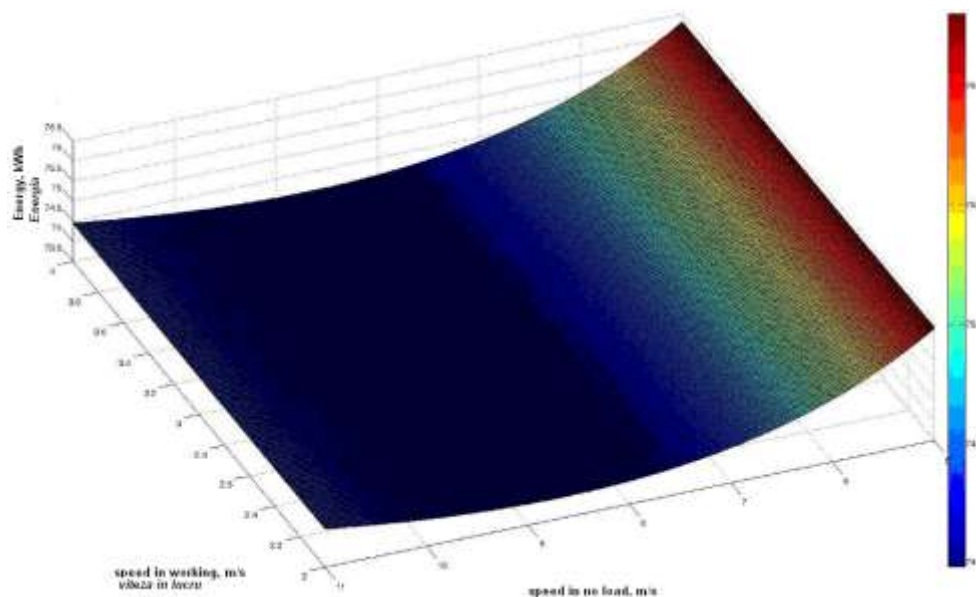


Fig. 1 - The surface that represents graphically the function energy which minimizes (in this subchapter) / *Suprafața care reprezintă grafic funcția energie care se minimizează (în acest subcapitol)*

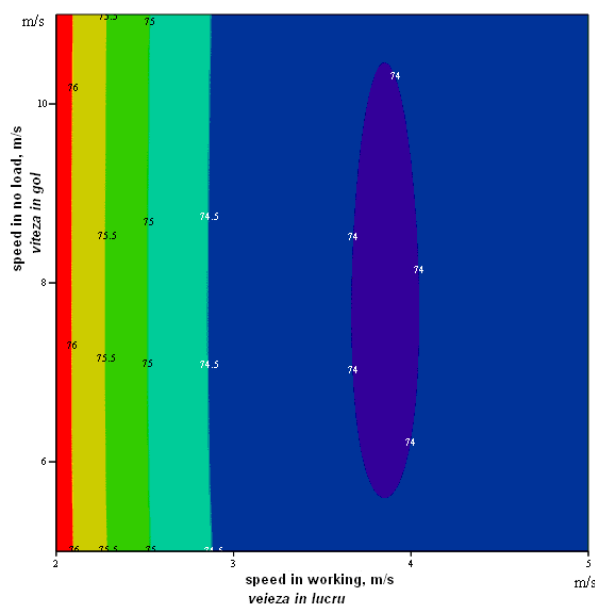


Fig. 2 - Representation by planar contours of the surface representing graphically the function energy which minimizes in this subchapter / *Reprezentare prin contururi plane a suprafeței ce reprezintă grafic funcția energie care se minimizează în acest subcapitol*

$$E(v_r, v_g) = g_s f_{CL} + p_1 \rho CL + (f_v g_s CL + p_2 \rho CL) v_r + \frac{P_{pg}}{B} \cdot \frac{1}{v_r} + [2AC + B(C + 2L_s)] f g_s +$$

$$+ [2AC + B(C + 2L_s)] f_v g_s v_g + \frac{P_{pg} [2AC + B(C + 2L_s)]}{B} \cdot \frac{1}{v_g} \quad (5)$$

The surprise consists in that this form of energy is with separate variables (with regard to the speeds, and the point of extreme is obtained easy by solving the system of equations obtained by the annulment of partial derivatives of the first order in relation to the two speeds:

Surpriza constă în aceea că această formă a energiei este cu variabile separate (în ceea ce privește vitezele, iar punctul de extrem se obține ușor prin rezolvarea sistemului de ecuații obținut prin anularea derivatelor parțiale de ordinul întâi în raport cu cele două viteze:

$$\begin{aligned}\frac{\partial E}{\partial v_r} &= 0, \\ \frac{\partial E}{\partial v_g} &= 0\end{aligned}\quad (6)$$

Solving the system (6) are obtained the speeds which perform the minimum energy:

Rezolvând sistemul (6) se obțin vitezele care realizează energia minimă:

$$\begin{aligned}v_r &= \sqrt{\frac{P_{pg}}{B(f_v g_s + p_2 \rho)}}, \\ v_g &= \sqrt{\frac{P_{pg}}{B f_v g_s}}\end{aligned}\quad (7)$$

A first essential observation is that the optimal solution (7) no longer depends on the geometry of plot (dimensions C and L), only the energy (5.85) depends on them. The independence of optimal speeds of the geometry of the plot is a useful property and given that generally the plots are not rectangulars, many of them having quite varied forms. The independence of optimal speeds of the plot geometry obtained in the formulas (7), gives the hope that things are happen as such also for plots of any shape. But this should be rigorously demonstrated, being a problem that will remain from this study. But the optimal energy obviously depends on the geometry of the plot. the optimal solution (7) depends essentially on the power to the PTO in no load, parameter introduced following the calibration necessity of models. Certainly, there are still many aspects to comment. We limit ourselves to point out that the exact values of optimal speeds on the data from Table 5.6 are: $v_r = 3.234$ m/s, $v_g = 7.651$ m/s, consistent with the numerical calculation. The corresponding minimum energy has the value of 73.983 kWh. We also underline that this problem is the pure problem of energy minimization without imposing also the restriction:

O primă observație esențială este aceea că soluția optimală (7) nu mai depinde de geometria parcelei (dimensiunile C și L), numai energia (5.85) depinde de acestea. Independența vitezelor optime de geometria parcelei este o proprietate utilă și având în vedere faptul că în general parcelele nu sunt dreptunghiulare, multe având forme destul de variate. Independența vitezelor optime de geometria parcelei obținută în formulele (7), dă speranța că lucrurile se petrec astfel și pentru parcele de formă oarecare. Acest fapt trebuie însă demonstrat riguros, fiind o problemă ce va rămâne în urma acestui studiu. Energia optimală însă, depinde evident de geometria parcelei. Soluția optimală (7) depinde în mod esențial de puterea la priză în gol, parametru pe care l-am introdus în urma necesității calibrării modelelor. Sigur că sunt de comentat încă multe aspecte. Ne mărginim să subliniem că valorile exacte ale vitezelor optime pe datele din tabelul 5.6 sunt: $v_r = 3,234$ m/s, $v_g = 7,651$ m/s, în concordanță cu calculul numeric. Energia minimă corespunzătoare are valoarea de 73,983 kWh. Mai subliniem că această problemă este problema pură a minimizării energiei fără a impune și restricția:

$$Bpv_r - q = 0 \quad (8)$$

If to the optimization problem (4) is added the condition (restriction) (8) then is obtained the mathematical programming problem:

Dacă problemei de optimizare (4) i se adaugă condiția (restricția) (8) atunci se obține problema de programare matematică:

$$\begin{aligned}v_r &> 0 \\ v_g &> 0 \\ Bpv_r &= q \\ E(v_r, v_g) &\rightarrow \min\end{aligned}\quad (9)$$

which has a very interesting solution: $v_r = 1.819$ m/s, $v_g = 7.651$ m/s, with the corresponding energy $E = 77.29$ kWh. It is noted that the value of the speed in working is the same as that used in the experiments described in [8] and very close to the optimal working speed given by the dimensional model 1 described in the first article of this series. The solution remains the same also if the restriction is put in the wider sense, $Bpv_r \leq q$. This restriction is more correctly implemented which can be interpreted as a limitation of speed for the purpose of not to exceed a maximal flow which may cause clogging or improper cutting and from here an inadequate quality of harvest.

At this chapter one still has to remark an important aspect of the problem, namely that around the point of minimum, area that represents graphically the function of two variables (5) varies slightly, especially on the direction of no load speeds axis. This behavior has as a consequence the fact that, if it can not go practically with the optimal no load speed, it can be chosen a lower no load speed, without losing too much energy. This aspect can be seen in the

care are o soluție foarte interesantă: $v_r = 1,819$ m/s, $v_g = 7,651$ m/s, cu energia corespunzătoare $E = 77,29$ kWh. Se observă că valoarea vitezei în lucru este aceeași cu cea folosită în experiențele descrise în [8] și foarte apropiată de viteza de lucru optimală dată de modelul 1 dimensional descris în primul articol din această serie. Soluția rămâne aceeași și dacă restricția se pune în sensul mai larg, $Bpv_r \leq q$. Această restricție este mai corect pusă putându-se interpreta ca o limitare a vitezei în scopul de a nu depăși un debit maximal care poate produce înfundarea sau tăierea necorespunzătoare și de aici o calitate necorespunzătoare a recoltării.

La acest capitol mai trebuie remarcat un aspect important al problemei, anume acela că în jurul punctului de minim, suprafața care reprezintă grafic funcția de două variabile (5), variază puțin, în special pe direcția axei vitezelor în gol. Acest comportament are drept consecință faptul că, dacă nu se poate merge practic cu viteza în gol optimală, se poate alege o viteză în gol mai mică, fără a pierde foarte multă energie. Acest aspect se poate observa în

graphical representation in Fig. 3. For example if it takes the optimal solution (4) or (7) and it can not work with no load speed higher to the speed in working, then, energy consumption will be higher than in the optimal point with only 0.16%, that is from the optimal value 73.985 kWh, increases to 74.106 kWh, which is insignificant. This aspect characterizes all the models that have been developed from model built by calibration (described in the first article in the series). Due to this property it can work with speeds in no load, conveniently chosen, without having significant losses of energy. In other words, this family of mathematical models is characterized by a high tolerance in relation to the compliance with the optimal speed in no load.

reprezentarea grafică din fig. 3. De exemplu dacă se ia soluția optimă (4) sau (7), și nu se poate lucra cu viteza în gol superioară vitezei în lucru, atunci, consumul de energie va fi mai mare decât în punctul optimal cu numai 0,16 %, adică de la valoarea optimă 73,985 kWh, crește la 74,106 kWh, ceea ce este nesemnificativ. Acest aspect caracterizează toate modelele ce au fost dezvoltate din modelul construit prin calibrare (descrisa în primul articol din serie). Datorită acestei proprietăți se poate lucra cu viteze în gol convenabil alese, fără a avea pierderi însemnate de energie. Altfel spus, această familie de modele matematice este caracterizată de o toleranță mare în raport cu respectarea vitezei în gol optimale.

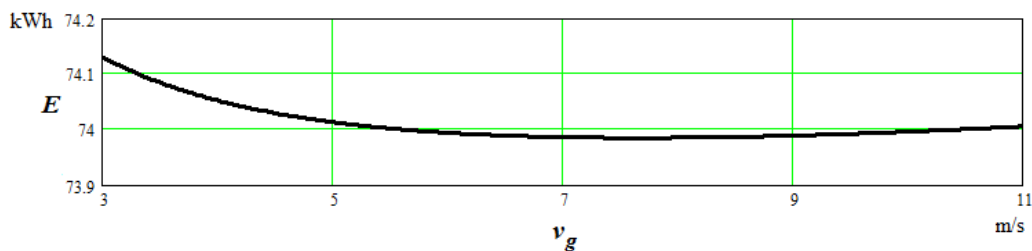


Fig. 3 - Energy variation around the point of minimum, on the the direction of speed in no load /
Variația energiei în jurul punctului de minim, pe direcția vitezei în gol

For the speed in working the models are no longer so tolerant. If it works with a speed equal to half of the optimal working speed, then results an energetic consumption with over 6.5% greater than the optimal one.

A bidimensional model of the energy consumed for harvesting a plot

A more general model for the energy consumed can be obtained starting from the model 1 - dimensionally described in the first of the three articles, but considering that there is no a relation between the speed in working (harvesting) and the no load speed. Besides the relation which gives the energy consumed by tractor on a plot at the harvesting with the forage combine will also be considered the relations expressing the length of a turning and the restriction in the form of equality (all described in the first article). With these relations and with the notations:

Pentru viteza în lucru modelele nu mai sunt atât de tolerante. Dacă se lucrează cu o viteză egală cu jumătate din viteza de lucru optimă, atunci rezultă cu consum energetic cu peste 6,5 % mai mare decât cel optimal.

Un model bidimensional al energiei consumate pentru recoltarea unei parcele

Un model mai general pentru energia consumată se poate obține plecând de la modelul 1-dimensional descris în primul dintre cele trei articole, dar considerând că nu există o relație între viteza în lucru (recoltare) și viteza în gol. În afara relației care dă energia consumată de tractor pe o parcelă la recoltarea cu combina de furaje se vor mai considera relațiile ce exprimă lungimea unei întoarceri și restricțiasub formă de egalitate (toate descrise în primul articol). Cu aceste relații și cu notațiile:

$$M = f g_s C L + p_1 \rho C L + \frac{P_{pg} \rho C L}{q} + 2 A f g_s C \quad (10)$$

$$N = f_v g_s C L + p_2 \rho C L \quad (11)$$

$$Q = 2 A f_v g_s C \quad (12)$$

$$U = \frac{f g_s q (C + 2 L_s)}{\rho} \quad (13)$$

$$S = P_{pg} (C + 2 L_s) \quad (14)$$

$$T = \frac{2 \rho A C P_{pg}}{q} \quad (15)$$

$$Z = \frac{f_v g_s q ((C + 2 L_s))}{\rho} \quad (16)$$

the expression of energy becomes:

expresia energiei devine:

$$E(v_r, v_g) = M + N v_r + Q v_g + \frac{U}{v_r} + \frac{S}{v_g} + T \frac{v_r}{v_g} + Z \frac{v_g}{v_r} \quad (17)$$

obviously, for $v_r > 0$ and $v_g > 0$.

The surface which is the geometrical image of the function (17), is a surface area that has a point of minimum in the field of positive speeds. For an easier viewing we

evident, pentru $v_r > 0$ și $v_g > 0$.

Suprafața care este imaginea geometrică a funcției (17), este o suprafață care are un punct de minim în domeniul vitezelor pozitive. Pentru o vizualizare mai ușoară am luat

took a very broad range of speeds for fig. 4.

The speed range considered is intentionally exaggerated (working speed between 0.5 and 15 m/s and the speed in no load between 0.5 and 60 m/s, as well as the length of the traveled path for the repair of mistakes (45% of the length of the traveled path in working, at harvest).

It is noticed the dark blue spot of color containing the point of minimum. The point coordinates of minimum have the values: $v_r = 2.708$ m/s, $v_g = 9.334$ m/s. These were obtained by numerical way.

un domeniu foarte larg de viteze pentru fig 4.

Intervalul de viteze considerat este intenționat exagerat (viteza în lucru între 0,5 și 15 m/s, iar viteza în gol între 0,5 și 60 m/s, precum și lungimea traseului parcurs pentru repararea greșurilor (45% din lungimea traseului parcurs în lucru (recoltare)).

Se observă pata de culoare albastru închis care conține punctul de minim. Coordonatele punctului de minim au valorile: $v_r = 2,708$ m/s, $v_g = 9,334$ m/s. Acestea au fost obținute pe cale numerică.

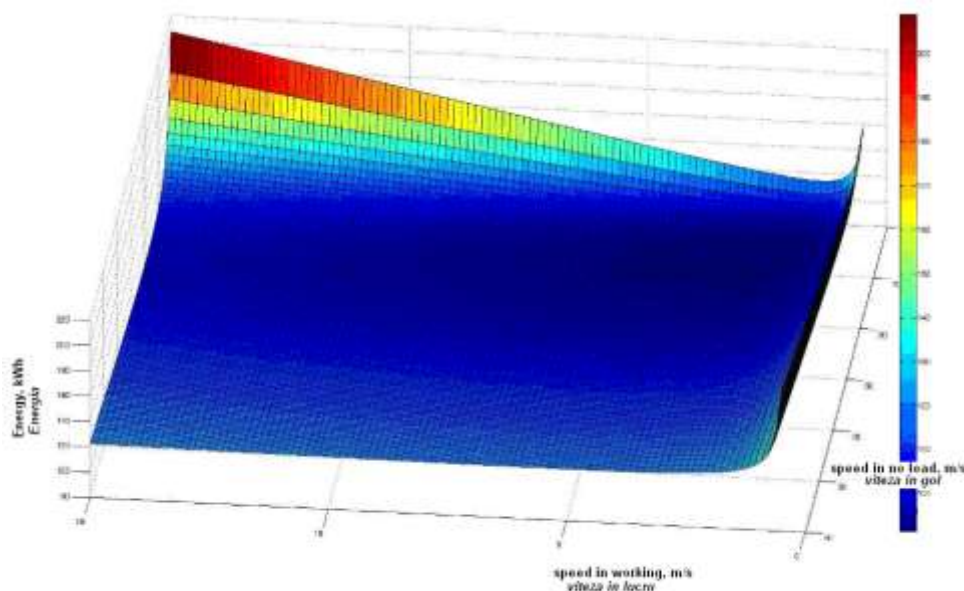


Fig. 4 - The area that is the graphical representation of the function /
Suprafața care este reprezentarea grafică a funcției $E = E(v_r, v_g)$

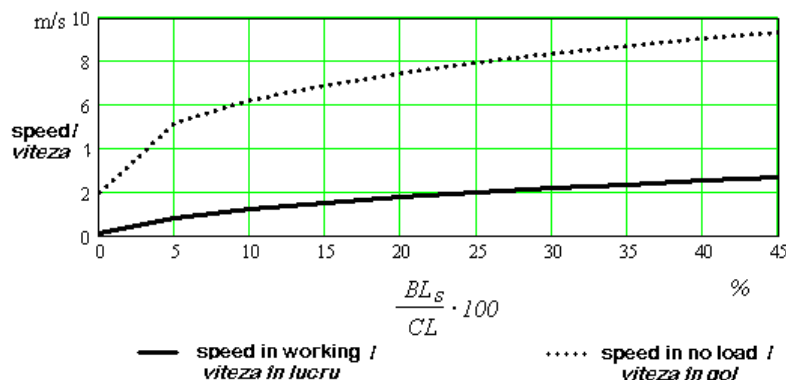


Fig. 5 - The increase of optimal speed, in working and in no load, in relation to increasing of the length of traveled path for correcting the mistakes, expressed as a percentage of the length of the total path traveled in working (harvesting) on the entire plot, for the datas of the calibration table (given in the first article of this series) / Creșterea vitezelor optime, în lucru și în gol, în raport cu creșterea lungimii drumului parcurs pentru repararea greșurilor, exprimată ca procent din lungimea drumului total parcurs în lucru (recoltare) pe întreaga parcelă, pentru datele din tabelul de calibrare (dat în primul articol al acestei serii)

The graphical representation from fig. 5 shows the way in which the optimal speeds in working and in no load provided by this model, varies when it grows the length of the traveled path for repairing the mistakes. The fact that optimal speed grows, therefore the point of minimum of the surface $E = E(v_r, v_g)$ is moving on the vertical in positive sense, is not surprising, being in agreement with one-dimensional optimization model. The important aspect highlighted by this representation is that the speed in no load has higher values than the speed in working and more, the speed in no load has even much higher values than the one in working. Thus, it appears also a possible dependence of some calibration results, especially since is quite possible that the calibration values not to be unique. This topic is however a completely different topic concerning models and calibration, related to the univocity of calibration or consequences of non-uniqueness of calibration. Under the

Reprezentarea grafică din fig. 5 arată modul în care vitezele optime în lucru și în gol, furnizate de acest model, variază atunci când crește lungimea drumului parcurs pentru repararea greșurilor. Faptul că vitezele optime cresc, deci punctul de minim al suprafeței $E = E(v_r, v_g)$ se deplasează pe verticală în sens pozitiv, nu este surprinzător, este în acord cu modelul de optimizare 1-dimensional. Aspectul important scos în evidență de această reprezentare este acela că viteza în gol are valori mai mari decât viteza în lucru și mai mult, viteza în gol are valori chiar cu mult mai mari decât cea în lucru. Apare astfel și o posibilă dependență a unor rezultate de calibrare, mai ales că este foarte posibil ca valorile de calibrare să nu fie unice. Acest subiect este însă un cu totul alt subiect referitor la modele și calibrare, la univocitatea calibrării sau consecințele neunicității calibrării. În aceleași

same conditions (data from the calibration table), for a journey without mistakes, is obtained the optimal speed in working with the value of 0.124 m / s and the optimal speed in no load with the value of 1.997 m / s. Also, with these observations can be made one remark on the refining of the model. It is normal that the speed in no load to be higher than the speed in working, but this when the machine goes straight or almost on a straight trajectory, not to the turnings, for example. In order to avoid this kind of situation, the model could be reformulated with three speeds: the speed in working, the speed in no load – aiming at equipment displacements in no load on the sides of the plot or for the repairing of mistakes and the speed at turnings.

condiții (datele din tabelul de calibrare), pentru un parcurs fără greșuri, se obține viteza optimă în lucru cu valoarea 0,124 m/s și viteza în gol optimă cu valoarea 1,997 m/s. De asemenea, odată cu aceste observații se poate face una referitoare și la rafinarea modelului. Este normal ca viteza în gol să fie mai mare ca viteza în lucru, dar aceasta atunci când utilajul merge pe traiectorie dreaptă sau aproape dreaptă, nu și la întoarceri, de exemplu. Pentru evitarea unor situații de acest tip, modelul ar putea fi reformulat cu trei viteze: viteza în lucru, viteza în gol – care vizează deplasările utilajului în gol pe laturile parcelei sau pentru repararea greșurilor și viteza la întoarceri.

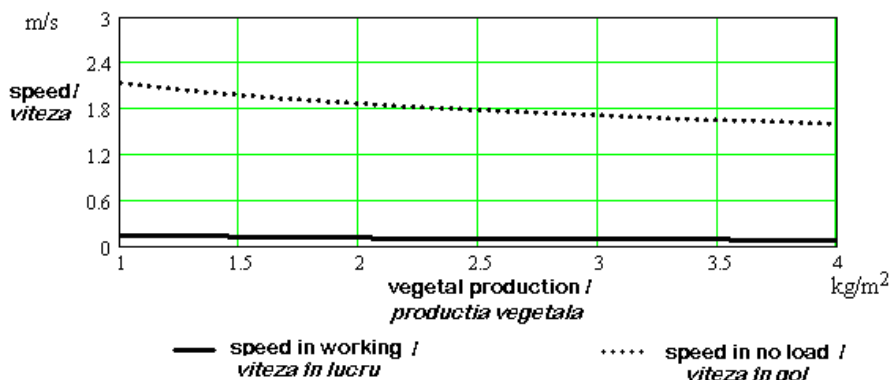


Fig. 6 - Optimal speeds variation with increasing of vegetal production in the case of a route without mistakes / Variația vitezelor optimele cu creșterea producției vegetale în cazul unui parcurs fără greșuri.

The optimal speeds variation with plant production and the effect of mistakes appear in Fig. 6 and 7. It is noted that for routes without mistakes the speeds varies within a lower range (Fig. 6), increasing of the length of the road for mending of mistakes leading to variation in superior intervals of speed (Fig. 7).

Variația vitezelor optimele cu producția vegetală efectul greșurilor apare în fig. 6 și 7. Se observă că pentru parcurșurile fără greșuri vitezele variază într-un interval inferior (fig. 6), creșterea lungimii drumului pentru repararea greșurilor conducând la variația în intervale superioare de viteză (fig. 7).



Fig. 7 - Optimal speeds variation with increasing of vegetal production in the case of a route with the length for repairing of mistakes of 15% of length of the road traveled in working / Variația vitezelor optimele cu creșterea producției vegetale în cazul unui parcurs cu lungimea pentru repararea greșurilor de 15 % din lungimea drumului parcurs în lucru

CONCLUSIONS

Theoretical and numerical results demonstrate that, at least for the case of calibration studied, the two-dimensional model is superior to the one-dimensional not only in terms of fidelity as against reality.

The optimal speeds indicated by theoretical way do not depend on the dimensions of parcels. Also, it is shown by numerical and graphical studies that the considerable failure to comply of the movement speed in no load does not have significant implications for the energetic consumption (substantial deviation of speed in no load from the optimal one produces increasing of energetic consumption compared to the optimal one with negligible amounts), while relatively small deviations of the working speed in relation to the optimal one, produces appreciable deviations of energetic consumption compared to the optimal one.

CONCLUZII

Rezultatele teoretice și numerice demonstrează că, cel puțin pentru cazul de calibrare studiat, modelul 2-dimensional este superior celui 1-dimensional nu numai din punctul de vedere al fidelității față de realitate.

Vitezele optimele indicate pe cale teoretică nu depind de dimensiunile parcelelor. De asemenea, se arată prin studii numerice și grafice că nerespectarea apreciabilă a vitezei de deplasare în gol nu are implicații semnificative la consumul energetic (abaterea semnificativă a vitezei în gol de la cea optimă produce creșterea consumului energetic față de cel optim cu cantități neglijabile), pe când abateri relativ mici ale vitezei de lucru în raport cu cea optimă, produce abateri apreciable ale consumului energetic față de cel optim.

REFERENCES

- [1]. Bobancu V., Mihaileanu N., Gheorghita S., Brezuleanu A., Stefanescu A., Balanescu T. (1974) - *Dictionary of general mathematics*, Romanian Encyclopedic Publishing House, Bucharest;
- [2]. Dobrescu C. (1981) – *Optimization of agricultural aggregates parameters in order to reduce the energy consumption*, Editorial propaganda agricultural machinery Publishing, Bucharest;
- [3]. Letoşnev N.N. (1959) - *Agricultural Machines*, State Agro-Forestry Publishing House;
- [4]. Schuler R. T. (1991) - *Estimating Agricultural Field Machinery Costs*, A3510, Agricultural Bulletin, Rm. 245, 30 N. Murray St., Madison, Wisconsin 53715;
- [5]. Şandru A., Bădescu M., Şandru L. (1982) – *Reducing the energy consumption by rationally using the agricultural aggregates*, Scrisul Românesc Publishing, Craiova;
- [6]. Şandru A., Popescu S., Cristea I., Neculăiaşa V. (1983) – *Exploitation of agricultural equipment*, Didactic and Pedagogic Publishing, Bucharest;
- [7]. Udrişte C., Tanasescu E., (1980) - *Minimum and maximum of real functions of real variables*, Technical Publishing House Bucharest.
- [8]. Voicu E. (2007) – *Researches on dynamic and energetic optimization of tractor-fodder harvesting combine aggregate*, Ph.D. Thesis, University Transilvania Braşov, Faculty of Mechanical Engineering;
- [9]. *** Regional Statistics Office Bucharest, <http://www.bucuresti.insse.ro>
- [10]. <http://dexonline.ro/definitie/gre%C8%99>;
- [11]. <http://mathworld.wolfram.com/search/?query=mthematical+programming&x=14&y=9>;

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Bobancu V., Mihăileanu N., Gheorghită Ş., Brezuleanu A., Ştefănescu A., Bălănescu T. (1974) - *Dicţionar de matematici generale*, Editura Enciclopedică Română, Bucureşti;
- [2]. Dobrescu C. (1981) - *Optimizarea parametrilor agregatelor agricole în scopul reducerii consumului de energie*, Redacţia de propagandă tehnică agricolă, Bucureşti;
- [3]. Letoşnev N.N. (1959) - *Maşini Agricole*, Editura Agro-Silvică de Stat;
- [4]. Schuler R.T. (1991) - *Estimarea costurilor domeniul maşinilor agricole*, A3510, Buletinul Agricol, RM. 245, 30 N. Str. Murray, Madison, Wisconsin 53715;
- [5]. Şandru A., Bădescu M., Şandru L. (1982) - *Reducerea consumului de energie prin folosirea raţională a agregatelor agricole*, Editura Scrisul Românesc, Craiova;
- [6]. Şandru A., Popescu S., Cristea I., Neculăiaşa V. (1983) - *Exploatarea utilajelor agricole*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti;
- [7]. Udrişte C., Tănăsescu E., (1980) - *Minime şi maxime ale funcţiilor reale de variabile reale*, Editura Tehnică Bucureşti.
- [8] Voicu E. (2007) - *Cercetări privind optimizarea dinamică şi energetică a agregatului tractor cu combină de recoltat furaje*, Teza de doctorat, Universitatea Transilvania din Braşov, Facultatea de Inginerie Mecanică ;
- [9]. *** Direcţia Regională de Statistica Bucureşti, <http://www.bucuresti.insse.ro>
- [10]. <http://dexonline.ro/definitie/gre%C8%99>;
- [11]. <http://mathworld.wolfram.com/search/?query=mthematical+programming&x=14&y=9>

RESEARCHES ON IMPROVING THE WORKING PROCESS OF THE PICK-UP TYPE DRUM WITH THE RETRACTABLE FINGERS

CERCETĂRI CU PRIVIRE LA ÎMBUNĂTĂȚIREA PROCESULUI DE LUCRU AL TOBEI CU DEGETE ELASTICE RETRACTABILE

Ph.D. Eng. Caba I.L.¹⁾, Assoc. Prof. PhD. Eng. Bungescu S.¹⁾, Assoc. Prof. PhD. Eng. Biriș S.²⁾,
Prof. PhD. Eng. Moise V.²⁾

¹⁾USAMVB Timișoara / Romania; ²⁾P.U. Bucharest / Romania
Tel: 0256-487036; E-mail: cabaioan@yahoo.com

Abstract: It is well known that the drums with elastic fingers besides their remarkable constructive and functional characteristics (design simplicity, high operation reliability, light weight, adaptability to varied working conditions) have a big drawback: relatively low working capacity specific to low forward speeds. To increase capacity, while maintaining quality indexes at admissible rates (low loss material feed, to avoid separation leaves and inflorescence stems of the plants and eliminate contamination of feed material with ground) is necessary to find solutions to increase the active area of elastic fingers during the raking process.

Keywords: pick up type drum

INTRODUCTION

Forage losses of any kind seriously affect animal producers, causing reduction of livestock numbers. These losses can take many forms, such as drought extended over several years, application of wrong agricultural policies or using of equipment with technical lower performance. As for us, in the latter case we want to interfere with theoretical research work and to improve the elastic fingers comprised by lifting drums, thus eliminating the loss of fibrous feed [1, 2, 3, 4, 5, 6].

MATERIAL AND METHOD

Addressing this requirement can be realized by deepening the study of drums workflow made of elastic fingers folding.

Elastic fingers drums perform three distinct operations:

- gathering (raking) feed material left on stubble after a mowing machine or mowing machines and conditioning (crushing, napping, etc.), machines of picking-overturning the hay, and so on;
- lifting the material on stubble surface at the level of working parts of the machine (feeder, pre-crushing device, intermediate conveyor, etc) on which is assembled and mounted the device of picking and lifting from furrow;
- transmission (pushing) feed material next to working organs that are part of the machine where the device is mounted.

Each of these technological operations are carried out in a specific way by the action of the elements of drum type device together with elastic fingers on feed material. The most active component of this device is the elastic fingers. They perform a complex movement, different from one operation to another and within each operation from one phase to another.

Most complex operation to be performed by device elastic retractable fingers drum is the raking of feed material. This feed material is at a shorter distance above the ground at about the stubble average height level, being unordered leaning on spines. Tightening by

Rezumat: Este binecunoscut faptul că tobele cu degete elastice pe lângă caracteristicile constructive și funcționale remarcabile (simplitate constructivă, siguranță ridicată în funcționare, masă redusă, adaptabilitate la condiții foarte variate de lucru) au un mare neajuns: capacitate specifică de lucru relativ redusă, datorită vitezei de înaintare scăzută. Pentru mărirea capacității de lucru, în condițiile menținerii indicilor calitativi la cote admisibile (pierderi reduse de material furajer, evitarea desprinderi frunzelor și inflorescențelor de pe tije plantelor și eliminarea impurificării materialului furajer cu pământ) este necesar să se găsească soluții de creștere a zonei active a degetelor elastice în timpul procesului de greblare.

Cuvinte cheie: toba de ridicare

INTRODUCERE

Pierderile de furaje de orice fel afectează grav producătorii de animale, cauzează reducerea numărului efectivilor. Aceste pierderi pot avea diferite forme, cum ar fi seceta prelungită extinsă pe mai mulți ani la rând, aplicarea unor politici agricole greșite sau din cauza folosirii unor utilaje cu performanțe tehnice mai scăzute. Ceea ce ne privește în acest ultim caz dorim să intervenim cu cercetări teoretice și să îmbunătățim procesul de lucru a degetelor elastice ce intră în componența constructivă a tobelor de ridicare, astfel eliminând pierderile de furaje fibroase [1, 2, 3, 4, 5, 6].

MATERIAL ȘI METODĂ

Soluționarea acestei cerințe se poate realiza prin aprofundarea studiului procesului de lucru executată de tobele cu degete elastice rabatabile.

Tobe cu degete elastice execută trei operații tehnologice distincte:

- strângerea (greblarea) materialului furajer rămas pe miriște în urma unei mașini de cosit sau mașini de cosit și condiționat (strivit, scămoșat, etc), mașini de strâns-întors și răvășit fân, etc.;
- ridicarea materialului de pe suprafața miriștii la nivelul organelor de lucru din fluxul tehnologic al mașinii (dispozitiv de alimentare, dispozitiv de precomprimare, transportor intermediar, etc) pe care vine montat dispozitivul de adunat și ridicat din brazdă;
- transmiterea (împingerea) materialului furajer la organele de lucru următoare aflate în componența mașinii pe care se află montat dispozitivul.

Fiecare dintre aceste operații tehnologice se realizează într-un mod specific prin acțiunea elementelor componente ale dispozitivului de adunat de tip tobă cu degete elastice asupra materialului furajer. Partea cea mai activă dintre componentele acestui dispozitiv o reprezintă degetele elastice. Ele execută o mișcare complexă, diferită de la o operație la alta și în cadrul fiecărei operații de la o fază la alta.

Operația cea mai complexă pe care o execută dispozitivul de tip tobă cu degete elastice rabatabile o reprezintă strângerea (greblarea) materialului furajer. Acest material furajer se află la o distanță mică deasupra solului aproximativ la nivelul înălțimii medii a miriștii deus neordonat rezemat

the fingers of drum work is a process consisting of two phases:

- phase I – penetration of fingers into fodder matter furrow ;
- phase II - moving material on surface of stubble.

For easy penetration of fingers through feed material layer, a porous layer composed of plant stems and leaves which are knitting randomly with large spaces between particles is necessary for them to pierce the layer.

It is considered fig.1. drum shaft noted as O, situated at the height H from the ground and position Ap of the drum with elastic finger when the finger touches the top of the swath of feed material whose thickness is h_b .

Radius of position OAB_c of bar with fingers forms an angle α_p with the horizontal axis when the fingertip touches furrow.

Drum moves parallelly to the ground surface with a speed v_m (speed of the machine) and performs a rotation with speed ω to the axis O in clockwise direction. Feed material is supported by stubble whose average height is denoted by h_m .

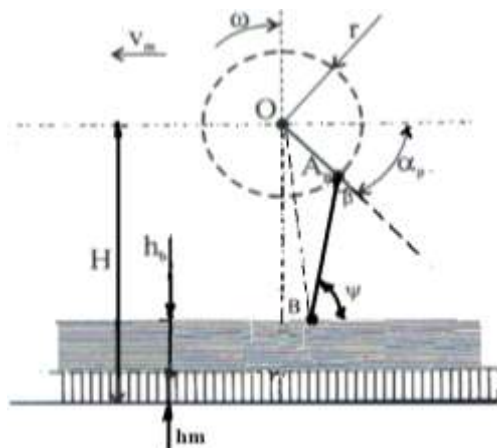


Fig. 1 -The drum with the elastic retractable fingers in the phase I of working /
Dispozitivul de tip tobă cu degete elastice rabatabile aflată la faza a I-a de lucru

Given the movements they perform the drum (transport movement - translation speed and relative motion controlled - uniform rotation) can be deduced that elastic fingers to penetrate the layer of feed is necessary that:

$$\psi \leq \frac{\pi}{2} \quad (1)$$

$$\alpha + \beta \geq \frac{\pi}{2}$$

where:

- the angle formed by the direction of elastic fingers with upper side of swath of feed material;
- the angle formed between the fingers with the position radius direction of port fingers bar.

Where fingers should be placed on the elastic beam port position bar fingers (represented by the dashed OBC) or inclined backwards, as at the current car devices, it is obvious that they would execute a push-down motion of layer which would feed their spines wedge stubble.

Following this, increase feed material losses particularly by removing leaves and inflorescences on stems, invaluable component in terms of nutrient in animal feed. To eliminate this functional drawback is useful to change orientation of elastic fingers. By orienting the front fingers part (their tip) in forward displacement of machine a a dislocation effect of fodder matter and a progressive and slight compactions are obtained.

pe țepii miriștei. Strângerea lui de către degetele tobei constituie un proces de lucru alcătuit din două faze:

- faza I-a – pătrunderea degetelor în brazda de material furajer;
- faza II-a – deplasarea materialului pe suprafața miriștei.

Pentru pătrunderea ușoară a degetelor prin stratul de material furajer, un strat poros alcătuit din tije și frunze vegetale care se înlănțuiesc aleator cu spații însemnate între particule este necesar ca ele să execute o mișcare de împingere (întepare) a stratului.

Se consideră fig. 1 axul tobei notat cu O situat la înălțimea H față de nivelul solului și poziția Ap a tobei cu degetele elastice în momentul în care vârful degetului atinge fața superioară a brazdei de material furajer a cărei grosime este h_b .

Raza de poziție OAB_c a barei cu degete formează unghiul α_p cu axa orizontală în momentul în care vârful degetului atinge brazda.

Toba se deplasează paralel cu suprafața solului cu o viteză v_m (viteza de deplasare a mașinii) și execută o mișcare de rotație cu viteza ω față de axa O în sens orar. Materialul furajer este susținut de miriște a cărei înălțime medie este notată cu h_m .

Ținând seama de mișcările pe care le execută toba (mișcare de transport – translație cu viteza controlată și o mișcare relativă – rotația uniformă) se poate deduce că pentru pătrunderea degetelor elastice în stratul de material furajer este necesar ca:

în care:

- unghiul format de direcția degetelor elastice cu fața superioară a brazdei de material furajer;
- unghiul format între direcția degetelor cu direcția razei de poziție a barei port-degete.

În cazul în care degetele elastice ar fi dispuse pe direcția razei de poziție a barei port-degete (direcția OBC reprezentată cu linie întreruptă) sau înclinate în urmă, așa cum sunt la dispozitivele mașinilor actuale, este evident că ele ar executat o împingere în jos a stratului de furaje ceea ce ar duce la împănarea acestora în țepii miriștei.

Urmare a acestei acțiuni cresc pierderile de material furajer îndeosebi prin desprinderea frunzelor și inflorescențelor de pe tije tulpinilor, componente deosebit de valoroase din punct de vedere nutritiv în furajarea animalelor. Pentru eliminarea acestui neajuns funcțional se consideră folositoare modificarea orientării degetelor elastice. Prin orientarea degetelor cu partea anterioară (vârful lor) în sensul de înaintare al mașinii se realizează un efect de dislocare (ridicare) a stratului de material furajer și o compactare progresivă și ușoară a lui pe direcția de mișcare.

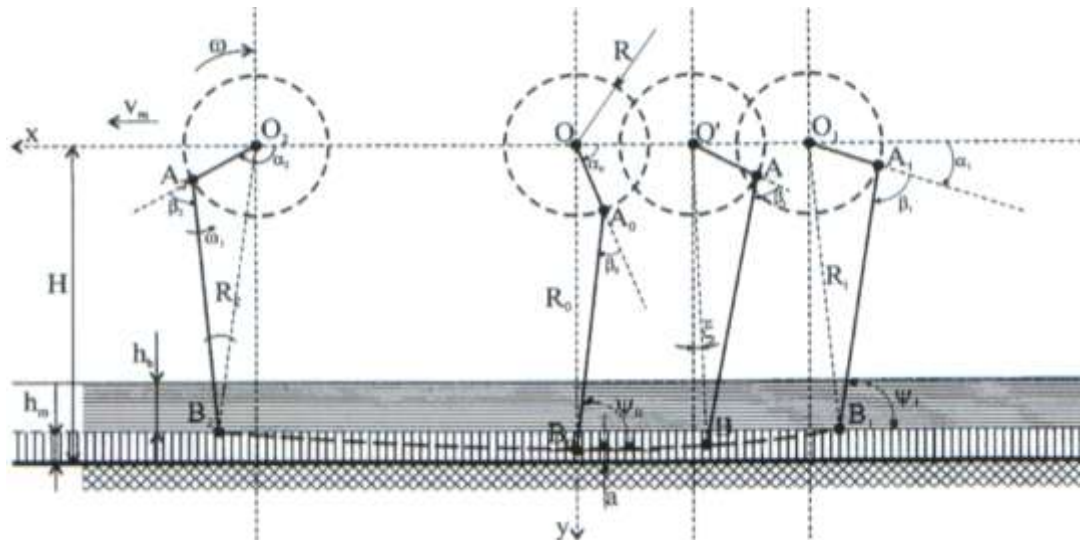


Fig. 2 -The drum type pick up with the elastic fingers which are hinged in the phasa II of working /
Dispozitivul de tip tobă cu degete elastice rabatabile aflată la faza a II-a de lucru

Thus the impact between the fingers and fodder material is transmitted as a damped wave in the furrow without tearing and ripping leaves stems and flowers.

Phase II named rake, begins when the elastic fingers of drum (see fig.2) penetrate through stubble spines when their tips B_q are at the level of the average height of stubble (h_m).

During this phase, fingers move (push) swath of material on the surface of stubble. Pushing is done by pressing, the density of material layer gradually increases with particle agglomeration. Layer tensions grow by particles agglomeration. The tensions from the layer grow and vary on pushing direction from contact with fingers where they have maximum value to the extent of influence where they have minimum value corresponding to resting layer tension.

End of phase II corresponds to the moment when your fingers are out of stubble, respectively when their peaks noted by B_2 reached the level h_m . Rake phase is performed along the trajectory arc $B_2 B_1 B_0$ described by elastic finger tips and comprises two areas:

- the agglomeration of the material in front of the elastic fingers along the arc $B_1 - B_0$;
- area of pushing material over the arc denoted $B_0 - B_2$.

The first area, the elastic fingers orientation against position radius direction of finger bar port is constant. This means that the angles $\beta_1 = \beta_0$. Bar position port fingers changes while browsing the area from α_1 la α_0 . Due to this increase in position angle α changes also the penetration angle ψ from:

$$\psi_1 = \pi - (\alpha_1 + \beta_1) \quad (2)$$

$$\psi_0 = \pi - (\alpha_0 + \beta_0) \quad (3)$$

From previous relationships it results that $\psi_0 < \psi_1$ which means that the action of pushing up feed material and wedging it in stubble spines diminishes.

At the push of a material along the arc $B_0 - B_2$ range bar harbor fingers position rotates about the axis of the drum α_0 to α_2 . Throughout this area in front of spring fingers is gathered a certain amount of feed material that exerts a gradually increasing drag. Gradually material density increases and easy compaction occurs, whereas deformations occur as remanent deformations of plants under the influence of internal stress produce.

Astfel impactul dintre degetele și material furajer se transmite ca o undă amortizată în brazda de material furajer, fără a provoca ruperea tijelor și desprinderea frunzelor și a florilor.

Faza a II-a numită greblare propriu - zisă, începe în momentul în care degetele elastice ale tobei (fig. 2) pătrund printre țepii miriștei, când vârful lor B_1 se află la nivelul înălțimii medii a miriștei (h_m).

În decursul acestei faze degetele execută deplasarea (împingerea) brazdei de material pe suprafața miriștei. Împingerea se realizează prin presare, densitatea stratului de material crește treptat prin aglomerarea particulelor. Tensiunile din strat cresc și variază pe direcția de împingere de la contactul cu degetele unde au valoarea maximă până la limita de influență unde au valoarea minimă, corespunzătoare tensiunilor din stratul de repaus.

Sfârșitul fazei a II-a corespunde momentului în care degetele au ieșit din miriște respectiv când vârful lor notat cu B_2 au ajuns la nivelul h_m . Faza de greblare se realizează de-a lungul arcului $B_1 B_0 B_2$ al traiectoriei descrisă de vârful degetelor elastice și cuprinde două zone:

- zona de aglomerare a materialului în fața degetelor elastice de-a lungul arcului $B_1 - B_0$;
- zonă de împingere a materialului prin influență de-a lungul arcului notat $B_0 - B_2$.

În prima zonă orientarea degetelor elastice față de direcția razei de poziție a barei port-degete se menține constantă. Aceasta înseamnă că valoarea unghiurilor $\beta_1 = \beta_0$. Poziția curentă a barei port-degete se modifică în timpul parcurgerii acestei zone de la α_1 la α_0 . Corespunzător acestei creșteri a unghiului de poziție α se modifică și unghiul de pătrundere ψ de la:

Din relațiile anterioare rezultă că $\psi_0 < \psi_1$ ceea ce înseamnă că acțiunea de împingere în sus a materialului furajer și împănarea lui în țepii miriștei se diminuează.

În zona de împingere a materialului, de-a lungul arcului $B_0 - B_2$ raza de poziție a barei port degete se rotește față de axa tobei de la α_0 la α_2 . De-a lungul acestei zone în fața degetelor elastice se află adunată o oarecare cantitate de material furajer ce exercită o rezistență la înaintare treptat crescătoare. Densitatea materialului crește progresiv și are loc o ușoară compactare, întru-cât se produc deformări remanente ale tijelor plantelor sub influența tensiunilor interne.

RESULTS

The length of this zone is influenced by the angle of rotation of the bar port fingers value to drum axis at position A_0 to A_2 position. To expand this area is considered useful to drive a rotating bar to port fingers axis with angular velocity ω_1 in the opposite direction of rotation of the drum.

So when elastic fingers leave the stubble (position B_2) the radius of position of the bar port fingers forms the angle β_2 with elastic fingers, angle measured counter-clockwise.

Elastic fingers turning the opposite direction of travel of the machine equipped with retractable elastic fingers drum ensures keeping in the active area of the fingers of a bar longer than usual, thus increasing the effective length of the rake area.

Laws of motion of fingertips while browsing the phase of the two different rake differ. To establish them a system of plan coordinate axes is chosen with the O point origin in drum axis device (fig. 2).

OX abscissa axis (horizontal) is chosen at the level of drum axis oriented towards the direction of travel of the machine. OY ordinate axis (vertical) is facing down, passing through the point B_0 end of agglomeration zone and starts pushing the material fodder when projection distance R_0 of point B_0 is vertical. Radius projection value of point B_0 is:

$$R = \sqrt{l^2 + r^2 + 2lr \cos \beta_0} = H - a \quad (4)$$

where:

l - length of elastic fingers ;
 r - the radius of the drum;
 H - distance from the ground to the drum axis;
 a - protection zone, the distance from the ground to fingertips.

To avoid contamination of feed material with ground is necessary for the protection to be of value between 20 and 25 mm.

Radius of position of fingertip at entry and exit points of rake phase, respectively points B_i and B_e are:

$$R_1 = \sqrt{l^2 + r^2 + 2lr \cos \beta_1} \quad (5)$$

$$R_2 = \sqrt{l^2 + r^2 + 2lr \cos \beta_2} \quad (6)$$

Using geometric elements fig.2., You can write the following equality:

$$H - h_m = r \sin \alpha_1 + l \sin(\alpha_1 + \beta_1) \quad (7)$$

$$H - h_m = r \sin \alpha_2 + l \sin(\alpha_2 - \beta_2) \quad (8)$$

where:

- is the angle formed by position radius of the bar port fingers A_1 with OX axis, measured clockwise when elastic finger penetrate the stubble;
 - is the angle between the position radius of port fingers A_2 with axis OX, when leaving the stubble;
 - are slope angles of elastic finger angles to the direction of position range of bar port fingers A_1 when fingers are entering stubble, or upon leaving the stubble A_2 .

