

## EXPERIMENTAL RESEARCHES ON WORKING QUALITATIVE INDEXES OF A DEEP LOOSENING EQUIPMENT

### CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND INDICIILE CALITATIVE DE LUCRU AI UNUI ECHIPAMENT DE AFÂNAT SOLUL ÎN PROFUNZIME

PhD. Stud. Eng. David Al.<sup>1)</sup>, Prof. PhD. Eng. Voicu Gh.<sup>2)</sup>, PhD. Eng. Marin E.<sup>1)</sup>,  
Lect. PhD. Eng. Dutu M.<sup>2)</sup>, Eng. Gheorghe G.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>INMA Bucharest / Romania; <sup>2)</sup>University POLITEHNICA Bucharest / Romania  
Tel:0720569365.; E-mail: Somy\_alex\_07@yahoo.com

**Abstract:** The paper presents the results of experimental tests of deep soil loosening machine EAA – 220 in order to determine the following qualitative indexes: soil loosening degree, working depth, working width and soil levelling degree. Experimental tests were performed at INMA Bucharest (during 2012, 2013 and 2014) where the average humidity of soil was  $u = 29.9\%$  and average resistance necessary to penetrate the soil of 2840.5 kPa.

**Keywords:** loosening degree, levelling degree, loosening equipment.

#### INTRODUCTION

Soil compaction consists in diminishing its apparent porosity and density. This phenomenon is determined by natural causes (impact of rain droplets, humidity, tensions of soil water) or because of the action of agricultural machines' running parts (artificial compaction).

Through compaction, the soil is less permeable to water draining on soil surface, determining soil erosion. Soil aeration both reduces and increases soil mechanical resistance, negatively influencing plants development.

Soil damaging caused by compaction is explained by agricultural machines and tractors mass increase and inappropriate crop rotation. Main factors of soil artificial compaction are:

- Soil type;
- humidity;
- form and area of contact surface;
- type of running part
- tyre pressure
- number of passes

#### • Influence of soil type on compaction

Because of pressures exerted, the soil is subject to deformations, mostly generated by movement of pores between the mineral skeleton' particles, and, if the pores are saturated with water, the settlement depends on the manner in which the liquid is evaporated. [14]

Following the researches achieved by Ellies, (2000) it has found out that, in coarse texture soil the predominant direction of tensions propagation is vertical, while in fine texture soil they propagates towards all directions. At the same time, within a well-structured soil (aggregated soil), compaction determined by external load has not manifested at great depth, [6].

#### • Influence of humidity on compaction

In farming, especially the humidity is the most important factor for soil compacting potential. Humidity determines the manner in which the soil deforms under the action of running parts, [6]. Complete dry soil,

**Abstract:** În lucrare se prezintă rezultatele încercărilor experimentale ale mașinii de afânare adâncă a solului EAA – 220 în vederea determinării următorilor indici calitativi: gradul de afânare al solului, adâncimea de lucru, lățimea de lucru și gradul de nivelare al solului. Încercările experimentale s-au efectuat la INMA București (în anii 2012, 2013 și 2014) unde umiditatea medie a solului a fost  $u = 29,9\%$  iar rezistența medie necesară penetrării solului de 2840,5 kPa.

**Cuvinte cheie:** grad de afânare, grad de nivelare, echipament de afânare.

#### INTRODUCERE

Compactarea solului constă în micșorarea porozității și densității aparente a acestuia. Acest fenomen se produce datorită unor cauze naturale (impactul cu picăturile de ploaie, umezirea, tensiunile interne ale apei din sol) sau datorită acțiunii organelor de rulare ale mașinilor agricole (compactarea artificială).

Prin compactare solul este mai puțin permeabil pentru apa care se scurge pe suprafața solului producând eroziunea acestuia. Aerarea solului și reduce și crește rezistența mecanică a acestuia influențând în mod negativ dezvoltarea plantelor.

Degradarea solului prin compactare se datorează creșterii masei mașinilor agricole și tractoarelor și rotației necorespunzătoare a culturilor. Principalii factori ai compactării artificiale a solului sunt:

- tipul solului;
- umiditatea;
- forma și aria suprafeței de contact;
- tipul organului de rulare
- presiunea din pneu
- numărul de treceri.

#### • Influența tipului de sol asupra compactării

Datorită presiunilor exercitate asupra sa, solul suferă deformații generate în cea mai mare parte de micșorarea porilor dintre particulele scheletului mineral, iar dacă porii sunt saturați cu apă, tasarea este condiționată de modul în care se produce evacuarea lichidului [14]

Din cercetările realizate de Ellies ș.a., (2000) s-a descoperit că în solul cu textură grosieră, direcția predominantă de propagare a tensiunilor este verticală, iar în solul cu textură mai fină tensiunile se propagă multidirecțional. De asemenea, într-un sol bine structurat (sol agregat), compactarea provocată de sarcina exterioară nu s-a manifestat la adâncime mare, [6].

#### • Influența umidității asupra compactării

Îndeosebi în agricultură, umiditatea este cel mai important factor pentru potențialul de compactare al solului. Umiditatea determină modul în care solul se deformează sub acțiunea organelor de rulare, [6]. Solul

between particles of which the friction is present, can support high external loads and contact pressures, being almost impossible to compact. As soil moisture increases, water acts as a particles binder favoring particles agglomeration and thus, soil is easily compacted. [4; 8; 10; 12].

- **Influence of shape and area of contact surface on soil artificial compaction**

Area of contact surface between the running part and soil greatly influences the manner of propagation of soil tensions. Increase of contact surface does not necessarily determine the diminishing of soil tension, but limits the propagation of high tensions in depth, respectively extends them to horizons close to soil surface [1].

- **Influence of running part type on soil artificial compaction**

Tensions applied on soil by farming wheeled machines or machines endowed with tyres, are dynamic, the soil stress time is short, and arable soil is usually unsaturated and structured, [10].

Tensions under the running parts of agricultural vehicles were measured and presented in many specialty studies, performed in laboratory, in ground channels but also in field (Kirby and Zoz, 1997). Tensions in contact spot generally vary from approx. 50 kPa (under the tracks and double or large tyres), to 300 kPa or even more (under narrow tyres of heavy vehicles such as cotton harvesting machines) (Kirby and Blunden, 