For a value of angles chosen, it results drum placing height H to the ground, which is:

$$H = \sqrt{l^2 + r^2 + 2lr \cos \beta_1} + a \quad (9)$$

The angle that characterizes elastic fingers when entering stubble resulting from the relation (7):

REZULTATE

Lungimea acestei zone este influențată de valoarea unghiului de rotire a barei port-degete față de axa tobei din poziția A_0 până la poziția A_2 . Pentru extinderea acestei zone se consideră util să se imprime o mișcare de rotație a barei port-degete față de axa sa cu viteza unghiulară ω_1 în sens invers sensului de rotație al tobei.

Astfel în momentul ieșirii din miriște a degetelor elastice, (poziția B_2) direcția razei de poziție a barei port degete formează unghiul β_2 cu degetele elastice, unghi măsurat în sens trigonometric.

Rotirea degetelor elastice în sens invers față de sensul de deplasare a mașinii echipată cu toabă cu degete elastice retractabile asigură păstrarea în zonă activă a degetelor unei bare timp mai îndelungat, astfel mărindu-se lungimea efectivă a zonei de greblare.

Legile de mișcare ale vârfurilor degetelor în timpul parcurgerii celor două zone ale fazei de greblare diferă. Pentru stabilirea lor se alege un sistem de axe de coordonate plan, cu originea punctului O în axa tobei dispozitivului (fig. 2).

Axa absciselor OX (orizontală) se alege la nivelul axei tobei orientată în sensul de deplasare al mașinii. Axa ordonatelor OY (verticală) este orientată în jos, trece prin punctul B_0 sfârșitul zonei de aglomerare și începutul zonei de împingere a materialului furajer, când raza de proiecție R_0 a punctului B_0 este verticală. Valoarea razei de proiecție a punctului B_0 este:

unde:

l – lungimea degetelor elastice;
 r – raza tobei;
 H – distanța de la sol până la axa tobei;
 a – zona de protecție, distanța de la sol până la vârful degetelor elastice.

Pentru evitarea împurificării materialului furajer cu pământ este necesar ca zona de protecție să aibă valoare între 20-25 mm.

Razele de poziție ale vârfurilor degetelor la intrarea și ieșirea din faza de greblare respectiv ale punctelor B_i și B_e sunt:

Utilizând elementele geometrice din fig.2., se pot scrie următoarele egalități:

unde:

- este unghiul format de raza de poziție a barei port degete A_1 cu axa OX, măsurat în sens orar în momentul pătrunderii degetelor elastice în miriște;
 - este unghiul format de raza de poziție a barei port-degete A_2 cu axa OX, în momentul ieșirii degetelor din miriște;
 - sunt unghiurile de înclinare ale degetelor elastice față de direcția razei de poziție a barei port-degete A_1 în momentul intrării degetelor în miriște, respectiv A_2 în momentul ieșirii din miriște.

Pentru o valoare a unghiurilor aleasă, rezultă înălțimea H de așezare a tobei față de nivelul solului, care este:

Valoarea unghiului care caracterizează momentul pătrunderii degetelor elastice în miriște rezultă din relația (7):

$$\alpha_1 = 2 \arctg \left[\frac{1}{2(-l \sin \beta_1 - H + h)} \left(\frac{-2r - 2l \cos \beta_1}{\sqrt{4r^2 + 8rl \cos \beta_1 + 4l^2 \cos^2 \beta_1 + 4l^2 \sin^2 \beta_1 - 4H^2 + 8Hh - 4h^2}} \right) \right] \quad (10)$$

as one can write, after simplifications:

ceea ce se mai poate scrie, după efectuarea simplificărilor:

$$\alpha_1 = 2 \arctg \frac{r + l \cos \beta_1 \sqrt{r^2 + l^2 + 2rl \cos \beta_1} (H - h)^2}{l \sin \beta_1 + H - h} \quad (11)$$

Similarly appropriate angle when leaving the stubble fingers resulting from relation (8):

În mod asemănător unghiul corespunzător momentului ieșirii degetelor din miriște rezultă din relația (8):

$$\alpha_2 = \pi - 2 \arctg \left[\frac{-2r - 2l \cos \beta_1 + \sqrt{4r^2 + 8rl \cos \beta_1 + 4l^2 \cos^2 \beta_1 + 4l^2 \sin^2 \beta_1 - 4H^2 + 8Hh - 4h^2}}{2(-l \sin \beta_1 - H + h)} \right] \quad (12)$$

after simplification, becomes:

după efectuarea simplificărilor, devine:

$$\alpha_2 = \pi - 2 \arctg \frac{r + l \cos \beta_1 \sqrt{r^2 + l^2 + 2rl \cos \beta_1} (H - h)^2}{l \sin \beta_1 + H - h} \quad (13)$$

Angle of the position radius of the bar port fingers A_0 with horizontal axis at time $t = 0$, when fingertips are on OY axis, it results a triangle $OA_0 B_0$ (fig. 3):

Unghiul format de raza de poziție a barei port-degete A_0 cu axa orizontală în momentul $t = 0$, când vârful degetelor se află pe axa OY, rezultă un triunghi $OA_0 B_0$ (fig. 3):

$$\alpha_0 = \arccos \frac{l \sin \beta_1}{\sqrt{l^2 + r^2 + 2lr \cos \beta_1}} \quad (14)$$

Current coordinates of the ends of elastic fingers while browsing the arc $B_1 - B_0$ (fig. 4) are:

Coordonatele curente ale capetelor degetelor elastice în timpul parcurgerii arcului $B_1 - B_0$ (fig. 4) sunt:

$$X_i = v_m t_i + R_1 \sin \omega t_i \quad (15)$$

$$Y_i = R_1 \cos \omega t_i \quad (16)$$

Where:

t_i - the time needed to move the finger in position by position B_1 up to B_0 .
Radius of position of point B_1 to the axis OY is determined by the angle ξ_i measured in clockwise direction of rotation of the drum. So we can write:

În care:

t_i - reprezintă timpul necesar pentru deplasarea degetului din poziția B_1 până în poziția B_0 .
Raza de poziție a punctului B_1 față de axa OY este determinată de unghiul ξ_i măsurat în sens invers sensului de rotație a tobei. Deci se poate scrie:

$$\omega t_i = -\xi_i \quad (17)$$

$$t_i = -\frac{\xi_i}{\omega} \quad (18)$$

where is the ω angular velocity of the drum with elastic fingers.

Independent variable in equations (15) and (16) is time. By derivation are obtained equations of components of velocity of fingertip as follows:

în care ω este viteza unghiulară a tobei cu degete elastice.

Variabila independentă din ecuațiile (15) și (16) este timpul. Prin derivare se obțin ecuațiile componentelor vitezei vârfului degetului, astfel:

$$\dot{X}_i = v_m + \omega \cos \omega t_i \sqrt{l^2 + r^2 + 2lr \cos \beta_1} \quad (19)$$

$$\dot{Y}_i = -\omega \sin \omega t_i \sqrt{l^2 + r^2 + 2lr \cos \beta_1} \quad (20)$$

Differentiating the second equation we obtain acceleration components:

Derivând a doua oară ecuațiile obținem componentele accelerației:

$$\ddot{X}_i = -\omega^2 \sin \omega t_i \sqrt{l^2 + r^2 + 2lr \cos \beta_1} \quad (21)$$

$$\ddot{Y}_i = -\omega^2 \cos \omega t_i \sqrt{l^2 + r^2 + 2lr \cos \beta_1} \quad (22)$$

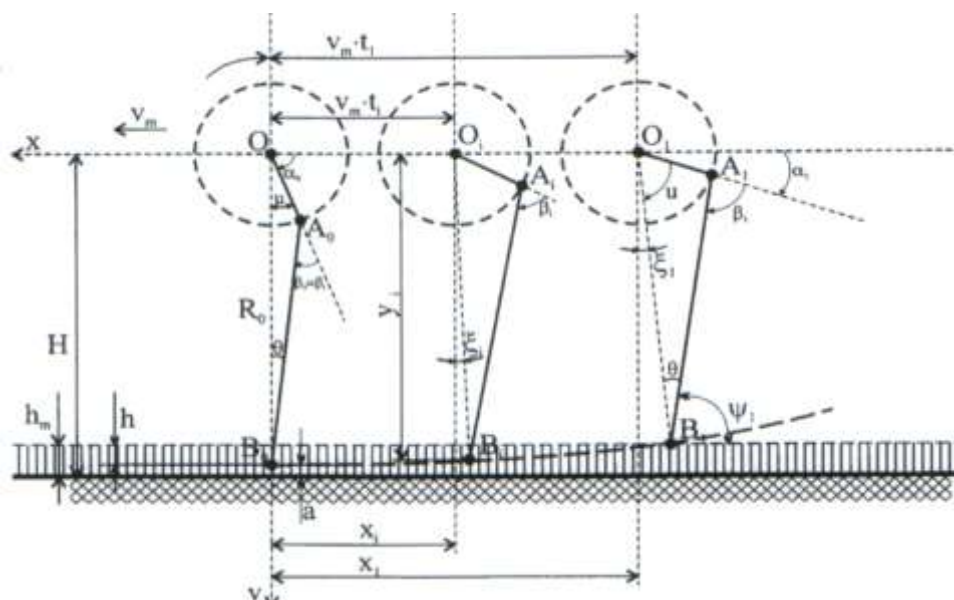


Fig. 3 -The drum with elastic retractable fingers type device which are in the first half of in the phase II of working / *Dispozitivul de tip tobă cu degete elastice rabatabile aflată la prima jumătate a fazei a II-a de lucru.*

B₁ point coordinates corresponding to the moment when elastic fingers entering stubble area:

Coordonatele punctului B_1 corespunzător momentului pătrunderii degetelor elastice în miriște sunt:

$$X_1 = -v_m t_1 + R_1 \sin \omega t_1 \quad (23)$$

$$Y_1 = R_1 \cos \omega t_1 \quad (24)$$

where:

unde:

$$t_1 = - \frac{\xi_1}{\omega} \quad (25)$$

From fig. 3 follows:

Din fig. 3 rezultă:

$$u = \frac{\pi}{2} - \alpha_0 = \frac{\pi}{2} - \xi_1 - \alpha_1 \quad (26)$$

where:

de unde:

$$\xi_1 = \alpha_0 - \alpha_1 \quad (27)$$

Taking into account the relations (5) and (27), relations (23) and (24) can be written:

Ținând cont de relațiile (5) și (27), relațiile (23) și (24) se pot scrie:

$$X_1 = -\frac{v_m(\alpha_0 - \alpha_1)}{\omega} - \sin(\alpha_0 - \alpha_1)\sqrt{l^2 + r^2 + 2lr \cos \beta_1} \quad (28)$$

$$Y_1 = \cos(\alpha_0 - \alpha_1) \sqrt{l^2 + r^2 + 2lr \cos \beta_1} \quad (29)$$

Current coordinates (2), (3) of fingertips on a bar lport
fingers shfted behind with he angle $\delta = \frac{2\pi}{z}$ where z is the
number of bars in the drum when passing through the
cluster area will be:

Coordonatele curente (2), (3) ale vârfurilor degetelor de pe o bară port-degete decalată în urmă cu unghiul δ unde $\delta = \frac{2\pi}{z}$ în care z reprezintă numărul de bare de la tobă, la trecerea prin zona de aglomerare vor fi:

$$X_b = v_m t_b + R_1 \sin \omega t_b \quad (30)$$

$$Y_b = R_1 \cos \omega t_h \quad (31)$$

where:

în care:

$$\omega t_h = \delta - \xi_1$$

$$t_b = \frac{\delta - \xi_1}{\omega}$$

The point of entry into the stubble of spring fingers on the bar is characterized by the following coordinates:

Poziția punctului de intrare în miriște a degetelor elastice de pe această bară este caracterizată de următoarele coordonate:

$$X_{b1} = v_m \frac{\delta - \alpha_0 + \alpha_1}{\omega} + \sin(\delta - \alpha_0 + \alpha_1) \sqrt{l^2 + r^2 + 2lr \cos \beta_1} \quad (32)$$

$$Y_{b1} = \cos(\delta - \alpha_0 + \alpha_1) \sqrt{l^2 + r^2 + 2lr \cos \beta_1} \quad (33)$$

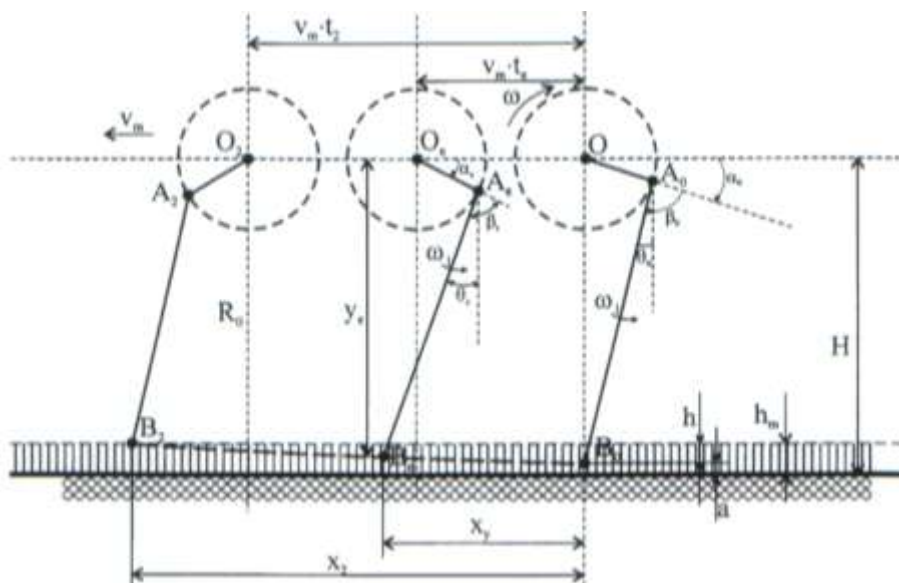


Fig. 4 -The drum type pick up with the retractable elastic fingers which are at the second half of the phase II of working /
Dispozitivul de tip tobă cu degete elastice rabatabile aflată la a doua jumătate a fazei a II-a de lucru

Once the elastic fingertips passed over the vertical axis starts the pushing area of matter on surface of stubble. The movement process of material is performed by free compaction in open air, similarly to stacking process of fibrous materials.

In this area, bars port fingers acquire an additional rotation movement in the opposite direction of rotation of the drum. It is considered that this rotation is performed with angular speed $\omega_1 = const$.

Current coordinates of the trajectory described by fingertips while driving along the arc of the curve $B_0 - B_2$ are:

După ce vârful degetelor elastice au trecut de axa verticală, începe zona de împingere a materialului furajer pe suprafața miriștei. Procesul de deplasare a materialului se realizează în regim de compactare liberă în spațiu deschis, asemănător cu procesul de stivuire în șiră a materialelor fibroase

În această zonă, barele port-degete capătă o mișcare de rotație suplimentară în sens invers sensului de rotație al tobei. Se consideră că această mișcare de rotație se execută cu viteza unghiulară $\omega_1 = \text{const.}$

Coordonatele curente ale traiectoriei descrisă de vârfurile degetelor în timpul deplasării de-a lungul arcului de curbă $B_0 - B_2$ sunt:

$$X_e = v_m t_e - r \cos \alpha_\rho + l \sin \theta_\rho \quad (34)$$

$$Y_e = r \sin \alpha_e + l \cos \theta_e \quad (35)$$

where:

t_e - time to move to the origin of the axes XOY, where $t_0 = 0$;

α_e the angle between the position radius of bar port fingers with the horizontal axis;

θ_o the angle formed by the vertical elastic fingers.

Depending on the initial position, characterized by angles α_0 and θ_0 one can write:

unde:

t_e – timpul de mișcare față de originea sistemului de axe XOY, unde $t_0 = 0$;

α_e unghiul format de raza de poziție a barei port-degete cu axa orizontală;

θ , unghiul format de degetele elastice cu axa verticală.

În funcție de pozițiile inițiale, caracterizate prin unghiurile α_0 și θ_0 se pot scrie:

$$\alpha_e = \alpha_0 + \omega_1 t_e \quad (36)$$

$$\theta_e = \theta_0 + \omega t_e - \omega_1 t_e \quad (37)$$

From fig. 4 follows:

Din fig. 4 rezultă:

$$\theta_0 = \alpha_0 + \beta_0 - \frac{\pi}{2} \quad (38)$$

So the current position angle of elastic fingers:

deci unghiul de poziție curent al degetelor elastice:

$$\theta_e = \alpha_0 + \beta_0 - \frac{\pi}{2} + t_e(\omega - \omega_1) \quad (39)$$

With these equations (34) and (35) become:

Cu acestea ecuațiile (34) și (35) devin:

$$X_e = v_m t_e - r \cos(\alpha_0 + \omega t_e) + l \cos[\alpha_0 + \beta_0 + t_e(\omega - \omega_1)] \quad (40)$$

$$Y_e = r \sin(\alpha_0 + \omega t_e) + l \sin[\alpha_0 + \beta_0 + t_e(\omega - \omega_1)] \quad (41)$$

Speed and acceleration components in the two directions as in (27) are:

Componentele vitezei și accelerației pe cele două direcții conform (27) sunt:

$$\dot{X}_e = v_m + r\omega \sin(\alpha_0 + \omega t_e) - l(\omega - \omega_1) \sin[\alpha_0 + \beta_0 + t_e(\omega - \omega_1)] \quad (42)$$

$$\dot{Y}_e = r\omega \cos(\alpha_0 + \omega t_e) + l(\omega - \omega_1) \cos[\alpha_0 + \beta_0 + t_e(\omega - \omega_1)] \quad (43)$$

$$\ddot{X}_e = r\omega^2 \cos(\alpha_0 + \omega t_e) - l(\omega - \omega_1)^2 \cos[\alpha_0 + \beta_0 + t_e(\omega - \omega_1)] \quad (44)$$

$$\ddot{Y}_e = -r\omega^2 \sin(\alpha_0 + \omega t_e) - l(\omega - \omega_1)^2 \sin[\alpha_0 + \beta_0 + t_e(\omega - \omega_1)] \quad (45)$$

The total length of phase of raking is the sum of length of two areas:

Lungimea totală a fazei de greblare reprezintă suma lungimilor celor două zone:

$$X_T = |X_1| + |X_2| \quad (46)$$

Where:

X_1 - represents the distance from OY axis up to the place of penetration of fingers into stubble, point B_1 (fig.3) where from is calculated with the relation (28);

X_2 – represents the distance from OY axis up to the place where the elastic fingers leave the stubble, point B_2 fig.4. and is calculated with the relation:

unde:

X_1 - reprezintă distanța de la axa OY până la locul de pătrundere a degetelor în miriște, punctul B_1 (fig.3) din care se calculează cu relația (28);

X_2 – reprezintă distanța de la axa OY până la locul de ieșire a degetelor elastice din miriște, punctul B_2 fig.4. și se calculează cu relația:

$$X_2 = v_m t_2 - r \cos(\alpha_0 + \omega t_2) + l \cos[\alpha_0 + \beta_0 + t_2(\omega - \omega_1)] \quad (47)$$

where: t_2 - is time of rotation of the bar port fingers in position A_0, A_2 fig. 4 .

unde: t_2 – este timpul de rotire a bărei port-degete din poziția A_0 în poziția A_2 fig. 4.

$$t_2 = \frac{\alpha_2 - \alpha_0}{\omega} \quad (48)$$

relation (47) can be written:

relația (47) se mai poate scrie:

$$X_2 = v_m \frac{\alpha_2 - \alpha_0}{\omega} - r \cos \alpha_2 + l \cos \left[\alpha_0 + \beta_0 + \frac{\alpha_2 - \alpha_0}{\omega} (\omega - \omega_1) \right] \quad (49)$$

These values given in equation (46) lead to:

Aceste valori introduse în ecuația (46) conduc la:

$$X_T = \left| -v_m \frac{\alpha_0 - \alpha_1}{\omega} - \sin(\alpha_0 - \alpha_1) \sqrt{l^2 + r^2 + 2lr \cos \beta_1} \right| + \left| v_m \frac{\alpha_2 - \alpha_0}{\omega} - r \cos \alpha_2 + l \cos \left[\alpha_0 + \beta_0 + \frac{\alpha_2 - \alpha_0}{\omega} (\omega - \omega_1) \right] \right| \quad (50)$$

The prerequisite is not to let working surfaces where drum elastic fingers do not pass, namely any areas should not remain unraked. Therefore, the place where fingers penetrate should not exceed the place where previous bar fingers leave the stubbled:

Condiția esențială ca să nu rămână suprafețe de lucru netrecute de degetele elastice ale tobei, adică să nu rămână zone ne-greblate este necesar ca locul de pătrundere în miriște a degetelor elastice de pe o bară să nu depășească locul de ieșire din miriște a degetelor barei anterioare:

$$X_{1b} \leq X_{2a} \quad (51)$$

where:

X_{1b} - distance from the axis OY up to the current bar finger entering;
 X_{2a} - distance from OY axis to place where the previous bar fingers leave out the stubble .

From relations (32), (49) and (51) follows:

unde:

X_{1b} – distanța de la axa OY până la locul de intrare a degetelor barei curente;
 X_{2a} – distanța de la axa OY până la locul de ieșire din miriște a degetelor aflate pe bara anterioară.

Din relațiile (32), (49) și (51) rezultă:

$$v_m \frac{\delta - \alpha_0 + \alpha_1}{\omega} + \sin(\delta - \alpha_0 + \alpha_1) \sqrt{l^2 + r^2 + 2lr \cos \beta_1} \leq v_m \frac{\alpha_2 - \alpha_0}{\omega} - r \cos \alpha_2 + l \cos \left[\alpha_0 + \beta_0 + (\alpha_2 - \alpha_0) \frac{1 - \omega_1}{\omega} \right] \quad (52)$$

For a given value of the ratio of angular velocity of bar port fingers and drum angular velocity we can write:

Pentru o anumită valoare aleasă a raportului dintre viteza unghiulară a barei port-degete și viteza unghiulară a tobei putem scrie:

$$c = \frac{\omega_1}{\omega} \quad (53)$$

Condition to ensure continuity of surfaces raked by elastic fingers becomes:

Condiția de asigurare a continuității suprafețelor greblate de degetele elastice devine:

$$\omega \geq \frac{v_m (\delta + \alpha_1 - \alpha_2)}{l \cos[\alpha_0 + \beta_0 + (\alpha_2 - \alpha_0)(1 - c)] - r \cos \alpha_2 - \sin(\delta - \alpha_0 + \alpha_1) \sqrt{l^2 + r^2 + 2lr \cos \beta_1}} \quad (54)$$

If $c = 1$, the angular velocity of the bar port fingers is equal to the angular velocity of the drum, the direction to the surface fingers will remain constant over the entire range of pushing feed material, which means that fingers will exercise a pushin action of furrow.

A value of $c > 1$, is not useful as fodder would slip between the elastic fingers.

The relation (54) correlates the main structural and functional parameters of elastic fingers drum with state parameters of feed material layer. In terms of working capacity of drum with elastic fingers a particular importance is given by the length of rake phase whose value is influenced by many factors, such as stubble height, diameter of drum, finger length, angular velocity of rotation of the drum, height of protection zone, etc.

CONCLUSIONS

Due to operational deficiencies found in the work done by drums when lifting fibrous fodder from swath with retractable elastic fingers, we conducted a series of theoretical and experimental researches that led to address these deficiencies and improving workflow, reducing losses of feed material. Among these achievements we can mention the following:

1. reduction of losses caused by impact of fingers with fodder, by their rotation so their entry the furrow be done by pricking method and not by striking;
2. reducing fodder material loss caused by poor raking of stubble; in this case atechanical solution has been found- to keep the rake finger by turning it successively in two different directions in stubble longer time, ie it was increased effective length of a finger raking in stubble;
3. reduction of feed material furrow compaction in phase of rake by slightly folding the elastic fingers backwards to the direction of travel of the vehicle;
4. achieving a smooth and compact travel of fibrous fodder material to the feeder without diffusing or crowding it, reducing shock or vibration producing in equipment operation.

REFERENCES

- [1]. Bara V et al (1970) - 'Guide for Agricultural Mechanic, Ceres Publishing House, Bucharest;
- [2]. Borugă I., Farcaș N., Blîndu E.S. (2005) - *Mechanization of Agriculture*, University Publishing House, Bucharest;
- [3]. Krasnicenko A. (1964) - *Handbook of manufacturer of agricultural machinery*, Technical Publishing House, Bucharest;
- [4]. Mihaie I., Drocaș I., Molnar A. (2003) - *Setting agricultural machinery*, Risoprint Publishing House, Cluj-Napoca;
- [5]. Neculăiasa, V.; Dănilă, I. (1995) – *Work Processes and agricultural machinery harvesters*, A92 Publishing, Iași.

Dacă $c = 1$, viteza unghiulară a barei port-degete este egală cu viteza unghiulară a tobei, direcția degetelor față de suprafața solului va rămâne constantă de-a lungul întregii zone de împingere a materialului furajer, ceea ce înseamnă că, degetele vor exercita o acțiune de împingere în planul brazdei.

O valoare a raportului $c > 1$, nu este utilă întrucât ar avea loc alunecarea materialului furajer de pe degetele elastice.

Relația (54) corelează principalii parametri constructivi și funcționali ai tobei cu degete elastice rabatabili cu parametrii de stare ai stratului de material furajer. Din punct de vedere al capacității de lucru a tobei cu degete elastice de o deosebită importanță este lungimea fazei de greblare a cărei valoare este influențată de o multitudine de factori, cum ar fi: înălțimea miriști, diametrul tobei, lungimea degetelor elastice, viteza unghiulară de rotire a tobei, înălțimea zonei de protecție, etc.

CONCLUZII

Datorită unor deficiențe de funcționare constatate în procesul de lucru efectuat de către tobele de ridicare din brazdă a furajelor fibroase cu degete elastice retractabile am realizat o serie de cercetări teoretice și experimentale, care au condus la soluționarea acestor deficiențe și îmbunătățirea procesului de lucru, reducând pierderile de material furajer. Printre aceste realizări putem enumera următoarele:

1. reducerea pierderilor cauzate de lovirea furajelor de către deget, prin rotirea ale acestora astfel încât la intrarea lor în brazdă să se facă prin înțeparea brazdei și nu prin metoda de lovire;
2. reducerea pierderilor de material furajer cauzate de efectuarea greblării miriștei defectuoase a degetului, în acest caz s-a găsit o soluție tehnică de menținere a degetului de greblare, prin rotirea lui succesivă în două direcții diferite, în miriște o perioadă mai îndelungată de timp, adică s-a mărit lungimea efectivă de greblare a unui deget în miriște;
3. reducerea compactării brazdei de material furajer în faza de greblare prin rabaterea ușoară a degetelor elastice înapoi față de direcția de deplasare a mașinii;
4. realizarea unei deplasări line și compactă a materialului furajer fibros către dispozitivul de alimentare fără a fi răsfirată sau aglomerată, reducând producerea șocurilor sau a vibrațiilor în exploatarea utilajului.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Bara, V ș.a.(1970) - *Indrumătorul Mecanicului Agricol*, Ed. Ceres, București;
- [2]. Borugă I., Farcaș N., Blîndu E.S. (2005) – *Mecanizarea agriculturii*, Editura Cartea Universitară, București;
- [3]. Krasnicenko, A. (1964) - *Manualul constructorului de mașini agricole*, Editura Tehnică, București;
- [4]. Mihaie I., Drocaș I., Molnar A. (2003) – *Reglarea mașinilor agricole*, Editura Risoprint, Cluj –Napoca;
- [5]. Neculăiasa, V.; Dănilă, I. (1995) - *Procese de lucru și mașini agricole de recoltat*, Editura A92, Iași.

[6]. Szendro P., Lengyel A., Laszlo A., Patay I., Jori J.I., Fodor D., Csizmazia Z., Szule Z., Lang Z., Nemenyi M., Gyorfi G., Horvath B., Szabo G., Takatsy T. Wachtler I., Vermes P. (2003) - *Mechanics*, Agricultural Publishing House, Budapest.

[6]. Szendro P., Lengyel A., Laszlo A., Patay I., Jori J.I., Fodor D., Csizmazia Z., Szule Z., Lang Z., Nemenyi M., Gyorfi G., Horvath B., Szabo G., Takatsy T. Wachtler I., Vermes P. (2003) – *Mecanică*, Editura Agricultura, Budapesta.

RESEARCHES REGARDING THE OPTIMIZATION OF FODDER COMBINES CHOPPING DRUMS

CERCETARI PRIVIND OPTIMIZAREA TOBELOR DE TOCARE LA COMBINELE DE FURAJE

Ph.D. Eng. Păun A., Ph.D. Eng. Nedelcu A., Eng. Neagoe V.

INMA Bucharest

Phone: 0212330363; E-mail: ani_paun@yahoo.com

Abstract: Productions of fodder crops harvested by the combine vary depending on the harvesting period, climate and soil conditions, plant growing level. Within the combine working process, the chopping drum is the most important working part, that is why three constructive variants, frequently used in fodder combines manufacturing, have been studied.

The paper present the results of experiments performed for the trailed combine (CTF), endowed with equipment for harvesting grass fodder (EI) and ensiling corn (EP) and with three constructive variants of chopping drum.

Keywords: combine, fodder, chopping drum

INTRODUCTION

Production of fodder designed to livestock represents a forefront concern both at national and world level, because a high quality fodder base enables high quality products in large quantity obtained in livestock farms.

The fodder harvesting combine represents the most important equipment within fodder harvesting technologies for ensiling, [2, 3, 4, 6]

They are equipped with different working equipment [1, 6], taking into account the operations comprised in technological process and fodder crop to be harvested:

- equipment for harvesting grass fodder in field;
- equipment for gathering the fodder from furrow;
- equipment for harvesting the corn designed to ensiling;

Within the technological process of the combine, the most important working part is the chopping drum, which cuts the fodder according to dimensions required and throws them into the evacuation system in the combine due to peripheral speed and air current created by it. [2,6]

Because the chopping drum needs the greatest energy consumption among the combine working parts, the paper has analysed three constructive variants frequently used in fodder combines manufacturing, determining the variation of power required and air current flow created by drum according to rotative speed.

The air flow rate was indirectly quantified depending on the speed of air coming from evacuating pipe (at a known section).

The constructive variants studied are shown in figure 1:

- a – chopping drum with knives placed in cascade and blades placed behind the knife support and tilted at 45°;
- b - chopping drum with knives placed in „V”-shape, without blades;
- c – chopping drum with knives placed in „V”-shape, with blades placed in front of knife support and perpendicularly to it.

Rezumat: Producțiile culturilor furajere recoltate cu combina variază în funcție de numărul coasei ce se recoltează, de condițiile pedoclimatice, de stadiul de vegetație al plantelor. În cadrul procesului de lucru al combinei, toba de tocare este cel mai important organ de lucru, de aceea au fost analizate, în vederea optimizării, trei variante constructive utilizate frecvent în construcția combinelor de furaje.

În lucrare sunt prezentate rezultatele experimentărilor realizate pentru combina tractată (CTF) dotată cu echipamente de recoltat furaje ierboase (EI) și porumb siloz (EP) și cu trei variante constructive de toba de tocare.

Cuvinte cheie: combina, furaje, toba de tocare

INTRODUCERE

Producerea furajelor pentru sectorul zootehnic reprezintă o preocupare importantă atât pe plan mondial cât și național deoarece, realizarea unei baze furajere de calitate se va reflecta în calitatea și cantitatea produselor obținute în fermele zootehnice.

Combina pentru recoltat furaje reprezintă utilajul cel mai important din cadrul tehnologiilor pentru recoltarea furajelor în vederea însilozării, [2, 3, 4, 6]

Combinel pentru recoltarea furajelor sunt echipate în funcție de operațiile din procesul tehnologic și cultura furajeră ce se recoltează cu diferite echipamente de lucru [1,6]:

- echipament pentru recoltarea furajelor ierboase din lan;
- echipament pentru adunatul furajelor din brazdă;
- echipament pentru recoltarea porumbului pentru siloz;

În cadrul procesului tehnologic al combinei cel mai important organ de lucru este toba de tocare care, realizează fragmentarea furajelor la dimensiunile cerute și aruncarea acestora spre sistemul de evacuare din combină, datorită vitezei periferice și curentului de aer creat de aceasta [2,6].

Întrucât toba de tocare necesită cel mai mare consum energetic, dintre organele de lucru ale combinei, în lucrare s-au analizat trei variante constructive utilizate frecvent în construcția combinelor de furaje, determinându-se variația necesarului de putere și a debitului curentului de aer creat de toba, în funcție de turație.

Debitul de aer s-a apreciat indirect în funcție de viteza aerului la ieșirea din conductă de evacuare (la o secțiune cunoscută).

Variantele constructive cercetate sunt prezentate în figura 1:

- a - toba de tocare cu cuțite așezate în cascadă și palete așezate în spatele suportului cuțitului și înclinate la 45°;
- b - toba de tocare cu cuțite așezate în „V” fără palete;
- c - toba de tocare cu cuțite așezate în „V”, cu palete în fața suportului cuțitului și perpendicular pe acesta.

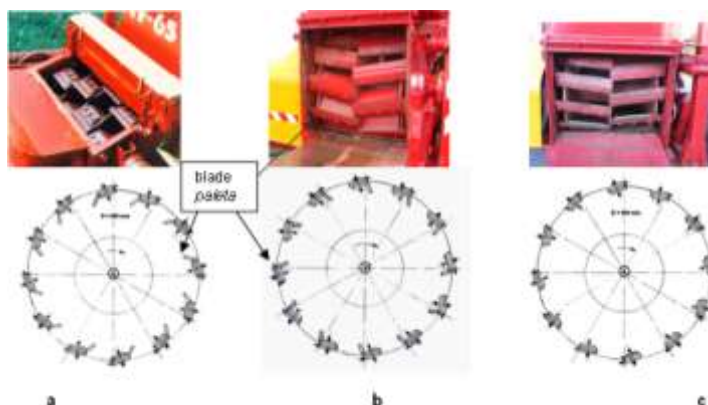


Fig. 1 – Constructive variants of chopping drum / Variantele constructive ale tobelor de tocare [6]

a – chopping drum with knives placed in cascade and blades behind the knife support, tilted at 45° , b - chopping drum with knives placed in „V”, with blades in front of knife support and perpendicular to it; c - chopping drum with knives placed in „V”, without blades / a - toabă de tocare cu cuțite așezate în cascadă și palete așezate în spatele suportului cuțitului și înclinate la 45° , b - toabă de tocare cu cuțite așezate în „V”, cu palete în fața suportului cuțitului și perpendicular pe acesta; c - toabă de tocare cu cuțite așezate în „V” fără palete;

MATERIAL AND METHOD

For achieving the experiments with the three variants of chopping drums, was used the trailed forage harvester combine CTF 65 (currently in production at SC CEAHLAU SA Piatra Neamt), in aggregate with the 65 hp wheeled tractor of Romanian manufacturing (Fig. 2).

The main technical and functional characteristics of the trailed forage harvester combine CTF-65 are:

- Type of machine trailed;
- Actuation 50-100 hp tractor;
- Type of supplying system with 4 rollers;
- Constructive width of the supplying system, mm 520;
- Diameter of chopping drum, mm 600;
- Speed of chopping drum, rot/min 826;
- Number of knives, pcs.: 4rânduri x 10 buc./pe rând=40
- Chopping length, mm . 8...35 (6 steps);
- The working width of corn silage equipment 2 rows x 0.7 m.

The actuation of the working bodies was carried out from the tractor PTO through a cardanic transmission.

The main machine is endowed with a feeding system with four rollers, and matter chopping and evacuating are made by chopping drum; the chopping length can be adjusted within 10...40 mm in 6 stages.

Evacuation of fodder chopped is made through a pipe backward or laterally left oriented to the combine, depending on the transport mean which collects the chopped foddering matter.

For determining the power necessary to driving the drums, a tensometric device, measuring concomitantly the twist moment and number of revolutions has been achieved, and for measuring the air current speed, an anemometer has been used, namely Testovent-4000, produced by Testotem (Germany) company, whose probes (measuring sensor) were introduced through a hole into the pressure tubing.

- Power transmitted through PTO, P_p , is calculated with relation (1), where:

M_p is the twist moment measured at PTO's shaft, in N·m;

$$\omega_p = \frac{\pi \cdot n_p}{30} \text{ - angular speed of PTO's shaft, in rad/s;}$$

n_p –rotation speed of PTO, in rev/min.

- Power necessary to towing the combine on horizontal field, P_t , is calculated by the relation (2), where:

F_t is the traction force measured at coupling bar in N.

V_l – working speed (displacement speed) of aggregate in m/s.

- Total power P_{tot} , for towing and driving the combine working parts is given by the relation (3).

MATERIAL ȘI METODĂ

Pentru realizarea experimentărilor cu cele trei variante constructive de tobe de tocare s-a utilizat combina tractată de recoltat furaje CTF 65 (aflată în fabricație la S.C. CEAHLAU S.A. Piatra Neamț), în agregat cu tractorul de 65CP pe roți de fabricație românească, (fig.2).

Principalele caracteristicile tehnice și funcționale ale combinei tractate de recoltat furaje CTF-65 sunt:

- Tipul mașinii tractată
- Acționare tractor de 50-100 CP;
- Tipul sistemului de alimentare cu 4 valțuri;
- Lățimea constructivă a sistemului de alimentare, mm 520;
- Diametrul tobei de tocare, mm 600;
- Turația tobei de tocare, rot/min 826;
- Numărul de cuțite, buc: 4rânduri x 10 buc./pe rând=40
- Lungimea de tocare, mm . 8...35 (6 trepte);
- Lățimea de lucru a echipamentului de recoltat porumb siloz 2 rânduri x 0,7 m.

Acționarea organelor de lucru s-a efectuat de la priza de putere a tractorului printr-o transmisie cardanică.

Mașina de bază este prevăzută cu un sistem de alimentare cu patru valțuri, iar tocarea și evacuarea materialului se realizează de către toba de tocare, iar lungimea de tocare poate fi reglată în intervalul 10...40 mm în 6 trepte.

Evacuarea furajelor tocate se face printr-o conductă orientabilă în spate sau lateral stânga față de combină, în funcție de mijlocul de transport pentru colectarea masei de furaje tocate.

Pentru determinarea puterii necesare acționării tobelor de tocare s-a utilizat o priză tensometrică care măsoară concomitent momentul de torsiune și turația, iar pentru măsurarea vitezei curentului de aer s-a folosit un Anemometru Testovent-4000, produs de firma Testotem (Germania), al cărei sonde (senzor de măsurare) a fost introdus printr-un orificiu în tubulatura conductei de refulare.

- Puterea transmisă prin priza de putere, P_p , [2,5] se calculează cu relația (1), unde:

M_p este momentul de torsiune măsurat la arborele prizei de putere, în N·m;

$$\omega_p = \frac{\pi \cdot n_p}{30} \text{ - viteza unghiulară a arborelui prizei de putere în rad/s;}$$

n_p –turația prizei de putere, în rot/min.

- Puterea necesară tractării în lucru a combinei pe teren orizontal, P_t , [2,5], se calculează cu relația (2), unde:

F_t este forța de tracțiune măsurată la bara de cuplare în N.

V_l - viteza de lucru (de deplasare) a agregatului în m/s.

- Puterea totală P_{tot} , pentru tractarea și acționarea organelor de lucru ale combinei este dată de relația (3).

$$P_p = M_p \cdot \omega_p \cdot 10^{-3} \quad [kW] \quad (1)$$

$$P_t = F_t \cdot V_l \cdot 10^{-3} \quad [kW] \quad (2)$$

$$P_{tot} = P_p + P_t = \left(M_p \cdot \frac{\pi \cdot n}{30} + F_t \cdot V_l \right) \cdot 10^{-3} \quad [kW] \quad (3)$$



Fig. 2 The aggregate tractor U650 + trailed combine of forages CTF-65 /
Agregatul tractor U650 + combina tractată de furaje CTF-65

RESULTS

The experimental researches with the trailed combine CTF, equipped with the three variants of chopping drums have emphasized the influence of drum number of revolutions on power required at tractor's PTO and on air flow rate created.

Results of experiments, obtained for the three constructive variants of drums are shown in figures 3 and 4. Graphics indicate the variation of power necessary to act the no-load drums and the speed of air current created by drums depending on their rotative speed.

Following the study, we can draw the conclusions:

1. chopping drum with knives in cascade (fig.1.a) has the lowest power consumption, achieving at the same time an air current with a bigger speed;
2. chopping drum with knives in „V” and blades (fig.1b) has a higher power consumption and lower speed of air current than variant without blades (fig.1c);
3. Also, at experimentations it was found the influence of airflow created by drum on the horizontal throwing distance of chopped material. Thus, at the drum with blades (fig.1.b) the throwing distance is smaller by approx. 1.5 m compared with the drums without pallets.

REZULTATE

Cercetările experimentale cu combina tractată, CTF, echipata cu cele trei variante de tobe de tocăre au scos în evidență influența turației tobei asupra necesarului de putere la priza de putere a tractorului și asupra debitului de aer creat de toabă.

Rezultatele experimentărilor, obținute pentru cele trei variante constructive de tobe, sunt prezentate sub formă de grafice în figurile 3 și 4. Graficele indică variația puterii necesare pentru acționarea în gol a tobelor și a vitezei curentului de aer creat de tobele în funcție de turația acestora.

În urma analizei se apreciază următoarele:

1. toba de tocăre cu cuțite așezate în cascadă (fig.1.a) are cel mai mic consum de putere, realizând totodată un curent de aer cu viteză mai mare;
2. toba de tocăre cu cuțite așezate în „V” și cu palete (fig.1b) are consumul de putere mai mare, iar viteza curentului de aer este mai mic față de varianta fără palete (fig.1c);
3. De asemenea, la experimentări s-a constatat influențata curentului de aer creat de toabă asupra distanței de aruncare pe orizontală a materialului tocat. Astfel, la toba cu palete (fig.1.b) distanța de aruncare este mai mică cu cca. 1,5 m față de tobele fără palete.

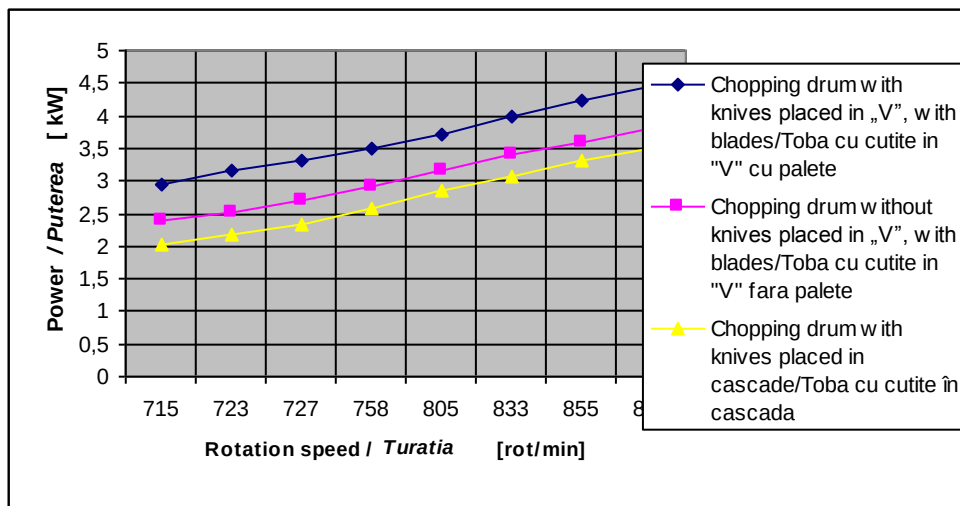


Fig. 3. - Variation of power required for no-load acting the chopping drums according to rotative speed /
Variația puterii necesare pentru acționarea în gol a tobelor de tocăre în funcție de turație

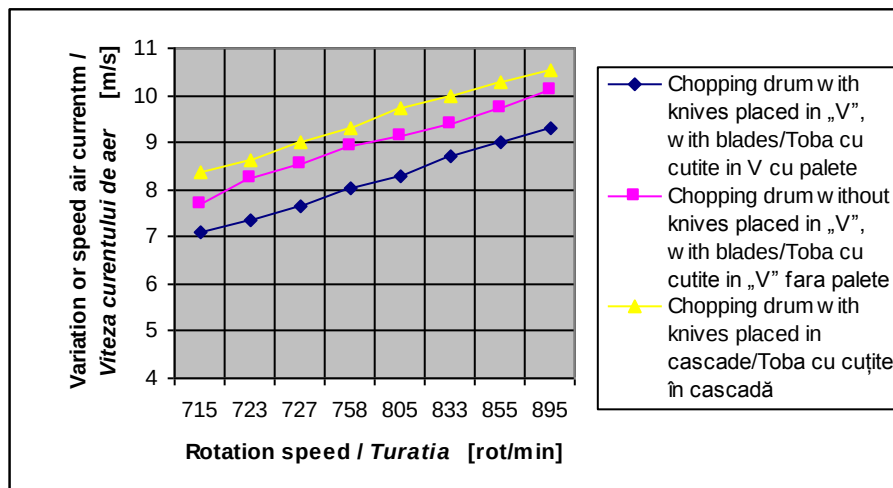


Fig. 4. - Variation of speed of air current created by chopping drums depending on rotation speed /
 Variația vitezei curentului de aer creat de tobele de tocare în funcție de turație

Since the chopping drum with knives in cascade has developed higher indexes (smaller driving power, greater speed airflow) have been continued the tests in laboratory-field conditions at maize silage harvesting determining the qualitative working and energetic indicators.

The main agrobiological characteristics of the crop above are shown in table 1, and in fig. 5 is presented an image of tests performed.

Întrucât toba de tocare cu cuțite în cascadă a realizat indici superiori (putere de acționare mai mică, viteza mai mare a curentului de aer) s-au continuat încercările în condiții de laborator-camp la recoltat porumb siloz determinându-se indicii calitativi de lucru și cei energetici.

Principalele caracteristici agrobiologice ale culturii de porumb siloz sunt prezentate în tabelul 1, iar în fig. 5 este prezentat un aspect din timpul încercărilor.

Table 1 / Tabelul 1 [6]

Main characteristics of ensiling corn culture / Principalele caracteristici ale culturii de porumb siloz

Index name / Denumirea indicelui	M.U. / U.M.	Ensiling corn / Porumb siloz
Production of green matter / Producția de masă verde	t / ha	27.30 / 27,30
Average height of field / Înălțimea medie a lanului	mm	2500
Average length of plants / Lungimea medie a plantelor	mm	2350
Humidity / Umiditatea	%	62.20 / 62,20
Plant growing stage / Stadiul de vegetație	-	Wax grain / bob în lapte ceară
Botanical composition / Compoziția botanică:		
- crop plants / plante din cultură	%	97
- other plants (weeds) / alte plante (buruieni)	%	3



Fig. 5 - The aggregate tractor U650 with the combine CTF at harvesting of maize silage /
 Agregatul tractor U650 cu combina CTF la recoltat porumb siloz

Within the tests, were determined the average values of qualitative working indexes, matter losses, quality of chopped matter and energetic indexes and the results are shown in tables 2 and 3.

În cadrul încercărilor s-au determinat valorile medii ale indicilor calitativi de lucru, pierderile de material, calitatea tocăturii și indicii energetici, iar rezultatele sunt prezentate în tabelele 2 și 3.

Table 2 / Tabelul 2

Average values of qualitative working indexes performed by the combine CTF /
 Valorile medii ale indicilor calitativi de lucru realizați de combina CTF

Index name / Denumirea indicelui	M.U / U.M.	Ensiling corn / Porumb siloz
Production of green matter / Producția de masă verde	t / ha	27.30 / 27,30
Real working width / Lățimea efectivă de lucru	m	2 rows x 0,7m / 2 rânduri x 0,7m
Cutting height (stubble) / Înălțimea de tăiere (miriștea)	mm	100...120
Working speed / Viteza de lucru	km / h	4.3; 6.3 / 4,3; 6,3
Throwing distance of material / Distanța de aruncare a materialului	m	5.80 / 5,80
Material losses / Pierderile de material: - plants uncut remained in the field / plante netăiate rămase pe câmp; - chopped matter fallen on the field / masa tocată căzută pe câmp;	% %	sub 1

Table 3 / Tabelul 3 [6]

Average values of energetic indexes of tractor-trailed fodder combine with working parts /
 Valorile medii a indicilor energetici tractor - combina tractata pentru furaje cu echipamente de lucru

Index name / Denumirea indicelui	M.U. / U.M.	Test/ Proba	
		No-load stand driving / Acționare în gol la staționar	Load driving / Acționare în sarcină
		CTF+EPS	CTF+EPS
Rotative speed of tractor's engine / Turația motorului tractorului, M_n	rot / min	1853	1813
Rotative speed of PTO / Turația prizei de putere, n_p	rot / min	556	544
Moment at PTO / Momentul la priza de putere, M_p	daNm	7,75	42,4
Traction force at coupling bar / Forța de tracțiune la bara de cuplare, F_t - without towed trailer / fără remorcă tractată - with towed trailer / cu remorcă tractată	daN	- -	210 750
Pressing force of hitch on the tractor / Forța de apăsare a proțapului pe tractor, F_{ap}	daN	255	262
Real power at PTO / Puterea efectivă la priză, $P_{p,ef}$	kW HP / CP	5,90 8,02	28,24 38,40
Real power for towing the combine / Puterea efectivă pentru tractarea combinei: $P_{t,ef}$ - without towed trailer / fără remorcă tractată - with towed trailer / cu remorcă tractată	kW HP / CP	- -	4,47 [13,4]
Total real power for acting the combine during work / Puterea totală efectivă pentru acționarea combine în timpul lucrului P_{tot}	kW HP/CP	- -	32,71 44,5
Working speed / Viteza de lucru, V_l	km/h	-	6,56
Real working capacity / Capacitatea efectivă de lucru, W_{ef} (without towed trailer) / (fără remorcă tractată)	t/h	-	24,85
Specific energy consumption for performing the technological process / Consum specific de energie pentru efectuarea procesului tehnologic	kWs/t	-	3,23

Analysing the data from tables above, the following result:

1. PTO necessary power for no-load driving of the combine with equipment of harvesting ensiling corn is of 5.90 kW, and in load for a flow rate of material supplying of 24.85 t/h, is of 28.24 kW;

2. Power necessary to traction bar for towing the combine with equipment designed to ensiling corn on horizontal field at 6.56 km/h is of 4.47 kW;

3. Real total power necessary for no-load acting the working parts and towing the combine at 6.55 km/h is of 10.37 kW with equipment designed to ensiling corn harvesting EP, and real working power is of 32.71 kW.

In the tests was determined and the degree of chopping (shredding) for the theoretical length of chopping of 10.8 mm and respectively 26.8 mm, and the results are

Analizând datele din tabelele de mai sus rezultă următoarele:

1. puterea necesară la priza de putere a tractorului pentru acționarea în gol a organelor de lucru ale combinei cu echipament de recoltat porumb siloz este de 5,90 kW, iar în sarcină pentru un debit de alimentare cu material de 24,85 t/h, este de 28,24 kW;

2. puterea necesară la bara de tracțiune pentru tractarea combinei cu echipament de porumb siloz pe teren orizontal la viteza de 6,56 km/h este de 4,47 kW;

3. puterea efectivă totală necesară pentru acționarea în gol a organelor de lucru și pentru tractarea combinei la viteza de 6,55 km/h este de 10,37 kW cu echipament pentru recoltat porumb siloz EP, iar puterea efectivă totală în timpul lucrului este de 32,71 kW.

În cadrul încercărilor s-a determinat și gradul de tocare (măruntire) pentru lungimea teoretică de tocare de 10,8 mm și respectiv 26,8 mm, iar rezultatele sunt prezentate în

presented in the Table 4, of which results:

- for the theoretical chopping length of 10.8 mm, the fragments with lengths up to 20 mm (recommended for ensilage) represents 81.8% which characterizes a quality working and a good precision of chopping plants;
- the fragments longer than 100 mm represents a smaller percentage (1.30 ... 2.10%).

tabelul 4, din care rezultă:

- pentru lungimea teoretică de tocare de 10,8 mm, fragmentele cu lungimea de până la 20 mm (recomandată pentru însilozare) reprezintă 81,8% ceea ce caracterizează un lucru de calitate și o precizie bună de tocare a plantelor;
- fragmentele cu lungimea mai mare de 100 mm reprezintă un procent mic (1,30...2,10 %).

Table 4 / Tabelul 4

The chopping degree of silage corn plants realised by the combine CTF /
Gradul de tocare al plantelor de porumb siloz realizat de combina CTF

The range of length / Intervalul de lungime (mm)	Theoretical chopping length / Lungimea teoretică de tocare	
	10.8 / 10,8 mm	26.8 / 26,8 mm
	%	%
0-10	55.70 / 55,70	24.4 / 24,4
10.1-20 / 10,1-20	26.10 / 26,10	7.8 / 7,8
20.1-30 / 20,1-30	7.20 / 7,20	27.2 / 27,2
30.1-40 / 30,1-40	3.40 / 3,40	19.5 / 19,5
40.1-50 / 40,1-50	2.50 / 2,50	7.4 / 7,4
50.1-60 / 50,1-60	1.40 / 1,40	5.5 / 5,5
60.1-70 / 60,1-70	1.20 / 1,20	2.2 / 2,2
70.1-80 / 70,1-80	0.50 / 0,50	1.4 / 1,4
80.1-100 / 80,1-100	0.90 / 0,90	3.3 / 3,3
> 100	1.10 / 1,10	1.3 / 1,3
TOTAL	100	100

CONCLUSIONS

After the researches performed and results obtained, the following conclusions can be formulated:

1. chopping drum with knives in cascade (fig.1.a) has the lowest consume of power, achieving an air current of a greater speed than drums with knives in „V” with or without blades;
2. the throwing distance on horizontal of material chopped by the drum with knives in cascade (fig.1.a) is about 1.5 m bigger than the other drums analyzed;
3. tests performed in laboratory conditions when harvesting ensiling corn with the combine equipped with chopping drum with knives in cascade have shown that we can obtain a working capacity of 24.85 t/h, by using a 65 HP tractor, a power stock remaining of approx.20 HP(for overloads and towing the trailer under special conditions).

REFERENCES

- [1] Carol Csatlós, (2008) - *The Optimization of the Cutting Couple for the Forage Chopper Machines by Analyzing the Physical Properties for the Silo Fodder*, INMATEH - Nr. 1/2008 - Agriculture and Engineering-complying with the European Requirements, ISSN-1019, pag.42-46;
- [2] Danila I., Neculăiaș V. (1995)– *Working processes and agricultural machines for harvesting*, Publishing House A92 Iasi
- [3]. Hermeneanu I., Mocanu V., (2008) - *Technologies, machinery and equipments for the harvesting and conservation as hay of feedingstuffs on the pastures*, Publishing House Transylvania University, Brasov; ISBN978-973-598-347-5;
- [4]. Horrocks R., Valentine J., (1999) - *Harvested Forages*, Academic Press, Brigham Young University, Provo, Utah, U.S.A;
- [5]. Sandru A, Neagu V. (2004) – *Modeling the Working Processes and Managing the Efficient Use of Agricultural Aggregates*, Ed. All Beck, Bucharest;
- [6]. Voicu E. (2009)– *Dynamics and Energetics of the Aggregate Tractor-Trailed Combine for Fodder Harvesting*, Ed.TERRA NOSTRA, Iasi, ISBN 978-973-1888-33-0.

CONCLUZII

În urma cercetărilor efectuate și a rezultatelor obținute se pot formula următoarele concluzii:

1. toba de tocare cu cuțite așezate în cascadă (fig.1.a) are cel mai mic consum de putere, realizând totodată un curent de aer cu viteză mai mare față de tobele cu cuțite așezate în „V” cu sau fara palete;
2. distanța de aruncare pe orizontală a materialul tocat de toba cu cuțite în cascadă (fig.1.a) este mai mare cu cca. 1,5 m față de celelalte tobe analizate;
3. încercările efectuate în condiții de laborator la recoltat porumb de siloz cu combina echipată cu toba de tocare cu cuțite în cascadă au arătat că se poate obține o capacitate de lucru de 24,85 t/h, utilizând un tractor de 65 CP, rămânând disponibil o rezervă de putere de cca.20 CP (pentru suprasarcini și tractarea remorcii în condiții speciale).

BIBLIOGRAFIE

- [1] Carol Csatlós, (2008) - *Optimizarea cuplei taietoare a masinilor de tocat prin analiza proprietatilor fizice ale nutreturilor fibroase destinate însilozarii*, INMATEH - Nr. 1/2008, - gricultura și inginerie -Armonizarea cu cerințele europene, Romania, ISSN-1019, pag.42-46;
- [2] Dănilă I., Neculăiaș V. (1995)- *Procese de lucru și mașini agricole de recoltat*, Ed. A92 Iași;
- [3] Hermeneanu I., Mocanu V., (2008) – *Tehnologii, mașini și instalații pentru recoltarea și conservarea sub formă de fân a furajelor de pe pajisti*, Ed. Universității din Brașov, ISBN 978-973-598-347-5;
- [4] Horrocks R., Valentine J., (1999) – *Recoltarea furajelor*, Academic Press, Brigham Young University, Provo, Utah, Statele Unite ale Americii;
- [5]. Sandru A, Neagu V. (2004) – *Modelarea proceselor de lucru și managementul folosirii eficiente a agregatelor agricole*, Ed. All Beck, București;
- [6]. Voicu E. (2009)– *Dinamica și energetica agregatului tractor-combină tractată pentru recoltarea furajelor*, Ed.TERRA NOSTRA, Iasi, ISBN 978-973-1888-33-0.

SOME PHYSICAL PROPERTIES OF “BALO” BELL PEPPER IN THREE HARVEST TIME FOR SORTING MACHINE DESIGN

SINIFLANDIRMA MAKINASI TASARIMI İÇİN ÜÇ FARKLI HASAT ZAMANINDA “BALO” DOLMALIK BİBERİN BAZI FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Ph.D. Kabas O., Prof. OZMERZİ A.

Batı Akdeniz Agricultural Research Institute, Antalya/Turkey

Tel: +90362 3121919/1411; E-mail: mustafa.saglam@omu.edu.tr

(Department of Soil Science and Plant Nutrition, Agricultural Faculty, Ondokuz Mayıs University, Samsun-Turkey)

Abstract: A specific knowledge of the “Balo” pepper physical properties such as linear dimensions, shapes, porosity, volume, density, coefficient of static friction etc. and the differences between the physical properties of fruit is necessary to design of pepper processing equipment.

In this research, several physical properties of “Balo” pepper cultivars grown in the Antalya region were determined in three harvest times. In three harvest period (October, February and June), the linear dimensions were found 80.85, 76.73 and 75.73 mm in length, 63.98, 62.77, 67.60 mm in width, and 60.61, 59.94, 62.96 mm in thickness, respectively. The geometric mean diameters were found 65.53, 65.70, 68.27 mm and sphericity values were found 0.84, 0.86 and 0.91 in three harvest time, respectively. The mass of fruit increased from 70.67 to 81.89 g in harvest period. The surface and projected area, volume were determined 143.58, 136.22 and 138.60 cm², 27.42, 24.16, 16.68 cm² in x axis, 19.32, 18.09, 21.68 cm² in y axis and 134.04, 129.72, 140.53 cm³, respectively. The fruit density, bulk density and porosity varied from 0.62 to 0.51 g/cm³, 0.30 to 0.27 g/cm³, and 49.90 to 37.52 respectively for the different harvest periods.

Keywords: physical properties, bell pepper, sorting, harvest time, design

INTRODUCTION

Information regarding the physical properties of “Balo” bell pepper is very important in the design of equipment's for harvesting, transporting, cleaning, separating, packing, storing and processing it into different foods. Since currently used systems have been designed without taking these criteria into consideration, the resulting designs lead to inadequate applications. These cases result in a reduction in work efficiency and an increase in product losses.

Therefore, determination and consideration of these properties play an important role in designing these equipment [1].

The function of many types of machines is influenced decisively by the size and shape of the fruit participating. Size, shape, projected area and porosity of the fruit is the most important for packing, packed dimension etc.

The volume and density of the fruits play an important role in numerous technological processes and in the evaluation of product quality.

Many studies have been reported on the physical properties of fruits, grains and seeds, such as Juniperus drupacea fruits [2], bambara groundnuts [3], hackberry [4], apricot pit [5] and white lupin [6].

The objectives of this study were:

- To determine the physical properties of “Balo” bell pepper grown in greenhouses in Turkey.
- To investigate the effects of harvest period on physical properties of the fruit, such as fruit dimensions, volume, surface area, projected area, mass, fruit density.

Özet: Meyvenin fiziksel özellikleri arasındaki farklılıklar, statik sürtünme katsayısı, doğrusal boyutlar, şekil, boşluk oranı, hacim ve yoğunluk gibi “Balo” dolmalık biberin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi bu ürünü işlemek için gerekli olan ekipmanların tasarımı için gereklidir.

Bu çalışmada Antalya bölgesinde yetişen “balo” dolmalık biberin üç farklı hasat zamanında birçok fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Üç hasat zamanında (Ekim, Şubat, Haziran), doğrusal boyut olarak sırasıyla uzunluk 80,85, 76,73 ve 75,73 mm, genişlik 63,98, 62,77, 67,60 mm ve kalınlık 60,61, 59,94, 62,96 mm bulunmuştur. Geometrik ortalama çapları 65,53, 65,70, 68,27 mm ve küresellik değerleri sırasıyla, üç hasat zamanında 0,84, 0,86 ve 0,91 bulunmuştur. Meyve kütlesi hasat döneminde 70,67’den 81,89 g’a yükselmiştir. Yüzey ve izdüşüm alanı ve hacim sırasıyla 143,58, 136,22 ve 138,60 cm², 27,42, 24,16, 16,68 cm² x ekseninde, 19,32, 18,09, 21,68 cm² y ekseninde ve 134,04, 129,72 ve 140,53 cm³ belirlendi. Meyve özgül ağırlığı, yığın hacim ağırlığı ve gözeneklilik farklı hasat zamanları içinde sırasıyla 0,62 ile 0,51 g/cm³, 0,30 ile 0,27 g/cm³ ve 49,90 ile 37,52 arasında değişmektedir.

Anahtar Kelimeler: fiziksel özellikler, dolmalık biber, sınıflandırma, hasat zamanı, tasarım

GİRİŞ

“Balo” biberin fiziksel özellikleri ile ilgili veriler, hasat, taşıma, temizleme, ayırma, paketlenme, depolama ve farklı ürünler içinde işleme için ekipmanların tasarımı çok önemlidir. Şu anda kullanılan sistemler bu özellikler göz önüne alınmadan dizayn edildiği için ortaya çıkan birçok gereksiz uygulamalar vardır. Bu durumlarda çalışma verimliliğinde azalmaya ve ürün kaybında bir artışa yol açar.

Bu nedenle, bu özelliklerin belirlenmesi ve göz önüne alınması bu ekipmanların tasarımında önemli bir rol oynamaktadır [1].

Makinelerin çok çeşitli fonksiyonların çalışması meyvenin şeklinden ve boyutlarından etkilenir. Meyvenin boyutları, şekli, izdüşüm alanı ve boşluk oranı paketlenme ve paket boyutlarının belirlenmesi için oldukça önemlidir.

Meyvenin hacmi ve özgül ağırlığı sayısız teknolojik süreçlerin ve ürün kalitesinin değerlendirilmesinde çok önemli rol oynamaktadır.

Meyve, tahıl ve tohumların fiziksel özelliklerinin belirlenmesi üzerinde birçok çalışma yapılmıştır, örneğin Frenk inciri meyvesi [2] Bambara yerfıstığı [3], çitlembik [4], kayısı [5] ve beyaz bakla [6] üzerinde çalışmalar yapılmıştır.

Bu çalışmanın amacı:

- Türkiye’de seralardaki yetiştirilen “Balo” dolmalık biberin fiziksel özelliklerini belirlemek.
- Hasat döneminin fiziksel meyve boyutları gibi meyve özellikleri, hacmi, yüzey alanı, projeksiyon alanı, kütle, meyve yoğunluğu üzerine etkilerini araştırmak.

MATERIAL and METHOD

In this study, the “Balo” bell pepper used were harvested from the village of Kayaburnu’s greenhouse near Antalya, Turkey in three harvest period (October, February and June). The fruits were transported, individually, in cooled bags, and cleaned in an air stream cleaner to remove all foreign matter such as dust, dirt and chaff as well as immature and damaged fruits.

Finally, the fruits were stored in a refrigerator until the physical properties were determined. Moisture contents of the fruits were determined by using a standard method [7]. The physical properties were determined by the following methods: Linear dimensions, i.e. length (L), width (W) and thickness (T), were measured by using a digital caliper with a sensitivity of 0.01 mm.

Geometric mean diameter (D_g), sphericity (Φ) and surface areas (S) were calculated by using the following equations:

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada üç farklı hasat döneminde (Ekim, Şubat, Haziran) Kayaburnu, Antalya, Türkiye’de bulunan seradan “Balo” dolmalık biberleri hasat edilmiştir. Soğuk ortamda denemenin yapılacağı yere taşınmış, içerisinde fazla olgunlaşan ve çürüyen materyal ayıklanmış ve hava kullanılarak yabancı materyallerden, toz ve kirden temizlenmişlerdir.

Denemeler yapılan kadar buzdolabında muhafaza edilmiştir. Nem içeriği standart method kullanılarak belirlenmiştir [7]

Fiziksel özellikler aşağıdaki yöntemlerle tespit edilmiştir: Doğrusal boyutları, yani uzunluğu (L), genişlik (W) ve kalınlığı (T), 0,01 mm’lik bir hassasiyete sahip bir dijital kumpas kullanılarak ölçüldü.

Geometrik ortalama çap (D_g), küresellik (Φ) ve yüzey alanı (S) aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplanmıştır:

$$D_g = (LD^2)^{1/3} \quad (1)$$

$$\Phi = \frac{D_g}{L} \times 100 \quad (2)$$

$$S = \pi D_g^2 \quad (3)$$

where L is the length, D is diameter of the fruit in mm. These equations may be found in the works [3], [4], [8], [9].

Fruit mass (M) was measured by using a digital balance with a sensitivity of 0.001 g. The fruit mass determined on 100 randomly selected fruits and averaged. Fruit volume (V) and fruit density (ρ_f) were measured by the liquid displacement method. Toluene (C₇H₈) was used, because it was not absorbed by the fruits [8], [9].

Bulk density (ρ_b) was determined with a weight per hectolitre tester, which has calibrated in kilogram per hectolitre. Porosity (ε) was calculated by using the following equation [8], [9], [10].

Burada, mm olarak L uzunluk, D çaptır. Bu eşitlikler çeşitli çalışmalarda kullanılmıştır. [3], [4], [8], [9].

Meyva ağırlığı 0.002 g hassasiyete sahip elektronik tartı ile rastgele seçilem 100 meyvede ölçülmüştür. Meyve hacmi ve meyve özgül ağırlığı taşıma metodu ile ölçülmüştür. Meyve tarafından absoebe edilmesi daha zor olduğu için sıvı olarak toluen (C₇H₈) kullanılmıştır [8], [9].

Yığın hacim ağırlığı hektolitre kullanılarak belirlenmiştir. Boşluk oranı aşağıda verilen eşitlik kullanılarak belirlenmiştir [8], [9], [10].

$$\varepsilon = \frac{(\rho_t - \rho_b)}{\rho_t} \times 100 \quad (4)$$

where ρ_b is the bulk density and ρ_t is the fruit density. Projected area (P) was determined from the pictures of bell pepper which were taken by a digital camera (Kodak DC 5000), in comparison with the reference area to the sample area using the Sigma Scan Pro 5 programme [11].

All the physical properties were investigated by three replications with 100 determinations. Mean values were represented by the standard error.

Variance analysis was made for all the results for three harvest time The differences between the means were evaluated by using the Duncan’s test at 1% or 5% significance levels.

RESULTS

Physical properties of “Balo” bell pepper at different harvest period and their relationships are given in Tables 1, 2, 3 and 4. The physical properties were found to be statistically significant at different probability levels, with the exception of Thickness, volume and porosity.

The length, width, surface area, mass, sphericity, geometric mean diameter, projected area in x and y axis, fruit and bulk density were found to be different on the harvest time.

Burada ρ_b, yığın hacim ağırlığı, and ρ_t ise meyve özgül ağırlığıdır İzdüşüm alanı dolmalık biberlerin resimleri dijital kamera (Kodak DC 5000) ile çekilmiş örnek yüzeyine çizilen bir referans alanla Sigma Scan Pro 5 programı kullanılarak belirlenmiştir [11].

Tüm fiziksel özellik değerleri üç tekerrürlü olarak 100 meyvede yapılmıştır. Ortalama değerler standart hata ile gösterilmiştir.

Varyans analizi her sonuç için üç farklı hasat zamanına uygulanmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testi ile % 1ve % 5 önemlilik düzeylerinde saptanmıştır.

SONUÇLAR

“Balo” dolmalık biberin farklı hasat zamanlarında fiziksel özellikleri ve birbiri ile olan ilişkileri Tablo 1, 2, 3 ve 4’de verilmiştir. Kalınlık, hacim ve boşluk oranı dışındaki fiziksel özellikler istatistiksel olarak farklı bulunmuştur.

Uzunluk, genişlik, yüzey alanı kütle küresellik, geometrik ortalama çap, X ve Y eksenindeki izdüşüm alanları, meyve özgül ve yığın hacim ağırlığı hasat zamanına bağlı olarak istatistiksel olarak farklı bulunmuştur.

Table 1 / Tablo 1

Physical properties of “Balo” bell pepper on October / Ekim de “Balo” dolmalık biberin fiziksel özellikleri

	October / Ekim		
	Minimum / En az	Maximum / En çok	Mean / Ortalama
Length / Uzunluk (mm)	68.34 / 68,34	97.57 / 97,57	80.85±1.23 / 80,85±1,23
Width / Genişlik (mm)	55.14 / 55,14	78.41 / 78,41	63.98±0.81 / 63,98±0,81
Thickness / Kalınlık (mm)	52.23 / 52,23	74.64 / 74,64	60.61±0.73 / 60,61±0,73
Geometric mean diameter / Ortalama geometrik çap (mm)	59.25 / 59,25	76.39 / 76,39	65.53±0.59 / 65,53±0,59
Sphericity / Küresellik	0.74 / 0,74	0.93 / 0,93	0.84±0.01 / 0,84±0,01
Surface area / Yüzey alanı (cm ²)	114.09 / 114,09	177.58 / 177,58	143.58±2.33 / 143,58±2,33
Mass / Kütle (g)	57.91 / 57,91	108.80 / 108,80	81.89±1.72 / 81,89±1,72
Volume / Hacim (cm ³)	92.86 / 92,86	188.08 / 188,08	134.04±3.08 / 134,04±3,08
Fruit density / Özgül ağırlık (g/cm ³)	0.41 / 0,41	0.86 / 0,86	0.62±0.02 / 0,62±0,02
Bulk density / Hacim ağırlık (g/cm ³)	0.20 / 0,20	0.37 / 0,37	0.30±0.01 / 0,30±0,01
Porosity / Boşluk oranı	31.455 / 331,455	69.273 / 69,273	49.90±2.66 / 49,90±2,66
Projected area / İz düşüm alanı			
x axis / x düzlemi (cm ²)	22.77 / 22,77	32.45 / 32,45	27.42±0.41 / 27,42±0,41
y axis / y düzlemi (cm ²)	14.92 / 14,92	27.41 / 27,41	19.32±0.40 / 19,32±0,40

Table 2 / Tablo 2

Physical properties of “Balo” bell pepper on February / Şubat ta “Balo” dolmalık biberin fiziksel özellikleri

	February / Şubat		
	Minimum / En az	Maximum / En çok	Mean / Ortalama
Length / Uzunluk (mm)	58.06 / 58,06	96.80 / 96,80	76.73±1.04 / 76,73±1,04
Width / Genişlik (mm)	65.28 / 65,28	72.38 / 72,38	62.77±0.65 / 62,77±0,65
Thickness / Kalınlık (mm)	63.29 / 63,29	68.71 / 68,71	59.94±0.68 / 59,94±0,68
Geometric mean diameter / Ortalama geometrik çap (mm)	56.39 / 56,39	78.09 / 78,09	65.70±0.60 / 65,70±0,60
Sphericity / Küresellik	0.69 / 0,69	1.01 / 1,01	0.86±0.01 / 0,86±0,01
Surface area / Yüzey alanı (cm ²)	99.94 / 99,94	170.25 / 170,25	136.22±2.49 / 136,22±2,49
Mass / Kütle (g)	53.98 / 53,98	127.53 / 127,53	80.58±1.96 / 80,58±1,96
Volume / Hacim (cm ³)	75.11 / 75,11	180.75 / 180,75	129.72±3.86 / 129,72±3,86
Fruit density / Özgül ağırlık (g/cm ³)	0.46 / 0,46	0.852 / 0,852	0.64±0.01 / 0,64±0,01
Bulk density / Hacim ağırlık (g/cm ³)	0.20 / 0,20	0.36 / 0,36	0.27±0.01 / 0,27±0,01
Porosity / Boşluk oranı	34.53 / 34,53	76.08 / 76,08	57.57±1.37 / 57,57±1,37
Projected area / İz düşüm alanı			
x axis / x düzlemi (cm ²)	17.71 / 17,71	30.80 / 30,80	24.16±0.41 / 24,16±0,41
y axis / y düzlemi (cm ²)	12.96 / 12,96	24.93 / 24,93	18.09±0.31 / 18,09±0,31

Table 3 / Tablo 3

Physical properties of “Balo” bell pepper on June / Haziran da “Balo” dolmalık biberin fiziksel özellikleri

	June / Haziran		
	Minimum / En az	Maximum / En çok	Mean / Ortalama
Length / Uzunluk (mm)	59.64 / 59,64	87.57 / 87,57	75.73±0.11 / 75,73±0,11
Width / Genişlik (mm)	56.83 / 56,83	77.88 / 77,88	67.60±1.68 / 67,60±1,68
Thickness / Kalınlık (mm)	36.60 / 36,60	71.44 / 71,44	62.96±0.08 / 62,96±0,08
Geometric mean diameter / Ortalama geometrik çap (mm)	49.68 / 49,68	78.35 / 78,35	68.27±0.75 / 68,27±0,75
Sphericity / Küresellik	0.71 / 0,71	1.07 / 1,07	0.91±0.01 / 0,91±0,01
Surface area / Yüzey alanı (cm ²)	92.16 / 92,16	173.77 / 173,77	138.60±2.37 / 138,60±2,37
Mass / Kütle (g)	41.10 / 41,10	102.99 / 102,99	70.67±1.35 / 70,67±1,35
Volume / Hacim (cm ³)	60.03 / 60,03	201.88 / 201,88	140.53±3.45 / 140,53±3,45
Fruit density / Özgül ağırlık (g/cm ³)	0.35 / 0,35	0.97 / 0,97	0.51±0.01 / 0,51±0,01
Bulk density / Hacim ağırlık (g/cm ³)	0.20 / 0,20	0.39 / 0,39	0.32±0.01 / 0,32±0,01
Porosity / Boşluk oranı	19.63 / 19,63	63.72 / 63,72	37.52±0.85 / 37,52±0,85
Projected area / İz düşüm alanı			
x axis / x düzlemi (cm ²)	11.97 / 11,97	21.22 / 21,22	16.68±0.32 / 16,68±0,32
y axis / y düzlemi (cm ²)	17.06 / 17,06	27.35 / 27,35	21.68±0.27 / 21,68±0,27

Table 1, 2 and 3 show that physical properties of “Balo” bell pepper were found different each others in three harvest time period. While mean fruit length, width and thickness are 80.85, 63.98, 59.94 mm on October harvest time, 76.73, 62.77, 59.94 mm on February harvest time, 75.73, 67.60, 62.96 mm, respectively on June harvest time was found.

Tablo 1, 2 ve 3 de görüldüğü gibi fiziksel özellikler farklı hasat zamanlarında birbirlerinden farklılar göstermiştir. Örneğin sırası ile meyve uzunluğu, genişliği ve kalınlığı ekim hasat zamanında 80.85, 63.98, 59.94 mm iken, 76.73, 62.77, 59.94 mm Şubat hasat zamanında, 75.73, 67.60, 62.96 mm Haziran hasat zamanında bulunmuştur.

Table 4 / Tablo

Duncan's test result in three harvest time / 4 Üç farklı hasat dönemi için Duncan test sonuçları

	October / Ekim.	February / Şubat	June / Haziran	Sign. Level / Önem seviyesi
Length / Uzunluk (mm)	80.85±1.23 ^a / 80,85±1,23 ^a	76.73±1.04 ^b / 76,73±1,04 ^b	75.73±0.11 ^b / 75,73±0,11 ^b	**
Width / Genişlik (mm)	63.98±0.81 ^b / 63,98±0,81 ^b	62.77±0.65 ^b / 62,77±0,65 ^b	67.60±1.68 ^a / 67,60±1,68 ^a	***
Thickness / Kalınlık (mm)	60.61±0.73 / 60,61±0,73	59.94±0.68 / 59,94±0,68	62.96±0.08 / 62,96±0,08	ns
Geometric mean diameter / Ortalama geometrik çap (mm)	65.53±0.59 ^b / 65,53±0,59 ^b	65.70±0.60 ^b / 65,70±0,60 ^b	68.27±0.75 ^a / 68,27±0,75 ^a	**
Sphericity / Küresellik	0.84±0.01 ^c / 0,84±0,01 ^c	0.86±0.01 ^b / 0,86±0,01 ^b	0.91±0.01 ^a / 0,91±0,01 ^a	**
Surface area / Yüzey alanı (cm ²)	143.58±2.33 ^a / 143,58±2,33 ^a	136.22±2.49 ^b / 136,22±2,49 ^b	138.60±2.37 ^c / 138,60±2,37 ^c	***
Mass / Kütle (g)	81.89±1.72 ^a / 81,89±1,72 ^a	80.58±1.96 ^a / 80,58±1,96 ^a	70.67±1.35 ^b / 70,67±1,35 ^b	***
Volume / Hacim (cm ³)	134.04±3.08 / 134,04±3,08	129.72±3.86 / 129,72±3,86	140.53±3.45 / 140,53±3,45	ns
Fruit density / Özgül ağırlık (g/cm ³)	0.62±0.02 ^a / 0,62±0,02 ^a	0.64±0.01 ^a / 0,64±0,01 ^a	0.51±0.01 ^b / 0,51±0,01 ^b	***
Bulk density / Hacim ağırlık (g/cm ³)	0.30±0.01 ^b / 0,30±0,01 ^b	0.27±0.01 ^c / 0,27±0,01 ^c	0.32±0.01 ^a / 0,32±0,01 ^a	**

Porosity / Boşluk oranı	49.90±2.66 / 49,90±2,66	57.57±1.37 / 57,57±1,37	37.52±0.85 / 37,52±0,85	ns
Projected area / İz düşüm alanı				
x axis / x düzlemi (cm ²)	27.42±0.41 ^a / 27,42±0,41 ^a	24.16±0.41 ^b / 24,16±0,41 ^b	16.68±0.32 ^c / 16,68±0,32 ^c	***
y axis / y düzlemi (cm ²)	19.32±0.40 ^b / 19,32±0,40 ^b	18.09±0.31 ^b / 18,09±0,31 ^b	21.68±0.27 ^a / 21,68±0,27 ^a	***

Table 4 shows that the length, width, Geometric mean diameter, sphericity, surface area, mass, fruit and bulk density, and projected area in x and y axis were found to be statistically significant at 1% and 5% probability levels. The thickness, volume and porosity are found to be statistically not-significant.

The physical properties of the "Balo" bell pepper were described in order to better design a specific machine for harvesting and post-harvesting operation. In this study, many properties were determined to be significantly different. Therefore, the differences between the physical properties of fruit must be considered in optimizing "Balo" bell pepper product and post-product mechanization and food processing.

CONCLUSIONS

Several physical properties of "Balo" bell pepper were determined in order to facilitate design of the specific equipment for harvesting, transporting, cleaning, packing, storing etc. processes. The effects of different harvest time on the physical properties of the fruits, such as fruit dimensions, volume, surface area, projected area, mass, fruit density and bulk density were determined. The general calculations, which were presented in the Tables 1, 2, 3 and 4, can be used to determine the relationship between the physical properties. For "Balo" bell pepper, many properties were found to be statistically significant at different probability levels.

Therefore, the differences between the physical properties should be considered in bell pepper mechanization and food processing.

REFERENCES

- [1]. Sahay K. M., Singh K. K. (1994) - *Unit operations of agricultural processing*. 1st ed. Vikas Publishing House Pvt. Ltd., New Delhi, India
- [2]. Akinci I., Ozdemir F., Topuz A., Kabas O., Canakci M. (2004) - *Some physical and nutritional properties of Juniperus drupacea fruits*, Journal of Food Engineering, 65, 325–331;
- [3]. Baryeh E. A. (2001) - *Physical properties of bambara groundnuts*, Journal of Food Engineering, 47(4), 321–326;
- [4]. Demir F., Dogan H., Ozcan M., Haciseferogullari H. (2002) - *Nutritional and physical properties of hackberry (Celtis australis L.)*, Journal of Food Engineering, 54, 241–247;
- [5]. Gezer I., Haciseferogullari H., Demir F. (2002) - *Some physical properties of Hacıhaliloglu apricot pit and its kernel*, Journal of Food Engineering, 56, 49–57;
- [6]. Ogut H. (1998) - *Some physical properties of white lupin*, Journal of Agricultural Engineering Research, 56, 273–277;
- [7]. USDA (1970) - *Official grain standards of the United States*, US Department of Agricultural Consumer and Marketing Service Grain Division.
- [8]. Mohsenin N.N. (1980) - *Physical properties of plant and animal materials*, New York: Gordon and Breach Science Publishers;
- [9]. Sitkei G. (1986) - *Mechanic of agricultural materials*, Budapest: Akademiai Kiado;
- [10]. Nimkar M. P., Chattopadhyay K.P. (2001) - *Some physical properties of green gram*, Journal of Agricultural Engineering Research, 80(2), 183–189;

Tablo 4 de gösterildiği gibi uzunluk, genişlik, geometrik ortalama çap, küresellik, yüzey alanı, kütle, özgül ve yığın hacim ağırlığı ve X-Y düzleminde iz düşüm alanı ortalama değerleri %1 ve %5 önem seviyesinde istatistiksel olarak hasat zamanına göre farklılık göstermiştir. Kalınlık, hacim ve boşluk oranı arasında hasat zamanına göre istatistiksel olarak bir farklılık bulunmamıştır.

"Balo" dolmalık biberin fiziksel özellikleri daha iyi hasat ve hasat sonrası operasyon için daha iyi makineler tasarlamak için saptanmıştır. Bu çalışmada, birçok özellik istatistiksel olarak farklılık göstermiştir. Bu nedenle, meyvenin fiziksel özellikleri arasındaki farklılıklar, "Balo" dolmalık biberin hasat ve hasat sonrası mekanizasyon ve gıda işleme makinelerinin optimizasyonunda kullanılabilir.

SONUÇLAR

"Balo" dolmalık biberin çeşitli fiziksel özellikleri benzeri süreçler olan depolama, paketlenme temizlik, taşıma, hasat için özel ekipman tasarımı kolaylaştırmak için belirlenmiştir. Meyve boyutları, hacmi, yüzey alanı, projeksiyon alanı, kütle, meyve yoğunluğu ve kütle yoğunluğu gibi meyvelerin fiziksel özelliklerine, farklı hasat zamanının etkileri belirlenmiştir. Genel sonuçlar Tablo 1, 2, 3 ve 4 'de sunulmuştur "Balo" dolmalık biberin, birçok özellikleri farklı hasat zamanlarına göre farklı olasılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Bu nedenle, fiziksel özellikleri arasındaki farklılıklar mekanizasyon ve gıda işleme işlemleri için dikkate alınabilir.

KAYNAKLAR

- [1]. Sahay K. M., Singh K. K. (1994) - *Tarımsal işlemlerin birimleri*. 1st ed. Vikas Publishing House Pvt. Ltd., New Delhi, India
- [2]. Akinci I., Ozdemir F., Topuz A., Kabas O., Canakci M. (2004) - *Frenk incirinin bazı fiziksel ve besinsel özelliklerinin belirlenmesi*, Journal of Food Engineering, 65, 325–331;
- [3]. Baryeh E. A. (2001) - *Bambara yerfıstığının fiziksel özellikleri*. Journal of Food Engineering, 47(4), 321–326;
- [4]. Demir F., Dogan H., Ozcan M., Haciseferogullari H. (2002) - *Çitlembiğin fiziksel ve besinsel özelliği* (Celtis australis L.). Journal of Food Engineering, 54, 241–247;
- [5]. Gezer I., Haciseferogullari H., Demir F. (2002) - *Hacıhaliloglu kayısı ve çekirdeğinin bazı fiziksel özellikleri*. Journal of Food Engineering, 56, 49–57;
- [6]. Ogut H. (1998) - *Beyaz baklanın bazı fiziksel özellikleri*. Journal of Agricultural Engineering Research, 56, 273–277;
- [7]. USDA (1970) - *Amerika Birleşik Devletlerinin Resmi tahıl standartları*. ABD Tarım Tüketici ve Pazarlama Hizmeti Tahıl Bölümü;
- [8]. Mohsenin N. N. (1980) - *Bitkisel ve hayvansal materyallerin fiziksel özellikleri*. New York: Gordon and Breach Science Publishers;
- [9]. Sitkei G. (1986) - *Tarımsal materyallerin mekaniği*. Budapest: Akademiai Kiado;
- [10]. Nimkar M. P., Chattopadhyay K. P. (2001) - *Yeşil fasulyenin bazı fiziksel özellikleri*. Journal of Agricultural Engineering Research, 80(2), 183–189;

[11]. Ayata M., Yalcın M., Kirisci V. (1997) - *Evaluation of soil interaction by using image processing system*, In National Symposium on Mechanisation In Agriculture (pp. 267–274). Tokat: Turkey.

[11]. Ayata M., Yalcın M., & Kirisci V. (1997) - *Görüntü işleme sistemi kullanarak toprak etkileşiminin değerlendirilmesi*. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi. (Pp. 267–274). Tokat: Turkey.

EVALUATION METHOD OF ENERGY POTENTIAL OF SOLID VEGETAL BIOMASS

/

METODA DE EVALUARE A POTENTIALULUI DE ENERGIE DIN BIOMASA SOLIDA VEGETALA

PhD. Stud. Eng. Nagy E.M., PhD. Stud. Eng. Coța C., PhD. Eng. Cioica N.

INMA Bucharest-Cluj Napoca Branch / Romania

Tel/fax: 0264-418162, nagy@inma.ro

Abstract: In our country, at present, about 90% of the rural population uses the solid biomass as a source of heat. In Romania, biomass represents an important source of energy not only in rural but also in urban areas. Under these circumstances it is important to know the potential of biomass, both theoretical and real, not only at national level, but also divided by region or even in certain clearly defined areas. This paper brings in a general method for evaluate the energy potential of solid biomass at national level. The proposed method is based on systemic analysis on the one hand, and on the other hand, is based on utilization of statistics available at national level, and it can be applied to determine the energy potential of biomass coming from only a certain vegetal or wooden category, or from a certain area clearly defined. Also, in the present work is performed the evaluation of the real energy potential stored in agricultural residues resulting from harvesting of 10 ha of wheat. This method of evaluation is useful in determining the real energy potential of solid biomass and allows farmers to choose correctly the category of biomass grown to be energetically capitalized.

Keywords: biomass, evaluation method, energy potential

INTRODUCTION

In the context of a strong technological development, due to increasing social demands, facing the world today, the energy becomes indispensable for most human activities.

In this context, the continuous growth of primary energy consumption, returns in actuality a serious problem, namely, depletion of fossil fuel reserve, taking into account that now, at global level over 50% of primary energy consumption comes from conventional energy sources (fig.1). Thus, the biomass becomes again a vital source of energy. Due to cyclicity of production and conversion process, the biomass is considered a renewable energy source and with positive impact on environment. It is, also, considered as an energy source with a high availability worldwide, mainly due to its variety.

Assume of Directive 2009/28/CE of the European Parliament on the promotion of the use of energy from renewable sources, establishes for Romania as target regarding the share of energy from renewable sources in gross final consumption of energy, for 2020, a rate of 24%. [7].

In 2009, the production of primary energy from renewable sources, for Romania, was of 18%(Fig.2). Due to its climatic conditions and geographical position, Romania has a technical potential of biomass energy of 0.318EJ/year or 88.3 TWh/year. Analyzing national technical potential of renewable energy sources (Fig. 3), we see that biomass energy potential is highest, thereby constituting the main source of renewable energy available to our country followed by hydro and wind energy. National technical potential of biomass is composed of five main categories: forestry residues and firewood, wood waste, sawdust; agricultural waste from grain, corn stalks; remanants of grape-vines, branches of trees, etc.; biogas; municipal household waste.

Lack of information on types of solid biomass that can

Rezumat: În țara noastră, în prezent, circa 90% din populația din mediul rural utilizează ca sursă de energie termică biomasa solidă. În România biomasa reprezintă o sursă importantă de energie, nu numai în mediul rural ci și în mediul urban. În aceste condiții, este importantă cunoașterea potențialului de biomasa atât teoretic cât și cel real, nu numai la nivel național ci și divizat pe regiuni sau chiar pe anumite zone clar stabilite. În lucrarea de față, se propune o metoda generala de evaluare a potențialului de energie din biomasa solidă la nivel național. Metoda propusă are la bază analiza sistemică pe de o parte, iar pe de altă parte utilizarea datelor statistice disponibile pe plan național, și poate fi aplicată și pentru determinarea potențialului de energie din biomasa provenită numai dintr-o anumită categorie vegetală sau lemnoasă sau dintr-o anumită zonă clar delimitată. Deasemenea, în lucrarea de față se realizează evaluarea potențialului real de energie înmagazinată în rezidurile agricole rezultate în urma recoltării a 10 ha. de grâu. Această metodă de evaluare este utilă la determinarea potențialului real de energie din biomasa solidă și le permite fermierilor să aleagă corect categoria de biomasa cultivată pentru a putea fi valorificată energetic.

Cuvinte cheie: biomasa, metodă de evaluare, potențial de energie

INTRODUCERE

În contextul unei puternice dezvoltări tehnologice, impusă de creșterea cerințelor sociale, cu care se confruntă omenirea în prezent, energia devine un element indispensabil pentru majoritatea activităților umane.

În acest context, creșterea continuă a consumului de energie primară, readuce în actualitate o problemă acută și anume, aceea a epuizării rezervelor de combustibili fosili, mai ales că în prezent la nivel mondial peste 50% din consumul de energie primară provine din surse de energie convenționale (fig. 1). Astfel, biomasa redevine o sursă vitală de energie. Datorită ciclicității proceselor de producere și conversie, biomasa este considerată o sursă de energie cu caracter regenerabil și cu impact pozitiv asupra mediului înconjurător. De asemenea, este considerată ca sursă de energie cu un grad ridicat de disponibilitate la nivel mondial, în special datorită varietății sale.

Adoptarea Directivei 2009/28/CE a Parlamentului European privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile stabilește ca și obiectiv privind ponderea energiei din surse regenerabile în consumul final brut de energie, pentru anul 2020, un procent de 24% pentru România.[7].

La nivelul anului 2009, producția de energie primară din surse regenerabile, pentru România, era de 18% (Fig.2). Datorită condițiilor climatice și poziției geografice, România dispune de un potențial tehnic de energie din biomasa de 0,318 EJ/an sau 88,3 TWh/an. Analizând potențialul tehnic național al surselor de energie regenerabile (Fig.3), observăm că biomasa are potențialul energetic cel mai ridicat, constituindu-se astfel ca principala sursă de energie regenerabilă de care dispune țara noastră, urmată de energia hidro și cea eoliană. Potențialul tehnic național de biomasa este format din cinci categorii principale: reziduuri din exploatare forestiere și lemn de foc, deșeuri de lemn, rumeguș; deșeuri agricole rezultate din cereale, tulpini de porumb; resturi de viță-de-vie, crengi de pomi fructiferi etc.; biogas; deșeuri și reziduuri menajere urbane.

Lipsa informațiilor privind categoriile de biomasa solidă care

be used as an energy source, as well as those on their energy potential, delay the implementation of new technologies for generating energy from biomass.

In this context the method proposed in this paper is intended as an instrument useful for assessing the real energy potential of solid biomass, allowing evaluation of the energy stored in a given category of biomass or of those from a certain area.

MATERIALS AND METHOD

Solid biomass can be divided in two main categories: vegetal biomass resulted as waste product from agricultural crops and woody biomass resulted from forest exploitation and clearing of forests and from wood processing industry.

Systemic analysis underlying the method of biomass energy potential evaluation consists of an evaluation and analysis of all factors involved in production, transport and processing of biomass, followed by its conversion to energy.

pot fi utilizate ca sursă de energie, precum si a celor referitoare la potențialul energetic al acestora, încetinesc implementarea noilor tehnologii de generare a energiei din biomasă.

În acest context metoda propusă în lucrarea de față, se dorește un instrument util pentru evaluarea potențialului real de energie din biomasă solidă, permițând evaluarea energiei inmagazinate într-o anumită categorie de biomasă sau a celei provenită dintr-o anumită zonă.

MATERIALE ȘI METODA

Biomasă solidă se poate împărți în două mari categorii: biomasă vegetală rezultată ca produs rezidual din culturile agricole și biomasă lemnoasă rezultată din exploatarea și curățarea pădurilor și din industria de prelucrare a lemnului.

Analiza sistemică care stă la baza metodei de evaluare a potențialului energetic al biomasei constă în evaluarea și analiza tuturor factorilor implicați în producerea, transportul și procesarea biomasei urmată de conversia sa în energie.

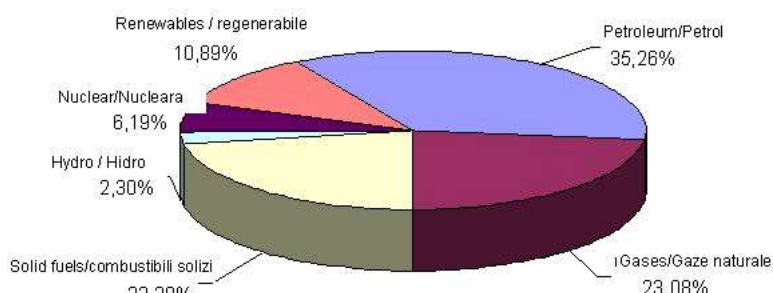


Fig. 1 - Structure of primary energy consumption, by fuel source, worldwide in 2009 / Structura consumului de energie primară pe surse de combustibili la nivel mondial în anul 2009 [5]

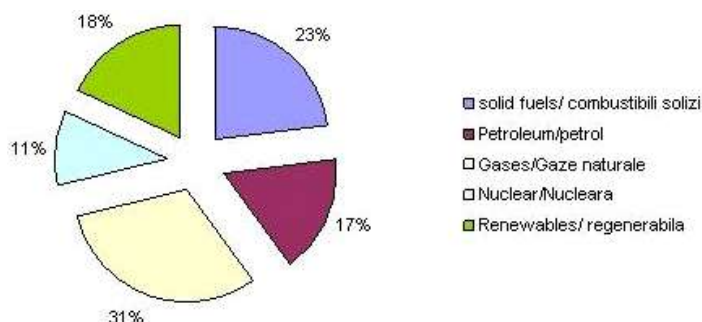


Fig.2. Structure of primary energy production, by fuel source, in Romania, 2009 / Structura producției de energie primară pe surse de combustibili în România în anul 2009 [8]

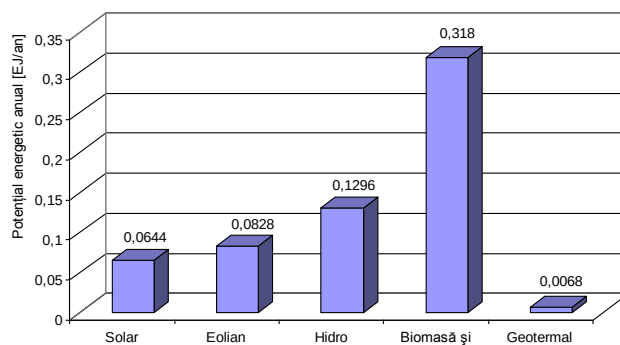


Fig.3. The potential of renewable energy sources in Romania in 2007 / Potențialul surselor de energie regenerabile în România, în anul 2007 [6]

Given the above, the energy potential from solid biomass, at national level, can be expressed by relation 1, where:

W - the total energy from solid biomass, available nationwide, [kJ];

W_L - total energy from woody biomass, available nationwide, [kJ];

W_V - the total energy from vegetal biomass, available nationwide, [kJ];

Având în vedere cele menționate anterior, potențialul de energie din biomasă solidă, la nivel național, poate fi exprimat de relația 1, unde:

W - Cantitatea totală de energie din biomasă solidă, disponibilă la nivel național [kJ];

W_L - Cantitatea totală de energie din biomasă lemnoasă, disponibilă la nivel național [kJ];

W_V - Cantitatea totală de energie din biomasă vegetală, disponibilă la nivel național, [kJ];

Each of the two components of the relation (1) is expressed in turn in terms of lower order according to relations (2) and (3), where:

W_{Lu} - the total amount of energy stored in the total amount of woody biomass, available nationwide, as energy source[kJ];

W_{Lc} - the total amount of energy consumed for processing woody biomass available nationwide, as energy source[kJ];

W_{Vi} - the total amount of energy from vegetal biomass, in category i , available nationwide, [kJ];

$i = 1, \dots, n$ - types of vegetal biomass, eg 1-vegetal biomass resulting from the wheat crop; 2 -vegetal biomass resulting from maize, etc.

W_{Viu} - the total amount of energy stored in total amount of vegetal biomass, of category i , available nationwide, as energy source,[kJ];

W_{Vic} - the total amount of energy consumed to obtain vegetal biomass, of category i , available nationwide, as energy source,[kJ];

The total amount of energy stored in the total amount of vegetal biomass, in category i , available nationwide, as energy source, can be calculated with relation 4, where:

H_{Vi} - average calorific value of vegetal biomass, in category i , available nationwide;

M_{Vi} - the total amount of vegetal biomass, in category i , available nationwide [kg];

Fiecare dintre cele două componente ale relației (1) se exprimă la rândul ei în termeni de ordin inferior conform relațiilor (2) și (3), unde:

W_{Lu} – Cantitatea totală de energie înmagazinată în total cantitate biomasa lemnoasă, disponibilă la nivel național, ca sursă de energie, [kJ];

W_{Lc} – Cantitatea totală de energie consumată pentru procesarea biomasei lemnoase, disponibile la nivel național, ca sursă de energie, [kJ];

W_{Vi} – Cantitatea totală de energie din biomasa vegetală, din categoria i , disponibilă la nivel național, [kJ];

$i = 1, \dots, n$ – categoriile de biomasă vegetală, de ex. 1–biomasa vegetală rezultată din cultura de grâu; 2-biomasa vegetală rezultată din cultura de porumb; etc

W_{Viu} – Cantitatea totală de energie înmagazinată în total cantitate biomasa vegetală din categoria i , disponibilă la nivel național, ca sursă de energie, [kJ];

W_{Vic} – Cantitatea totală de energie consumată pentru obținerea biomasei vegetale din categoria i , disponibile la nivel național, ca sursă de energie, [kJ];

Cantitatea totală de energie înmagazinată în total cantitate biomasă vegetală din categoria i , disponibilă la nivel național, ca sursă de energie, se poate calcula cu relația 4, unde:

H_{Vi} – Valoarea medie a puterii calorice a biomasei vegetale din categoria i , disponibile la nivel național;

M_{Vi} – Cantitatea totală de biomasă vegetală din categoria i , disponibilă la nivel național, [kg];

$$W = W_L + W_V \quad (1)$$

$$W_L = W_{Lu} - W_{Lc} \quad (2)$$

$$W_V = S W_{Vi} = S (W_{Viu} - W_{Vic}) \quad (3)$$

$$W_{Viu} = H_{Vi} \times M_{Vi} \quad (4)$$

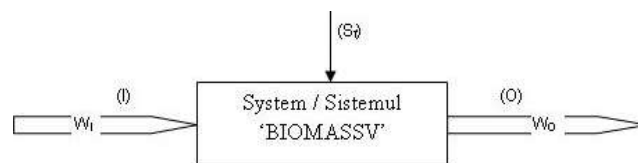


Fig.4. Block diagram of the independent system "BIOMASSV" / Schema bloc de reprezentare sistemului independent "BIOMASSV"

$$E_{\text{prod}} = f(I, O, S_f) \quad (5)$$

Activities performed in the process of energetic use of vegetal biomass are grouped into two main stages: the stage of vegetal biomass production and conversion stage. The first stage, includes all operations performed in order to obtain vegetal biomass, from category i (for eg. works related to biomass cultivation, primary processing, transportation, etc.)

In the context of development of assessment method, through systemic analysis, to the production stage of vegetal biomass, of category i , is associated an independent system, generically called "BIOMASSV" (fig.4)[2]. The input (I) of the system represents the total energy consumption (W_i) associated to activities / processes in vegetal biomass cultivation process, of category i .

The output of the system (O) is represented by the energy stored in the vegetal biomass (W_o), obtained in the production stage. On the considered system act also other specific features (S_f), whose action can not be eliminated, such as soil characteristics, weather conditions, etc.

Equation (5) represents the behavioral equation of the "BIOMASSV" system, where E_{prod} is total amount of energy available from the production process of vegetal biomass, and it is determined as a function of inputs I, outputs O, and specific features S_f , and the interdependencies between them.

The quantitative expression of the inputs(I), outputs (O),

Activitățile realizate în cadrul procesului de utilizare energetică a biomasei vegetale se grupează în două etape principale: etapa de producere a biomasei vegetale și etapa de conversie. Prima etapă- cuprinde totalitatea operațiilor realizate în scopul obținerii biomasei vegetale din categoria i (de ex.lucrările legate de cultivarea biomasei, procesare primară, transport, etc).

În contextul dezvoltării metodei de evaluare prin analiza sistemică, etapei de producere a biomasei vegetale din categoria i îi este asociat un sistem independent, numit generic "BIOMASSV" (fig.4) [2]. Mărimile de intrare în sistem (I) reprezintă totalitatea consumurilor energetice (W_i) asociate activităților/proceselor din procesul de producere a biomasei vegetale din categoria i .

Mărimile de ieșire din sistem (O) sunt reprezentate de energia înmagazinată în biomasa vegetală, rezultată în etapa de producere a acesteia (W_o). Asupra sistemului considerat acționează și caracteristicile specifice (S_f) a căror acțiune nu poate fi eliminată, cum ar fi: caracteristicile solului, condițiile meteorologice, etc.

Ecuția (5) reprezintă ecuația comportamentală a sistemului "BIOMASSV", unde E_{prod} este cantitatea de energie totală disponibilă în urma procesului de producere a biomasei vegetale, și se determină ca și funcție de mărimile de intrare I, de ieșire O, de caracteristicile specifice S_f și de interdependențele dintre acestea.

Exprimarea cantitativă a intrărilor (I), respectiv ieșirilor din

and the correlation between them, leads to the determination of an explicit mathematical expression, based on which is determined the total amount of energy available from the production process of vegetal biomass and, respectively, the energy consumption from process. To determine the mentioned mathematical expression, it is necessary to divide the "BIOMASSV" into subsystems associated with each operation of the composition of analyzed process.

The amount of total energy input, W_i , can be expressed as a sum of elemental (partial) energies, associated to working stages required to develop processes into the system of vegetal biomass production - relation (6) [2], where:

I - represent the inputs;

N_1 - the total number of different types of energy inputs in subdivision of order 1;

j - superscript, represent the category of the subdivision of energy input. Otherwise, the relation (6) can be expressed as relation (7) [2], where:

$W_{1.1}^1, W_{1.2}^1, W_{1.3}^1, \dots, W_{1.n1}^1$ - represent all the energies required for all the activities associated to different types of inputs defined into subdivision of category 1. So, eg. $W_{1.1}^1$ - represents energy input associated to agricultural machines used in vegetal biomass production; $W_{1.2}^1$ - represents energy input associated to fertilizers (chemical fertilizers - store the energy of the production, transport, distribution) etc.

Development of inputs system is continued until each elementary energy can be expressed quantitatively and can not be divided into further subcategories.

The outputs (O), can be analyzed in the same way as the inputs, so, the total output energy (WO), in our case, can be calculated using the relation (8) [2], where:

W_{Opr} - is the energy stored in the main products;

W_{Obpr} - is the energy stored in the by-products.

Evaluation of total output energy can be done in two ways, namely: first method involves calculating the energy value of primary products and by-products; and the second method involves calculating energy value of secondary products obtained (eg. ethanol, vegetable oils, etc), after that it will be made the energy analysis.

In the same way it is possible to analyse the specific features of the system S_f . These factors are abstract because they are not clearly defined quantitatively but they are distinct elements in the energies system. Thus, the functional relation (9) expresses S_f as a functional element of the system, where: S_c - is associated with soil characteristics; C_c - is associated with climate characteristics; T_c - is associated with characteristics of the technology used; O_c - represents other characteristics.

Following the same method of systemic analysis will be determined the energy consumed in the woody biomass production process.

RESULTS

Using the general mathematical method for determining the real energy potential, developed above, in this paper it is determined the real energy potential of vegetal biomass from an area of 10 ha of wheat crop.

For this it is necessary to analyze the energy flow in the vegetal mass production process mentioned, respectively, determining the energy consumption involved in the process.

sistem (O), precum și a corelațiilor dintre acestea, conduce la determinarea unei expresii matematice explicite, în baza căreia se determină cantitatea de energie totală disponibilă în urma procesului de producere a biomasei vegetale și respective a consumului energetic din proces. Pentru determinarea expresiei matematice amintite, este necesară divizarea sistemului „BIOMASSV” în subsisteme, asociate fiecărei operații din componența procesului analizat.

Cantitatea de energie totală introdusă în sistem (W_i) poate fi exprimată ca și sumă a energiilor elementare (parțiale) asociate fazelor de lucru necesare desfășurării proceselor în cadrul sistemului de producție a biomasei vegetale - relația (6) [2], unde:

I - reprezintă intrările;

N_1 - Numărul total de tipuri de energie de intrare în subdiviziunea de ordin 1;

j - Exponent arată ordinul subdiviziunii energiei de intrare. Altfel, ecuația (6) poate fi exprimată sub forma ecuației (7) [2], unde:

$W_{1.1}^1, W_{1.2}^1, W_{1.3}^1, \dots, W_{1.n1}^1$ - reprezintă energia necesară pentru toate activitățile asociate diferitelor tipuri de mărimi de intrare definite în subdiviziunea de ordin 1. Astfel, de ex. $W_{1.1}^1$ - reprezintă energia de intrare asociată mașinilor agricole; $W_{1.2}^1$ - reprezintă energia de intrare asociată fertilizării (fertilizant chimici - înmagazinează energia corespunzătoare producerii lor, transportului, distribuției) etc.

Dezvoltarea sistemului mărimilor de intrare este continuată până când fiecare energie elementară poate fi exprimată cantitativ și nu mai poate fi divizată în alte subcategorii.

Mărimile de ieșire din sistem (O), pot fi analizate în același mod ca și mărimile de intrare, astfel, energia totală ieșită din sistem (W_o), în cazul ales, se poate determina cu relația (8) [2], unde:

W_{Opr} - este energia totală înmagazinată în produsul principal;

W_{Obpr} - este energia totală înmagazinată în subprodusele rezultate.

Evaluarea energiei totale ieșită din sistem se poate realiza pe două căi și anume: prima metodă presupune calcularea valorii energiei produselor primare și a subproduselor, iar a doua metodă presupune calcularea valorii energiei produselor secundare obținute (de exemplu: etanol, uleiuri vegetale, etc) după care se va face analiza energetică.

În aceeași manieră pot fi analizați factorii caracteristici specifici sistemului S_f . Acești factori sunt abstracți deoarece ei nu sunt clar definiți cantitativ dar reprezintă elemente distincte în sistemul energiilor. Astfel relația funcțională (9) exprimă S_f ca și element funcțional al sistemului, unde:

S_c - este asociat cu caracteristicile solului;

C_c - este asociat cu caracteristicile climei;

T_c - este asociat cu caracteristicile tehnologiei aplicate;

O_c - reprezintă alte caracteristici.

Urmând aceeași metodă a analizei sistemice se determină energia consumată în procesul de producere a biomasei lemnoase.

REZULTATE

Utilizând metoda matematică generală de determinare a potențialului energetic real, dezvoltată mai sus, în lucrarea de față se determină potențialul energetic real al biomasei vegetale obținută pe o suprafață cultivată de 10 ha, din cultura grâului.

Pentru acesta este necesară analiza fluxului energetic în procesul de producere a masei vegetale amintite, respectiv determinarea consumurilor energetice implicate de proces.

$$W_i = \sum_{i=1}^{n_1} W_{i.1}^j, i = 1, 2, 3, \dots, n_1 \quad (6)$$

$$W_i = W_{1.1}^1 + W_{1.2}^1 + W_{1.3}^1 + \dots + W_{1.n1}^1 \quad (7)$$

$$W_o = \sum_{i=1}^m W_{Opr} + \sum_{i=1}^m W_{Obpr} \quad (8)$$

$$S_f = f(S_c, C_c, T_c, \dots, O_c) \quad (9)$$

Thus, for wheat crop, the total input energy of the system, W_I , includes:

- $W_{1.1}^1$ – energy input associated to agricultural machinery;
- $W_{1.2}^1$ – energy input associated to chemical fertilizers;
- $W_{1.3}^1$ – energy input associated to herbicides;
- $W_{1.4}^1$ – energy input associated to seeds germination;
- $W_{1.5}^1$ – energy input associated to transportation and storage;
- $W_{1.6}^1$ – energy input associated to human labor.

To define and calculate the overall input energy we have performed the energy flow for wheat crop production (fig.5).

According to diagram in fig.5 and relation (7), the input energy for wheat crop is given by (10).

Each term of (10) is divided in other elemental terms in subdivision of class 2 or 3, as follows:

Term $W_{1.1}^1$ is subdivided in elemental terms of class 2 (11), where:

- $W_{1.1.1}^2$ – energy associated to agricultural machinery production;
- $W_{1.1.2}^2$ – energy associated to repairing of agricultural machinery;
- $W_{1.1.3}^2$ – energy associated to fuel consumption.

The term $W_{1.1.1}^2$ is subdivided in elemental terms of class 3 (12), where:

- $W_{1.1.1.1}^3$ – energy associated to material used in agricultural machinery;
- $W_{1.1.1.2}^3$ – energy associated to manufacturing process of agricultural machinery;
- A_{mat} – a coefficient of energy consumption associated to material used in agricultural machinery, per mass unit [MJ/kg];
- A_{manf} – a coefficient of energy consumption associated to manufacturing of agricultural machinery, per mass unit [MJ/kg];
- M_m – mass of the agricultural machinery [kg];
- T_f – lifetime of agricultural machinery;
- S – total cultivated area.

The term $W_{1.1.2}^2$ is expressed by relation (13), where:

- $A_{rep.m}$ – a coefficient of energy consumption associated to agricultural machinery repairs, per mass unit [MJ/kg] per year.

Astfel, pentru producerea grâului, energia totală introdusă în sistem W_I , include:

- $W_{1.1}^1$ – energia asociată mașinilor agricole utilizate;
- $W_{1.2}^1$ – energia asociată îngrășămintelor chimice;
- $W_{1.3}^1$ – energia asociată pesticidelor;
- $W_{1.4}^1$ – energia asociată germinării semințelor;
- $W_{1.5}^1$ – energia asociată transportului și depozitării;
- $W_{1.6}^1$ – energia asociată manoperei

Pentru a defini și calcula energia globală intrată am realizat fluxul de energie pentru producția culturii grâului (fig.5)

Conform diagramei din fig.5 și relației (7) energia introdusă în sistem pentru cultura de grâu este dată de relația (10).

Fiecare termen al relației (10) este divizat în termeni elementali de ordinul 2 sau 3 după cum urmează:

Termenul $W_{1.1}^1$ este divizat în termeni elementali de ordinul 2 (11), unde:

- $W_{1.1.1}^2$ – energia asociată producerii mașinilor agricole;
- $W_{1.1.2}^2$ – energia asociată reparării mașinilor agricole;
- $W_{1.1.3}^2$ – energia asociată consumului de carburanți.

Termenul $W_{1.1.1}^2$ este divizat, la rândul său în termeni elementali de ordin 3 (12), unde:

- $W_{1.1.1.1}^3$ – energia asociată materialului folosit la mașinile agricole;
- $W_{1.1.1.2}^3$ – energia asociată producerii mașinilor agricole;
- A_{mat} – coeficientul consumului de energie asociat materialului folosit la mașinile agricole, pe unitatea de masă [MJ/kg];
- A_{manf} – coeficientul consumului de energie asociat producerii mașinilor agricole, pe unitatea de masă [MJ/kg];
- M_m – masa mașinii agricole [kg];
- T_f – durata de viață a mașinii agricole;
- S – suprafața totală cultivată.

Termenul $W_{1.1.2}^2$ este exprimat de relația (13) unde:

- $A_{rep.m}$ – coeficientul de energie consumat asociat reparațiilor mașinii agricole, pe unitatea de masă, pe an [MJ/kg].

$$W_I = W_{1.1}^1 + W_{1.2}^1 + W_{1.3}^1 + W_{1.4}^1 + W_{1.5}^1 + W_{1.6}^1 \quad (10)$$

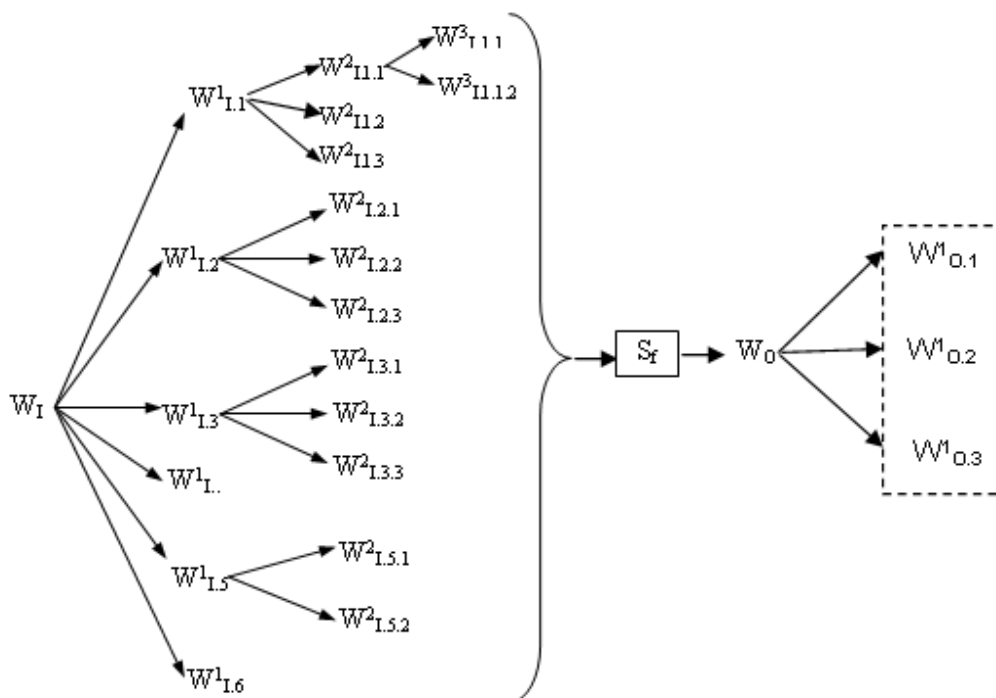


Fig. 5 - Energy flow diagram for wheat crop / Schema fluxului de energie pentru cultura grâului

$$W_{1.1}^1 = W_{1.1.1}^2 + W_{1.1.2}^2 + W_{1.1.3}^2 \quad (11)$$

$$W_{1.1.1}^2 = W_{1.1.1.1}^3 + W_{1.1.1.2}^3 = [(A_{mat} + A_{manf})M_m]/T_f \cdot S \quad (12)$$

The term $W_{1.1.3}^2$ is expressed by relation (14), where:

- i – the energy type associated to activity;
- H_{fi} – calorific value of fuels consumed in the activity i ;
- V_{fi} – fuel volume used per 1 ha associated to activity i .

The energy associated to the chemical fertilizers used, $W_{1.2}^1$, can be divided in 3 elements of class 2 (15), where:

- $W_{1.2.1}^2$ – energy associated to chemical fertilizer production;
- $W_{1.2.2}^2$ – energy associated to chemical fertilizer packaging;
- $W_{1.2.3}^2$ – energy associated to chemical fertilizer distribution.

- $C_{prod,cf}$, $C_{pack,cf}$, $C_{trans,cf}$ are the specific energies consumed for production, packaging and transportation of chemical fertilizer [MJ/kg],

- M_{cf} – the amount of chemical fertilizer used per ha [kg].

The term $W_{1.3}^1$ include three terms of class 2 (16), thus:

- $W_{1.3.1}^2$ – energy associated to herbicide production;
- $W_{1.3.2}^2$ – energy associated to herbicide packaging;
- $W_{1.3.3}^2$ – energy associated to herbicides distribution;

- $D_{prod,b}$, $D_{pack,b}$, $D_{trans,b}$ are the specific energies consumed for production, packaging and transportation of herbicides [MJ/kg];

- M_b – the amount of herbicides used per ha [kg].

Term $W_{1.4}^1$ represents the energy stored in the seeds used for sowing (17), where:

- H_s – calorific value of the seeds [MJ/kg];
- M_s – amount of seeds used per ha, [kg].

Term $W_{1.5}^1$ involved two terms of class 2 (18), where:

- $W_{1.5.1}^2$ – energy associated to transportation;
- $W_{1.5.2}^2$ – energy associated to storage of main products and by-products

- $H_{comb,trans}$ – calorific value of fuels used for transport, [MJ/L];

- $V_{comb,trans}$ – fuel volume used for transport, [L/h];

- T_{trans} – total time for transport, [h];

- F_{dep} – coefficient of energy consumption by storage, per day, [MJ/day];

- T_{dep} – time of storage, [day].

Termenul $W_{1.1.3}^2$ exprimat de relația (14), unde:

- i – tipul de energie asociată activității;
- H_{fi} – valoarea calorică a combustibilului consumat în activitatea i ;
- V_{fi} – volumul de combustibil utilizat pentru 1 ha, corespunzător activității i .

Energia asociată îngrășămintelor chimice utilizate, $W_{1.2}^1$ se divide în trei elemente de ordinul 2 (15), unde:

- $W_{1.2.1}^2$ – energia asociată producerii îngrășămintelor chimice;
- $W_{1.2.2}^2$ – energia asociată împachetării îngrășămintelor chimice;
- $W_{1.2.3}^2$ – energia asociată împrăștierei îngrășămintelor chimice.

- $C_{prod,cf}$, $C_{pack,cf}$, $C_{trans,cf}$ sunt energiile specifice consumate pentru producerea, ambalarea, respectiv distribuirea îngrășămintelor (MJ/kg),

- M_{cf} – cantitatea îngrășămintelor chimice distribuite la ha [kg].

Termenul $W_{1.3}^1$ cuprinde trei termeni de ordin 2 (16), astfel:

- $W_{1.3.1}^2$ – energia asociată producerii erbicidelor;
- $W_{1.3.2}^2$ – energia asociată ambalării erbicidelor;
- $W_{1.3.3}^2$ – energia asociată distribuirii erbicidelor;

- $D_{prod,b}$, $D_{pack,b}$, $D_{trans,b}$ sunt energiile specifice consumate pentru producerea, ambalarea, respectiv distribuirea erbicidelor [MJ/kg];

- M_b – cantitatea de erbicide distribuită la ha [kg].

Termenul $W_{1.4}^1$ cuprinde energia din semințele utilizate la însămânțare (17), unde:

- H_s – valoarea calorică a semințelor [MJ/kg];
- M_s – cantitatea de semințe utilizată la ha, [kg].

Termenul $W_{1.5}^1$ include doi termeni de ordin 2 (18), unde:

- $W_{1.5.1}^2$ – energia asociată transportului;
- $W_{1.5.2}^2$ – energia asociată depozitării produselor primare și subproduselor

- $H_{comb,trans}$ – valoarea calorică a combustibilului utilizat pentru transport, [MJ/L];

- $V_{comb,trans}$ – volumul de combustibil utilizat pentru transport, [L/h];

- T_{trans} – timpul total pentru transport, [h];

- F_{dep} – coeficientul energiei consumate pentru depozitare, pe zi, [MJ/zi];

- T_{dep} – timpul de depozitare, [zi].

$$W_{1.1.2}^2 = A_{rep,m} \cdot M_m / T_r \cdot S \quad (13)$$

$$W_{1.1.3}^2 = \sum_{i=1}^k H_{fi} \cdot V_{fi} \quad (14)$$

$$W_{1.2}^1 = W_{1.2.1}^2 + W_{1.2.2}^2 + W_{1.2.3}^2 = (C_{prod,cf} + C_{pack,cf} + C_{trans,cf}) \cdot M_c \quad (15)$$

$$W_{1.3}^1 = W_{1.3.1}^2 + W_{1.3.2}^2 + W_{1.3.3}^2 = (P_{prod,b} + P_{pack,b} + P_{trans,b}) \cdot M_b \quad (16)$$

$$W_{1.4}^1 = H_s \cdot M_s \quad (17)$$

$$W_{1.5}^1 = W_{1.5.1}^2 + W_{1.5.2}^2 = H_{comb,trans} \cdot V_{comb,trans} \cdot T_{trans} + F_{dep} \cdot T_{dep} \quad (18)$$

Term $W_{1.6}^1$ – the energy associated to human labor, can be calculated based on the metabolic energy (19), where:

G_{om} – the coefficient of energy consumed by one worker, per day, [MJ/day];

H_{om} – number of working days;

N_{om} – number of workers

For our case we consider as main products the grain and straw obtained from wheat crop. In this case the output can be expressed by relation (20), where:

W_o – the energy stored in biomass;

$W_{o.1}^1$ – energy stored in grains;

$W_{o.2}^1$ – energy stored in vegetal material (straw);

These energies can be calculated with relation (21), where:

H_{seed} , H_{VM} , are calorific values for grains, and straw, per mass unit [MJ/kg];

M_{seed} , M_{VM} , - amount of grains and straw per ha [kg/ha].

We conducted an analysis of energy balance for wheat crop, the products obtained were grains and straw.

Characteristics parameters used to calculate $W_i = f(W_{1.1}^1, W_{1.2}^1, \dots, W_{1.6}^1)$, $S_i = f(S_c, C_c, T_c, \dots, O_c)$ and $W_o = f(W_{o.1}^1, W_{o.2}^1)$ are presented in tab.1 and tab. 2

To determine the energy stored in vegetal biomass

Termenul $W_{1.6}^1$ – energia asociată manoperei, poate fi calculat pe baza energiei metabolice (19), unde:

G_{om} – coeficientul energiei consumate de un muncitor într-o zi, [MJ/zi];

H_{om} – numărul de zile lucrate;

N_{om} – numărul de muncitori.

Pentru cazul studiat se consideră că produse principale de ieșire boabele și paieile obținute din cultura de grâu. În acest caz mărirea de ieșire poate fi exprimată prin relația (20), în care:

W_o – energia înmagazinată în biomasa rezultată;

$W_{o.1}^1$ – energia înmagazinată în boabe;

$W_{o.2}^1$ – energia înmagazinată în materialul vegetal (paie);

Aceste energii pot fi calculate cu relațiile (21), unde:

H_{seed} , H_{VM} sunt valorile calorice pentru semințe, respectiv materialul vegetal, pe unitatea de masă [MJ/kg];

M_{seed} , M_{VM} , cantitățile corespunzătoare de semințe, mat.vegetal, pe ha [kg/ha].

Am realizat o analiză a balanței energetice, pentru cultura de grâu- produsul obținut fiind boabele și paieile.

Mărimile caracteristice utilizate pentru calculul $W_i = f(W_{1.1}^1, W_{1.2}^1, \dots, W_{1.6}^1)$, $S_i = f(S_c, C_c, T_c, \dots, O_c)$ și $W_o = f(W_{o.1}^1, W_{o.2}^1)$ sunt prezentate în tab. 1 și tab. 2

Pentru determinarea energiei înmagazinate în

resulting from cultivation of 10 hectares with wheat, the following inputs are necessary:

- Technology of wheat cultivationa (tabel 1);
- cultivated area: 10 ha;
- soil type: brown-reddish soil, no irrigation
- fuel: Diesel with $H_c=38$ MJ/l;

$$W_{1.6}^1 = G_{om} \cdot H_{om} \cdot N_{om} \quad (19)$$

$$W_O = W_{O.1}^1 + W_{O.2}^1 \quad (20)$$

$$W_{O.1}^1 = H_{Seed} \cdot M_{Seed}; \quad W_{O.2}^1 = H_{VM} \cdot M_{VM}; \quad (21)$$

- Chemical fertilizers (tabel 2)
- Herbicide: DMA 600 salt, 1,5 l/ha with 84,9 MJ/kg, [3]
- Energy content of wheat seeds -16 MJ/kg [4]
- Seed mass used: 270 kg/ha;
- Grain production: 4000 kg/ha with calorific energy of 17,039[MJ/kg] [9]
- Vegetal material production (straw) 1500 kg/ha with calorific energy of 16,534 MJ / kg (15% humidity) [9]
- Energy associated to human labor 1,95 MJ / h. [3].

Based on the input data set, calculations and energy analysis were made, using the software (Fig. 6) [2], the results being shown in fig.7.

The real potential will be the difference between the energy stored in biomass- W_O , and input energy W_I (relation 22)

biomasa vegetală rezultată prin cultivarea a 10 ha., cu grâu sunt necesare urmatoarele date de intrare:

- Tehnologia de cultivare a grâului (tabel 1)
- Suprafața cultivată: 10 ha.,
- Tip sol: brun-roșcat, fără irigații;
- Combustibil utilizat: motorină cu $H_c=38$ MJ/l

- Îngrășăminte chimice (tabel.2)
- Erbicid utilizat: sareDMA 600- 1,5 l/ha-84,9 MJ/kg. [3]
- Conținutul de energie al semintelor utilizate -16MJ/kg, [4]
- Cantitatea de semințe aplicată – 270 kg/ha;
- Producția de boabe 4000 [kg/ha] cu energia calorică 17,039 MJ/kg [9]
- Material vegetal rezultat – 1500 kg/ha cu o energie calorică de 16,534 MJ / kg (15% umiditate) [9]
- Energia asociată manoperei: 1,95 MJ / h. [3]

Pe baza datelor de intrare prezentate , s-au facut calculele și analiza energetică utilizând programul software (fig.6) [2], rezultatele obținute fiind prezentate în fig.7.

Potențialul real va fi diferența între energia înmagazinată în biomasa – W_O , și energia de intrare W_I (relatia 22)

Table 1/ Tabel 1
Characteristics of wheat cultivation technology / Caracteristici ale tehnologiei cultivării grâului

Activity/ Activitatea	Equipment / Echipament	Mass of equipment / Masa echipament [kg]	$A_{mat} + A_{manf}$ [MJ/kg]	A_{rep} [MJ/kg]	Fuel consumption / Combustibil consumat [L/ha]
Plowing / Arat	Tractor - U650	2500	138	10	30
	Plow – PP3x30	300	180	6	
Seedbed preparation / Preg.pat germinativ	Disk harrow - GDx3,4	1250	149	6	15
Sowing / Semanat	Seeder –SUP 21	500	133	6	7
Fertilizer distribution / Fertilizat	Centrifugal spreader	950	129	6	2
Herbicides spraying / Erbicidat	Spraying Machine	800	128	6	5
Harvesting / recoltat	Combine CP12	8700	116	10	30

Fertiliser characteristics / Caracteristicile îngrășământului chimic

Type of fertilizer / Tip îngrășământ	$C_{prod} + C_{pack} + C_{trans}$ [MJ/kg]	Fertilizer mass / Cantitatea de îngrășământ [kg/ha]
N	78.1 / 78,1	100
P_2O_5	17.4 / 17,4	50
K_2O	13.7 / 13,7	60

Table 2 / Tabel 2



Fig. 6 - Soft interface with input data / Interfața soft cu date de intrare

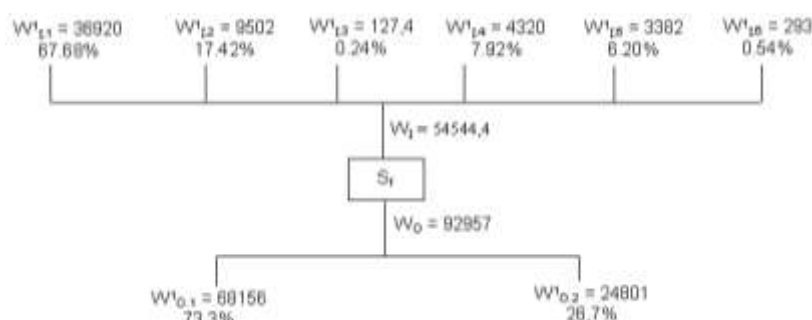


Fig. 7 - Energy balance for wheat crop, W is expressed in [MJ] / Balanța energetică pentru cultura grâului, W este exprimat în [MJ]

$$W_{\text{real}} = W_o - W_i = 92957 - 54544.4 = 38412.6 \text{ MJ} \quad (22)$$

CONCLUSIONS

Due to its modular structure, presented method is flexible and can be applied for energy evaluation of different activities within an agricultural farm.

Analysing the results it is noted that the energy associated to the agricultural machines used, represents more than 50 % of the total input energies of the system. the more we reduce the value of this kind of energy, the higher will be the energy potential of the crop, and hence the higher is the profitability of using the biomass obtained.

Optimization of the working process by energy consumption point of view, may be done through the improvement of technology (eg. no tillage technology) or using other agricultural machinery.

Based on these results it is possible to estimate the energy potential of vegetal biomass on different areas (agricultural farm, region, country, etc)

REFERENCES

- [1]. Deac T., Roș V., Deac M., (2011) - *An energy analysis of the sawdust pelletizing process: a systemic approach*, Research Journal of Agricultural Science, vol.1, Ed. Agroprint, ISSN 2066-1843, pg.403-408;
- [2]. Roș V., Chira T., Bâlc G., Fechet L., (2004) - *A method for evaluation of the energy potential in an agricultural farm*, Balkan Agricultural Engineering Review Journal, vol.5, ISSN 1312 – 5443;
- [3]. A. Tabatabaeefar, s.a. (2007) - *Comparasion of energy of tillage systems in wheat production*, Energy, vol. 34, pg 41-45, www.elsevier.com/locate/energy;
- [4]. Hovelius K., (1997) - *Energy-, Exergy- and Emergy alalysis of biomass production*, Report 222, Swedish University of Agricultural Sciences-Department of Agricultural Engineering, Uppsala, ISSN 0283-0086;
- [5]. ***, International Energy Outlook 2009, U.S. Energy Information Administration (EIA), www.eia.doe.gov;
- [6]. *** (2006) - *Study on assessing current energy potential of renewable energy in Romania (solar, wind, biomass, micro hydro, geothermal), identifying the best locations for development of investment in producing unconventional electricity*, ICEMENERG SA, Bucharest;
- [7]. *** Directive 2009/28/CE of the European Parliament on the promotion of the use of energy from renewable sources, 2009, Official Journal of European Union, L140;
- [8]. *** (2011) - EC, Energy-Statistics and Market Observatory-Figures by country; http://ec.europa.eu/energy/observatory/index_en.htm
- [9]. *** Data base BIOBIB, <http://cdmaster2.vt.tuwien.ac.at/biobib/grass.html>

CONCLUZII

Datorită structurii sale modulare metoda prezentată este flexibilă și poate fi aplicată pentru evaluarea energetică a diferitelor activități din cadrul unei ferme.

Din datele obținute se observă că energia asociată mașinilor agricole utilizate reprezintă mai mult de 50% din totalul energiilor de intrare în sistem. Cu cât mai mult se reduce valoarea acestei categorii de energie cu atât crește potențialul energetic al culturii, și implicit rentabilitatea utilizării biomasei obținute.

Optimizarea procesului de lucru din punct de vedere al consumului de energie, se poate realiza prin îmbunătățirea tehnologiei (de ex. tehnologie cu minim de lucrări) sau prin utilizarea altor mașini agricole.

Pe baza rezultatelor obținute se poate face estimarea potențialului energetic al biomasei vegetale pe diferite unități de suprafață (fermă, regiune, țară, etc.)

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Deac T., Roș V., Deac M., (2011) - *O analiză energetică a procesului de peletizare a rumegușului: o abordare sistemică*, Research Journal of Agricultural Science, vol.1, Ed. Agroprint, ISSN 2066-1843, pag.403-408;
- [2]. Roș V., Chira T., Bâlc G., Fechet L., (2004) - *Metodă de evaluare a potențialului energetic dintr-o fermă agricolă*, Balkan Agricultural Engineering Review Journal, vol.5, ISSN 1312 – 5443;
- [3]. A. Tabatabaeefar, s.a. (2007) - *Compararea energiei sistemelor de prelucrare a solului în producția de grâu*, Energy, vol. 34, pag 41-45, www.elsevier.com/locate/energy;
- [4]. Hovelius K., (1997) - *Energie-, Exergia- și Emergia analiza producției de biomasă*, Raport 222, Suedia, Universitatea de științe agricole – Departamentul de inginerie agricolă, Uppsala, ISSN 0283-0086;
- [5]. ***, International Energy Outlook 2009, U.S. Energy Information Administration (EIA), www.eia.doe.gov;
- [6]. *** (2006) - *Studiu privind evaluarea potențialului energetic actual al surselor regenerabile de energie în Romania (solar, vânt, biomasă, microhidro, geotermie), identificarea celor mai bune locații pentru dezvoltarea investițiilor în producerea de energie electrică neconvențională*, ICEMENERG SA, București;
- [7]. *** Directiva 2009/28/CE privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile, 2009, Jurnalul oficial al Uniunii Europene, L140;
- [8]. *** (2011) - EC, Energy-Statistics and Market Observatory-Figures by country; http://ec.europa.eu/energy/observatory/index_en.htm
- [9]. *** Bază de date BIOBIB, <http://cdmaster2.vt.tuwien.ac.at/biobib/grass.html>.

SOME PHYSICAL – BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF MISCANTHUS ENERGETIC PLANT STALKS

UNELE CARACTERISTICI FIZICO-BIOLOGICE ALE TULPINILOR PLANTEI ENERGETICE MISCANTHUS

PhD. Stud. Eng. Moiceanu G.¹⁾, Prof. Ph.D. Eng. Voicu Gh.¹⁾, Prof. Ph.D. Eng. Paraschiv G.¹⁾,
PhD. Stud. Eng. Poenaru I. C.¹⁾, Prof. Ph.D. Eng. Pirnă I.²⁾

¹⁾P.U. Bucharest / Romania; ²⁾INMA Bucharest / Romania

Tel: 0737.507.388; E-mail: georgianamoiceanu@yahoo.com

Abstract: In nature the elements of a biological cluster, as they are just after harvesting or the material particles of a ground material never randomly distribute completely, but only after various distribution laws known in mathematical statistics. These distribution laws or functions can be Gauss laws, Lorentz laws, Euler laws etc. They can be graphically represented through two different curves: the probability density curve (the distribution curve) and the cumulative distribution law. The distribution functions are characterized by many specific parameters: average, standard deviation, limits, asymmetry etc. Studying different phenomena, it can be seen that although these belong to a different science, their distribution in frequency is alike, respectively the histograms have the same shape. For example, 90% of the physical phenomena can be explained with the normal distribution law (Gauss – Laplace law).

In this paper a statistical study of physical-biological characteristics of two miscanthus crops harvested in two consecutive years is presented: plants distribution according to height, the plants individual mass, plants diameter at the lower internode and at the upper internode, etc.

There were determined the statistical parameters for various distribution laws (normal law, lognormal law, gamma law) which can point out the physical characteristics remembered before.

Also, the specific mass of plants stalks was determined, based on its two components, bark and core, and also the energy consumption during stalk grinding process.

Keywords: statistic analysis, biological characteristics, grinding energy consumption, miscanthus stalks specific mass

INTRODUCTION

Today, the energetic plants variety must undergo a substantial study on their characteristics in order to use them inside technological processes. Among these characteristics we identify both biological (plant height, mass, base and tip diameter, number of internodes etc.) influenced by culture conditions [4, 6], and physical properties that greatly influence the preparation processes.

The study of this paper is concentrated on the stalk statistical analysis of the biological characteristics of two batches of miscanthus harvested in two consecutive years, 2010 and 2011.

The differences of the two batches are given by the biological and physical characteristics that offer information regarding maintenance and developing miscanthus plants, [3].

Another aspect that must be taken into consideration during plant preparation refers to their hardness and the process type that it is subjected to [1]. During the study of cutting and grinding different researchers have shown the importance of knowing physical properties during scientific researches, [2]

According to studies, for an easier biomass use it

Rezumat: În natură elementele unei mulțimi biologice, așa cum sunt imediat după recoltare sau particulele de material ale unui măcinș nu se distribuie niciodată complet aleator, ci numai după diverse legi de distribuție cunoscute în statistica matematică. Aceste legi sau funcții de distribuție pot fi de tip Gauss, de tip Lorentz, de tip Euler etc. Ele sunt reprezentate grafic prin intermediul a două curbe distincte: curba densității de probabilitate (curba de distribuție) și curba de distribuție cumulativă. Funcțiile de repartiție sunt caracterizate de mai multe mărimi specifice: media, dispersia, asimetria, limitele etc. Studiind diverse fenomene, se constată că, deși, acestea aparțin unor științe diferite, repartiția în frecvență a acestora este asemănătoare, respectiv, histogramele au aceeași formă. De exemplu, 90% din fenomenele fizice se supun legii normale de repartiție (legea Gauss – Laplace).

În lucrare se prezintă studiul statistic al caracteristicilor fizico-biologice a două loturi de plante miscanthus, recoltate în doi ani succesivi de cultură: distribuția plantelor după înălțime, masa individuală a plantelor, diametrul plantelor la internodul de jos etc.

Au fost determinate mărimile statistice, pentru mai multe legi de repartiție (normală, lognormală, gamma) care pot caracteriza proprietățile fizico – biologice amintite.

De asemenea, a fost determinată masa specifică a tulpinilor plantei pe cele două componente ale sale, coajă și miez, precum și consumul de energie la mărunțirea tulpinilor.

Cuvinte cheie: analiză statistică, caracteristici fizico-biologice, consumul de energie la mărunțire, masa specifică, tulpini de miscanthus

INTRODUCERE

Variatatea de plante energetice din zilele noastre impune cercetătorilor un studiu amănunțit asupra caracteristicilor acestora pentru utilizarea lor în cadrul diferitelor procese tehnologice. Dintre aceste caracteristici se identifică atât caracteristicile biologice (înălțimea plantelor, masa acestora, diametrul la bază și la vârf, numărul de internoduri etc.) influențate de condițiile de cultură [4, 6], dar mai ales proprietățile fizice care influențează în mare parte măsură procesele de prelucrare

Studiul acestei lucrări se concentrează pe analiza statistică a caracteristicilor biologice ale tulpinilor a două loturi de miscanthus recoltate în doi ani succesivi, 2010 și 2011.

Diferențele celor două loturi de miscanthus sunt date de caracteristicile biologice și fizice ale plantelor care oferă informații agronomilor cu privire la întreținerea și dezvoltarea plantelor de miscanthus, [3].

Un alt aspect care trebuie avut în vedere în momentul prelucrării plantelor se referă la duritatea acestora și la tipul de proces la care este supusă [1]. În studiul procesului de tăiere și mărunțire diferiți cercetători au evidențiat importanța cunoașterii proprietăților fizice ale plantelor în momentul efectuării cercetărilor științifice, [2].

Conform studiilor pentru o mai ușoară utilizare a

needs to be subjected to a process of reducing stalk, leaves size of energy plants. Researchers have presented a series of such studies concluding with the fact that the most popular device for grinding is the hammer mill, [5].

MATERIALS AND METHOD

Experimental researches have been carried out inside the physical properties laboratory from Biotechnical Systems Faculty, University "POLITEHNICA" of Bucharest. Experiments were done on two groups of 100 plants each, harvested from the experimental field of the National Institute of Research, Development of Agricultural Machines Bucharest – INMA. Plants have been harvested in two consecutive years 2010 and 2011, being the second and third year of miscanthus harvest. Following harvesting of the two types of plants, determinations regarding estimating the physical plant characteristics were done.

biomasei este necesar ca aceasta să fie supusă unui proces de reducere a dimensiunilor tulpinilor, frunzelor plantelor energetice. Cercetătorii au prezentat o serie de astfel de studii concluzionând faptul că cel mai utilizat echipament de mărunțire este moara cu ciocane, [5].

MATERIALE ȘI METODA

Cercetările experimentale s-au desfășurat în cadrul laboratorului de proprietăți fizice al Facultății de Ingineria Sistemelor Biotehnice din Universitatea Politehnica din București. Experimentele s-au efectuat asupra a două grupuri de câte 100 de plante recoltate de pe terenul experimental al Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Mașini și Instalații Destinate Agriculturii și Industriei Alimentare București – INMA. Plantele au fost recoltate în doi ani consecutivi 2010, respectiv 2011, aceștia fiind anul al doilea, respectiv al treilea an de cultură pentru planta Miscanthus. În urma recoltării cele două loturi de plante au fost efectuate determinări privind estimarea caracteristicilor fizice și biologice ale plantelor.

Tabel 1 / Tabelul 1

Medium values of miscanthus plant physical-biological characteristics /
Valorile medii ale caracteristicilor fizico-biologice ale plantei miscanthus [3]

		Mass of plants/ Masa plantelor Mp (g)	Height H (cm)/înălțimea plantelor	Mean diameter at internode (mm) Down, Dd
2010				
Limits / Limite	Min	8.9 / 8,9	80	4.9 / 4,9
	Max	37.6 / 37,6	285	9.9 / 9,9
Average / Media		20.4 / 20,4	199.7 / 199,7	7.4 / 7,4
Deviation / Abaterea		6.3 / 6,3	37.8 / 37,8	0.8 / 0,8
2011				
Limits / Limite	Min	6.4 / 6,4	94.5 / 94,5	5.1 / 5,1
	Max	57.1 / 57,1	247.5 / 247,5	11.9 / 11,9
Average / Media		29.8 / 29,8	186.9 / 186,9	8.6 / 8,6
Deviation / Abaterea		13.1 / 13,1	34.1 / 34,1	1.4 / 1,4

Undertaken measurements have aimed at the plant mass Mp(g), stalks height H (cm), average diameter at the stalk base Dd(cm).

Experimental results obtained were processed inside the STATISTICA 7.0 programme, firstly drawing the histograms for all measured dimensions.

In order to observe the plant behavior in the process of grinding and the energy consumption estimation during grinding, after determining the physical – biological plant characteristics of stalks, the grinding process was done with the GRINDOMIX GM-200 lab mill. The mill is equipped with a dish and steel knives, fixed on the bottom of the drum, the grinding process being realized through material particle impact at a revolution of 1500 rpm.

The material used for experiments regarding the behavior at grinding was made of preground miscanthus plants and then separated in 3 main length classes:

- large particles of material with length between 15÷20mm (45%);
- medium particles of material with length between 8÷15 mm (27%);
- small particles of material with length between 1÷8mm (28%).

Each fraction was subjected separately to grinding with the help of the mill mentioned above, during 1 minute, recording each time the energy consumption with the help of an electric energy meter which was later related to the material mass subjected to grinding.

In order to have enough data to assess the plants behaviour during grinding process besides the plants

Măsurătorile efectuate au vizat determinarea masei plantelor Mp (g), înălțimea tulpinilor H (cm), diametrul mediu la baza tulpinii Dd(cm). Rezultatele experimentale obținute au fost prelucrate în programul STATISTICA 7.0, trasându-se mai întâi histogramele pentru toate măsurile măsurate.

Pentru a putea observa comportarea plantelor în cadrul procesului de mărunțire și estimarea consumului de energie la mărunțire, după determinarea caracteristicilor fizico-biologice ale tulpinilor de miscanthus, s-a realizat mărunțirea acestora cu ajutorul unei mori de laborator GRINDOMIX GM-200. Moara este echipată cu o cuvă și 2 cuțite din oțel fixate la partea de jos a unui rotor, realizând mărunțirea prin impact a particulelor de material, la o turație de 1500 rpm.

Materialul utilizat în experimente a fost constituit din plante de miscanthus premărunțite și separate în 3 clase de lungimi:

- particule de material mari cu lungimea de 15 ÷ 20 mm (45%);
- particule de material medii cu lungimea de 8÷15 mm; (27%);
- particule de material mici cu lungimea de 1÷8 mm (28%).

Fiecare din aceste fracții a fost supusă separat procesului de mărunțire cu ajutorul morii amintite timp de 1 minut, înregistrându-se cu ajutorul unui contor de energie electrică activă consumul de energie, care a fost raportat ulterior la masa de material supusă mărunțirii.

Pentru a avea date suficiente în estimarea comportării plantelor la mărunțire a fost determinată pe

characteristics remembered before, the specific mass of stalks was determined based on its two components (bark and core). The probes used for determinations were taken from the lower internode of the stalk, the area where the diameter and the bark thickness is higher than the superior internodes.

lângă caracteristicile amintite și masa specifică a tulpinii de miscanthus pe cele două componente ale sale (coajă și miez). Probele au fost prelevate din internodul inferior al tulpinilor, acolo unde diametrul și grosimea cojii sunt ceva mai mari decât la internodurile superioare.



Fig. 1 - Lab mill GRINDOMIX GM- 200 / Moara de laborator GRINDOMIX GM-200

Regarding the physical-biological characteristics of the miscanthus plants remembered before, the histograms were initially drawn based on the results realized with the STATISTICA programme for both batches of plants, and over the physical – biological characteristics histograms the variation curves of the measured data were drawn, through regression analysis of the histogram returned values, using functions:

- normal distribution function:

$$f(x) = a \cdot e^{-b(x-c)^2} \quad (1)$$

- lognormal distribution function:

$$f(x) = \frac{a}{x} \cdot e^{-b(\ln x - c)^2} \quad (2)$$

- gamma distribution function:

$$f(x) = a \cdot x^b \cdot e^{-c \cdot x} \quad (3)$$

În ceea ce privește caracteristicile fizico- biologice ale plantelor de miscanthus amintite anterior au fost trasate inițial histogramele acestora pe baza determinărilor efectuate în programul STATISTICA pentru ambele loturi de plante, iar peste histogramele caracteristicilor fizico - biologice au fost trasate în continuare, curbele de variație a mărimilor determinate, prin analiză de regresie a valorilor returnate de histogramă, utilizând funcțiile:

- funcția de distribuție normală:

- funcția de distribuție lognormală:

- funcția de distribuție gamma:

RESULTS ND DISCUSSION

The histograms drawn based on the physical – biological characteristics measured are presented in figures 2, 3 and 4.

Following the analysis of the measured parameters a slight rise of the physical-biological characteristics could be seen for the second year of culture. Average values of physical-biological plants parameters determined through statistic analysis regarding the upper and inferior limits, the medium measured values or their dispersion towards the medium value, are presented in table 1.

Values of the average diameter at the base of the plant are between 4.9-7.98mm, for the 2010 batch and 5.5-9.7 for the 2011 batch and the plant mass had values between 8.9-37.6g for the 2010 batch and 6.4-57.1g for the 2011 batch. Average values for the plant height were between 80-285cm for the 2010 batch and 94.5-315 cm for the 2011 batch.

Following the regression analysis based on the values returned by the histograms, the regression equation coefficients and correlation coefficients of the experimental data were determined with the functions used (eq. 1-3). These values are synthetically presented in table 2.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Histogramele realizate pe baza caracteristicilor biologice măsurate sunt prezentate în figurile 2, 3 și 4.

În urma analizei valorilor parametrilor mășurați s-a putut constata o ușoară creștere a valorilor caracteristicilor fizico-biologice pentru cel de-al doilea an de cultură. Valorile medii ale parametrilor fizico-biologici ai plantelor, determinate prin analiza statistică a acestora, privind limitele superioară și inferioară, media valorilor măsurate sau dispersia acestora față de valoarea medie sunt prezentate în tabelul 1.

Valorile diametrului mediu la baza plantelor de miscanthus au fost cuprinse între 4,9 – 7,98 mm, pentru lotul din 2010 și 5,5 – 9,7 mm pentru lotul din 2011, iar cele ale masei plantelor au avut valori cuprinse între 8.9 – 37,6 g pentru lotul din 2010 și 6,4 – 57,1 g pentru lotul din 2011. Valorile măsurate ale înălțimii plantelor au fost cuprinse între 80 – 285 cm pentru lotul din 2010 și 94,5 – 315 cm pentru lotul din 2011.

În urma analizei de regresie efectuate pe valorile returnate de histogramă au fost determinați coeficienții ecuațiilor de regresie și coeficientul de corelație a datelor experimentale cu funcțiile utilizate (ec. 1 – 3). Aceste valori sunt prezentate sintetic în tabelul 2.

Table 2 / Tabelul 2

Regression function coefficients and the correlation coefficient values R^2 for the three distribution functions /
 Coeficienții funcțiilor de regresie și coeficientul de corelație R^2 pentru cele trei funcții de distribuție

			Physical-biological characteristics of the analyzed plants / Caracteristicile fizico-biologice analizate ale plantelor					
			Plant mass / Masa plantelor (g)		Plant height / Înălțimea plantelor (cm)		Base medium diameter / Diametrul mediu (mm)	
			2010	2011	2010	2011	2010	2011
Normal function / Funcția normal	Regression coefficients / Coeficienții de regresie	a	30.484 / 30,484	14.888 / 14,888	23.766 / 23,766	21.79 / 21,79	52.892 / 52,892	27.218 / 27,218
		b	0.012 / 0,012	0.003 / 0,003	0.001 / 0,001	$4.7 \cdot 10^{-4}$ / $4,7 \cdot 10^{-4}$	0.934 / 0,934	0.240 / 0,240
		c	18.738 / 18,738	27.361 / 27,361	188.02 / 188,02	194.450 / 194,450	7.460 / 7,460	8.417 / 8,417
		R^2	0.953 / 0,953	0.811 / 0,811	0.892 / 0,892	0.943 / 0,943	0.998 / 0,998	0.977 / 0,977
Lognormal function / Funcția lognormală	Regression coefficients / Coeficienții de regresie	a	574.4 / 574,4	406.4 / 406,4	4614.2 / 4614,2	4277.2 / 4277,2	397.21 / 397,21	228.79 / 228,79
		b	4.201 / 4,201	2.003 / 2,003	18.940 / 18,940	14.230 / 14,230	52.915 / 52,915	16.802 / 16,802
		c	2.965 / 2,965	3.392 / 3,392	5.244 / 5,244	5.279 / 5,279	2.010 / 2,010	2.139 / 2,139
		R^2	0.99 / 0,99	0.788 / 0,788	0.899 / 0,899	0.969 / 0,969	0.997 / 0,997	0.982 / 0,982
Gamma function / Funcția gamma	Regression coefficients / Coeficienții de regresie	a	$2 \cdot 10^{-5}$	$9.1 \cdot 10^{-3}$ / $9,1 \cdot 10^{-3}$	$2.5 \cdot 10^{-50}$ / $2,5 \cdot 10^{-50}$	$7.99 \cdot 10^{-51}$ / $7,99 \cdot 10^{-51}$	$1.2 \cdot 10^{-35}$ / $1,2 \cdot 10^{-35}$	$2.4 \cdot 10^{-15}$ / $2,4 \cdot 10^{-15}$
		b	7.611 / 7,611	3.403 / 3,403	27.800 / 27,800	27.850 / 27,850	84.037 / 84,037	33.100 / 33,100
		c	0.432 / 0,432	0.142 / 0,142	0.150 / 0,150	0.146 / 0,146	11.334 / 11,334	3.988 / 3,988
		R^2	0.987 / 0,987	0.824 / 0,824	0.886 / 0,886	0.963 / 0,963	0.988 / 0,988	0.983 / 0,983

From the histogram and distribution curves analysis, determined through regression analysis, as well as R^2 coefficient values, we can observe a good correlation of the experimental data with the variation laws assumed, appreciated through risen relative values of R^2 ($R^2 > 0.900$) in the majority of cases, for all analysed equations.

However, the best correlation is the normal distribution law (the one that has the highest R^2 values) for all biological characteristics analyzed. In figures 2, 3 and 4 the red colour curve represents the regression curve for the normal law distribution, the green colour curve represents the regression curve for the lognormal distribution law, and the blue colour curve represents the regression curve for the gamma distribution law returned by the histogram.

Din analiza histogramelor și a curbelor de distribuție, determinate prin analiză de regresie, precum și a valorilor coeficientului R^2 , se constată o bună corelație a datelor experimentale cu legile de variație propuse, apreciată prin valorile relativ ridicate ale lui R^2 ($R^2 > 0.900$) în majoritatea cazurilor, pentru toate ecuațiile analizate.

Totuși, cea mai bună corelație o prezintă legea de distribuție normală (care are valorile R^2 cele mai mari) pentru toate caracteristicile biologice analizate. În figurile 2 – 4 curbele de culoare roșie reprezintă curba de regresie pentru legea de distribuție normală, curba de culoare verde reprezintă curba de regresie pentru legea de distribuție lognormală, iar curba de culoare albastră reprezintă curba de regresie pentru legea de distribuție gamma a valorilor returnate de histogramă.

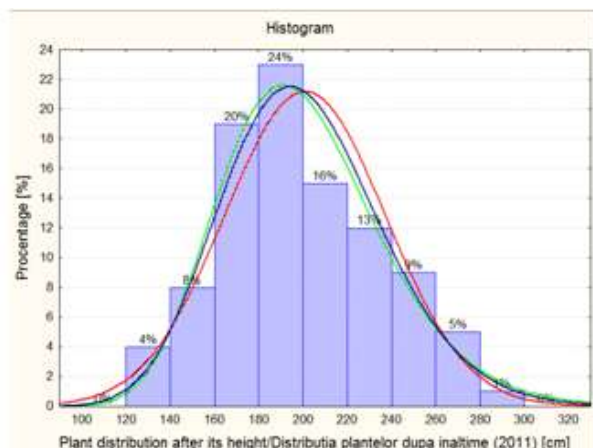
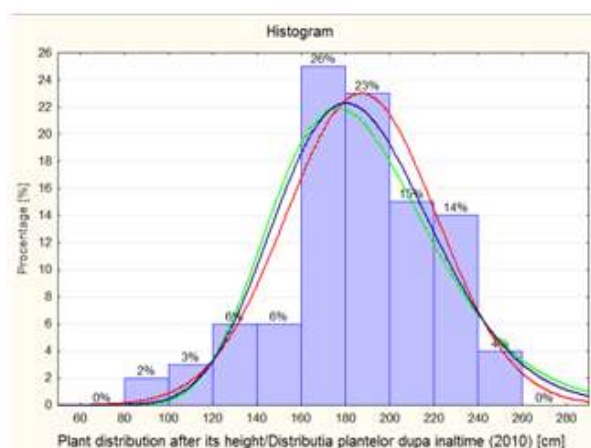


Fig. 2 - The plants height normal, lognormal and gamma distribution histograms /
 Histogramele distribuțiilor normale, lognormale și gamma pentru înălțimea plantelor

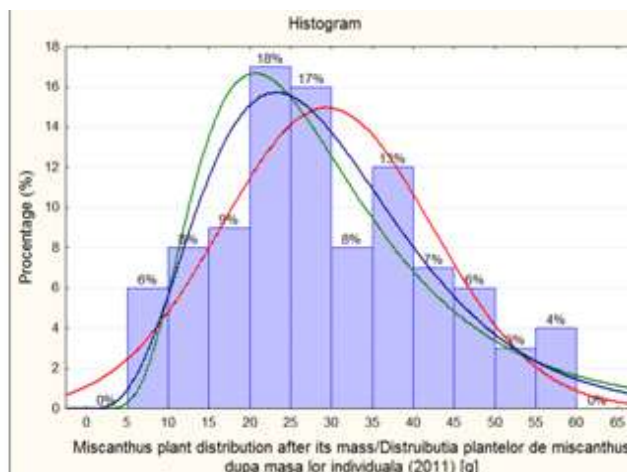
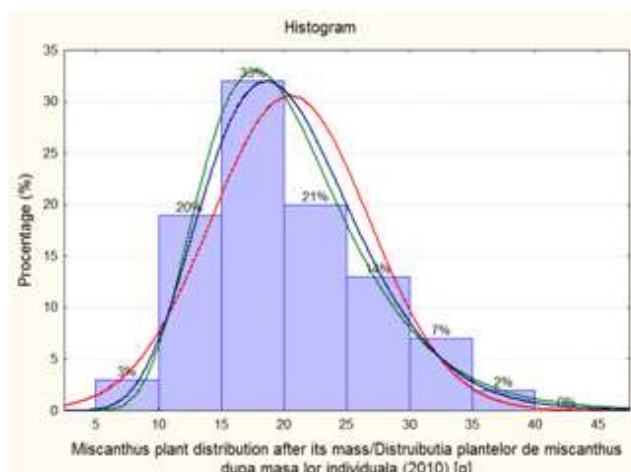


Fig. 3 - The plants mass normal, lognormal and gamma distribution histograms /
Histogramele distribuțiilor normale, lognormale și gamma pentru masa plantelor

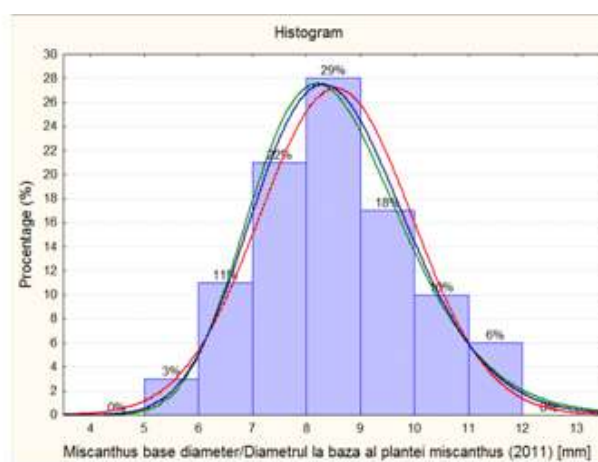
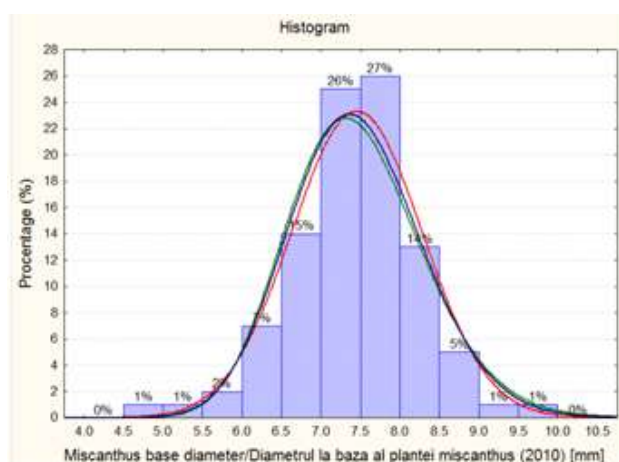


Fig. 4 - The plants base diameter normal, lognormal and gamma distribution histograms /
Histogramele distribuțiilor normale, lognormale și gamma pentru diametrul la baza al plantelor

To determine the core respectively the bark density of miscanthus stalks, for the measured stalks diameter and length, their volume was determined and with the help of an electronic balance with a precision of 0.1 g, the probes were weighted separately, the bark, respectively the core determining the specific mass of each component. In can be seen that the stalk core had values between 48 - 52 kg/m³ and the stalk bark had values between 545 - 575 kg/m³ (the tests were done only for samples from 2010).

Regarding the specific energy consumption during grinding process of miscanthus stalks, we could observe that it was as much higher as the initial material particles were bigger. Thus, for the material fraction build out of small particles the specific energy consumption was 219.8 kJ/kg, mean while for the material fractions build out of medium particles (8 - 15 mm) the specific energy consumption was 234.0 kJ/kg, and for the material fraction build out of large particles (length between 15 - 20 mm) the specific energy consumption was about 283.5 kJ/kg. Ground material was sieved manually with a sieve that had square openings of 1 mm, the material percentage remained on the sieve being between 2 - 3.5 %, in everyone of the 3 cases.

Also, we could observe that the ground material temperature has risen in all the 3 cases, from the initial environmental temperature (it was about 20°C) to approximately 32°C for the small fraction particles, respectively 33°C for average fraction particles and about 35°C for large fraction particles.

La determinarea densității cojii respectiv miezului tulpinilor de miscanthus pentru epruvete de tulpină cu diametrul și lungime măsurate a fost determinat prin calcul volumul acestora iar cu ajutorul unei balanțe electronice cu precizia de 0,1 g au fost cântărite separat coaja respectiv miezul determinând apoi masa specifică a fiecărei componente. S-a constatat că densitatea miezului tulpinei a avut valori cuprinse între 48 - 52 kg/m³, iar densitatea cojii a avut valori cuprinse între 545 kg/m³ - 575 kg/m³ (testele au fost efectuate numai pentru probele din 2010).

În ceea ce privește consumul de energie la mărunțirea tulpinilor de miscanthus s-a putut constata faptul că energia necesară mărunțirii este cu atât mai mare cu cât dimensiunea inițială a particulelor de material este mai mare. Astfel, pentru fracția de material constituită din particulele de dimensiuni mici consumul de energie a fost de cca 219,8 kJ/kg, în timp ce pentru fracțiile de material cu particule medii (8-15 mm) a fost de 234,0 kJ/kg, iar pentru fracția de material cu particule mari (lungimi între 15-20 mm) consumul de energie specific a fost de cca 283,5 kJ/kg. Materialul mărunțit a fost cernut manual cu o sită cu orificii pătrate cu latura de 1 mm, procentul de material rămas pe sită fiind cuprins între 2-3,5 %, în fiecare din cele trei cazuri.

S-a putut constata, de asemenea, că temperatura materialului mărunțit a crescut în toate cele trei cazuri analizate, de la temperatura mediului ambiant (care a fost de circa 20°C) la aproximativ 32°C pentru fracția de particule mici, respectiv 33°C pentru fracția de particulele mijlocii și circa 35°C pentru fracțiile de particulele mari.

CONCLUSIONS

Following the analysed data presented in the paper we could conclude the fact that since 2011 plant batch presented a slight rise compared to the 2010 plant batch, regarding the physical-biological characteristics measured, respectively they had higher values for the second year of culture.

Also following regression analysis done based on the values returned by the physical-biological characteristics histograms, for the experimental correlation data with the regression functions reflected in the paper, we could see the fact that the highest correlation coefficient ($R^2 \geq 0.977$) was for the base diameter of the plant both for 2010 batch as well as for 2011 batch, for all the three functions analyzed. Correlation coefficient had the smaller values, respectively 0.788 for the lognormal distribution function, 0.811 for the normal distribution law and 0.824 for the gamma function in the case of miscanthus plant mass from the 2011 batch. All the other characteristics showed values of the correlation coefficient between 0.886-0.990, which proves that the appreciation based on the distribution laws of the miscanthus plant physical – biological characteristics presented in the paper was correct.

Regarding the grinding process of miscanthus stalks we could observe a decrease in the specific energy consumption along with the decrease in the initial material size particles being different for leaves and stalks.

We can, however, mention that this consumption has values over 234 kJ/kg if the material particles subjected to grinding have medium values between 8–15 mm, in order to reduce them to under 1 mm.

The data presented in the paper can be useful for specialists in miscanthus planting process as well as the designers and machine builders used for plant processing (grinding, cutting, etc).

ACKNOWLEDGEMENT

The work has been funded by the Sectoral Operational Programme Human Resources Development 2007-2013 of the Romanian Ministry of Labour, Family and Social Protection through the Financial Agreement POSDRU/88/1.5/S/61178.

REFERENCES

- [1]. Lundquist L., F. Willi, Y. Leterrier and J.A. E. Manson (2004) – *Compression Behaviour of Pulp Fiber Networks*, Polymer Engineering and Science;
- [2]. Petre I. Miu, A.R. Womac, I. Cannayen, S. Sokhansanj (2006) – *Analysis of Biomass Grinding and Separation Process in Rotary Equipment – A Review*. ASABE Meeting Presentation No. 066169;
- [3]. Moiceanu G., Voicu Gh., Paraschiv G., Poenaru I. C., Maican E., (2012) - *Physical Characteristics Of Miscanthus Plants and The Power Demand At Grinding Process*, Engineering for Rural Development, Jelgava;
- [4]. Sorică C., Voicu E., Manea D., Karl S. (2009) - *Technology for Promotion In Romania of EnergyCrop Miscanthus, as Renewable Resource to Increase Energy Competitiveness Independence*, *Lucrări Științifice INMATEH București*, vol 29, No. 3/2009
- [5]. Womac A.R. and col. (2007) , *Biomass Pre-Processing Size Reduction with Instrumented Mills*, An ASAE Meeting Presentation written for presentation at the 2007 ASABE Annual International Meeting Sponsored by ASABE Minneapolis Convention Center, Minneapolis, Minnesota;
- [6] *** <http://www.miscanthus-rhizome.at/englisch.htm>

CONCLUZII

În urma analizei datelor experimentale prezentate în lucrare se poate concluziona faptul că lotul de plante din 2011 a prezentat o ușoară creștere a valorilor parametrilor fizico-biologici față de lotul de plante din anul 2010.

Referitor la analiza de regresie efectuată pe baza valorilor returnate de histogramele caracteristicilor fizico-biologice, pentru corelarea datelor experimentale cu funcțiile de regresie propuse în lucrare, s-a putut constata faptul că cea mai ridicată valoare a coeficientului de corelație ($R^2 \geq 0.977$) a fost pentru diametrul la bază al plantelor, atât pentru anul 2010, cât și pentru anul 2011 pentru toate cele trei funcții analizate. Coeficientul de corelație a avut cele mai mici valori, respectiv $R^2=0.788$ pentru funcția de distribuție lognormală, $R^2=0.811$ pentru funcția normală și $R^2=0.824$ pentru funcția gamma pentru masa plantelor de miscanthus din lotul anului 2011. Toate celelalte caracteristici au prezentat valori ale coeficientului de corelație cuprinse între $R^2=0.886-0.990$, ceea ce demonstrează că aprecierea distribuției caracteristicilor fizico-biologice ale plantelor de miscanthus poate fi realizată cu o înaltă corelație prin funcțiile de distribuție prezentate în lucrare.

În ceea ce privește mărunțirea tulpinilor de miscanthus, s-a putut constata o scădere a consumului de energie specific, odată cu scăderea dimensiunilor inițiale ale particulelor de material.

Putem spune totuși că acest consum se situează la valori de peste 234 kJ/kg dacă particulele de material supuse mărunțirii au dimensiuni medii între 8–15 mm, pentru a le aduce la dimensiuni sub 1 mm.

Datele prezentate în lucrare pot fi de folos atât specialiștilor în cultivarea plantei energetice miscanthus cât și proiectanților și constructorilor de utilaje pentru prelucrarea (mărunțirea) acestora.

MULȚUMIRI

Rezultatele prezentate în acest articol au fost obținute cu sprijinul Ministerului Muncii, Familiei și Protecției Sociale prin Programul Operational Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013, Contract nr. POSDRU/88/1.5/S/61178.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Lundquist L., F. Willi, Y. Leterrier and J.A. E. Manson (2004) – *Comportamentul la compresiune a rețelilor de fibre a plantelor*, Știința și ingineria polimerilor;
- [2]. Petre I. Miu, A.R. Womac, I. Cannayen, S. Sokhansanj (2006) – *Analiza procesului de mărunțire a biomasei și procesul de separare în echipamente rotative* – Revista. ASABE Prezentarea cu numărul. 066169;
- [3]. Moiceanu G., Voicu Gh., Paraschiv G., Poenaru I. C., Maican E., (2012) – *Caracteristicile fizice ale plantelor miscanthus și puterea consumată în timpul procesului de mărunțire*, Dezvoltare rurală prin Inginerie, Letonia, Jelgava;
- [4]. Sorică C., Voicu E., Manea D., Karl S. (2009) – *Tehnologie de promovare în România a culturii energetice miscanthus, ca sursă regenerabilă în vederea creșterii independenței competitivității energetice*, *Lucrări Științifice INMATEH București*, vol 29, No. 3/2009
- [5]. Womac A.R. and col. (2007) , *Reducerea dimensiunilor biomasei prin pre-procesare cu ajutorul morilor*, An ASAE Prezentarea scrisă în cadrul întâlnirii anuale 2007 ASABE sponsorizată de Centrul Conferințelor ASABE Minneapolis, Minnesota;
- [6] *** <http://www.miscanthus-rhizome.at/englisch.htm>

ANALYSIS OF COMPLEX TECHNOLOGY FOR VEHICLE FUELING WITH BIOMETHANE

KOMPLEKSAS TEHNOLOĢIJAS SPĒKRATA UZPILDĪŠANAI AR BIOMETĀNU ANALĪZE

Inventor Safronov A.¹⁾, Prof.PhD.Habil.Phys Gelfgat Y.²⁾, Assist. Prof. Ph.D.Sc.Eng. Šmigins R.^{3), 4)}¹⁾Hygen Ltd., ²⁾Institute of Physics of University of Latvia; ³⁾Latvia University of Agriculture; ⁴⁾Institute of Physical Energetics / Latvia
Tel: +371-26340750; E-mail: alex@hygengroup.com

Abstract: In the paper are presented the theoretical and experimental researches of new technology for vehicle fueling with biomethane. In the result of research were realized calculations using thermodynamical and heat transfer formulas; has created a real prototype, to validate working parameters in an experimental demonstration in laboratory conditions.

Keywords: biomethane, vehicle, fueling

INTRODUCTION

The rising of oil prices and ecology aspects are factors motivating the countries around the world to support biofuel research and production. Since the global energy crisis in the 1970s, more extensive attention has been focussed on liquid renewable fuels, such as, vegetable oil, biodiesel and ethanol. All these fuels can be made from different kind of raw materials and therefore they have essential advantages comparing to fossil fuels. During the last years large attention was focused also on biogas production, and it cleaning and upgrading till natural gas standards, allowing to get biomethane. This gaseous fuel also is renewable fuel, because it is produced by the anaerobic digestion or fermentation of different types of biodegradable materials.

During last years biogas production has developed very rapidly due to a governmental support, which guarantees that the electric power, produced in the result of burning of biogas in CHP plants, has to be purchased by power company. But not all biogas companies are interested to produce only electric power, some of them are looking for bio-methane utilization in their car fleet, when biogas is cleaned and upgraded till natural gas physico-chemical properties.

The number of natural gas vehicles is growing rapidly and now it reached almost 14.5 million vehicles in the world with the growing perspective of 18% per year [1]. Best example, where large part of these vehicles is used - municipal sector: city buses, waste collection vehicles, taxis, municipal vehicles, etc. At present one of the main drawbacks for bio-methane utilization widely in private transport sector is that it is expensive and not so effective filling equipment. The objective of this research is to analyze new technology, created by Latvian inventor, which could allow to decrease maintenance expenses and increase effectivity of bio-methane filling equipment.

MATERIALS AND METHODS

Presently, during production of methane compressing equipment, there are used gas-filling multistage compressors with both mechanical and hydraulic drives, which provide the compression of natural gas for its application as a motor vehicle fuel. Complicated construction of compressors with mechanical drive, consumption of large amounts of power during their use, and generation of large amounts of heat, as well as high maintenance costs compensating a wear of movable parts of compressor resulted in the development of compressors with hydraulic drives having some advantages over the compressors with mechanical drives.

After reviewing of realized methane compressing methods, there could be marked a method of company "ECOFUELER" for multistage compressing gas (U.S. Pat.

Kopsavilkums: Dotajā rakstā ir parādīti jaunas tehnoloģijas spēkrata uzpildīšanai ar biometānu teorētiskie un eksperimentālie pētījumi. Pētījumu rezultātā tika veikti aprēķini izmantojot gan termodinamiskās likumsakarības, gan siltuma pārejas sakarības; izveidots reāls prototips darba parametru novērtēšanai eksperimentālos pētījumos laboratorijas apstākļos.

Atslēgas vārdi: biometāns, spēkrats, uzpilde

IEVADS

Pieaugošās degvielas cenas un ekoloģijas aspekti ir faktori, kas motivē valstis visā pasaulē atbalstīt biodegvielu pētījumus un ražošanu. Kopš enerģijas krīzes 1970.-jos daudz lielāka uzmanība tika pievērsta tādām atjaunojamām degvielām kā augu eļļa, biodīzeļdegviela un etanols. Visas šīs degvielas var tikt saražotas no dažāda veida organiskajiem materiāliem un tādējādi tām ir nozīmīgas priekšrocības salīdzinājumā ar fosilajām degvielām. Pēdējos gados liela uzmanība pievērsta arī biogāzes ražošanai, un tās attīrīšanai un bagātināšanai līdz dabasgāzes standartiem, ļaujot iegūt biometānu. Šī gāzveida degviela arī ir atjaunojama, jo tā tiek iegūta dažāda veida bioloģiski degradējamu materiālu anaerobās apstrādes vai fermentācijas rezultātā.

Pēdējos gados biogāzes ražošana ir attīstījusies ļoti strauji saistībā ar valdības atbalstu, kas garantē elektroenerģijas iepirkumu no uzņēmumiem, kas biogāzes sadedzināšanas rezultātā koģenerācijas stacijā ražo elektroenerģiju. Taču ne visas biogāzes kompānijas ir ieinteresētas tikai ražot elektroenerģiju; dažas no tām ir ieinteresētas biometāna izmantošanā sev piederošajā autoparkā, kad biogāze ir attīrīta un bagātināta līdz dabasgāzes fizikāli-ķīmiskajām īpašībām.

Dabasgāzes transportlīdzekļu skaits pieaug strauji un tagad tas pasaulē jau ir sasniedzis gandrīz 14.5 miljonus transportlīdzekļu, ar izaugsmes perspektīvu 18% gadā [1]. Labākais piemērs, kur liela daļa šo transportlīdzekļu tiek izmantota – pašvaldības: pilsētas autobusi, atkritumu savākšanas transports, taksometri, pašvaldības transports, utt. Patlaban viens no būtiskākajiem kavēkļiem biometāna plašākai izmantošanai transporta sektorā ir pietiekoši dārgais un nepietiekoši efektīvais uzpildes aprīkojums. Šī pētījuma mērķis ir analizēt jaunu, Latvijas izgudrotāja radītu, tehnoloģiju, kas ļautu samazināt biometāna uzpildes aprīkojuma izmaksas un palielināt tā efektivitāti.

MATERIĀLI UN METODES

Izgatavojot metāna saspiešanas iekārtas, patreiz efektīvi tiek lietoti galvenokārt daudzpakāpju gāzes uzpildes kompresori, gan ar mehānisku, gan hidraulisku piedziņu, kas nodrošina dabasgāzes saspiešanu līdz tādām līmenim, pie kura iespējams izmantot dabasgāzi kā autotransporta degvielu. Kompresoriem ar mehānisku piedziņu ir sarežģīta konstrukcija, ekspluatācijas laikā tie patērē daudz enerģijas un izdala lielu siltuma daudzumu. Turklāt tiem ir augsti ekspluatācijas izdevumi, ar ko kompensē kompresora kustīgo daļu nodilumu. Minēto trūkumu dēļ parādījās kompresori ar hidraulisku piedziņu, kuriem ir vairākas priekšrocības, salīdzinot ar kompresoriem, kuriem ir mehāniskā piedziņa.

Apskatot ražošanā realizētos metāna saspiešanas paņēmienus, var atzīmēt firmas "ECOFUELER" izmantoto gāzes daudzpakāpju saspiešanas paņēmieni (ASV patents

№ 5863186) [2], which predicts multistage gas compressing in series-connected compressing vessels. This is performed by under-pressure supply of a hydraulic fluid, which is being separated from the compressed gas by pistons moving in the vessels during operating cycles of the compressor. This method has found its application in gas-filling devices of "ECOFUELER", including individual gas-filling appliances of HRA type (Home Refueling Appliance). This device is predicted for residential low pressure gas network and from standard residential electric network. The disadvantage of gas-filling devices operated according to this method is their high price limiting the broad use thereof in a private sector. The reason has to do with the need for high-technology constructional elements, mainly for precision hydraulic compressing vessels.

It is known in the art a method for hydraulic compression of gas for fueling a motor vehicle from mobile gas-filling appliances without a dividing piston between the gas and fluid (RU patent № 2128803) [3]. Transfer of gas from accumulating vessels to user's vessels is performed by a displacement of fluid by gas with the sequential transfer of fluid from a previous vessel to the next ones. This method may be used in mobile gas filling units providing large volumes of compressed gas by connection to a gas line with rather high pressure required for this method and having a power supply source of sufficient power (industrial electrical network). Moreover, because the above mentioned condition provided by this method, when upon the termination of compression cycle in a compressing vessel, a certain volume of compressed gas is left in its upper part, the effective volume of the further filling of a working vessel decreases due to significant volume expansion of this left non-displaced volume of the compressed gas. Therefore, the existence of such residual volume of compressed gas left in the working vessel at the end of a compression cycle results in the so called "stretched spring effect" at the stage of filling the compression vessel (residual compressed gas begins to increase many fold in volume).

The object of current investigation is proposed in LV patent Nr. 13661 B [4]. This is a method for compressing gas for fueling vehicles by alternate transfer of gas into two vertically arranged compressing vessels (Fig. 1), its compression and forcing into high-pressure vessels by filling the compressing vessels with working fluid under pressure by means of a hydraulic drive. A novelty of this method lies in that, according to the present invention, each cycle of gas compressing and its forcing out of the compressing vessels is performed until these vessels are fully filled with the working fluid contained in the compressing vessels and alternately forced out of one compressing vessel into the other in response to a signal sent by a fluid-level sensor capable of detecting the full filling of the corresponding compressing vessel. To increase the time required to fuel a motor vehicle, there may be provided the increase in gas pressure by its preliminary compression at the inlet of the compressing vessels.

The principal scheme of gas-filling device is provided in Fig. 1, and it comprises two compressing vessels (1), (2) and the accumulating vessel (31), in the upper necks of which there are mounted shut-off devices (3) integrated with fluid level sensors (4) capable of detecting the full filling of the compressing vessels with working fluid. Compressing vessels (1) and (2), as also accumulating vessel (31) has also lower necks connected to hydraulic mainlines. A hydraulic pump (5) with an electric drive (6) is provided with a high-pressure line (7) and low-pressure line (8), which are connected with the compressing vessels (1), (2) and accumulating vessel (31) through shut-off electromagnetic valves (9), (10), (11), (12), (36)

№ 5863186) [2], kas paredz gāzes daudzpakāpju saspiešanu secīgi savienotos gāzes saspiešanas cilindros. Lai gāzi saspiestu, cilindros ievada saspiestu hidroaisko šķidrumu, kas atdalīts no saspiežamās gāzes ar virzuļiem, kuri kompresora darba ciklu laikā cilindros pārvietojas. Šis paņēmieni tiek izmantots firmas „ECOFUELER” gāzes uzpildes iekārtās, t.sk. arī individuālas lietošanas gāzes uzpildes iekārtās „HRA” (Home Refueling Appliance). Šīs iekārtas paredzētas pieslēgšanai zemā spiediena sadzīves gāzes sadales tīklam un standarta sadzīves elektrotīklam. Gāzes uzpildes iekārtām, kuru darbība balstās uz šādu gāzes saspiešanas paņēmieni, ir augsta cena, kas ierobežo šādu iekārtu plašu izplatību privātajā sektorā. Augsto cenu nosaka nepieciešamība pēc iekārtas konstruktīvo elementu, it sevišķi saspiešanas cilindru izgatavošanas precizitātes.

Ir zināms arī cits gāzes hidroaiskas saspiešanas paņēmieni autotransporta uzpildei no pārvietojamām gāzes uzpildes iekārtām. Šajā gadījumā kompresora cilindrā saspiežamās gāzes atdalīšanai no šķidruma netiek izmantots virzulis (KF patents № 2128803) [3]. Gāzes padevi patērētājam no uzkrāšanas tvertnēm nodrošina, gāzi izspiežot no tām ar saspiesta šķidruma palīdzību, kas tiek pārsūknēts secīgi no iepriekšējās uzkrāšanas tvertnes uz nākošām. Šo paņēmieni iespējams izmantot transportējamās gāzes uzpildes iekārtās, lai nodrošinātu lielus gāzes saspiešanas apjomus, kad iespējams pievienoties gāzes vadam ar samērā augstu spiedienu, kāds nepieciešams šī paņēmiena realizācijai, un kad ir pieejams pietiekošas jaudas elektrotīkls (rūpnieciskais elektrotīkls). Bez tam, šajā paņēmienā ietvertais nosacījums, ka saspiešanas cikla beigās saspiešanas cilindra augšējā daļā paliek ievērojams saspiests gāzes daudzums, samazina saspiešanas cilindra sekojošās uzpildes efektīvo tilpumu tā iemesla dēļ, ka pāri palikušī saspiesta gāze ievērojami izplešas. Tādējādi, saspiešanas ciklam beidzoties, saspiešanas cilindrā paliek pāri ievērojams daudzums saspiesta gāzes, kam jāpiedalās nākošajā saspiešanas ciklā, nosaka to, ka, uzsākot saspiešanas cilindra uzpildi ar saspiežamo gāzi, tajā atlikušās gāzes tilpums vairākkārt palielinās.

Dotā pētījuma mērķis ir ierosināts LV patentā Nr. 13661 B [4]. Šie metode tiek realizēta saspiežamo gāzi pārmaiņus ievadot divos vertikālos saspiešanas cilindros (1. att.), kuros gāzes saspiešana un sekojoša tās pārvietošana uz uzkrāšanas tvertni tiek veikta, saspiešanas cilindros ievadot saspiestu šķidrumu ar sūkņa palīdzību. Jaunievedums ir tāds, ka saskaņā ar izgudrojumu, katra gāzes saspiešanas cikla beigās saspiešanas cilindrā ir pilnībā uzpildīts ar šķidrumu, t.i., visa saspiesta gāze ir pārvietota uz uzkrāšanas tvertni. Turklāt, gāzes saspiešanai vajadzīgais šķidruma daudzums glabājas saspiešanas cilindros un tiek pārmaiņus pārsūknēts no viena saspiešanas cilindra uz otru pēc signāla, kas tiek saņemts no saspiešanas cilindru maksimālā šķidruma līmeņa devējiem. Lai saīsinātu automobiļa uzpildei patērējamo laiku, iespējams palielināt šī paņēmiena ražību, paaugstinot saspiešanas cilindros ievadāmās gāzes spiedienu ar papildus kompresora palīdzību.

Uzpildes iekārtas principiālā shēma ir parādīta 1. attēlā, un tā sastāv no diviem saspiešanas cilindriem (1), (2) un uzkrāšanas tvertni (31), kuru augšpusē esošajās atverēs uzstādīti noslēgvārsti (3), kuros iebūvēti devēji (4), kas nodrošina maksimālā šķidruma līmeņa kontroli saspiešanas cilindros. Saspiešanas cilindru (1) un (2), kā arī uzkrāšanas tvertnes (31) apakšpusē esošajām atverēm piemontēti šķidruma sadales kolektori. Hidrauliskais sūknis (5) ar elektrodzinēju (6) aprīkots ar augstā (7) un zemā (8) spiediena cauruļvadiem, kuri savienoti ar saspiešanas cilindriem (1) un (2), uzkrāšanas tvertni (31). Uz cauruļvadiem uzstādīti elektromagnētiskie noslēgvārsti (9), (10), (11), (12), (36) un (37). Augstā (7) un zemā (8) spiediena cauruļvadi savā starpā savienoti ar vienvirziena

and (37). High-pressure (7) and low-pressure (8) lines are connected with each other by means of a bypass valve (15). Working spaces of each compressing vessel (1) and (2) through the shut-off devices (3) and opposite connected one-way valves (34-35) and (17), (19) from one side are connected through valves (34) and (35) to an inlet pipeline for gas supply into compressing vessels (1) and (2), and from the other side they are connected through valves (17) and (19) with an outlet pipeline (21) for pumping the gas into the fuel tank of a vehicle (22) through a connector (23).

drošības pārplūdes vārstu (15). Katrs saspiešanas cilindrs (1) un (2) aprīkots ar noslēgvārstu (3), kam piemontēti vienvirziena noslēgvārsti (34-35) un (17), (19), kas nodrošina iespējas savienot katru saspiešanas cilindra (1) un (2) iekšējo tilpumu atsevišķi gan ar zemā spiediena gāzes padeves kolektoru, atveroties vienvirziena noslēgvārstam (34) vai (35), gan ar saspīstās gāzes spiedvadu (21) gāzes padevei automobiļa balonā (22) caur savienojšo balonu (23), atveroties vienvirziena noslēgvārstam (17) vai (19).

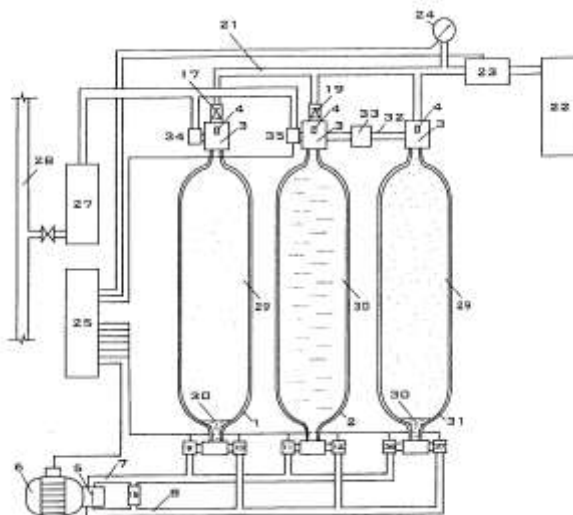


Fig. 1 - The principal scheme of high pressure compressor system of gaseous fuel /
Gāzveida degvielas augstspiediena kompresora sistēmas principiālā shēma

1, 2 – compressing vessels / 1, 2 - saspiešanas cilindri; 3 – shut-off device / 3 - daudzfunkcionālais vārsts; 4 – fluid level sensor / 4 - šķidruma līmeņa noteikšanas elektromagnētiskais devējs; 5 – hydraulic pump / 5 - hidrauliskais sūkņis; 6 – electric drive of hydraulic pump / 6 - hidrauliskā sūkņa elektrodzinējs; 7 – high-pressure line / 7 - augsta spiediena cauruļvads; 8 – low-pressure line / 8 - zema spiediena cauruļvads; 9, 10, 11, 12 – electromagnetic valves / 9, 10, 11, 12 - elektromagnētiskais vārsts; 15 – bypass valve / 15 - vienvirziena drošības pārplūdes vārsts; 17, 19 – one-way valves / 17, 19 - vienvirziena vārsts; 21 – outlet pipeline / 21 - spiedvads; 22 – fuel tank of a vehicle / 22 - automobiļa balons; 23 – connector / 23 - spiedvada un automobiļa balona savienojošais balons; 24 – electric contact manometer / 24 - elektrokontaktmanometrs; 25 – electronic control unit / 25 - elektronikas vadības bloks; 27 – filter-drier / 27 - filtrs sausinātājs; 28 – low pressure gas pipeline / 28 - zema spiediena gāzes vads; 29 – gas / 29 - gāze; 30 – working fluid / 30 - šķidrums; 31 – accumulating vessel / 31 - gāzes uzkrāšanas tvertne; 32 – drain tube / 32 - pārplūdes caurulīte; 33 – bypass valve / 33 - vienvirziena vārsts; 34, 35, 36, 37 - electromagnetic valves / 34, 35, 36, 37 - elektromagnētiskais vārsts ;

According to patent the filling of the accumulating vessel (31) is carried out in the following sequence. When starting the gas-filling device, the electronic control unit (25), which runs an operating program, is activated, the electrical drive of the hydraulic pump (6) switches on and the electromagnetic valve (35) opens simultaneously, the electromagnetic valve (9) are brought to the condition wherein the compressing vessel (1) is connected to high pressure line (7), and the compressing vessel (2) is connected to the low-pressure line (8) through the opened valve (12). During the operation of hydraulic pump (5), the working fluid from the lower neck of the compressing vessel (2) through the open valve (12), the low-pressure line (8), the hydraulic pump (5), the high-pressure line (7), the open electromagnetic valve (9), and the lower neck of the compressing vessel (1) is pumped into the compressing vessel (1), from which the gas through the one-way valve (17), and the outline pipeline (21) is displaced into the accumulating vessel (31). This process is accompanied by filling a vacated volume of the compressing vessel (2) with the gas coming from the low-pressure gas pipeline (28) through the open electromagnetic valve (35). Once the working fluid (30) has reached the lower edge of the movable closing element in the valve construction, signal is sent to the electronic device (25) to change the hydraulic flow into a reverse mode, in which the electromagnetic valves (9) and (12) are closed, and the valves (10) and (11) are opened and the working fluid from the fully filled compressing vessel (1) starts filling the compressing vessel (2). The

Atbilstoši patentā sniegtajai informācijai gāzes uzkrāšanas tvertnes (31) uzpilde norisinās atbilstoši sekojošai procedūrai. Ieslēdzot uzpildes iekārtu, aktivizējas elektroniskais vadības bloks (25), kas uzsāk darba programmas izpildi. Vienlaicīgi tiek ieslēgts hidrauliskā sūkņa elektrodzinējs (6) un atvērts elektromagnētiskais vārsts (35), elektromagnētiskais vārsts (9) tiek pārslēgts stāvoklī, kas savieno saspiešanas cilindru (1) ar augstā spiediena cauruļvadu (7), bet vārsts (12) - stāvoklī, kas savieno saspiešanas cilindra (2) ar zemā spiediena cauruļvadu (8). Darbojoties hidrauliskajam sūkņim (5), šķidrums caur saspiešanas cilindra (2) apakšējo atveri un atvērto vārstu (12), pa zemā spiediena cauruļvadu (8) caur zobratu sūkni (5), pa augstā spiediena cauruļvadu (7), caur atvērto elektromagnētisko vārstu (9) un saspiešanas cilindra (1) apakšējo atveri tiek pārsūknēts uz saspiešanas cilindra (1), no kura gāze caur vienvirziena vārstu (17) un pa spiedvadu (21) tiek pārvietota uz uzkrāšanas tvertni (31). Šo procesu pavada saspiešanas cilindra (2) pakāpeniska uzpilde ar gāzi, samazinoties šķidruma līmenim, un gāze pienāk no zemā spiediena gāzes vada (28) caur atvērto elektromagnētisko vārstu (35). Šķidrumam (30) sasniedzot speciālu kustīgo cilindrisko noslēgēlementu vārsta konstrukcijā, tiek padots signāls uz elektronisko vadības bloku (25) šķidruma plūsmu pārslēgšanai reversa režīmā. Tiek aizvērti elektromagnētiskie vārsti (9) un (12), bet atvērti vārsti (10) un (11), un šķidrums no pilnībā uzpildītā saspiešanas cilindra (1) tiek pārvietots uz saspiešanas cilindra (2). Saspīstās gāzes pārvietošanas process no saspiešanas cilindra (2) un

process of displacement of the gas from compressing vessel (2) and of filling the compressing vessel (1) is similar to the process described above. The repetition of gas filling displacement and fluid (30) pumping cycles results in gradual increase of gas pressure in the outlet pipeline (21) (filling the accumulating vessel (31)). The pressure in the outlet pipeline (21) is monitored by means of the electric contact manometer (24). Once a target pressure in the outlet pipeline (21) has been reached, the manometer (24) sends signal to the electronic control unit (25), and then, on response of the fluid-level sensor (4) of the compressing vessel (2) full with the working fluid, the electronic control unit (25) issues a command to stop the operation of the gas – filling device in the initial condition prepared to begin the filling of the fuel tank of the vehicle (22).

There was realized calculation to analyze thermodynamical processes and to check operation of system, as also realized prototype, which could allow to compare results of theoretical and experimental research.

RESULTS

Theoretical research

In the results of research there were done calculations using thermodynamical legitimacies and heat transfer laws. Calculations were done using the same dimensions of vessels, connections and other details as it is prescribed to use in preparation of the real prototype.

Taking into account that tests of the system will be done at ambient environment temperature $t_{av}=20^{\circ}\text{C}$ and temperature of methane flowing in compressing vessel t_1 is 20°C ; pressure at normal conditions $p_0=101.325\text{ kPa}$, barometric pressure $p_b=99.991\text{ kPa}$, manometric pressure of methane flowing in compressing vessel $p_{1m}=19.998\text{ kPa}$, manometric end pressure in accumulating vessel $p_{2bm}=20\text{ MPa}$, and using elementary legitimacies is possible to find out necessary basic parameters:

- Density of methane in normal conditions;
- Density and volume of methane at inflow parameters;
- Value of compression and volume of accumulation vessels;
- Mass of methane sucked in compressing vessel;
- Absolute final pressure in accumulation vessel;
- Mass of methane at the final pressure in accumulating vessel.

In the result of calculation was established that there is necessary to realize 169 compression cycles to get necessity final pressure. Attention was converted also to the changes of methane final temperature at the end of the separate compression cycles. As compression process is a polytropic, then there was accepted appropriate polytropic index. Realizing further calculations there was obtained also changes of values of the final temperature of methane depending from pressure at the end of compression process, which is shown in Fig. 2.

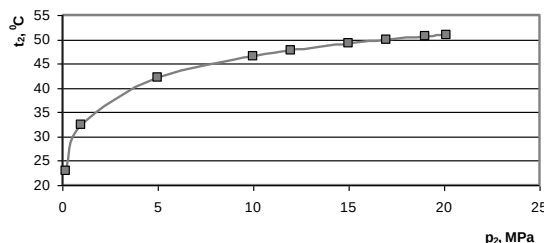


Fig. 2 – The changes of the final temperature of methane at the end of compression process /
Metāna beigu temperatūras izmaiņas saspiešanas procesa beigās

Compression process is connected with flowing of the heat, therefore in that case is important also the amount of flowed heat Q_n (kJ), which can be calculated using formula:

$$Q_n = Mc_v \frac{n-k}{n-1} (t_2 - t_1), \quad (1)$$

saspiešanas cilindra (1) uzpildes process ar gāzi ir analogisks tam, kas ir aprakstīts augstāk. Atkārtotot gāzes „uzpildes-saspiešanas” ciklus un šķidruma (30) pārsūkšanās ciklus, pakāpeniski paaugstinās gāzes spiediens spiedvadā (21) (norisinās uzkrāšanas tvertnes (31) uzpilde). Gāzes spiediens spiedvadā (21) tiek kontrolēts ar elektrokontakmanometru (24). Kad spiedvadā (21) ir sasniegts uzdots robežspiediens, manometrs (24) padod signālu uz elektronisko vadības bloku (25), kam seko iekārtas darbības turpināšanās līdz brīdim, kad saspiešanas cilindrā (2) šķidrums sasniedz augšējo pieļaujamo robežu un nostrādā devējs (4). Saņemot signālu no šī devēja, vadības bloks (25) pārtrauc uzpildes iekārtas darbību robežstāvoklī, kāds nepieciešams, lai uzsāktu automobiļa (22) balona uzpildes procedūru.

Tika veikts aprēķins termodinamikas procesa norisei un iekārtas darbības pārbaudei, kā arī izveidots iekārtas prototips, kas ļautu salīdzināt teorētisko un eksperimentālo pētījumu rezultātus.

REZULTĀTI

Teorētiskie pētījumi

Pētījumu rezultātā tika veikti aprēķini izmantojot termodinamiskās likumsakarības un siltuma pārejas sakarības. Aprēķini tika veikti, izmantojot cilindru, savienojumu u.c. detaļu izmērus, kādus ir paredzēts izmantot reāla prototipa izveidē.

Ņemot vērā, ka sistēmas izmēģinājumi tiks veikti pie apkārtējās vides temperatūras $t_{av}=20^{\circ}\text{C}$ un saspiešanas cilindrā ietilpstošā metāna temperatūra t_1 arī sastāda 20°C ; normālo apstākļu spiediens $p_0=101,325\text{ kPa}$, barometriskais spiediens $p_b=99,991\text{ kPa}$, saspiešanas cilindrā ietilpstošā metāna manometriskais spiediens $p_{1m}=19,998\text{ kPa}$, manometriskais beigu spiediens uzkrāšanas tvertnē $p_{2bm}=20\text{ MPa}$, un izmantojot elementārās likumsakarības var noteikt nepieciešamos pamatparametrus:

- Metāna blīvumu normālos apstākļos;
- Metāna blīvumu un tilpumu pie ietilpdes parametriem;
- Kompresijas vērtību un saspiešanas cilindru tilpumu;
- Saspiešanas cilindrā iesūktā metāna masu;
- Absolūto beigu spiedienu uzkrāšanas tvertnē;
- Metāna masu pie beigu spiediena uzkrāšanas tvertnē.

Aprēķinu rezultātā konstatēts, ka nepieciešamā beigu spiediena iegūšanai ir nepieciešamas 169 saspiešanas cikla reizes. Uzmanība tika pievērsta arī metāna beigu temperatūras izmaiņām atsevišķo saspiešanas ciklu beigās. Tā kā saspiešanas process ir politropisks, tad aprēķinos tika pieņemts attiecīgais politropās pakāpes rādītājs. Veicot tālākus aprēķinus, tika iegūtas arī metāna beigu temperatūras vērtību izmaiņas atkarībā no spiediena saspiešanas procesa beigās, kas parādītas 2. attēlā.

Saspiešanas process ir saistīts ar siltuma novadīšanu, tāpēc būtisks dotajā gadījumā ir arī novadītā siltuma daudzums Q_n (kJ), ko nosaka pēc formulas:

where M - mass of methane sucked in compressing vessel, kg;
 C_V - heat capacity of methane, kJ/(kg·K);
 n - polytropic index;
 k - adiabatic index;
 t_1 - temperature of methane flowing in compressing vessel, °C;
 t_2 - the final temperature of methane in compressing vessel at the additional stages of the cycles, °C.

Calculated values of the amount of the flowed heat are summarized in Tab.1.

kur M - saspiešanas cilindrā iesūktā metāna masa, kg;
 C_V - metāna siltumietilpība, kJ/(kg·K);
 n - politropās pakāpes rādītājs;
 k - adiabatās pakāpes rādītājs;

t_1 - saspiešanas cilindrā ieplūstošā metāna temperatūra, °C;
 t_2 - saspiešanas cilindrā esošā metāna beigu temperatūra attiecīgajos ciklu posmos, °C.

Aprēķinos iegūtā novadītā siltuma daudzuma vērtības apkopotas 1. tabulā.

Table 1 / 1. tabula

Absolute values of the amount of flowed heat in the polytropic compression process /
 Novadītā siltuma daudzuma absolūtās vērtības politropiskā saspiešanas procesā

Temperature of methane flowing in the vessel / Cilindrā ieplūstošā metāna temperatūra t_1 [°C]	The final temperature of methane in the vessel / Cilindrā esošā metāna beigu temperatūra t_2 [°C]	Difference of temperatures / Temperatūru starpība $t_2 - t_1$ [°C]	The amount of flowed heat / Novadītā siltuma daudzums Q_n [kJ]
20	22.9 / 22,9	2.9 / 2,9	2.75 / 2,75
20	32.4 / 32,4	12.4 / 12,4	11.7 / 11,7
20	42.2 / 42,2	22.2 / 22,2	21.0 / 21,0
20	46.5 / 46,5	26.5 / 26,5	25.2 / 25,2
20	47.7 / 47,7	27.7 / 27,7	26.3 / 26,3
20	49.1 / 49,1	29.1 / 29,1	27.6 / 27,6
20	49.9 / 49,9	29.9 / 29,9	28.4 / 28,4
20	50.6 / 50,6	30.6 / 30,6	29.1 / 29,1
20	50.9 / 50,9	30.9 / 30,9	29.3 / 29,3

For the evaluation of the amount of heat from heat transfer process, there were defined other required parameters: surface of heat dividing, speed of fluid rising, etc. During the calculation of the surface of heat dividing suppose that lower base of vessel does not deliver heat in ambient environment because it is covered by fluid layer.

As the productivity of the pump Q_s is known, which is 10 liters per minute, it is possible to calculate speed v_{sk} of fluid rising in compressing vessel during the process, as also time t_{sk} during which fluid fills the compressing vessel. In the result of calculation was established that there are necessary 4.9 minutes to fill the vessel.

The amount of heat Q_r (kJ) from heat transfer position can be find out from following formula:

$$Q_r = \frac{KF(t_2 - t_{av})\tau}{1000}, \quad (2)$$

where K - heat transfer coefficient (taking into account that heat moves from one gaseous environment to another);

F - surface of heat dividing, m²;

t_2 - the final temperature of methane in compressing vessel at the additional stages of the cycles, °C;

t_{av} - ambient environment temperature, °C.

τ - length of compression process, s.

Calculated values of the amount of heat from heat transfer process are summarized in Tab.2.

Lai novērtētu novadīto siltuma daudzumu no siltuma pārejas viedokļa, tiek noteikti citi nepieciešamie parametri: siltumu atdodošā virsma, šķidruma līmeņa pacelšanās ātrums u.c. Nosakot siltuma atdodošo virsmu pieņem, ka cilindra apakšējā pamatne siltumu apkārtējā vidē neatdod, jo dotajā gadījumā to nosedz noteikts šķidruma slānis.

Zinot sūkņa ražību Q_s , kas dotajam sūknim ir 10 litri minūtē, tiek aprēķināts šķidruma līmeņa pacelšanās ātrums v_{sk} saspiešanas cilindrā procesa laikā un arī laiks

t_{sk} , kurā šķidrums piepilda saspiešanas cilindru. Aprēķinu rezultātā tiek konstatēts, ka cilindra piepildīšanai ir nepieciešamas 4.9 minūtes.

Pārvadīto siltuma daudzumu Q_r (kJ) no siltuma pārejas viedokļa jau var noteikt pēc sekojošas formulas:

kur K - siltuma pārejas koeficients (tiek ņemts vērā, ka siltums pāriet no vienas gāzveida vides otrā);

F - siltumu atdodošā virsma, m²;

t_2 - saspiešanas cilindrā esošā metāna beigu temperatūra attiecīgajos ciklu posmos, °C.

t_{av} - apkārtējās vides temperatūra, °C.

τ - saspiešanas procesa ilgums, s.

Aprēķinos iegūtā novadītā siltuma daudzuma vērtības no siltuma pārejas viedokļa apkopotas 2. tabulā.

Table 2 / 2. tabula

Values of the amount of heat from heat transfer process / Novadītā siltuma daudzuma vērtības no siltuma pārejas viedokļa

Ambient environment temperature / Apkārtējās vides temperatūra t_{av} [°C]	The final temperature of methane in the vessel / Cilindrā esošā metāna beigu temperatūra t_2 [°C]	Difference of temperatures / Temperatūru starpība $t_2 - t_{av}$ [°C]	The amount of heat / Siltuma daudzums Q_r [kJ]
20	22.9 / 22,9	2.9 / 2,9	2.85 / 2,85
20	32.4 / 32,4	12.4 / 12,4	12.2 / 12,2
20	42.2 / 42,2	22.2 / 22,2	21.8 / 21,8
20	46.5 / 46,5	26.5 / 26,5	26.0 / 26,0
20	47.7 / 47,7	27.7 / 27,7	27.2 / 27,2
20	49.1 / 49,1	29.1 / 29,1	28.6 / 28,6
20	49.9 / 49,9	29.9 / 29,9	29.4 / 29,4
20	50.6 / 50,6	30.6 / 30,6	30.1 / 30,1
20	50.9 / 50,9	30.9 / 30,9	30.4 / 30,4

Experimental research

Experimental prototype (Fig. 3) was a base for experimental investigation and within the framework of proper measurements were determined time t_{sk} (vessel filling with fluid), vessel final pressure p_{bc} , final heating temperature t_b in every cycle.

Results of the experimental research confirmed that the process of filling of the vessel with fluid and forcing out of the gas from it can be realized without deflections and in correspondence with safety measures. The filling of the vessel was carried out within ~5 minutes. Vessel and electric drive system complied with established safety measures.



Eksperimentālie pētījumi

Pēc eksperimentālā prototipa (3. att.) izveidošanas tika veikti arī attiecīgie eksperimentālie pētījumi, kuru ietvaros katrā ciklā tika noteikts cilindra piepildīšanās laiks (ar šķidrumu) t_{sk} , cilindra beigu spiediens p_{bc} , kā arī cilindra uzsilšanas temperatūra t_b .

Eksperimentālā pētījuma rezultāti apstiprināja, ka cilindra piepildīšanās ar šķidrumu un gāzes izspiešanas process noris bez novirzēm un tiek realizēts atbilstoši uzstādītajām prasībām. Cilindra piepildīšanās laiks tika realizēts ~5 minūšu laikā. Ne cilindra, ne arī elektromotora uzsilšana sistēmas darbības laikā nepārsniedza uzstādītās drošības prasības.



Fig. 3 – Realized high pressure compressor system of gaseous fuel /
Izveidotā gāzveida degvielas augstspiediena kompresora sistēma

CONCLUSIONS

- LV pat. No. 13661 B "Method and device to compress gaseous fuel for vehicles filling" describes device and method how it works in real life conditions. The invention may be applied for biomethane compression;
- In the result of experimental research was approved that the filling of one vessel is carried out within ~5 minutes.
- The prototype achieves the necessary pressure in time due to the theoretical calculation.
- The prototype can give a rise for establishment of the commercial sample, however the commercial sample should be tested in long term conditions to be convinced that the system and separate units of the sample work properly.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors gratefully acknowledge the funding from European Regional Development Fund (project Nr. 2010/0279/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/163).

REFERENCES[1]. NGV market growth. www.ngvaeurope.eu;

[2]. Green, J.S., Odom H. (1999) - Method for compressing gases using a multi-stage hydraulically-driven compressor. U.S. Pat. No. 5863186.

[3]. Аксенов, Д.Т., Лашкевич Е.Д. (1999) Способ реализации природного газа и передвижной газозаправщик. Патент Российской Федерации, 2128803.

[4]. Safronovs, A. (2008). Gāzveida degvielas saspiešanas paņēmieni autotransporta uzpildei un gāzes uzpildes iekārta šī paņēmiena realizācijai. LV Pat. LV13661 B.

SECINĀJUMI

- Patenta Nr. 13661 B "Gāzveida degvielas saspiešanas paņēmieni autotransporta uzpildei un gāzes uzpildes iekārta šī paņēmiena realizācijai" ietvaros aprakstītais izgudrojums un paņēmieni ir realizējams dabā un var tikt pielietots biometāna saspiešanai;
- Eksperimentālo pētījumu rezultātā apstiprinājās, ka viena cilindra piepildīšanai nepieciešamais laiks sasniedz ~5 minūtes.
- Izveidotais prototips sasniedz nepieciešamo spiedienu teorētiskajos aprēķinos konstatētajā laika periodā.
- Izveidotais prototips var kalpot par pamatu komerciāla modeļa izveidošanai, taču pēc tā izveides ir nepieciešams veikt ilgstošāku komerciāla modeļa testēšanu, lai pārliecinātos par visas iekārtas un arī atsevišķu mezglu bezatliekuma darbību.

ATZINĪBAS

Autori izsaka pateicību par finansiālo atbalstu Eiropas Reģionālās Attīstības Fondam (projekts Nr. 2010/0279/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/163).

LITERATŪRA

[1]. NGV market growth. www.ngvaeurope.eu;

[2]. Green, J.S., Odom H. (1999) - Method for compressing gases using a multi-stage hydraulically-driven compressor. U.S. Pat. No. 5863186.

[3]. Аксенов, Д.Т., Лашкевич Е.Д. (1999) Способ реализации природного газа и передвижной газозаправщик. Патент Российской Федерации, 2128803.

[4]. Safronovs, A. (2008). Gāzveida degvielas saspiešanas paņēmieni autotransporta uzpildei un gāzes uzpildes iekārta šī paņēmiena realizācijai. LV Pat. LV13661 B.

DETERMINATION OF SOME SOIL PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS USING FACTOR ANALYSIS FOR SOIL TILLAGE IN VERTISOL AND ENTISOL

ENTİSOL VE VERTİSOLDE TOPRAK İŞLEME İÇİN FAKTÖR ANALİZİ KULLANILARAK BAZI TOPRAK FİZİKO-KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Assist. Prof. Dr. Sağlam M., Ress. Assist. Selvi K.Ç., Assoc. Prof. Dr. Dengiz O., Ress. Assist. Sarıoğlu E.F.

Department of Soil Science and Plant Nutrition, Agricultural Faculty, Ondokuz Mayıs University, Samsun / Turkey

Tel: +90362 3121919/1411; E-mail: mustafa.saglam@omu.edu.tr

Abstract: Soil management is a subject that is receiving increasing attention. It is considered to be important for the assessment of the extent of land degradation or amelioration, and for identifying management practices for sustainable land use. This research was carried out in Çetinkaya district of Bafra-Samsun province located on alluvial land formed by Kızılırmak River as accumulated sediment deposited at different times, show large variations in their physical properties over short distances. The main objective of this research is to identify the most sensitive indicators of some soil characteristics using factor analysis for evaluating soil tillage in Vertisol and Entisol orders. For this aim, C, Si, S, SOM, CaCO₃, BD, PR, FC, PWP and AWC were analyzed using factor analysis for both soil orders. According to factor analysis results, investigated physico-chemical soil properties in Vertisol were detected as three groups. AWC (0.992), FC (0.986), SOM (0.978), PWP (0.971) and CaCO₃ (-0.988) have the highest weight values in first group while, BD (0.815), S (0.801) and C (-0.850) were determined as having the highest weight values in second group. As for in last group, PR (-0.920) was found. Moreover, investigated physico-chemical soil properties in Entisol were detected as two groups. C (0.992), AWC (0.979), PWP (0.976), FC (0.952), SOM (0.908), S (-0.994) and BD (-0.989) have the highest weight values in first group while, CaCO₃ (0.840), Si (0.797) and PR(0.728) were determined as having the highest weight values in another group.

Key words: Factor Analysis, Soil Tillage, Vertisol and Entisol

INTRODUCTION

Soil management is a subject that is receiving increasing attention. It is considered to be important for the assessment of the extent of land degradation or amelioration, and for identifying management practices for sustainable land use. For a specific site, assessment will be influenced by many factors including tillage, crop rotation, animal or greenmanure applications and other management factors, as well as climate and soil type. Ideally soil physico-chemical quality should be easy to measure, able to reflect changes in soil functions, sensitive to variations in management, and accessible to as many users as possible (Shukla et al., 2006). Furthermore, the site-specific nature of soil quality may actually require different soil property measurements depending upon the specific agroecosystem for which the assessment is being made (Govaerts et al., 2006; Rezaei et al., 2006; Shukla et al., 2006; Yemefack et al., 2006; Marinari et al., 2006). Therefore, the first step toward soil physico-chemical quality assessment is the selection of soil indicators, that is the soil properties and processes that will provide a minimum data set for evaluation. However, few studies have been devoted to actually determining the minimum set of indicators for soil quality assessment in the Black Sea region. Although this paper

Özet: Son yıllarda, toprak yönetimi arazi degradasyon veya rehabilitasyon değerlendirme çalışmalarında veya sürdürülebilir bir arazi kullanımında ortaya konulacak uygulama pratiklerinin belirlenmesinde önemli bir konu olmaktadır. Bu çalışma, Kızılırmak Nehrinin biriktirmiş olduğu sedimentler üzerinde oluşmuş bu nedenle kısa mesafeler içerisinde çok farklı özellikler sergileyen alüvyal arazilerin yer aldığı Samsun- Bafra ilçesine ait Çetinkaya bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın ana amacını, Vertisol ve Entisol ordolarına ait topraklarda, toprak işleme değerlendirilmesine yönelik faktör analizi kullanılarak bazı toprak karakteristiklerinin daha hassas indikatörlerinin belirlenmesini kapsamaktadır. Bu amaçla, faktör analizi kullanılarak her iki toprak ordosu için C, Si, S, SOM, CaCO₃, BD, PR, FC, PWP ve AWC analiz edilmiştir. Faktör analiz sonucuna göre, Vertisol topraklarda incelenen fiziko-kimyasal toprak özellikleri üç grupta toplanmıştır. İlk grupta AWC (0.998), FC (0.986), SOM (0.978), PWP (0.971) ve CaCO₃ (-0.988) en yüksek ağırlık değerlerine sahip iken, ikinci grupta BD (0.815), S (0.801) ve C (-0.850) en yüksek ağırlık değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Son grupta ise PR (-0.920) belirlenmiştir. Ayrıca Entisol topraklarda incelenen fiziko-kimyasal toprak özellikleri ise iki grupta toplanmıştır. C (0.992), AWC (0.979), PWP (0.976), FC (0.952), SOM (0.908), S (-0.994) ve BD (-0.989) ilk grup içerisinde en yüksek ağırlık değerlerine sahip iken, diğer grupta CaCO₃ (0.840), Si (0.797) ve PR (0.728) olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Faktör Analizi, Toprak İşleme, Vertisol ve Entisol

GİRİŞ

Son yıllarda, toprak yönetimi, arazi degradasyon veya rehabilitasyon değerlendirme çalışmalarında veya sürdürülebilir arazi kullanımında ortaya konulacak uygulama pratiklerinin belirlenmesinde önemli bir konu haline gelmiştir. Bir alanın değerlendirilmesinde toprak işleme, bitki rotasyonu, gübre uygulamaları ve diğer yönetim faktörlerinin yanı sıra iklim ve toprak çeşidi gibi birçok faktör etkili olabilmektedir. İdeal olarak fiziko-kimyasal toprak kalite durumunun ortaya konulması kolay ölçülebilir ve toprak fonksiyonundaki değişimleri yansıtabilir, farklı yönetimlere duyarlı ve birçok kullanıcı açısından ulaşılabilir imkanda olmalıdır (Shukla et al., 2006). Ayrıca, bir alanın doğal toprak kalitesi spesifik agro-ekosistem değerlendirmesine bağlı olarak farklı toprak özelliklerinin güncel ölçümsel değerlerine gereksinim duymaktadır (Govaerts et al., 2006; Rezaei et al., 2006; Shukla et al., 2006; Yemefack et al., 2006; Marinari et al., 2006). Bu nedenle, fiziko-kimyasal toprak kalite değerlendirmesinde ilk adım toprak indikatörlerinin seçilmesidir ki değerlendirmede toprak özellikleri ve işlemler minimum veri setiyle oluşturulmalıdır. Fakat Karadeniz Bölgesinde toprak kalite değerlendirmesi için minimum indikatörlerin belirlenmesine yönelik çok az çalışma bulunmaktadır. Bu çalışma, Entisol ve Vertisol

deals specifically with some soil physico-chemical quality for soil tillage and management systems of Entisol and Vertisol, it should be also realised that this has big effects on chemical and biological process in the soil.

The site had been cultivated using conventional tillage and used for cereal and vegetables production for decades. The main objective of this research is to identify the most sensitive indicators of some soil characteristics using factor analysis for evaluating soil tillage in Vertisol and Entisol orders.

MATERIAL AND METHOD

Field description

This study was carried out in Samsun-Bafra delta plain and near district. The Bafra Plain found in the Kızılırmak Delta and located in the central Black Sea region of Turkey. The current climate in the region is semi-humid. The summers are warmer than winters (the average temperature in July is 22.2 and in January is 6.9 °C). The mean annual temperature, rainfall and evaporation are 13.6 °C, 764.3 mm and 726.7 mm respectively. According to Soil Taxonomy (1999), the study site has mesic soil temperature regime and ustic moisture regime. Major physiographic units of the study area are river terraces and flood plain. Particularly river alluvial terraces involve old and young are common and they have slightly sloped (0.0-2.0%). The majority of research soils formed on alluvial deposit were classified as Entisol (on young terrace lands) and Vertisol (on old terrace lands) in Soil Taxonomy (1999). The study area is predominantly used for intensive irrigated agriculture activities. Presently, the irrigation systems used by farmlands are furrow, drip and sprinkler irrigation systems. Rice, wheat, maize, pepper, watermelon, cucumber and tomato with sprinkler and furrow irrigations in the summer, and cabbage and leek in the winter have been produced in the study area. The main water resource of this area is Kızılırmak River.

Soil properties and analysis

Some descriptive soil physico-chemical properties of Entisol and Vertisol were given in Table 1 and Table 2. In addition, penetration resistance (PR) was measured in field. Soil physical and chemical properties that have been taken into consideration in this research showed variability at short distance in study area formed on accumulated sediment depositions carried by Kızılırmak River.

Soil texture varied from sandy loam and loam through to clay across the both soils of all profiles. Vertisol had the highest clay content (72%), whilst Entisol had the highest sand content (66%). On the other hand, Entisol had a higher bulk density than Vertisol due to its high sand content. Soil organic matter content ranged from 1.1% to 2.3% in upper horizons of all soil maps. These low organic matter levels are attributable to rapid decomposition and mineralization of organic matter due to cultivation practices.

toprakların toprak işleme ve yönetim sistemlerine yönelik bazı fiziko-kimyasal toprak kalite özelliklerini içermesine rağmen, bu özelliklerin toprakların kimyasal ve biyolojik süreçleri üzerine de etkili olduğu bir gerçektir.

Geleneksel toprak işleme yöntemi uygulanmış araziler tahıl ve sebze üretiminde kullanılmaktadır. Bu çalışmanın ana amacını, Vertisol ve Entisol ordolarına ait topraklarda, toprak işleme değerlendirilmesine yönelik faktör analizi kullanılarak bazı toprak karakteristiklerinin daha hassas indikatörlerinin belirlenmesini oluşturmaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Alan Tanımlama

Bu çalışma Samsun-Bafra Delta ovası ve yakın çevresinde yürütülmüştür. Bafra ovası Türkiye'nin Orta Karadeniz bölgesinde yer alan Kızılırmak Deltasında bulunur. Bölgenin hakim iklim tipi yarı kurak iklim tipidir. Yazları kışlarından daha sıcaktır. Temmuz ayında ortalama sıcaklığı 22,2 °C ve Ocak ayı ortalama sıcaklığı 6,9 °C'dir. Yıllık ortalama sıcaklık, yağış ve buharlaşma değerleri sırasıyla 13,6 °C, 764,3 mm ve 726,7 mm'dir. Toprak taksonomisi (1999)'ne göre, çalışma alanı mesic toprak sıcaklık rejimine ve ustic nem rejimine sahiptir. Çalışma alanının temel fizyografik birimleri nehir terasları ve taşkın ovasıdır. Özellikle yaşlı ve genç alüvyal nehir terasları yaygındır ve % 0,0-2,0 arasında hafif eğime sahiptir. Alüvyal depozitler üzerinde oluşan araştırma toprakları çoğunlukla toprak taksonomisi (1999)'ne göre entisol (genç teraslar üzerinde) ve vertisol (yaşlı teraslar üzerinde) olarak sınıflandırılmışlardır. Çalışma alanı büyük çoğunlukla yoğun sulamalı tarım uygulamaları için kullanılmaktadır. Günümüzde ekilen alanlarda kullanılan sulama sistemleri karık, damla ve yağmurlama sulama sistemleridir. Çalışma alanında yaz döneminde karık ve yağmurlama sulama sistemleriyle birlikte pirinç, buğday, mısır, biber, karpuz, salatalık ve domates yetiştirilirken, kış döneminde lahanalar ve pırasa yetiştirilmektedir. Bu alanın temel su kaynağı Kızılırmak Nehri'dir.

Toprak özellikleri ve analizler

Entisol ve Vertisol toprakların bazı tanımlayıcı fiziko-kimyasal özellikleri Tablo 1 ve 2'de verilmiştir. Ayrıca alan içerisinde penetrasyon direnci (PR) ölçümleri de yapılmıştır. Kızılırmak nehri tarafından taşınarak biriktirilen sediment depozitleri üzerinde oluşan çalışma alanında incelenen toprak fiziksel ve kimyasal özellikleri kısa mesafelerde değişkenlikler göstermiştir. Toprak tekstürü bütün toprak profillerinde kumlu tın ve tından kile kadar değişmiştir.

En yüksek kum içeriğine % 66 ile Entisol toprak sahipken en yüksek kil içeriği ise % 72 ile Vertisol toprakta bulunmuştur. Bununla birlikte, Entisol topraklar yüksek kum içeriği nedeniyle Vertisol topraklardan daha yüksek hacim ağırlığı değerlerine sahip olmuştur. Toprak organik madde içeriği bütün toprak profillerinin üst horizonlarında % 1,1'den % 2,3'e değişmiştir. Bu düşük organik madde seviyelerinin nedeni olarak farklı üretim uygulamalarının neden olduğu organik maddenin hızlı ayrışması ve mineralizasyonu gösterilebilir.

Table 1 / Tablo 1

Some physico-chemical properties of Entisol (Sarıoğlu and Dengiz, 2012) / Entisol toprakların bazı fiziko-kimyasal özellikleri

Horizon	Depth (cm)	Texture (%)			B.D (gr cm ⁻³)	SOM (%)	CaCO ₃ (%)	FC (%)	PWP (%)	AWC (%)
		C	Si	S						
Ap	0-24	25	44	31	1.49 / 1,49	1.1 / 1,1	13.9 / 13,9	26.9 / 26,9	11.4 / 11,4	15.5 / 15,5
C1	24-57	9	43	48	1.65 / 1,65	-	14.2 / 14,2	17.2 / 17,2	5.8 / 5,8	11.4 / 11,4
C2	57-88	8	31	61	1.64 / 1,64	-	14.3 / 14,3	13.6 / 13,6	4.9 / 4,9	8.7 / 8,7
C3g	88+	8	26	66	1.65 / 4,65	-	13.4 / 13,4	13.0 / 13,0	4.6 / 4,6	8.4 / 8,4

Table 2 / Tablo 2

Some physico-chemical properties of Vertisol (Sarioglu and Dengiz, 2012) / Vertisoll toprakların bazı fiziko-kimyasal özellikleri

Horizon	Depth (cm)	Texture (%)			BD (gr cm-3)	SOM (%)	CaCO ₃ (%)	FC (%)	PWP (%)	AWC (%)
		C	Si	S						
Ap	0-19	49	34	17	1.39 / 1,39	2.3 / 2,3	6.3 / 6,3	36.8 / 36,8	23.8 / 23,8	13
A2	19-44	49	36	15	1.40 / 1,40	1.5 / 1,5	7.4 / 7,4	30	21.3 / 21,3	8.7 / 8,7
Bss1	44-69	61	30	9	1.29 / 1,29	1.6 / 1,6	11.4 / 11,4	39.4 / 39,4	21.5 / 21,5	17.9 / 17,9
Bkss2	69-111	56	38	6	1.30 / 1,30	0.6 / 0,6	18.7 / 18,7	37.1 / 37,1	23.3 / 23,3	13.8 / 13,8
C	111+	72	21	7	1.27 / 1,27	0.7 / 0,7	8.5 / 8,5	49.9 / 49,9	27.1 / 27,1	22.9 / 22,9

C: Clay, Si: Silty, S: Sand, BD: Bulk Density, SOM: Soil Organic Matter, FC: Field Capacity, PWP: Permanent Wilting Point, AWC: Available water Capacity

Statistical analysis

Total 40 soil samples were taken from the study area for vertisol (20) and entisol (20) soils. Soil's physical and chemical properties were determined by means of appropriate methods. Texture (Bouyoucos 1951), bulk density (Blake and Hartge 1986), field capacity (Klute 1986), permanent wilting point (Klute 1986), penetration resistance (KAYNAK VER), soil organic matter (Jackson 1958), CaCO₃ (Allison ve Moodie 1965), analysis were carried out over soil samples. The available water content was estimated by the difference between the water content at field capacity and the water content at permanent wilting point.

The soil properties were analyzed using classical statistical methods to obtain descriptive statistics such as mean values, standard deviation, coefficient of variation (CV), kurtosis, and skewness (Wendroth et al. 1997). The CV was used to describe the amount of variability for each soil parameter. Pearson linear correlations among soil parameters were calculated using SPSS software (Swan and Sandilands 1995) and were used to establish relationships among the soil variables.

Factor analysis was used to group the 10 soil variables into factors based on the correlation matrix of the variables using factor module and the principal component analysis method of factor extraction in SPSS 17.0 software (Brejda et al. 2000). Principal component analysis was used as the method of factor extraction because it required no prior estimates of the amount of variation of each soil variable that would be explained by the factors. Only factors with eigenvalue >1 were retained (Hair et al., 1987; Brejda et al. 2000) and subjected to varimax rotation with Kaiser to estimate the proportion of the variance of each soil variable explained by each selected factor (loadings).

RESULTS AND DISCUSSION

Some descriptive statistical parameters of physico-chemical soil properties such as minimum, maximum, standard deviation (SD), coefficient of variation (CV), skewness and kurtosis values of vertisol and entisol were presented in Table 3. CV value of most physico-chemical soil properties was determined as low in vertisol whereas, this parameter was distributed among low, moderate and high levels in entisol. If the CV value is lower than 15%, variation class is called as low and if the CV value is found between 15-35%, that class is described as moderate finally, if the CV value is higher than 35%, CV is classified as high level (Wilting, 1985). CV value was determined as low level both vertisol and entisol in terms of CaCO₃, Si and BD whereas, CV value was found as moderate level for S and AWC in both soils. Only CV value was classified as high level for PR. In addition as for skewness, soils have low skewness values and were seen normal distribution (Table 3).

Moreover, the results of Kolmogorov-Smirnov analysis confirmed normal distribution of data set results it was found closely parallel between both results.

Coloration analysis results of investigated physicochemical properties for vertisol and entisol were given in Table 4. It was found significantly

İstatistiksel analizler

Vertisol topraklar ve entisol topraklar için çalışma alanından toplam 40 toprak örneği alınmıştır. Toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri uygun yöntemler yardımıyla belirlenmiştir. Toprak örneklerinde tekstür (Bouyoucos 1951), hacim ağırlığı (Blake and Hartge 1986), tarla kapasitesi (Klute 1986), daimi solma noktası (Klute 1986), penetrasyon direnci (Selvi 2003), toprak organik maddesi (Jackson 1958) ve CaCO₃ (Allison ve Moodie 1965) analizleri yapılmıştır. Yarıyışlı su içeriği ise tarla kapasitesindeki nem içeriği ile daimi solma noktasındaki nem içeriği arasındaki farktan hesaplanmıştır.

Toprak özelliklerinin ortalama, standart sapma, varyasyon katsayısı (CV), basıklık ve çarpıklık gibi tanımlayıcı istatistik değerlerini elde etmek için klasik istatistiksel yöntemler kullanılmıştır (Wendroth et al. 1997). Varyasyon katsayısı (CV) her bir toprak parametresinin değişkenlik miktarının belirlenmesi için kullanılır. Toprak özellikleri arasındaki Pearson korelasyonu SPSS bilgisayar programı kullanılarak hesaplanmış (Swan and Sandilands 1995) ve toprak özellikleri arasındaki ilişkileri belirlemek için kullanılmıştır.

Faktör analizi, değişkenlerin korelasyon matrisi esas alınarak 10 toprak özelliğini faktörler şeklinde gruplandırabilmek için faktör modülü ve temel bileşenler analizi kullanılarak SPSS 17.0 programında yapılmıştır (Brejda et al. 2000). Temel bileşenler analizi, faktörler tarafından açıklanabilen her bir toprak değişkeninin değişkenlik miktarının önceden tahminini gerektirmemesi nedeniyle faktör belirleme yöntemi olarak kullanılmıştır. Yalnızca özdeğeri >1 olan faktörler kabul edilmiş (Hair et al. 1987; Brejda et al. 2000) ve seçilen her bir faktör tarafından açıklanabilen her bir toprak değişkeninin varyans oranını tahmin etmek için varimax rotasyonu testi uygulanmıştır.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Vertisol ve entisol topraklara ait en küçük, en büyük, ortalama, standart sapma, değişkenlik katsayısı, çarpıklık ve basıklık gibi tanımlayıcı istatistikler sırasıyla Tablo 3'de sunulmuştur. Vertisol toprakta, değişkenlik katsayısı (CV) incelenen fiziko-kimyasal özelliklerin büyük çoğunluğu düşük olarak belirlenirken, entisol toprakta değişkenlik katsayısı düşük, orta ve yüksek sınıflar arasında dağılmıştır. Değişkenlik katsayısı (CV) < %15 olduğunda değişkenlik sınıfı düşük, % 15-35 arasında orta ve > % 35 olduğunda ise yüksek olarak sınıflandırılır. Değişkenlik katsayısı hem vertisol hem de entisol topraklarda CaCO₃, Si, BD düşük, S ve AWC için orta ve PR için yüksek olarak sınıflandırılırken diğer fiziko-kimyasal özelliklerin değişkenlik sınıfları farklı şekilde sınıflandırılmıştır. Çarpıklık katsayısı incelendiğinde ise toprak özelliklerinin düşük çarpıklık değerlerine sahip olduğu ve normal dağılım gösterdikleri görülmektedir (Tablo 3).

Veri setinin normal dağılımının kontrol edildiği Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları da bu sonuçlarla paralellik göstermektedir.

Vertisol ve entisol toprakta incelenen fiziko-kimyasal özelliklere ait korelasyon analizi sonuçları Tablo 4'de verilmiştir. Vertisol toprakta CaCO₃ miktarı OM, FC, PWP ve AWC ile

negative coloration between CaCO_3 and OM, FC, PWP, AWC ($p < 0.01$) in vertisol. However, BD was only found significantly positive and negative coloration soil textural components ($p < 0.01$, $p < 0.05$) in the same soil. It was determined significantly coloration ($p < 0.01$) between some physical soil properties such as FC, PWP, AWC, CaCO_3 and OM content and soil moisture which is very important indicator for determining of tillage time and for resistance of soil against to tillage whereas, it was not found significantly coloration between PR that is essential indicator for soil compaction and any soil properties of vertisol. On the other hand, these cases were found very variable in entisol such as BD was detected significantly coloration among almost physicochemical properties ($p < 0.01$, $p < 0.05$).

önemli negatif korelasyonlar gösterirken ($p < 0,01$), BD sadece toprak tekstür bileşenleriyle önemli pozitif ve negatif korelasyonlar göstermiştir ($p < 0,01$, $p < 0,05$). Toprakların işlenebilirliğe karşı direncini ve işleme zamanını önemli oranda belirleyen toprak nemi ile ilişkili fiziksel özellikler olan FC, PWP and AWC; CaCO_3 ve OM miktarı ile önemli korelasyonlar ($p < 0,01$) ortaya koyarken toprak sıkışmasının göstergesi olan PR vertisol toprakta hiçbir toprak özelliği ile önemli korelasyonlar sergilememiştir (Tablo 4). Entisol toprakta ise toprak işlemeye bağlı olarak değişkenlik gösterebilen BD, PR, FC, PWP ve OM gibi özellikler incelenen fiziko-kimyasal özelliklerin büyük çoğunluğuyla önemli korelasyonlar ortaya koymuştur. BD incelenen tüm fiziko-kimyasal özellikler ile önemli korelasyonlar gösterirken ($p < 0,01$, $p < 0,05$); OM, PR, FC ve PWP Si içeriği hariç incelenen diğer özellikler ile önemli korelasyonlar göstermiştir ($p < 0,01$, $p < 0,05$).

Table 3 / Tablo 3

Descriptive statistics of some physico-chemical properties of Vertisol and Entisol /
Vertisol ve Entisol toprakların bazı fiziko-kimyasal özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri

Soil Properties	Unit	Min.	Max.	Mean	S.D.	C.V., %	Skewness	Kurtosis
Vertisol								
CaCO_3	%	6.3 / 6,3	7.4 / 7,4	6.85 / 6,85	0.57 / 0,57	8.29 / 8,29	0.00 / 0,00	-2.17 / -2,17
OM	%	1.5 / 1,5	2.3 / 2,3	1.90 / 1,90	0.42 / 0,42	22.24 / 22,24	-0.04 / -0,04	-1.95 / -1,95
C	%	40	56	49.00 / 49,00	3.70 / 3,70	7.55 / 7,55	0.00 / 0,00	-0.45 / -0,45
Si	%	28	40	35.00 / 35,00	2.43 / 2,43	6.94 / 6,94	0.10 / 0,10	-0.01 / -0,01
S	%	11	21	16.05 / 16,05	2.76 / 2,76	17.21 / 17,21	-0.01 / -0,01	-0.78 / -0,78
BD	g cm^{-3}	1.33 / 1,33	1.45 / 1,45	1.39 / 1,39	0.03 / 0,03	2.11 / 2,11	0.21 / 0,21	-0.98 / -0,98
FC	%	29.5 / 29,5	37.5 / 37,5	33.40 / 33,40	3.50 / 3,50	10.49 / 10,49	0.00 / 0,00	-2.19 / -2,19
PWP	%	20.5 / 20,5	24.4 / 24,4	22.55 / 22,55	1.33 / 1,33	5.89 / 5,89	0.10 / 0,10	-1.89 / -1,89
AWC	%	8.4 / 8,4	13.5 / 13,5	10.85 / 10,85	2.22 / 2,22	20.46 / 20,46	0.02 / 0,02	-2.17 / -2,17
PR	MPa	0.6 / 0,6	2.44 / 2,44	1.44 / 1,44	0.55 / 0,55	38.41 / 38,41	0.32 / 0,32	-1.07 / -1,07
Entisol								
CaCO_3	%	13.9 / 13,9	14.2 / 14,2	14.1 / 14,1	0.24 / 0,24	1.67 / 1,67	0.00 / 0,00	-0.45 / -0,45
OM	%	0.2 / 0,2	1.1 / 1,1	0.66 / 0,66	0.47 / 0,47	71.32 / 71,32	0.11 / 0,11	-1.94 / -1,94
C	%	9	25	17.0 / 17,0	8.37 / 8,37	49.22 / 49,22	0.02 / 0,02	-2.04 / -2,04
Si	%	37	49	43.5 / 43,5	1.54 / 1,54	3.54 / 3,54	0.00 / 0,00	-1.00 / -1,00
S	%	27	48	39.5 / 39,5	8.94 / 8,94	22.64 / 22,64	0.03 / 0,03	-1.99 / -1,99
BD	g cm^{-3}	1.49 / 1,49	1.65 / 1,65	1.57 / 1,57	0.09 / 0,09	5.50 / 5,50	-0.03 / -0,03	-2.07 / -2,07
FC	%	17.2 / 17,2	26.9 / 26,9	22.1 / 22,1	4.98 / 4,98	22.58 / 22,58	0.00 / 0,00	-2.23 / -2,23
PWP	%	5.8 / 5,8	11.4 / 11,4	8.60 / 8,60	2.88 / 2,88	33.47 / 33,47	0.00 / 0,00	-2.22 / -2,22
AWC	%	11.4 / 11,4	15.4 / 15,4	13.5 / 13,5	2.11 / 2,11	15.68 / 15,68	0.00 / 0,00	-2.20 / -2,20
PR	MPa	0.44 / 0,44	3.57 / 3,57	1.62 / 1,62	0.99 / 0,99	61.14 / 61,14	0.69 / 0,69	-0.69 / -0,69

OM: Organic matter, C: Clay, Si: Silt, S: Sand, BD: Bulk density, FC: Field capacity, PWP: Permanent wilting point, AWC: Available water content, PR: Penetration resistance

Table 4 / Tablo 4

Corelations among some physico-chemical properties of Vertisol and Entisol /
Vertisol ve Entisol topraklarda bazı fiziko-kimyasal özellikler arasındaki korelasyonlar

	CaCO_3	OM	C	Si	S	BD	FC	PWP	AWC
Vertisol									
OM	-0.961 / -0,961 **								
C	-0.048 / -0,048	-0.007 / -0,007							
Si	0.427 / 0,427	-0.425 / -0,425	-0.252 / -0,252						
S	-0.367 / -0,367	0.385 / 0,385	-0.572 / -0,572 **	0.275 / 0,275					
BD	0.145 / 0,145	-0.191 / -0,191	-0.594 / -0,594 **	0.500 / 0,500 *	0.456 / 0,456 *				
FC	-0.990 / -0,990 **	0.947 / 0,947	0.007 / 0,007	-0.416 / -0,416	0.382 / 0,382	-0.150 / -0,150			
PWP	-0.960 / -0,960 **	0.935 / 0,935 **	0.009 / 0,009	-0.396 / -0,396	0.382 / 0,382	-0.166 / -0,166	0.967 / 0,967 **		
AWC	-0.988 / -0,988 **	0.984 / 0,984 **	-0.008 / -0,008	-0.427 / -0,427	0.402 / 0,402	-0.152 / -0,152	0.979 / 0,979 **	0.947 / 0,947 **	
PR	0.269 / 0,269	-0.262 / -0,262	-0.073 / -0,073	-0.177 / -0,177	0.008 / 0,008	-0.110 / -0,110	-0.254 / -0,254	-0.278 / -0,278	-0.239 / -0,239
Entisol									
OM	-0.721 / -0,721 **								
C	-0.519 / -0,519 *	0.932 / 0,932	**						
Si	0.436 / 0,436	0.222 / 0,222	0.495 / 0,495 *						
S	0.503 / 0,503 *	-0.929 / -0,929 **	-0.991 / -0,991 **	-0.509 / -0,509 *					
BD	0.541 / 0,541 *	-0.932 / -0,932 **	-0.992 / -0,992 **	-0.470 / -0,470 *	0.996 / 0,996 **				
FC	-0.680 / -0,680 **	0.973 / 0,973 **	0.974 / 0,974 **	0.301 / 0,301	-0.968 / -0,968 **	-0.978 / 0,978 **			
PWP	-0.612 / -0,612 **	0.964 / 0,964 **	0.989 / 0,989 **	0.387 / 0,387	-0.985 / -0,985 **	-0.991 / -0,991 **	0.995 / 0,995 **		
AWC	-0.599 / -0,599 **	0.958 / 0,958 **	0.992 / 0,992 **	0.404 / 0,404	-0.988 / -0,988 **	-0.993 / -0,993 **	0.994 / 0,994 *	0.999 / 0,999 **	
PR	0.641 / 0,641 **	-0.598 / -0,598 **	-0.474 / -0,474 *	0.268 / 0,268	0.470 / 0,470 *	0.495 / 0,495 *	-0.573 / -0,573 *	-0.540 / -0,540 *	-0.526 / -0,526 *

OM: Organic matter, C: Clay, Si: Silt, S: Sand, BD: Bulk density, FC: Field capacity, PWP: Permanent wilting point, AWC: Available water content, PR: Penetration resistance

Soil is a complex medium, but for simplicity we can think of it as a combination of solid mineral and organic particles and pore space. Pore space allows for air and water storage and movement in soils. Compaction squeezes the soil and, since solids do not compress, pore space is reduced (McKeys, 1985). Soil compacts when pore space is reduced and bulk density is increased. Therefore, any process that reduces pore space causes soil compaction. Its major cause is traffic over the fields. Causes of significantly correlation between PR values well known that the penetration resistance depends on the grain size of soils and important indicator for compaction and other physicochemical properties can be explained some soil properties such as FC, PWP and C have moderate and high coefficient of variation in entisol (Table 3). However, homogeny distribution was found due to low coefficient of variation of soil properties that cause strongly correlation between BD, C, FC, PWP and PR in vertisol.

Factor analyses one of the statistical methods are performed by examining the pattern of correlations (or covariances) between the observed measures. Measures that are highly correlated (either positively or negatively) are likely influenced by the same factors, while those that are relatively uncorrelated are likely influenced by different factors (Hair et al., 1987; Brejda et al., 2000; Kaspar et al., 2004). The results of factor analyses belonged to vertisol and used commonly to evaluate soil data were given in Table 5. According to factor analyses, it was determined factor group of eigenvalue more than 1 in vertisol. The first group (Factor 1) formed from AWC, FC, OM, PWP and CaCO₃ that related to soil moisture and those factors noted 53.07% of variance. In second Factor 2 formed from BD and particle fractions such as S and C and it was explained with 23.1% of total variance. Finally, Factor 3 formed from PR and comprised 11.72% of total variance. Thus, after factor analysis, determined 3 groups involved 87.89% of total variance. In addition, more than 75% of the detected three groups involve 9 features clarified (Table 5). However, Si content was found insignificant effect on soil tillage in vertisol.

Toprakta bulunan boşlukların, mekanik bir yük altında uzaklaşması sonucu toprağın birim hacmindeki azalma veya hacim ağırlığında meydana gelen artış sıkışma olarak tanımlanmaktadır (McKeys, 1985). Bu olayda, toprağın birim hacminde ki boşluklarda hava ve su uzaklaşırken, toprak tanecikleri yeniden düzenlenerek daha az bir hacim içerisinde paketlenmektedir. Toprağın sıkışma sonucu durumundaki değişim, toprak değişiminden kaynaklanmaktadır. Bu değişim, alet veya makine gibi mekanik etkilerle ya da kuruma veya nemlenme gibi doğal olaylarla ortaya çıkan kuvvetlerle meydana gelmektedir. Toprakta sıkışmanın göstergesi olarak kullanılan PR'nin Entisol toprakta diğer fiziko-kimyasal özelliklerle sergilediği önemli korelasyonların nedenleri, FC, PWP ve C gibi toprak özelliklerinin sahip olduğu orta ve yüksek değişkenlik katsayıları (Tablo 3) ile açıklanabilir. Buna karşın Vertisol toprakta BD, C, FC ve PWP gibi PR ile güçlü korelasyonlar göstermesi beklenen toprak özellikleri düşük değişkenlik katsayılarına sahip olması nedeniyle homojen dağılımlar sergilemiştir.

Faktör analizi geniş değişken gruplarını tanımlamak ve özetlemek için çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden biridir (Hair et al., 1987; Brejda et al., 2000; Kaspar et al., 2004). Toprak verilerinin değerlendirilmesinde de yaygın olarak kullanılan faktör analizinin Vertisol toprağa ait sonuçları Tablo 5'de görülmektedir. Faktör analiz sonucuna göre, vertisol toprakta özdeğeri (eigenvalue) >1 olan üç faktör grubu belirlenmiştir. Birinci faktör (Faktör 1) AWC, FC, OM, PWP ve CaCO₃ gibi toprak su içeriği ile ilişkili özelliklerden oluşmuş ve toplam varyansın % 53.07'sini açıklayarak en önemli faktör olmuştur. Faktör 2 BD, S ve C gibi toprak tanecik fraksiyonu ve onun değişiminden önemli oranda etkilenen özelliklerinden oluşmuş ve toplam varyansın % 23,10'nu açıklamıştır. PR gibi toprak sıkışmasını ifade eden toprak fiziksel özelliğinden oluşan Faktör 3 ise, toplam varyansın %11.72'sini açıklarken faktör analizi sonrasında belirlenen üç grup toplamda varyansın % 87,89'nu açıklamışlardır. Ayrıca belirlenen üç faktör incelenen 9 özelliğe ait değişkenliklerin % 75 ve daha fazlasını açıklamışlardır (Tablo 5). Si içeriğinin ise, vertisol topraklarda işlenebilirlik üzerine olan etkileri önemsiz bulunmuştur.

Table 5 / Tablo 5

Values of factor for some physico-chemical properties of Vertisol /
Vertisol toprakların bazı fiziko-kimyasal özelliklerine ait faktör analiz değerleri

Soil Properties	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Communality Estimates
AWC	0.992 / 0,992			0.984 / 0,984
FC	0.986 / 0,986			0.974 / 0,974
OM	0.978 / 0,978			0.958 / 0,958
PWP	0.971 / 0,971			0.948 / 0,948
CaCO ₃	-0.988 / -0,988			0.981 / 0,981
BD		0.815 / 0,815		0.748 / 0,748
S		0.801 / 0,801		0.807 / 0,807
C		-0.850 / -0,850		0.750 / 0,750
PR			-0.920 / -0,920	0.903 / 0,903
Initial eigenvalue	5.32 / 5,32	2.35 / 2,35	1.13 / 1,13	
Variance %	53.07 / 53,07	23.10 / 23,10	11.72 / 11,72	
Cumulative variance %	53.07 / 53,07	76.17 / 76,17	87.89 / 87,89	

OM: Organic matter, C: Clay, Si: Silt, S: Sand, BD: Bulk density, FC: Field capacity, PWP: Permanent wilting point, AWC: Available water content, PR: Penetration resistance

To determine effects of some physicochemical soil properties on soil tillage, factor analyses was applied. According to study results, AWC, FC, OM and PWP that are inside in Factor 1 were found positive effect on soil tillage whereas, CaCO₃ was determined negative effect on soil tillage for vertisol. Positive values showed difference resistance to soil tillage in wet or dry conditions of vertisol. In this case, it can be said that soil tillage can be applied more easily in wet condition of vertisol than dry soil condition. However, increasing of

Faktör analizi, fiziko-kimyasal özelliklerin toprak işlenebilirliği üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Elde edilen çalışma bulgularına göre Vertisol toprakta Faktör 1 içerisinde yer alan AWC, FC, OM ve PWP pozitif yük değerleri olarak işlenebilirlik üzerine olumlu etkide bulunurken, CaCO₃ negatif yük değeri olarak işlenebilirlik üzerine olumsuz etkide bulunmuştur. Pozitif yük değerleri vertisol toprakların ıslak ve kuru koşullarda toprak işlemeye karşı dirençlerinin farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, Vertisol

lime content of soil leads to making difficulty of soil tillage in vertisol. When evaluating of Factor 2 results, soil tillage is becoming easy with increasing of BD and S content of soil. On the other hand, if C content increases in soil, this case was negative effect on soil tillage and soil cultivation will be more difficult. In Factor 3 involved PR and its results show the same effect with lime content of soil. Namely, it was found that increasing of PR value in soil leads to make difficult soil cultivation in vertisol

According to factor analyses, were determined factor groups of eigenvalue more than 1 in entisol and their results were given in Table 6. The first group (Factor 1) formed from C, S, AWC, FC, OM, PWP and BD that related to most texture and soil moisture and those factors noted 72.89 % of variance. In second Factor 2 formed from CaCO₃, Si and PR and it was only explained with 22.05% of total variance. Thus, after factor analysis, determined 3 groups involved 94.94% of total variance. In addition, while PR variability was the least clarified feature in physical properties with 70% of PR variability using factor analysis, it was explained with more than 90% variability in other physicochemical properties (Tablo 6).

toprakta toprak işlemenin nemli koşullarda kuru koşullara oranla daha kolay yapılabileceğini göstermektedir. Ancak toprakların kireç içeriğinin artmasıyla toprak işleme zorlaşmaktadır. Faktör 2 bulguları değerlendirildiğinde ise artan BD ve S içeriği ile birlikte toprakların işlenebilirliği kolaylaşırken C içeriğinin artması toprak işlemeyi zorlaştırmaktadır. Üçüncü faktör (Faktör 3) olarak gruplandırılan ve toprakta sıkışmanın göstergesi olan PR artması da yine toprak işlemenin daha zor şekilde yapılmasına neden olmaktadır

Entisol toprakta faktör analizi ile özdeğeri (eigenvalue) >1 olan faktörler belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 6'da sunulmuştur. Bu sonuçlara göre C, AWC, PWP, FC, OM, S ve BD gibi toprak suyu ve tanecik fraksiyonu ile yakından ilişkili özelliklerden oluşan Faktör 1 toplam varyansın % 72.89'unu açıklayarak en önemli faktör olmuştur. CaCO₃, Si ve PR gibi özelliklerden oluşan Faktör 2 ise toplam varyansın ancak % 22,05'ini açıklamıştır. Faktör analizi ile belirlenen faktör grupları entisol toprakta toplam varyansın % 94,94'ünü açıklamıştır. Ayrıca yapılan faktör analizi ile değişkenliğinin ancak yaklaşık % 70'i açıklanabilen PR değişkenliği en az açıklanabilen fiziksel özellik olurken, diğer fiziko-kimyasal özelliklerin tamamında değişkenliğin % 90'dan fazlası açıklanabilmektedir (Tablo 6).

Table 6 / Tablo 6

Values of factor for some physico-chemical properties of Entisol /
Entisol toprakların bazı fiziko-kimyasal özelliklerine ait faktör analiz değerleri

Soil Properties	Factor 1	Factor 2	Communality Estimates
C	0.992 / 0,992		0.994 / 0,994
AWC	0.979 / 0,979		0.996 / 0,996
PWP	0.976 / 0,976		0.997 / 0,997
FC	0.952 / 0,952		0.993 / 0,993
OM	0.908 / 0,908		0.959 / 0,959
S	-0.994 / -0,994		0.994 / 0,994
BD	-0.989 / -0,989		0.993 / 0,993
CaCO ₃		0.840 / 0,840	0.901 / 0,901
Si		0.797 / 0,797	0.967 / 0,967
PR		0.728 / 0,728	0.699 / 0,699
Initial eigenvalue	7.71 / 7,71	1.79 / 1,79	
Variance %	72.89 / 72,89	22.05 / 22,05	
Cumulative variance %	72.89 / 72,89	94.94 / 94,94	

C, AWC, FC, OM and PWP that are inside in Factor 1 were found positive effect on soil tillage whereas, S and BD were determined negative effect on soil tillage for entisol.

Soil tillage is becoming with increasing of soil moisture content in entisol. CaCO₃, Si and PR were grouped under Factor 2 and these properties have positive effect on soil tillage in entisol.

CONCLUSION

Field operation management, especially selecting and using tillage equipment, should be directed toward developing and maintaining an optimal proportion of soil components (water, air, organic matter, and mineral components) for productive and sustainable agriculture. That's why, it should be well known interactions among soil components. Therefore, factor analysis is one of the most important methods to determine these interactions. In this study, ten physico-chemical soil characteristic such as C, S, Si, CaCO₃, OM, AWC, FC, OM, PWP and BD were used to determine their positive or negative effect on soil tillage by investigating with factor analysis for each different soil types (entisol and vertisol). Because, productive soil is a valuable resource and must be protected. Prevention is the best method for controlling compaction. Once a soil has become compacted, correcting it is difficult and costly, and may take years. For this reasons, it should be taken some measurement such as not to work soil or drive on fields unless soil is dry enough otherwise soil

Entisol toprakta Faktör 1 içerisinde gruplandırılan C, AWC, PWP, FC, OM gibi özellikler toprak işlenebilirlik üzerine pozitif etkiler gösterirken S ve BD gibi özellikler negatif etkiler göstermiştir.

Entisol toprakta da vertisol toprağa benzer şekilde topraktaki nem düzeyinin artmasıyla toprağın işlenebilirliği kolaylaşmaktadır. Faktör 2 altında gruplandırılan CaCO₃, Si ve PR gibi fiziko-kimyasal özelliklerde işlenebilirlik üzerine pozitif etkiler ortaya koymaktadır.

SONUÇ

İyi düzenlenmiş olan araştırma desenlerinde faktör analizi, çok sayıda değişkenle ölçülecek olan bir yapıyı ölçmeye yönelik olarak birbirleriyle ilişkili olan değişkenleri bir araya getirerek, bu değişkenleri daha az sayıda değişkenle (faktör) açıklayarak sonuçların kolay anlaşılabilmesine önemli katkılar sunmaktadır. Bu amaçla vertisol ve entisol toprakta seçilen 10 adet fiziko-kimyasal toprak özelliğinin toprak işlenebilirliği üzerine olan etkileri faktör analizi ile araştırılmıştır. Yapılan faktör analizi sonuçlarına göre fiziko-kimyasal özelliklerin toprağın işlenebilirliği üzerine olan etkileri vertisol toprakta üç grup altında toplanırken entisol toprakta iki grup altında toplanmıştır. Analiz sonuçları çalışma bulgularının değerlendirilmesinde faktör analizinin başarılı sonuçlar ortaya koyduğunu ve bazı fiziko-kimyasal toprak özelliklerinin işlenebilirlik üzerine olan etkilerinin anlaşılmasını kolaylaştırdığı görülmüştür.

compaction occurs in the future that leads weak roots growing in crop. In addition maintain as much organic matter in soil as feasible. Increased organic matter generally makes aggregates stronger so they can better support traffic with less compaction. Reduced tillage, use of cover crops, choice of crop, and crop rotations can all add residues and thus organic matter.

Acknowledgement

The authors gratefully acknowledge Scientific Research Council (BAP-PYO. ZRT.1901.011.011) of Ondokuz Mayıs University

REFERENCES

- [1]. Allison, L.E., and Moodie, C.D. (1965) – *Carbonate*. In: C.A. Black et al (ed.) *Methods of Soil Analysis*. Part 2, Agronomy 9;1379-1400. Am. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA;
- [2]. Blake, G.R., and Hartge, K.H. (1986) – *Bulk Density and Particle Density*. In *Methods of Soil Analysis*, A. Klute (ed.), Part I, Physical and Mineralogical Methods (Second edition), pp: 363-381. ASA and SSSA Agronomy Monograph, no: 9, Madison, WI;
- [3]. Brejda, J.J., Moorman, T.B., Karlen, D.L., & Dao, T.H. (2000) – *Identification of regional soil quality factors and indicators: I. Central and southern high plains*. Soil Science Society of America Journal, 64, 2115-2124;
- [4]. Bouyoucos, G.J. (1951) – *A Recalibration of Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils*, Agronomy Journal, 43(9), 434-438;
- [5]. Jackson, M. (1958) – *Soil Chemical Analysis*, p. 1-498. Prentice-Hall. Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA;
- [6]. Govaerts, B., Sayre, K.D., Deckers, J., (2006) – *A minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize in the highlands of Mexico*. Soil Tillage Res. 87, 163–174;
- [7]. Marinari, S., Mancinelli, R., Campiglia, E., Grego, S., (2006) – *Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Central Italy*. Ecol. Indic. 6, 701–711;
- [8]. McKeys, E. (1985) – *Soil Cutting and Tillage*. Elsevier, Amsterdam, 217 pp;
- [9]. Hair, J.F., Anderson, J.R.E., & Tatham, R.L. (1987) – *Multivariate data analysis with readings* (2nd edn). Macmillan Publishing Co, New York, USA;
- [10]. Kaspar, T.C., Fenton, D.J., Colvin, T.S., Karlen, D.L., Jaynes, D.B., & Meek, D.W. (2004) – *Relationships of corn and soybean yield to soil and terrain properties*. Agronomy Journal, 96, 700-709;
- [11]. Klute, A. (1986) – *Water Retention: Laboratory methods*. In *Methods of Soil Analysis*, A. Klute (ed.), Part I, Physical and Mineralogical Methods (Second edition), pp: 635-662, ASA and SSSA Agronomy Monograph no: 9, Madison, WI;
- [12]. Rezaei, S.A., Gilkes, R.J., Andrews, S.S., (2006) – *A minimum data set for assessing soil quality in rangelands*. Geoderma 136, 229–234;
- [13]. Sarıoğlu, F.E., Dengiz, O. (2012) – *Soil Survey and Mapping of Soils Formed on Two Different Physiographic Units and Their Classification*. The International Soil Science Congress on Land Degradation and Challenges in Sustainable Soil Management. 15-17 May 2012, Çeşme-İzmir-TURKEY.
- [14]. Selvi, K.Ç., Kirişçi, V. ve Korucu, T. 2003. The Effects Of Plowpan On Cotton Production In Terms Of Soil Dynamics. 21th National agricultural mechanization congress, 3-5 September 2003. pp:179-185, Konya, TURKEY;
- [15]. Shukla, M.K., Lal, R., Ebinger, M., (2006) – *Determining soil quality indicators by factor analysis*. Soil Tillage Res. 87, 194–204;

Açıklama

Bu çalışmaya (BAP-PYO. ZRT.1901.011.011) desteklerinden dolayı Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) komisyonuna teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1]. Allison, L.E., and Moodie, C.D. (1965) – *Carbonate*. In: C.A. Black et al (ed.) *Methods of Soil Analysis*. Part 2, Agronomy 9;1379-1400. Am. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA;
- [2]. Blake, G.R., and Hartge, K.H. (1986) – *Hacimsel yoğunluk ve parçacık yoğunluğu*. In *Methods of Soil Analysis*, A. Klute (ed.), Part I, Physical and Mineralogical Methods (Second edition), pp: 363-381. ASA and SSSA Agronomy Monograph, no: 9, Madison, WI;
- [3]. Brejda, J.J., Moorman, T.B., Karlen, D.L., & Dao, T.H. (2000) – *Bölgesel toprak kalite faktörlerinin ve göstergelerinin tanımlanması. I. Central and southern high plains*. Soil Science Society of America Journal, 64, 2115-2124;
- [4]. Bouyoucos, G.J. (1951) – *Toprakların mekanik analizleri için hidrometre metodunun kalibrasyonu*. Agronomy Journal, 43(9), 434-438;
- [5]. Jackson, M. (1958) – *Kimyasal toprak analizleri*. p. 1-498. Prentice-Hall. Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA;
- [6]. Govaerts, B., Sayre, K.D., Deckers, J., (2006) – *Meksinanın yüksek alanlarında yetişen mısır ve buğday bitkisi toprak kalite değerlendirmesi için minimum veri seti*. Soil Tillage Res. 87, 163–174;
- [7]. Marinari, S., Mancinelli, R., Campiglia, E., Grego, S., (2006) – *Orta İtalya'da konvansiyonel ve organik tarımda toprak kalitesinin kimyasal ve biyolojik göstergeleri*. Ecol. Indic. 6, 701–711;
- [8]. McKeys, E. (1985) – *Toprak işleme ve kesme*. Elsevier, Amsterdam, 217 pp;
- [9]. Hair, J.F., Anderson, J.R.E., & Tatham, R.L. (1987) – *Okumalarla multivariate veri analizi* (2nd edn). Macmillan Publishing Co, New York, USA;
- [10]. Kaspar, T.C., Fenton, D.J., Colvin, T.S., Karlen, D.L., Jaynes, D.B., & Meek, D.W. (2004) – *Mısır ve soyada toprak özellikleri ilişkileri*. Agronomy Journal, 96, 700-709;
- [11]. Klute, A. (1986) – *Water Retention: Laboratory methods*. *Toprak analiz metodları*, A. Klute (ed.), Part I, Physical and Mineralogical Methods (Second edition), pp: 635-662, ASA and SSSA Agronomy Monograph no: 9, Madison, WI;
- [12]. Rezaei, S.A., Gilkes, R.J., Andrews, S.S., (2006) – *Meralarda toprak kalite değerlendirmesi için minimum veri seti*. Geoderma 136, 229–234;
- [13]. Sarıoğlu, F.E., Dengiz, O. (2012) – *Soil Survey and Mapping of Soils Formed on Two Different Physiographic Units and Their Classification*. The International Soil Science Congress on Land Degradation and Challenges in Sustainable Soil Management. 15-17 May 2012, Çeşme-İzmir-TURKEY.
- [14]. Selvi, K.Ç., Kirişçi, V. ve Korucu, T. 2003. *Pamuk üretiminde pulluk tabanının toprak dinamiği açısından etkileri*. 21th National agricultural mechanization congress, 3-5 September 2003. pp:179-185, Konya, TURKEY;
- [15]. Shukla, M.K., Lal, R., Ebinger, M., (2006) – *Faaktör analiz yöntemiyle toprak kalite göstergelerinin belirlenmesi*. Soil Tillage Res. 87, 194–204;

- [16]. Swan, A. R. H. and Sandilands, M. (1995) – *Introduction to Geological Data Analysis*. Blackwell, London. 446 PP;
- [17]. Soil Survey Staff. (1999) – *Soil Taxonomy. A Basic of Soil Classification for Making and Interpreting soil Survey*. USDA Handbook No: 436, Washington D.C. USA;
- [18]. Terzaghi C. (1996) – *Simplified soil test for subgrades and their physical significance*. Publ. Roads 7, 153–162;
- [19]. Wendroth, O., Reynold, W.D., Vieira, S.R., Reichardt, K. and Wirth, S. (1997) – *Statistical Approaches to the Analysis of Soil Quality Data*. In: "Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health", (EdS.): Gregorich, E. G. and Carter, M. R.. Elsevier, Amsterdam, PP. 247-276;
- [20]. Yemefack, M., Jetten, V.G., Rossiter, D.G., (2006) – *Developing a minimum data set for characterizing soil dynamics in shifting cultivation Systems*. Soil Tillage Res. 86, 84–98.

- [16]. Swan, A. R. H. and Sandilands, M. (1995) – *Jeolojik veri analizine giriş*. Blackwell, London. 446 PP;
- [17]. Soil Survey Staff. (1999) – *Soil Taxonomy. Toprak araştırmalarında temel toprak sınıflandırılması*. USDA Handbook No: 436, Washington D.C. USA;
- [18]. Terzaghi C. (1996) – *alt katmanlar ve onların fiziksel öneminin anlaşılmasında kullanılan basitleştirilmiş toprak testleri*. Publ. Roads 7, 153–162;
- [19]. Wendroth, O., Reynold, W.D., Vieira, S.R., Reichardt, K. and Wirth, S. (1997) – *Toprak kalitesi veri analizlerine istatistiksel bir yaklaşım: "Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health", (EdS.): Gregorich, E. G. and Carter, M. R.. Elsevier, Amsterdam, PP. 247-276;*
- [20]. Yemefack, M., Jetten, V.G., Rossiter, D.G., (2006) – *Değişken toprak işleme sistemlerinde toprak dinamiğinin katarize edilmesin için minimum düzeyde veri seti geliştirilmesi*. Soil Tillage Res. 86, 84–98.

CHANGING EXISTING IRRIGATION SYSTEMS AND MANAGEMENT IN BULGARIA FOR SUSTAINABLE USE OF WATER

ПРОМЯНА НА СЪЩЕСТВУВАЩИТЕ НАПОИТЕЛНИТЕ СИСТЕМИ В БЪЛГАРИЯ И УПРАВЛЕНИЕТО ИМ ЗА УСТОЙЧИВО ИЗПОЛЗВАНЕ НА ВОДАТА

Assist. Prof. Ph.D. Patamanska G., Assoc. Prof. Ph.D. Chehlarova-Simeonova S.
Institute of Soil Science, Agrotechnology and Plant Protection "Poushkarov" Sofia / Bulgaria
Tel: 359 2-8929366; E-mail: patamanska_g@yahoo.com

Abstract: In recent decades changes in climate of Bulgaria have been observed, a warming trend was established, coupled with decreasing rainfalls, especially during the warm half of the year. This causes reduction of the agricultural production and prevents development of intensive agriculture without irrigation. There is a need for changing the existing irrigation systems towards improving their operation and management in order to develop productive, sustainable against altered climate conditions agriculture, which uses resources efficiently. The present article aims to analyze and evaluate the existing problems facing the irrigation sector in Bulgaria and to identify the main reasons for developmental delay. Key measures to be adopted for changing and renovation of existing irrigation systems and their management in order to increase the level of application of irrigation and water use efficiency are outlined.

Keywords: irrigation system, management, improvements, rehabilitation

INTRODUCTION

Bulgaria is a country with a tradition in irrigation and has a significant irrigation fund. The Bulgarian irrigation systems were built in the second half of last century mostly with open canals. Until 1990 the 1, 2 million hectares were under irrigation as the irrigated area covered 29 % of the total arable land and the 50% of whole agricultural output was received of this area. In the next years a long and unsuccessful reform in irrigation was carried out and nowadays irrigation applies to a minimum in Bulgaria.

On the other hand, in recent decades changes in climate of the country have been observed. A warming trend coupled with decreasing rainfalls, especially during the warm half of the year has been established. The growth of agricultural crops is negatively affected by the altered climatic conditions and that is one of the major reasons of crop yields variations. It is necessary to expand the use of irrigation in Bulgaria to address the consequences of climate change on agricultural production.

The Bulgarian irrigation systems in were built mainly during the 60s and 70s of last century and are not in good technical condition. Since the period of operation life of the irrigation facilities does not exceed 50 years rehabilitation and upgrade of the irrigation systems has become imperative.

Changing the existing irrigation systems is also needed and therefore changes occurred after the 1989 in the organization of irrigation process and water use imposed by private ownership of agricultural land. This change ought to be towards improving their operation and management with a view to the development of productive, sustainable against altered climate conditions agriculture which uses resources efficiently.

The present article aims to analyze and evaluate the existing problems facing the irrigation in Bulgaria. The main reasons for developmental delay are identified. Key measures to be adopted for changing and renovation of existing irrigation systems and their management in order

Резюме: В последните десетилетия се наблюдават промени в климата на България, като е установена тенденция на затопляне, съпроводена с намаляване на валежите, най-вече през топлото полугодие. Това води до намаляване на селскостопанската продукция и прави невъзможно развитието на интензивно земе-делие без напояване. Наложителни са промени в съществуващите напоятелни системи за подобряване на действието и управлението им, с оглед развитието на продуктивно, устойчиво на изменението на климата земеделие, което използва ресурсите ефективно. Тази статия има за цел да се анализират и оценят съществуващите проблеми пред сектор напояване в България и да се посочат главните причини за забавяне на развитието му. Набелязват се основни мерки, които следва да бъдат предприети за промяната и обновяването на съществуващите напоятелни системи и управлението им с цел да се повиши степента на прилагане на напояване и ефективността на използване на водата.

Ключови думи: напоятелна система, управление, подобрения, възстановяване.

УВОД

България е страна с традиции в напояването, която разполага със значителен хидромелиоративен фонд. Българските напоятелни системи са изградени през втората половина на миналия век, най-често с открити канали. До 1990 г. в страната се поливаха 1, 2 млн. ха земеделски земи, като поливните площи съставляваха 29 % от обработваемата земя, а от тях се получаваше 50% от селскостопанската продукция. В следващите години беше проведена дълготрайна и несполучлива реформа в напояването и понастоящем в България то се прилага в минимална степен.

От друга страна в последните десетилетия се наблюдават промени в климата в страната, като е установена тенденция на затопляне, съпроводена с намаляване на валежите, най-вече през топлото полугодие. Промените климатични условия влияят негативно на развитието на земеделските култури и са една от главните причини за намаляването на добивите. За преодоляване на последиците от тези промени върху селскостопанската продукция е необходимо да се повиши степента на прилагане на напояване в България.

Българските напоятелни системи са строени главно през 60-те и 70-те години на миналия век и не са в добро техническо състояние. Тъй като срокът на годност на съоръженията за напояване не надвишава 50 години, рехабилитацията и обновяването им става все по-належащо.

Промяна на старите напоятелни системи се налага и поради настъпилите след 1989 г. изменения в организацията на поливния процес и на водоползването вследствие частната собственост върху земеделските земи. Тази промяна трябва да е в посока подобряване на действието и управлението им с оглед на развитието на продуктивно, устойчиво на изменението на климата земеделие, което използва ресурсите ефективно.

Тази статия има за цел да се анализират и оценят съществуващите проблеми пред сектор напояване в България. Посочени са главните причини за забавяне на развитието му. Набелязват се основни мерки, които следва да бъдат предприети за промяната и обновяването на съществуващите напоятелни системи и

to expand the use of irrigation and increase water use efficiency are outlined.

ANALYSIS OF THE IRRIGATION SECTOR IN BULGARIA

Water resources and water use

According to forecasts for Bulgaria as a whole a steady trend of shortage of water resources is not expected. However in the last 10-15 years there is non-uniformity in the rainfall levels.

The figure 1 shows that the lowest level of precipitation was in 2000 and 2008, while in 2005 rainfalls with exceptional intensity have occurred, which led to floods and flooding of large areas of farmland.

Rainfalls during the warm half of the year (April - September) are most important for the production of agricultural output. In recent decades there has been observed a low summer rainfall. In the dry 2008, with mean 23% reduction in rainfall below normal, rainfall reduction for August is 27% below normal [3].

Increasing temperatures and low rainfall during the summer lead to problem of water shortages in critical periods for the development of agricultural crops. To address the negative consequences of water deficit in summer irrigation should be applied.

управлението им с цел да се повиши степента на прилагане на напояване и ефективността на използване на водата.

АНАЛИЗ НА СЪСТОЯНИЕТО НА СЕКТОР НАПОЯВАНЕ В БЪЛГАРИЯ

Водни ресурси и водопотребление

Според прогнозите като цяло за България не се очаква трайна тенденция на недостиг на водни ресурси. Но през последните 10-15 години се наблюдава неравномерност в нивото на валежите.

От фигура 1 се вижда, че най-ниско е нивото на валежите през 2000 г. и 2008 г., докато 2005 година е с изключително високо равнище на валежите, които доведоха до наводнения и заливане на големи площи земеделски земи.

За производството на селско-стопанска продукция, най-голямо значение имат валежите през топлото полугодие на годината (месеците април-септември). В последните десетилетия се наблюдава ниско равнище на летните валежи. За сухата 2008 година със средно 23% намаление на валежите под нормата, намалението за месец август е съответно 27% [3].

Повишаването на температурите и недостатъчните валежи през летните месеци водят до проблема с недостиг на вода във важни периоди за развитието на земеделските култури. За преодоляване на негативните последици от водния дефицит в летните месеци трябва да се прилага напояване.

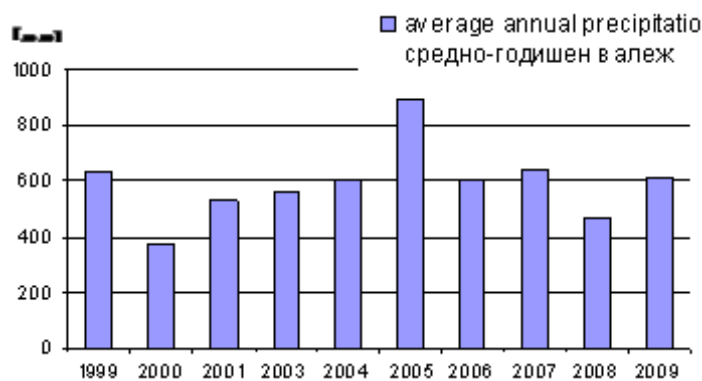


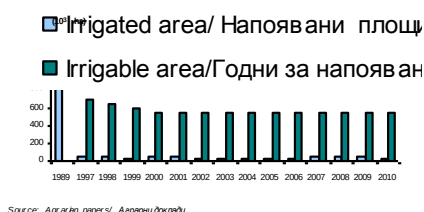
Fig. 1 - Average annual precipitation / Средно-годишен валеж

The amount of irrigable and irrigated areas in the period 1997-2010 is presented in Fig. 2. For comparison in the same figure the irrigated area for 1989 is also given which amounts to 1, 283 million ha. Although almost half of these areas are currently fit for irrigation in the years after 1989 a trend to drastically reducing the amount of irrigated land is observed. The analysis shows that irrigated area for this period is between 4 to 8 % of total irrigable land.

The following figure presents data for water abstractions from water sources for irrigation systems and the water, supplied for irrigation in the period 2000-2010. As seen larger water volumes were supplied for irrigation during the dry 2000 and 2008. In the same years a free irrigation for the water users was permitted which determines larger water use. For these years the percentage of the irrigated area compared the irrigable area is the highest for the entire period - 8.9% for 2000 and 8.4% for 2008. At least arable lands were watered in 2005 due to fallen this year rainfalls. After this year some growth in the amount of water supplied for irrigation and irrigated areas has been observed, feasible reasons are the permission of a free irrigation during the irrigation season and the increased interest in rice production. During the irrigation season of 2010, 297040 thousand m³ of water were supplied for irrigation to 30046, 1 ha of arable land, as 261408 thousand m³ of water that are 88 % of total supply - were supplied to the area occupied by rice amounting to 10892, 6 ha [1].

На фиг. 2 са представени годните за напояване и напояваните площи за периода 1997-2010 г. За сравнение на същата фигура е даден и размерът на поливните площи през 1989 г., който възлиза на 1 283 000 ха. Независимо, че почти половината от тези площи понастоящем са годни за напояване, в годините след 1989 г. се наблюдава тенденция за драстично намаляване на размера на поливаните земеделски земи. Анализът показва, че напояваните площи за разглеждания период са от 4 до 8 % от годните за напояване земи.

На следващата фигура са представени данни за изнетата вода по водоизточници за напоителни системи и доставената вода за напояване за периода 2000-2010 година. От тази фигура се вижда, че по-големи количества вода за напояване са подадени през сухите 2000 и 2008 година. През тези години са разрешавани и безплатни поливки, което е обусловило и по-голямо водопотребление. За тези години процентът на поляните площи спрямо годните за напояване е най-висок за целия период - 8,9 % за 2000 г. и 8,4 % за 2008 г. Най-малко земеделски земи са полети през 2005 г. поради падналите през тази година валежи. След тази година се забелязва известен ръст на доставките на вода за напояване и на полетите земеделски земи, предпоставка за което е разрешената на водоползвателите една безплатна поливка през напоителния сезон и засиленият интерес към оризо-производство. През поливния сезон на 2010 г. от подадените общо 297040 хил. м³ вода за напояване на 30046, 1 ха обработваема земя на 10892, 6 ха площи, заети с ориз, са подадени 261408 хил. м³ водни маси, което е 88 % от общия подаден обем.



Source: Agrarian papers/ Аграрни документи

Fig. 2 - Irrigable and irrigated areas in the period 1997-2010/
Годни за напояване и напоявани площи за периода 1997-2010

The share of water used for irrigation in 2010 was only 5,88 % of the total water uses.

Comparison of data for water abstractions from the water sources for irrigation systems and for water delivered to the irrigated areas for the period 2000-2010 shows that the irrigation systems operate at high water losses in the range of 70-80%.

Делът като цяло на използваната вода за напояване през 2010 г. съставлява едва 5,88 % от общото водопотребление.

Сравнението на данните за изнетата от водоизточниците вода за напоителните системи и тези за доставената от тях до поливните площи за периода 2000-2010 показва, че напоителните системи работят при големи загуби на вода от порядъка на 70-80 %.



Source: Statistical yearbook of Bulgaria/ Годишник на НСИ

Fig. 3 - Water supply, water abstraction for irrigation and water losses in the period 2000-2010/
Изнета, доставена вода за напояване и загуби на вода за периода 2000-2010 г

Irrigation infrastructure in Bulgaria

In the second half of last century 240 irrigation systems were built in Bulgaria, as the water delivery networks of most of these systems consist in open canals. Each of these irrigation systems is located in a region with an appropriate microclimate with traditions and good perspective for development of modern irrigation agriculture during the period of the establishment. As a rule, these irrigation systems supply water to a compact territory from a single source of water (large dam or river), of which water is transported to the irrigated area through one or more main open canals.

The irrigation systems were designed and built in accordance with the collective use of land to serve aggregated irrigated area and small number water users. In this period agricultural policy was conducted entirely by the state that supported the organizational structures, investments, material and technical resources, agricultural science etc.

At present Bulgaria still has large irrigation fund. Total irrigated area of the country amounts to 740600 ha, the actually fit for irrigation are 541800 ha or about 72% of total. Water is supplied to 250700 ha by gravity, the remaining 291100 ha are fed from pumping stations.

Almost all of the irrigation systems in the country are operated and managed by trading company "Irrigation Systems". Main activities of the company are performing the delivery and selling water for irrigation. Water is supplied on a weekly or a decade schedule composed on the basis of the requests of water of the users within the pre-seasonal contract signed considering the actual possibilities of delivering water. Contacts between the supplier "Irrigation Systems" Ltd and water users mainly occur in the conclusion of the annual seasonal contract before the start of irrigation season.

Напоителна инфраструктура в България

През втората половина на миналия век в България са изградени 240 напоителни системи, като водоразпределителна мрежа на по-голямата част от тях е изградена с открити канали. Всяка една от тези напоителни системи е разположена в район с подходящ микроклимат, с традиции и добра перспектива за развитие на модерно поливно земеделие в периода на създаването ѝ. Като правило тези напоителни системи снабдяват компактна територия с вода от единен водоизточник (язовир или река), от който до напояваните площи водата се транспортира чрез един или няколко големи открити канала.

Този напоителна инфраструктура беше проектирана и изградена в съответствие с изискванията на колективното използване на земеделската земя и за обслужване на укрупнени поливни площи и малко на брой водоползватели. В този период политиката в земеделието изцяло се провеждаше от държавата, която подкрепяше организационно-стопанските структури, инвестициите, материално-техническите средства, аграрната наука и др.

Понастоящем България все още разполага с голям хидромелиоративен фонд. Общо поливните площи на страната възлизат на 740600 ха, от тях реално годни за напояване са 541800 ха или около 72% от всички поливни площи¹. На 250700 ха водата се доставя по гравитачен път, на останалите 291100 ха чрез помпени станции.

Почти всички напоителни системи в страната се стопанисват и управляват от търговското дружество „Напоителни системи“. Основна дейност на дружеството е извършването на доставка и продажба на вода за напояване. Водата се доставя по седмичен или декаден график, съставен на основата на заявките за водопотребителите, в рамките на предварително сключен сезонен договор и с отчитане на реалните възможности за доставка на вода. Контактите между доставчика на вода „Напоителни системи“ ЕАД и водопотребителите са главно при ежегодното сключване на сезонния договор преди началото на напоителния сезон.

¹ According to Decree № 512/2000 on the balance and use of irrigated area in Republic Bulgaria/ Съгласно ПМС № 512/2000 за балансите по видове територии според предназначението им и на баланса на поливните площи в Република България.

In the new economic environment in Bulgaria after 1989 the establishment of water user associations has started to take a responsibility for operation and maintenance of separate parts of the irrigation system and management of irrigation. They receive water for irrigation of "Irrigation Systems" LTD and are responsible for the delivery and distribution to farmers. By 2011, a total of 73 Water Users Associations are registered in the country which serve 5396, 4 ha irrigated area.

Current technical condition of the existing irrigation infrastructure

The prevailing part of the irrigation infrastructure in Bulgaria is put into operation in the 60s and 70s of last century. Existing irrigation facilities are now old and in poor technical and operational condition. The operation of old open canals of which is mostly built conveyance and distribution networks of irrigation systems is associated with high water losses caused both by leakages and poor management. Because long-term operation, the lining of main and distribution canals is partially damaged, this implies large water losses of from filtration, especially during transportation over long distances, reaching several tens of kilometers. Many irrigation canals are designed constructively, so most the off takes are located at the beginning of canal reaches. On the other hand the canals are oversized in terms of current needs of water for irrigation. To supply needed water to the irrigated areas, it is necessary the canals to maintain higher water levels leading to substantial operating losses and low water use. Especially the internal canal network and irrigation facilities, managed by former Co-operatives and Agro-industrial

Complexes are most largely destroyed. Machinery and equipment used in irrigation practice with over 10 years service life is significantly high percentage of total available equipment - 83.3% [4]. Practically no irrigation equipment is in use, the most widespread is gravity irrigation, which is also characterized by high water losses. This increases the cost of the irrigation and reduces efficiency. Besides poor technical condition, problems in the operation of irrigation systems also arise due to altered form of land use in Bulgaria after 1989. As a result of the conducted land reform, the irrigated plots in the command area of the irrigation system now are owned by large number of farmers and accordingly the number of water users within the irrigation system also increased many times. In the new economic environment the establishment of water user associations has started which to take on responsibility for the operation and maintenance of separate parts of the irrigation system and the irrigation management. At present water users located within an irrigation system, are water user associations, tenant farmers and cooperatives as well individual farmers who own small land plots scattered across the command area of the irrigation system. The irrigation systems are supposed to supply water to many agricultural producers, often with different interests. On the other hand, they are designed for scheduled water use, which significantly reduces the possibility of free use of water by farmers.

The water users pay for water at cost. As no measurements of irrigation water are carried out payment of the water used is per unit irrigated area. As the cost of maintaining the existing irrigation facilities are also included in the calculation of the cost of irrigation water, low use of irrigation systems leads to high cost of irrigation water that doesn't encourage the farmers to apply irrigation. In the recent years about 60% of irrigated areas are planted by autumn crops - wheat, barley, which almost nowhere is irrigated [3]. These have replaced more water-demanding crops, including maize and

В променената икономическа обстановка в България след 1989 г. се премина към създаването на сдружения за напояване, които да поемат задълженията по експлоатацията и поддръжката на обособени части от напоителните системи и управлението на поливния процес. Те получават вода за напояване от "Напоителни системи" ЕАД и се грижат за доставянето и разпределението ѝ между частните стопани. Към 2011 г. в страната са регистрирани общо 73 сдружения за напояване, които обслужват 5396, 4 ха поливни площи.

Техническо състояние на изградената напоителна инфраструктура

Преобладаващата част от българските напоителните системи са въведени в експлоатация през 60-те и 70-те години на миналия век. Съществуващите съоръжения за напояване са вече стари и са в незадоволително техническо и експлоатационно състояние. Действието на старите открити канали, от които е изградена транспортната и водоразпределителна мрежа на много напоителни системи, е свързано с големи загуби на вода, причинени както от физически течове, така и от недоброто им управление. Поради дългогодишната експлоатация, частично е нарушена облицовката на каналите от транспортната и водоразпределителна мрежа, което обуславя големи загуби на вода от филтрация, особено при транспортиране ѝ на големи разстояния, достигащи няколко десетки километра. Конструктивно, много напоителни канали са проектирани, така че голяма част от водоземанията са разположени в началото на технологичните участъци. От друга страна каналите са преоразмерени от гледна точка на настоящите нужди от вода за напояване. За да се подадат необходимите водни количества към поливните площи, в каналите се налага да се поддържат по-високи водни нива, което води до значителни оперативни загуби и ниска степен на използване на водата.

В най-голяма степен са разрушени вътрешно-каналната мрежа и хидромелиоративните съоръжения, стопанисвани от бившите ТКЗС и АПК. Използваните в мелiorативната практика машини и съоръжения с над 10 години срок на служба са съществено голям процент от общата налична техника - 83,3 % [6]. Поливна техника практически не се използва, най-разпространен метод за напояване е правитачното напояване, за който са характерни големи загуби на вода. Това оскъпява поливния процес и снижава ефективността му. Освен лошото техническо състояние, друга причина за затрудненията при експлоатацията на напоителните системи е променената форма на земеползване в България след 1989 г. В резултат на проведената поземлена реформа, поливните площи, обслужвани от една напоителна система, сега са собственост на голям брой частни стопани (фермери), което доведе до многократно нарастване и на броя на водопотребителите, разположени на територията на една напоителна система. Такива могат да бъдат както сдружения на водопотребители, арендатори и кооперации, така и отделни земеделски стопани, които притежават малки парцели земя, разпръснати по цялата територия на напоителната система. Напоителните системи сега трябва да доставят вода на голям брой водопотребители, често с различни и противоположни интереси. От друга страна, те са проектирани за планово водопотребление, което ограничава силно възможността за свободно водоползване от страна на земеделските стопани.

Потребителите заплащат водата за напояване по нейната себестойност. Тъй като не се извършват измервания на водата за напояване, заплащането на използваната вода е за единица напоявана площ. Тъй като в цената на водата се калкулират и разходите за поддръжка на съществуващата напоителна инфраструктура, ниската степен на използване на напоителните системи води до висока цена на водата за напояване, която не стимулира земеделските потребители да прилагат напояване. В последните години на около 60% от поливните площи се засяват есенни култури - пшеница, ечемик, които почти никъде не се напояват [6]. Те изместват по-

vegetables.

Regardless of poor technical condition of irrigation facilities, the allocated investments that are released for rehabilitation, maintenance and operation of irrigation systems are negligible and they reduce each year.

From the analysis of the information provided can be concluded that nowadays irrigation applies to a minimum in Bulgaria by relying mainly on precipitation to satisfy the water demand of crops. Rice, some vegetables and other intensive crops are mainly irrigated.

The reasons for denial of irrigation and low utilization of existing irrigation facilities are various. They can be summarized as follows:

- Poor technical and operational condition of the existing irrigation infrastructure, which is low efficient and requires urgent rehabilitation and renovation. The destruction of most of internal canal network, lack of irrigation equipment.
- The inadequate funding of the maintenance and operation of irrigation facilities. Highly reduced investments for rehabilitation and renovation.
- Mismatch between the parameters of existing irrigation systems built to serve large production units and their present use in conditions of fragmented land use. Irregularly and inadequate water supply.
- Change of the structure of the crops.
- The high cost of irrigation water, etc.

MEASURES TO BE ADOPTED FOR EFFICIENT USE OF WATER IN EXISTING IRRIGATION SYSTEMS

Adaptation to changing climatic conditions requires increase in use of irrigation and appropriate change of irrigation systems in Bulgaria.

Under altered climate conditions leading to water deficit during the warm half of the year must ensure:

1. Providing water for irrigation timely and in the required quantities as needed for irrigated crops;
2. Reducing the total amount of water used in irrigation and the losses by improving the efficiency of operation and use of irrigation infrastructure.

In view of limited investments, insufficient for construction of new irrigation systems, the priority task should be improving and modernization of existing systems in order to increase their effectiveness and efficiency. Improvements should be made in both the technical structure of irrigation system and the management for available water resources be used more efficiently and reduce the losses.

Some feasible measures that can be adopted for changing and upgrading of existing irrigation systems and their management are:

- *Rehabilitation and upgrading of conveyance and distribution of canal network of irrigation systems*
- Repair of damaged linings of canals from the conveyance distribution and internal networks of the existing irrigation systems and lining unlined canals in order to minimize water losses due to filtration;
- Repair of unused at the moment gate structures and other facilities of the canal network in poor technical condition to reduce the losses from gaps,
- Rehabilitation of regulating structures of the conveyance and distribution network of irrigation systems to improve service to water users;
- Rehabilitation of pumping stations,
- Introducing convenient devices for measuring water flow.
- *Improving the operation and management of irrigation systems to reduce operating losses of water:*
- Control of the canal levels upstream the offtake gates the

влаголюбивите култури, включително зеленчуци и царевица.

Независимо от влошеното техническо състояние на напоителните системи, инвестициите, които се отделят за възстановяването им, поддръжката и експлоатацията им са минимални и с всяка година намаляват.

От анализа на представените данни може да заключи, че понастоящем в България напояване се прилага в много ниска степен, като се разчита основно на падналите валежи за задоволяване на потребностите от вода на земеделските култури. Напояват се предимно ориз, малко зеленчуци и други интензивни култури.

Причините за отказ от напояване и за ниската степен на използване на изградените мощности за напояване са разнообразни. Те могат да се търсят в:

- Лошото техническо и експлоатационно състояние на съществуващата напоителна инфраструктура, която е ниско-ефективна и се нуждае от спешно възстановяване и обновяване. Унищожаването на голяма част от вътрешно-стопанската канална мрежа, липса на поливна техника.
- Недостатъчното финансиране на дейностите по поддръжката и експлоатация на съоръженията от напоителните системи. Практически липсата на инвестиции за възстановяването и обновяване им.
- Несъответствието между параметрите на съществуващите напоителни системи, проектирани за обслужване на укрупнени масиви и използването им понастоящем в условията на дребно и разпокъсано земеползване. Реализирането на неравномерно и неадекватно водоразпределение.
- Промяна в структурата на културите.
- Висока цена на водата за напояване и др.

МЕРКИ ЗА ЕФЕКТИВНО ИЗПОЛЗВАНЕ НА ВОДАТА В СЪЩЕСТВУВАЩИТЕ НАПОИТЕЛНИ СИСТЕМИ

Адаптацията към променливите климатични условия обуславя необходимостта от нарастване на степента на прилагането на напояване в България и адекватна промяна на напоителните системи. В условията на промени на климата, водещи до воден дефицит през топлото полугодие цел на управлението на напоителната система трябва да бъде:

1. Осигуряване на вода за напояване навреме и в необходимите количества според нуждите на напояваните земеделски култури;
2. Намаляване на общите количества използвана вода в напояването и загубите чрез подобряване на ефективността на действието и използването на напоителната инфраструктура.

Поради ограничените инвестиции, недостатъчни за строеж на нови напоителни системи, първостепенна задача трябва да бъде подобряване и обновяване на съществуващите системи, за да се повиши ефикасността и ефективността на действието им. За постигане на поставената цел пред напоителната система, подобрения трябва да се извършат както в техническата структура, така и в управлението ѝ, така че наличният воден ресурс да се използва по-ефективно и да се намалят загубите.

Някои основни мерки, които следва да бъдат предприети за промяната и обновяването на съществуващите напоителни системи и управлението им са:

- *Възстановяване и модернизация на транспортната и водоразпределителната мрежа на напоителните системи.*
- Ремонт на нарушени облицовки на канали от транспортната, водоразпределителна и вътрешно-стопанска мрежи на изградените напоителни системи и облицоване на необлицовани канали, с оглед намаляване до минимум на загубите от филтрация;
- Ремонт на неизползвани към момента затворни съоръжения от водоразпределителната мрежа в лошо техническо състояние за намаляване на загуби от пропуски през тях;
- Рехабилитация на регулиращите съоръжения от водоразпределителната мрежа на напоителните системи за подобряване на обслужването на водопотребителите,
- Възстановяване на помпените станции,
- Въвеждане на подходящи технически средства за измерване на водата.
- *Подобряване на управлението и експлоатацията на напоителната система за намаляване на оперативните загуби на вода:*
- Контрол на нивата в каналите над регулиращите съоръжения

fluctuations of which lead to shortages or excess water. Automation of key structures in the water delivery network for better operation;

- Development and implementation of operational plans for water supply and distribution of water in irrigation canals according requests of water users during the irrigation season to prevent over-supply or water shortage and reduce operational water losses;

- Application of advanced information and communication technologies and decision support systems for improving management of the irrigation systems.

- *Improving efficiency in water application methods:*

- Predominant in the country, furrow irrigation should be applied when proven to be effective and in improved variant, allowing reducing of water consumption;

- Adoption of efficient irrigation technologies and equipment which use water economically and have reduced water losses such as sprinklers and micro irrigation as well drip irrigation;

- Training of farmers to implement modern water-saving irrigation technologies and efficient use of water.

- *Institutional changes* - joint participation in the management of irrigation system staff of the water district and irrigation associations. The activity of both sides must be in coordination and cooperation for effective use of water for irrigation. Participatory approach in the management of the irrigation system requires:

- Creating/increasing the number of irrigation associations with a view to cover the command area of the irrigation system.

- Establishing and enforcing appropriate legislation regulating proper functioning and sustainability of these associations;

- Capacity building of members of the WUA at technical and administrative level.

CONCLUSIONS

Changing and upgrading of existing irrigation systems in Bulgaria is required in connection with adaptation to changing climatic conditions. In this paper were identified measures that lead to more efficient water use in irrigation systems and reduce losses. They concern both technical improvements and better management of the irrigation system and their implementation should be coordinated in order to achieve desired outcome - increased efficiency and use of existing irrigation infrastructure. In a future upgrading, after analysis of the technical structure and management of irrigation system, they should be specified and built in the short and long term plan for rehabilitation and modernization.

REFERENCES

- [1]. Ministry of Agriculture and Food (2000-2011) - *Agrarian papers*;
- [2]. Alexandrov V. (2011) - *Drought in Bulgaria*, [www. http://global-change.meteo.bg/dconference.htm](http://global-change.meteo.bg/dconference.htm)
- [3]. Ministry of Environment and Water (2012) - *National Strategy for management and development of water sector in Bulgaria* (Draft);
- [4]. Stoianov K., Dudushki I., Beloev Ch. (2009) - *Analysis of irrigation facilities in Bulgaria*, In Ruse University Proceedings, vol. 48, s.1.1; To achieve the desired outcome - increased efficiency
- [5]. National Statistical Institute (2011) - *Statistical Book*;
- [6]. Hadzieva V., (2007) - *Condition, problems and opportunities of irrigated agriculture after Bulgarians accession to the European union* - Rural Economics and Management, vol. 52, no. 4.

във водоразпределителните възли, колеба-нията на които водят до недостиг или преразход на вода. Автоматизация на действието на възло-ви съоръжения във водоразпределителната мрежа;

- Разработване и прилагане на оперативни планове за водоподаване и разпределение на водата в напоител-ните канали според заявките на водопотребителите по време на напоителния сезон за предотвратяване на свърх доставките или недостига на вода и намаляване на оперативните загуби;

- Прилагане на компютри и съвременни инфор-мационни и комуникационни технологии за подо-бряване на управлението на напоителните системи.

- *Подобряване на ефективността на прилаганите методи за напояване:*

- Преобладаващото в страната напояване по бразди трябва да се прилага при доказана ефективност, също така в подобрени варианти, позволяващи намаляване на разхода на вода;

- Прилагане на високопроизводителна поливна техника и технологии за напояване, които позволяват икономия на вода и имат намалени загуби при транспортирането и разпределението ѝ, като дъждовални инсталации и микродъждуване, също така капково напояване;

- Обучение на фермерите за прилагане на водо-спестяващи технологии за напояване и за ефективно използване на водата.

- *Институционални промени* - съвместно участие в управлението на напоителна система на персонала на хидротехнически район и сдруженията за напояване. Дейността на двете страни трябва да е в координация и сътрудничество за ефективно използване на водата за напояване. Подходът на съвместно участие в управлението на напоителната система изисква:

- Създаване/ нарастване на броя на сдруженията за напояване с цел да се обхване цялата територия на напоителната система.

- Създаване и прилагане на подходящо законода-телство, уреждащо правилното функциониране и ус-тойчивост на тези сдружения;

- Изграждане на капацитет на членовете на сдружения-та за напояване на техническо и административно ниво.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Промяната и обновяването на съществуващите в България напоителни системи е необходима във връзка с адаптацията към променените климатични условия. В настоящата статия бяха набелязани мерки, които во-дят до по-ефективно използване на водата в напои-телните системи и намаляване на загубите. Те се отна-сят както до технически подобрения, така и до подо-бряване на управлението на напоителната система и тяхното прилагане трябва да е координирано, за да бъ-де постигнат желания резултат – увеличаване на ефективността и използването на съществуващата напоителна инфраструктура. При бъдещата модерни-зация, след анализ на техническата структура и управ-лението на напоителната система, те трябва да бъдат конкретизирани и да намерят израз в краткосрочен и дългосрочен план за преустройството и модернизация.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Аграрни Доклади*, (2000-2011) - *Министерство на земеделието и храните*;
- [2] Александров В. (2011) - *Сушата в България*, [www. http://global-change.meteo.bg/dconference.htm](http://global-change.meteo.bg/dconference.htm);
- [3] *Национална стратегия за управление и развитие на водния сектор в Република България*. (Проект). (2012) Министерство на околната среда и водите;
- [4] Стоянов К., Дудушки И., Белоев Х., (2009) - *Анализ на състоянието на хидромелиоративните съоръжения в България* - В Научни трудове на Русенския Университет, том 48, серия 1.1;
- [5] *Статистически годишник*, (2011) Национален статистически институт;
- [6] Хаджиева В., (2007) - *Състояние, проблеми и възможности пред поливното земеделие след присъединяването на България към Европейския съюз – Икономика и управление на селското стопанство*, том 52, 4.

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL VIBRATION OF TILLAGE CUTTER

I

CERCETARI TEORETICE SI EXPERIMENTALE ALE VIBRATIILOR UNEI FREZE

As. PhD. Stud. Eng. Ovanisof A., Assoc. Prof. Ph.D. Eng. Savu M., Prof. Ph.D. Eng. Magheți I.

P.U. Bucharest / Romania

Tel: 0740042523; E-mail: alinaovanisof@yahoo.com

Abstract: In the paper are presented the experimental results of the vibrations generated while operating the tillage cutters Farm 450H. The vibration signals recording and processing during the engine (machine) operation aimed at highlighting the resonance frequencies in the recorded spectrograms and their correlation amplitude stationary and walking. The vibrations simultaneously recorded on 3 perpendicular directions were measured in stationary speed at idle.

Keywords: resonance frequency, tillage cutters, vibration, spectrogram

INTRODUCTION

Agricultural cutters are machines that prepare the soil for seeding by cutting, grinding and mixing it.

The tillage cutter use should be limited in case of damaged structure soils, due to a negative effect crust that may occur when grinding the soil after rainfall, thus preventing the plants from growing. The exaggerated dusting of the soil should be avoided by choosing the right forward speed of the machine engine, as well as by adjusting the speed of the rotor blades.

Vibrations exceeding certain limits have a negative influence on both human health and productivity.

The human body is subjected to vibrations while placed inside a working machine, or when parts of the human body suffer the direct influence of the low frequency vibrations produced by the machines, as well as by various pneumatic tools, etc.

As such, the vibrations exceeding the limits of tolerance can affect the human organism both physically and intellectually, by damaging parts of the body, as well as causing subjective phenomena.

Fatigue is known to be an important effect when the human body is exposed to vibrations. Injuries can occur if accelerations are quite high.

Subjective phenomena manifested by the human body exposed to vibrations start with their perception, and are followed by discomfort, pain, fear, etc. In fact, like with all elastic bodies, the subjective phenomena effects can be amplified or decreased by the human body, according to the vibrations mechanics law.

To define accurately the vibration effects on the human body the following must be considered simultaneously: frequency, movement, acceleration, and vibration energy. The vibrations perception threshold of the human body depends on its position, affected organ, vibration type, etc. [1], [3]

Measuring the vibrations generated by different machines result in quantitative elements to be compared with the admissible values in terms of human comfort, smooth machinery operation, and construction safety [2].

MATERIAL AND METHOD

Technical features of the tillage cutter farm 450 H

Tillage cutter Farm 450H (figure 1) can easily perform soil high quality processing, seedbed preparation, weed removal, as well as introducing organic and synthetic fertilizers into the soil.

Rezumat: În lucrare sunt prezentate rezultatele experimentale ale vibrațiilor generate în timpul regimului de lucru al frezei Farm 450H. Înregistrările și prelucrarea semnalelor de vibrații în timpul funcționării au avut drept scop evidențierea frecvențelor de rezonanță din spectrogramele înregistrate și corelarea amplitudinii acestora în staționare și în mers. Măsurătorile de vibrații înregistrate simultan pe 3 direcții perpendiculare au fost efectuate și în staționare pentru turația de la relanti.

Cuvinte cheie: frecvență de rezonanță, freză, vibrație, spectrogramă

INTRODUCERE

Frezele agricole sunt mașini care lucrează solul pentru semănat și au un efect de tăiere, mărunțire și amestecare a acestuia.

Folosirea frezei este limitată pe solurile cu structură deteriorată, deoarece, în cazul precipitațiilor, mărunțirea fină a solului poate determina formarea unei cruste cu efecte negative asupra răsării plantelor. De asemenea, alegerea vitezei de înaintare a mașinii, precum și reglarea turației rotorului cu cuțite trebuie să urmărească evitarea pulverizării exagerate a solului.

Vibrațiile ce depășesc anumite limite au o influență negativă atât asupra sănătății omului, cât și asupra productivității muncii.

Organismul uman este supus acțiunii vibrațiilor când mașinile cu care se deplasează vibrează împreună cu acesta sau când asupra anumitor părți ale corpului uman acționează nemijlocit vibrațiile de joasă frecvență produse de mașini vibratoare, diferite unelte pneumatice, etc.

Vibrațiile care acționează asupra omului și care depășesc limitele de toleranță pot produce: jenarea activității fizice și intelectuale, leziuni ale unor părți ale organismului, fenomene subiective.

Oboseala este cunoscută ca un factor important ce rezultă din acțiunea vibrațiilor asupra activității fizice și psihice a omului. Leziunile se pot produce dacă accelerațiile sunt destul de mari.

Fenomenele subiective care se manifestă la omul supus vibrațiilor includ perceperea lor, lipsa de confort, durerea, teama, etc. Organismul uman, supus acțiunii vibrațiilor, le amplifică sau le amortizează conform legilor mecanicii vibrațiilor, ca orice masă elastică.

Pentru precizarea corectă a acțiunii vibrațiilor asupra organismului uman trebuie luate în considerare simultan atât frecvența, cât și deplasarea, accelerația sau energia vibrației. Pragul de percepere a vibrațiilor de către corpul omenesc depinde de poziția acestuia, de organul solicitat, de modul de acțiune a vibrațiilor, etc. [1], [3]

Măsurarea vibrațiilor unor mașini și instalații furnizează elemente cantitative ce se pot compara cu normele pentru valori admisibile, din punctul de vedere al confortului omului, al bunei funcționări a mașinilor sau al siguranței construcțiilor [2].

MATERIAL ȘI METODĂ

Caracteristici tehnice ale frezei farm 450H

Cu ajutorul motosapei Farm 450H (figura 1) se pot executa ușor prelucrări de teren de bună calitate, pregătirea răzoarelor pentru semințe, extirparea buruienilor, introducerea în sol a îngrășămintelor organice și sintetice.

Basic construction of the machine is shown in figure 2, where:

- 1 - drive motor (engine);
- 2 - reducer;
- 3 - rotating blades;
- 4 - depth stop;
- 5 - wings of protection.



Fig. 1 - Farm 450 H / Motosapa Farm 450

Construcția mașinii de bază este prezentată în figura 2, unde:

- 1 – unitate motor;
- 2 – reductor;
- 3 – cuțite rotative;
- 4 – limitator de adâncime;
- 5 – aripi de protecție.

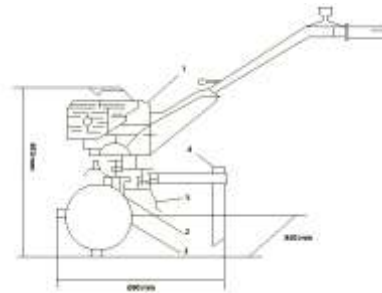


Fig. 2 - The scheme of Farm 450 H / Schema motosapei Farm 450 H

The engine forms a common structural unit with the direction, the lantern and the clutch housing, while the right / left rotating blades are mounted on the extended shaft of the gear. [4]

The working depth is adjusted by the depth device attached to the towing claw of the reducer.

The working depth can be adjusted to six different levels by varying the number of rotary blades, and by assembling and disassembling the protective disks. The number of the installed rotating blades is proportional with the necessary working depth. The protective disks are to be installed for a safer working manner. In case bigger depth is required, the protective disks should be removed.

The working depth can be adjusted through the shoe, as follows: the shoe up decreases the depth and vice versa.

Farm 450H main technical features are:

- Maximum power: 4.5 HP/3.3 kw
- Net power: 3.5 HP/ 2.6 kw
- Transmission: shaft and worm wheel gear
- Settings: working depth: 10-20 cm
- Working width: 35-85 cm
- No. of blades: 24 (6x4 sets)
- Worked area: 800 m²/ h
- Weight: 45 kg

Measured parameters

Figure 3 shows the diagram of the vibrations measurement process, which includes:

- 3 B&K type 4507B001 accelerators;
- A/D –NI 9233 acquisition board;
- DELL laptop;
- VE-10 Acceleration calibrator.

Motorul formează o unitate structurală comună cu direcția, piesa intermediară și carcasa ambreiajului, iar cuțitele rotative dreapta/stânga sunt montate la axul prelungit al reductorului. [4]

Reglarea adâncimii de lucru se face cu ajutorul dispozitivului de adâncime, anexat la gheara de remorcare a reductorului.

Prin variația numărului de cuțite rotative și prin montarea și demontarea discurilor protectoare se pot regla șase lățimi de lucru diferite. Pentru o săpare superficială se montează mai multe, iar pentru o săpare mai adancă se montează mai puține cuțite rotative. Pentru efectuarea lucrului în siguranță, la o anumită lățime de lucru, trebuie montate discuri de protecție. La săparea în adâncime, discurile de protecție trebuie demontate.

Adâncimea de lucru se poate regla cu ajutorul sabotului. Reglând sabotul în sus, se micșorează adâncimea de lucru, fixându-l în jos, adâncimea crește.

Principalele caracteristici tehnice ale motosapei Farm 450H sunt:

- Putere maximă: 4,5 CP/3.3 kw
- Putere netă: 3,5 CP/ 2.6 kw
- Transmisie: ax melcat și roată melcată
- Reglaje: adâncime de lucru: 10-20 cm
- Lățime de lucru: 35-85 cm
- Nr. cuțite: 24 (6x4 seturi)
- Suprafața lucrată: 800 m²/h
- Greutate: 45 kg

Mărimi măsurate

În figura 3 este prezentată schema bloc a lanțului de măsurare a vibrațiilor, care include:

- trei accelerometre B&K Type 4507 B001;
- placă de achiziție A/D - NI 9233;
- laptop DELL;
- calibrator de accelerație VE-10.

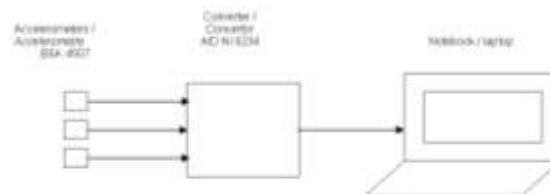


Fig. 3 - Block diagram of the measurement chain / Schema bloc a lanțului de măsură

The vibrations measurements consisted of the simultaneous measurement and recording on three perpendicular axes (axial, transverse and vertical) of the acceleration signals captured by the three Delta type independent (built-in preamplifier) accelerators.

The three accelerators output analog signals were transferred to an acquisition board; the acquisition board output signals were recorded in a Dell laptop memory via

Măsurătorile de vibrații au constatat în măsurarea și înregistrarea semnalelor de accelerație simultan pe trei direcții perpendiculare (axial, transversal și vertical) captate de la cele trei accelerometre independente, de tip Delta (cu preamplificator încorporat).

Semnalele analogice de la ieșirea celor trei accelerometre au fost introduse într-o placă de achiziție, iar semnalele digitalizate de la ieșire fiind înregistrate în

the dFBA program.

In figure 4 - named base of the cutter, is shown the position of the first accelerometer, in figure 5 it is shown the second accelerometer mounted on the handle plate, the third accelerometer was mounted on the handle as shown in figure 6.



Fig. 4 – Position of the first accelerometer /
Pozitia primului accelerometru



Fig. 5 - Position of the second accelerometer /
Pozitia celui de-al doilea accelerometru



Fig. 6 - Position of the third accelerometer /
Pozitia celui de-al treilea accelerometru

The 2000 Hz sampling frequency prevents the folding phenomenon as well as the processing errors. Before starting the measurements, every channel was calibrated with a VE-10 vibrations calibrator that generates a 159.2 Hz and 10m/s² calibrating signal.

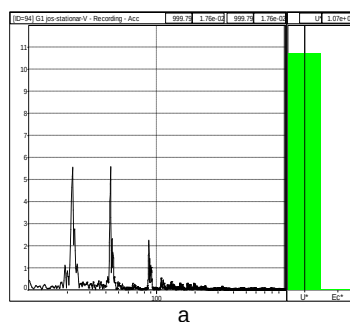
The time-frequency analysis shows the following:

- the evolution in time of the acceleration, speed and movement signals, showing the instantaneous values of these parameters in m/s², m/s and m;
- the frequency ranges within 0.5 Hz and 1000 Hz.

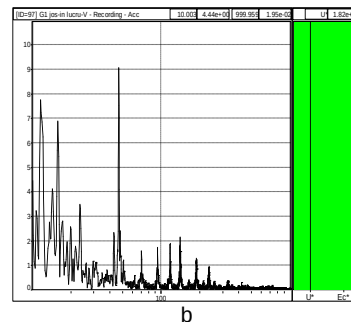
The spectrograms can be read *rms* range values for the two spectral parameters (speed and accelerators), as well as the rms global values within 0.5 Hz and 300 Hz.

RESULTS

In figure 7 are shown the spectrograms of vibrations speed to base of each cutter on vertical direction.



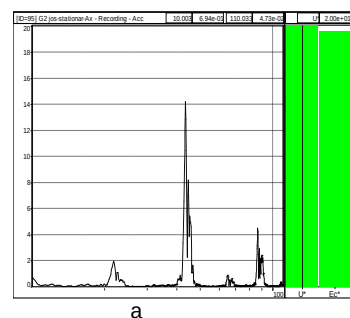
a



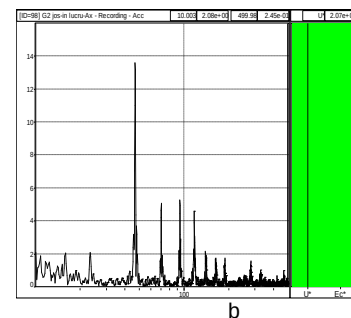
b

Fig. 7 - The spectrograms of vibration speed to base of the cutter on the vertical direction: a – stationary ; b – walking /
Spectrogramele vitezei la baza frezei pe direcție verticală: a – staționar; b - în lucru

In figure 8 are shown the spectrograms of speed of vibration to base of the cutter on the axial direction.



a



b

Fig. 8 - The spectrograms of vibration speed to base of the cutter on the axial direction: a – stationary; b – walking /
Spectrogramele vitezei la baza frezei pe direcție axială: a – staționar; b - în lucru

memoria unui Laptop Dell prin utilizarea programului dBFA.

Poziția în care a fost montat primul accelerometru este redată în figura 4 - numită bază freză, al doilea accelerometru a fost montat pe placa mânerului, poziția sa fiind prezentată în figura 5, iar cel de-al treilea accelerometru este montat pe mâner și este prezentat în figura 6.

Frecvența de eșantionare de 2000 Hz este acoperitoare pentru evitarea fenomenului de pliere (aliasing) și a erorilor de prelucrare. Înaintea începerii măsurătorilor de vibrație, fiecare canal a fost etalonat cu ajutorul unui calibrator de vibrații VE-10, care generează un semnal etalon de 10 m/s², la frecvență de 159,2 Hz.

Analiza în domeniul timp și în domeniul frecvență permite prezentarea următoarelor aspecte:

- desfășurarea în timp a semnalelor de accelerație, viteză și deplasare, reprezentând valoarea instantanee a acestor mărimi exprimate în m/s², m/s, respectiv, m;
- spectrele de frecvență pe domeniul de frecvență cuprins între 0,5 Hz și 1000 Hz.

Pe spectrograme pot fi citite valorile spectrale *rms* pentru cei doi parametri (viteză și accelerație), precum și valorile globale *rms* pe domeniul de frecvențe cuprins între 0.5 Hz și 300 Hz.

REZULTATE

În figura 7 sunt prezentate spectrogramele vitezei vibrațiilor la baza frezei pe direcție verticală.

În figura 8 sunt prezentate spectrogramele vitezei vibrațiilor la baza frezei pe direcție axială.

In tables 1 and 2 are shown the global, *rms* values of the vibrations speed (axial, transversal and vertical) to the base of the cutter and the dominant spectral components at the fundamental frequency of 47 Hz working, respectively 43 Hz in stationary.

În tabelele 1 și 2 sunt trecute valorile globale, *rms*, ale vitezei vibrațiilor (axiale, transversale și verticale) la baza frezei și ale componentelor spectrale dominante la frecvența fundamentală de 47 Hz în lucru, respectiv 43 Hz în staționar.

Table 1 / Tabelul 1

Speed - base, walking / Viteză –bază, în lucru

Direction of measurement / Direcția de măsurare	Global value / Valoare globală [mm/s]	The frequency / Valoarea la frecvență [mm/s]
		~ 47 Hz
Axial / Axială	20.7 / 20,7	9.28 / 9,28
Cross / Transversală	35.2 / 35,2	27.6 / 27,6
Vertical / Verticală	19.5 / 19,5	9.06 / 9,06

Table 2 / Tabelul 2

Speed - base, stationary / Viteză –bază, staționar

Direction of measurement / Direcția de măsurare	Global value / Valoare globală [mm/s]	The frequency / Valoarea la frecvență [mm/s]
		~ 43 Hz
Axial / Axială	20.0 / 20,0	14.2 / 14,2
Cross / Transversală	37.1 / 37,1	-
Vertical / Verticală	10.7 / 10,7	5.59 / 5,59

Table 3 presents the values of the spectral components of the vibration amplitudes containing high frequencies 25 Hz, 50 Hz, 75 Hz.

În tabelul 3 sunt prezentate valorile componentelor spectrale ale vibrațiilor ce conțin amplitudini ridicate la frecvențele 25 Hz, 50 Hz, 75 Hz.

Table 3 / Tabelul 3

Speed - handle, walking / Viteză –mâner, în lucru

Direction of measurement / Direcția de măsurare	Global value / Valoare globală [mm/s]	The frequency / Valoarea la frecvență [mm/s]		
		~ 25 Hz	~ 50 Hz	~ 75 Hz
Axial / Axială	24.8 / 24,8	24.6 / 24,6	2.5 / 2,5	4.25 / 4,25
Cross / Transversală	34.3 / 34,3	27.4 / 27,4	19.2 / 19,2	8.13 / 8,13
Vertical / Verticală	38.5 / 38,5	29.1 / 29,1	21.2 / 21,2	-

CONCLUSIONS

Resonance frequency in the vertical direction corresponding to engine speed increases from 43 Hz to 47 Hz and the vibration level increases from 5.59 mm / s to 9.06 mm / s – for the accelerometer mounted on the base of the cutter.

During work other spectral components with high amplitudes appear but below the corresponding engine speed. They found higher overall values for vertical and axial direction and lower for cross direction.

Reducing vibration on transversal direction is due to their damping by the land.

Differences in working spectrograms of vibration base and handle are due to different measurement conditions, which are performed at different times.

For future measurements a simultaneous measurement of vibration in both the stationary and the three-way direction should be done.

REFERENCES

- [1]. Darabont A., Iorga I., Ciodaru M. (1983) – *Noise and vibration measurement technique*, Ed. Tehnică, Bucharest;
- [2]. Dimarogonas A. D., Haddad S. (1992) – *Vibration for Engineers*, Prentice Hall International, Inc.;
- [3]. Magheți I., Savu M. (2007) – *Theory and practice of mechanical vibrations*, Ed. Didactic and Pedagogical, Bucharest;
- [4]. Paraschiv G, Costoiu M., Paraschiv I. (2010) – *Mathematical modeling and experimental testing of soil cutting machines*, Ed. Politehnica Press, 2010, Bucharest.

CONCLUZII

Frecvența de rezonanță pe direcție verticală corespunzătoare turației motorului crește de la 43 Hz la 47 Hz, iar nivelul vibrațiilor crește de la 5,59 mm/s la 9,06 mm/s – pentru accelerometru montat la baza frezei.

În timpul lucrului apar și alte componente spectrale cu amplitudini ridicate, dar inferioare celor corespunzătoare turației motorului. S-au constatat valori globale mai ridicate pentru direcțiile verticală și axială și mai scăzute pentru direcția transversală.

Reducerea vibrațiilor pe direcție transversală este datorată amortizării acestora de către teren.

Diferențele dintre spectrogramele vibrațiilor în lucru ale bazei și mânerului apar datorită condițiilor de măsurare diferite, acestea fiind efectuate la momente diferite.

Pentru măsurările viitoare se impune o măsurare simultană a vibrațiilor atât în staționare, cât și în lucru pe cele trei direcții.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Darabont A., Iorga I., Ciodaru M. (1983) – *Măsurarea zgomotului și vibrațiilor în tehnică*, Ed. Tehnică, București;
- [2]. Dimarogonas A. D., Haddad S. (1992) – *Vibration for Engineers*, Prentice Hall International, Inc.;
- [3]. Magheți I., Savu M. (2007) – *Teoria și practica vibrațiilor mecanice*, Ed. Didactică și Pedagogică, , București;
- [4]. Paraschiv G, Costoiu M., Paraschiv I. (2010) – *Modelarea matematică și încercarea experimentală a mașinilor de frezat solul*, Ed. Politehnica Press, 2010, București.

WRITING NORMS / NORME DE REDACTARE

Article Types

Three types of manuscripts may be submitted:

- 1. Regular articles:** These should describe new and carefully confirmed findings, and experimental procedures should be given in sufficient detail for others to verify the work. The length of a full paper should be the minimum required to describe and interpret the work clearly (max. 8 pages);
- 2. Short Communications:** A Short Communication is suitable for recording the results of complete small investigations or giving details of new models or hypotheses, innovative methods, techniques or apparatus. The style of main sections has not necessarily to be in accordance with that of full-length papers (max. 6 pages);
- 3. Reviews:** Submissions of reviews and perspectives covering topics of current interest are welcome and encouraged (max. 8 pages).

Review Process

All manuscripts are reviewed by the 2 members of the Scientific Review. Decisions will be made as rapidly as possible, and the journal strives to return reviewers' comments to authors in approx. 3 weeks. The editorial board will re-review manuscripts that are accepted pending revision.

NOTE: Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before (excepting as an abstract or as part of a published lecture, or thesis) that it is not under consideration for publication elsewhere.

1. REGULAR ARTICLES

- All portions of the manuscript must be typed *single-spaced*, A4, top and bottom: 2 cm; left: 2.3 cm; right: 1.7 cm, font: **Arial**, size 9 pt, except the title which will be 11 pt. and explicit figures, which will be 8 pt.
- Text paper will be written in two equal columns of 8.3 cm, 0.4 cm space between them, except the title, authors and their affiliations, tables, figures, graphs and equations to be entered once.
- Text will be written in English in the left column, respectively in native language in the right column.
- The chapter titles are written Uppercase (eg: INTRODUCTION, MATERIAL AND METHODS), between chapters is left a space for 9 pt. At the beginning of each paragraph to leave a tab of 0.5 cm.
- The paper will be written in Word, "Justify" alignment;
- The paper should be transmitted by E-mail.
- There are allowed 2 papers by each first author.

The **Title** should be a brief phrase describing the contents of the paper. PAPER'S TITLE will be uppercase, Bold (the title in English language) and **Bold italic** (the title in native language), center, 11 pt. Under the paper's title, after an space (enter) 9 pt., write *authors' names* (eg: Vasilescu G.). (font: 9 pt., bold) and *affiliations*, the *name of the corresponding author* (next row), (9 pt., regular). Also be passed: the phone, fax and E-mail information, for the first author of paper's (font: 8 pt., italic).

Title should be short, specific and informative. Avoid long titles; a running title of no more than 100 characters is encouraged (without spaces).

The **Abstract** should be informative and completely self-explanatory, briefly present the topic, state the scope of the experiments, indicate significant data, and point out major findings and conclusions. The Abstract should be 100 to 300 words in length. Complete sentences, active verbs, and the third person should be used, and the abstract should be written in the past tense. Standard nomenclature should be used and abbreviations should be

Tipuri de Articole

Trei tipuri de manuscris pot fi trimise:

- 1. Articole obișnuite (normale):** acestea trebuie să descrie cercetări noi și confirmate, iar procedurile experimentale să fie descrise pentru a putea fi verificate în detaliu, fără a leza dreptul de proprietate intelectuală. Mărimea unei lucrări trebuie să cuprindă minimul necesar pentru a descrie și interpreta în mod clar conținutul (ma.8 pagini);
- 2. Comunicări scurte:** o comunicare scurtă este folosită pentru înregistrarea rezultatelor din investigații complete de dimensiuni reduse sau pentru a oferi detalii despre modele noi de ipoteze, metode inovative, tehnici sau infrastructuri. Tipul secțiunilor (capitolelor) principale nu trebuie să fie neapărat în concordanță cu articolele normale (max. 6 pagini);
- 3. Sintezele:** Prezentarea unor comentarii și perspective acoperind subiecte de interes actual sunt binevenite și încurajate (maxim 8 pagini).

Procesul de evaluare (recenzie)

Toate manuscrisele sunt evaluate de către 2 membri ai Comitetului Științific. Deciziile vor fi luate cât mai rapid posibil și revista va returna comentariile evaluărilor înapoi la autori în aproximativ 3 săptămâni. Conducerea editorială va reevalua manuscrisele care sunt acceptate în vederea publicării în revistă.

Notă: Sunt acceptate numai lucrările care nu au mai fost publicate anterior. În cazul în care autorii trimit spre publicare lucrări ce conțin date, informații, capitole, etc., din alte lucrări publicate anterior și nu se fac referiri la acestea în text, răspunderea aparține acestora.

1. ARTICOLE OBÎȘNUITE

- Toate capitolele manuscrisului trebuie să fie scrise *single-spaced*, A4, sus și jos: 2 cm; stânga: 2.3 cm; dreapta: 1.7 cm, font: **Arial**, mărime 9 pt, cu excepția titlului care se scrie cu 11 pt. și figurile explicite, care se scriu cu 8 pt.
- Textul lucrării va fi scris în două coloane egale de 8.3 cm, 0.4 cm spațiul dintre ele, exceptând titlul, autorii și afilierea acestora; tabelele, figurile și ecuațiile care nu se scriu pe coloane ci pe toată pagina (vezi modelul atașat);
- Textul se va scrie în limba engleză în coloana din stânga, respectiv în limba maternă - coloana din dreapta.
- Titlurile capitolelor sunt scrise cu majuscule (ex: INTRODUCERE, MATERIAL ȘI METODE), între capitole se lasă un spațiu de 9 pt. La începutul fiecărui paragraf se lasă un "tab" de 0.5 cm;
- Lucrarea va fi scrisă în Word, aliniere "Justify".
- Lucrarea trebuie trimisă prin e-mail.
- Sunt permise max. 2 lucrări ca prim autor.

Titlul trebuie să fie o frază scurtă care să descrie conținutul lucrării. Acesta va fi scris cu **majuscule, centrat, mărime: 11 pt., bolduit, (titlul în engleză) și bolduit italic (titlul în limba maternă)**. Sub titlul lucrării după un spațiu de 9 pt., se scriu numele autorilor (ex: Vasilescu G.) (9 pt., bold), imediat sub numele autorilor se scrie: *afilierea autorilor* (9 pt., normal) iar pe următorul rând: telefonul, faxul, e-mailul corespunzător celui care a trimis lucrarea - primului autor (8 pt., italic).

Titlul trebuie să fie scurt, specific și informativ. Evitați titlurile lungi, un titlu de sub 100 caractere este recomandat (fără spații).

Rezumatul trebuie să fie informativ și ușor de înțeles; prezentați pe scurt topica, stadiul experimentelor, date semnificative, și evidențiați descoperirile majore și concluziile. Rezumatul trebuie să cuprindă între 100 și 300 cuvinte. Propozițiile complete, verbele active, și persoana a III-a trebuie folosite (rezumatul să fie scris la timpul trecut). Se va utiliza nomenclatura standard iar abrevierile trebuie evitate. Nu se vor utiliza citări de lucrări în

avoided. No literature should be cited (font: 9 pt., the title - ***bold italic***; the text of abstract: *italic*).

Following the abstract, about 3 to 10 **Keywords** that will provide indexing references should be listed (font: 9, ***bold italic*** - the title and 9 pt., *italic* - the text).

A list of non-standard **Abbreviations** should be added. In general, non-standard abbreviations should be used only when the full term is very long and used often. Each abbreviation should be spelled out and introduced in parentheses the first time it is used in the text. Only recommended SI units should be used. Authors should use the Solidus presentation (mg/ml). Standard abbreviations (such as ATP and DNA) need not be defined.

The **INTRODUCTION** should provide a clear statement of the problem, the relevant literature on the subject, and the proposed approach or solution. It should be understandable to colleagues from a broad range of scientific subjects.

MATERIALS AND METHODS should be complete enough to allow experiments to be reproduced. However, only truly new procedures should be described in detail; previously published procedures should be cited, and important modifications of published procedures should be mentioned briefly. Capitalize trade names and include the manufacturer's name and address. Subheadings should be used. Methods in general use need not be described in detail.

RESULTS should be presented with clarity and precision. The results should be written in the past tense when describing findings in the authors' experiments. Results should be explained, but largely without referring to the literature. Discussion, speculation and detailed interpretation of data should not be included in the Results but should be put into the Conclusions section. Subheadings should be used.

The **CONCLUSIONS** should interpret the findings in terms of the results obtained in this and in past studies on this topic. State the conclusions in a few sentences at the end of the paper. The Results and Discussion sections can include subheadings, and when appropriate, both sections can be combined.

The **Acknowledgments** of people, grants, funds, etc should be brief (if necessarily).

Tables should be kept to a minimum and be designed to be as simple as possible. Tables are to be typed single-spaced throughout, including headings and footnotes. Each table must be written on the entire width of the page, into the text where reference is made, the columns are broken - one column (see attached sample). Tables should be self-explanatory without reference to the text. The details of the methods used in the experiments should preferably be described in the legend instead of in the text. The same data should not be presented in both table and graph form or repeated in the text. Table's title will be centered bold (in English) and bold italic native language then separated by a slash. In the table, each row will be written in English (Arial, regular, size: 9 pt.) / *native language* (Arial, italic, 9 pt.). The table and its number is written right justified, bold - in English and bold italic - native language, separated by a slash (/).

Figure legends should be typed in numerical order. Graphics should be prepared using applications capable of generating high resolution JPEG before to introducing in the Microsoft Word manuscript file (Insert - From File -

"rezumat" (font: 9 pt., titlu - ***bold italic***; textul rezumatului - *italic*).

Cuvinte cheie: ca urmare a rezumatului, între 3 și 10 cuvinte cheie trebuie listate, aceste oferind referințe de indexare (font: 9 pt., ***bold italic*** – titlul și 9 pt., *italic* - textul).

Trebuie adăugată o listă de abrevieri specifice. În general, aceste abrevieri se folosesc atunci când termenul folosit este foarte lung și des întâlnit în lucrare. Fiecare abreviere ar trebui introdusă în paranteză pentru prima dată când este folosită în text. Doar unități din SI trebuie folosite. Autorii trebuie să folosească prezentarea Solidus (mg/ml). Abrevierile standard (ca ATP sau ADN) nu trebuie definite.

INTRODUCEREA trebuie să ofere o expunere clară a problemei, esența relevantă a subiectului și abordarea propusă sau soluția. Aceasta trebuie să poată fi înțeleasă de către colegi din diferite domenii științifice.

MATERIALE ȘI METODE: trebuie să fie suficient de complete pentru a permite experimentelor să fie reproduse. Totuși, numai metodele cu adevărat noi trebuie descrise în detaliu; metodele publicate anterior trebuie citate; modificările importante ale metodelor publicate trebuie menționate pe scurt. Scrieți cu majuscule denumirile comerciale și includeți numele și adresa producătorilor. Subcapitolele trebuie utilizate. Metodele utilizate în general, nu trebuie descrise în detaliu.

REZULTATELE trebuie prezentate cu claritate și precizie. Acestea trebuie scrise la timpul trecut, atunci când descriu constatările în experimentele autorilor. Rezultatele trebuie să fie explicate, dar în mare măsură, fără a se face referire la literatura de specialitate. Discuțiile, speculațiile și interpretarea detaliată a datelor nu trebuie să fie incluse în rezultate, ci trebuie incluse în capitolul Concluzii. Subcapitolele trebuie utilizate.

CONCLUZIILE trebuie să interpreteze constatările în ceea ce privește rezultatele obținute în această lucrare și în studiile anterioare pe această temă. Concluziile generale vor fi prezentate în câteva fraze la sfârșitul lucrării. Rezultatele și discuțiile pot include subpoziții, și atunci când este cazul, ambele secțiuni pot fi combinate.

Mulțumirile către oameni, cei care au acordat burse, fonduri, etc., trebuie să fie scurte (dacă este necesar).

Tabelele trebuie menținute la un nivel minim și să fie proiectate pentru a fi cât mai simple posibil. Tabelele vor fi scrise la un rând, inclusiv titlurile și notele de subsol. Fiecare tabel trebuie scris pe întreaga lățime a paginii, între textul în care se face trimitere; coloanele sunt eliminate - o singură coloană (vezi atașat modelul). Tabelele trebuie să fie auto-explicative, fără referire la text. Detaliile cu privire la metodele utilizate în experimente trebuie să fie, de preferință, descrise în legendă și nu în text. Aceleași date nu trebuie prezentate atât în tabel cât și sub formă grafică (decât dacă este absolut necesar) sau repetate în text. Titlul tabelului va fi scris centrat, bold (în engleză) și bold italic (în limba maternă), separate de un slash (/). În tabel, fiecare rând va fi scris în limba engleză (9 pt., normal) / limba maternă (9 pt., italic). Tabelul și numărul acestuia se scrie aliniat la dreapta, bold - în limba engleză și bold italic în limba maternă, despărțite de un slash (/).

Figurile trebuie scrise în ordine numerică. Grafica trebuie realizată utilizând aplicații capabile să genereze JPEG de înaltă rezoluție, înainte de a introduce în dosarul manuscris Microsoft Word (Insert - From File - ... JPEG).

...jpeg). Use Arabic numerals to designate figures and upper case letters for their parts (Figure 1). Begin each legend with a title and include sufficient description so that the figure is understandable without reading the text of the manuscript. Information given in legends should not be repeated in the text. Each figure must be inserted on the entire width of the page, into the text where reference is made, single columns (see attached sample). Leave a space between the figure and the text of figure, size: 3 pt., figure number is written in **Arial bold**, size: 8 pt., followed by what represent the figure or graph, written with Arial, regular, 8 pt. Left to write in English (regular), followed by a separating slash (/) and text in native language (*Arial italic*). Eg:

Fig 1 - Test stand / *Stand de testare* (size: 8 pt.)

The figures should be "In line with text" - Center, not "Square"; "Tight"; "Behind text" or "In front of text" (from "Format picture" - right mouse button on picture and then "Layout").

Mathematics

Authors must provide instructions on how symbols and equations should be set. Equations should be numbered sequentially in the right-hand side and in parenthesis. They should be referred to in the text as Equation (4) or Eg. (4). Each equation must be written on the entire width of the page, into the text where reference is made, the columns are broken (see attached sample).

REFERENCES: are made in the text; a reference identified by [1], [2], ... [n] is written in the order that was placed at the end of the work - alphabetically.

Example:

[1], [2], [3], ..., [n]

References should be listed at the end of the paper in alphabetical order. Articles in preparation or articles submitted for publication, unpublished observations, personal communications, etc. should not be included in the reference list but should only be mentioned in the article text (e.g., A. Danciu, University of Bucharest, Romania, personal communication). Authors are fully responsible for the accuracy of the references.

Examples:

Journal / Magazine:

[1]. Nicolescu M.A. (2007) - *Relevant characteristics of alternative liquid fuels aimed at diesel engines exploitation in polycarburation duty*. INMATEH - Agricultural Engineering, vol. 27, no. 1/2009, ISSN 1583-1019, pg. 50-55.

[2]. Pirna I, Nicolescu M., Marin M., Voicea I (2009) - *Alternative supply of agricultural tractors with raw oils*. INMATEH - Agricultural Engineering, vol. 29, no. 3/2009, ISSN 1583-1019, pg. 89-92.

Conference or Symposium:

[1]. Bungescu S, Stahl W, Biriş S, Vlăduţ V, Imbrea F, Petroman C (2009) - *Cosmos program used for the strength calculus of the nozzles from the sprayers*, Proceedings of the 35 International Symposium on Agricultural Engineering "Actual Tasks on Agricultural Engineering", Opatija - Croația, ISSN 1333-2651, pg. 177-184.

Book:

[1]. Vlăduţ V (2009) - *Studiul procesului de treier în aparatul cu flux axial*, Editura "Terra Nostra", ISBN 973-1888-26-8, Iasi - Romania.

Book Chapter:

[1]. Vlăduţ V (2009) - Considerații și ipoteze privind modelarea unui proces de treier și separare. În: *Studiul procesului de treier în aparatul cu flux axial*, Editura "Terra Nostra", ISBN 973-1888-26-8, pg. 61-69, Iasi - Romania.

Dissertation / Thesis:

Folositi cifre arabe, pentru a desemna cifre și litere majuscule pentru părțile lor (Figura 1). Începeți fiecare legendă cu un titlu care să includă o descriere suficientă, astfel încât figura să poată fi înțeleasă, fără citirea textului din manuscris. Informațiile furnizate în legende, nu trebuie repetate în text. Fiecare figură trebuie introdusă pe întreaga lățime a paginii, în text, acolo unde se face referire, o singură coloană (vezi atașat eșantion), centrat. Lăsați un spațiu între figură și textul figurii, mărimea: 3 pt.; numărul figurii va fi scris cu bold, 8 pct., centrat, urmat de ceea ce reprezintă figura sau graficul, scris cu 8 pt., normal. Prima dată se scrie textul în limba engleză (normal), urmat de un slash (/) apoi textul în limba maternă (italic). Exemplu:

Fig. 1 - Test stand / *Stand de testare* (mărimea: 8 pt.)

Figurile introduse trebuie să fie "In line with text" - Center, nu "Square"; "Tight"; "Behind text" or "In front of text" (din "Format picture" - butonul dreapta mouse pe figură și apoi "Layout").

Formulele matematice, ecuațiile: autorii trebuie să furnizeze instrucțiuni privind modul de simbolizare și de ecuații stabilite și utilizate. Ecuațiile trebuie numerotate secvențial, în partea dreaptă și în paranteze. Ele trebuie menționate în text ca ecuația (4) sau Ex. (4). Fiecare ecuație trebuie scrisă pe întreaga lățime a paginii, în text, acolo unde se face referire, o singură coloană (vezi atașat model).

REFERINȚELE: se fac în text; o referință identificată prin intermediul [1], [2], ...[n], se scrie în ordinea în care a fost trecută la sfârșitul lucrării - ordine alfabetică.

Exemplu:

[1], [2], [3], ..., [n]

Referințele trebuie prezentate la sfârșitul lucrării în ordine alfabetică. Articole în curs de pregătire sau articole trimise spre publicare, observațiile nepublicate, comunicările cu caracter personal, etc. nu trebuie incluse în lista de referință, dar pot fi menționate în textul lucrării (exemplu, A. Danciu, Universitatea din București, România, comunicare personală). Autorii sunt pe deplin responsabili pentru exactitatea referințelor.

Exemple:

Jurnal / Revistă

[1]. Nicolescu M.A. (2007) - *Proprietățile relevante ale combustibililor lichizi alternativi vizați pentru exploatarea motoarelor diesel în regim policarburat*, INMATEH - Inginerie Agricolă, vol. 27, nr. 1 / 2009, ISSN 1583-1019, pg. 50-55;

[2]. Pirna I, Nicolescu M., Marin M., Voicea I (2009) - *Alimentarea alternativă a tractoarelor agricole cu uleiuri vegetale crude*, INMATEH - Inginerie Agricolă, vol. 29, nr. 3 / 2009, ISSN 1583-1019, pg. 89-92.

Conferință / Simpozion

[1]. Bungescu S, Stahl W, Biriş S, Vlăduţ V, Imbrea F, Petroman C (2009) - *Cosmos program used for the strength calculus of the nozzles from the sprayers*, Proceedings of the 35 International Symposium on Agricultural Engineering "Actual Tasks on Agricultural Engineering", Opatija - Croația, ISSN 1333-2651, pag. 177-184.

Carte

[1]. Vlăduţ V (2009) - *Studiul procesului de treier în aparatul cu flux axial*, Editura "Terra Nostra", ISBN 973-1888-26-8, Iași - România.

Capitol din carte

[1]. Vlăduţ V (2009) - Considerații și ipoteze privind modelarea unui proces de treier și separare. În: *Studiul procesului de treier în aparatul cu flux axial*, Editura "Terra Nostra", ISBN 973-1888-26-8, pg. 61-69, Iași - România.

Disertații / Teze de doctorat

[1]. Constantinescu A (2010) - *Optimizarea agregatelor formate din tractoare de putere mare cu mașini agricole pentru pregătirea terenului în vederea însămânțării*. PhD dissertation, University of Transylvania Brașov, Brașov, Romania.

Units, Abbreviations, Acronyms

- Units should be metric, generally SI, and expressed in standard abbreviated form.
- Acronyms may be acceptable, but must be defined at first usage.

2. SHORT COMMUNICATIONS

Short Communications are limited to a maximum of two figures and one table. They should present a complete study that is more limited in scope than is found in full-length papers. The items of manuscript preparation listed above apply to Short Communications with the following differences: (1) Abstracts are limited to 100 words; (2) instead of a separate Materials and Methods section, experimental procedures may be incorporated into Figure Legends and Table footnotes; (3) Results and Conclusions should be combined into a single section.

3. REVIEWS

Summaries, reviews and perspectives covering topics of current interest in the field, are encouraged and accepted for publication. Reviews should be concise (max. 8 pages). All the other conditions are similar with regular articles.

[1]. Constantinescu A (2010) - *Optimizarea agregatelor formate din tractoare de putere mare cu mașini agricole pentru pregătirea terenului în vederea însămânțării*. Teză de doctorat, Universitatea Transilvania Brașov, Brașov, România.

Unități, Abrevieri, Acronime

- unitățile metrice trebuie să fie, în general, SI, și exprimate în formă prescurtată standard;
- acronimele pot fi acceptate, dar trebuie să fie definite la prima utilizare.

2. COMUNICĂRILE SCURTE

Comunicările scurte sunt limitate la maxim 2 figuri și un tabel. Acestea trebuie să prezinte un studiu complet, care este mai limitat decât în cazul articolelor normale (de dimensiuni mai mari). Elementele de pregătire a articolelor normale (manuscriselor) enumerate mai sus se aplică și la comunicările scurte, cu următoarele diferențe: (1) Rezumatul este limitat la 100 cuvinte; (2) capitolele Materiale și Metode, Procedurile experimentale pot fi scrise împreună, încorporând figurile și tabelele; (3) Rezultatele și Concluziile pot fi combinate într-o singură secțiune.

SINTEZELE

Sintezele, comentariile și perspectivele acoperind subiecte de interes din domeniu sunt încurajate și acceptate spre publicare. Sintezele trebuie să fie concise și nu mai mari 8 pagini. Toate celelalte condiții sunt similare cu cele de la articolele normale (obișnuite), enumerate mai sus.



Edited: INMA Bucharest

6 Ion Ionescu de la Brad Blvd., sect. 1, Bucharest, ROMANIA

Tel: +4021.269.32.60; Fax: +4021.269.32.73

<http://www.inma.ro/inmateh-agricultural%20engineering>

<http://www.inmateh.eu>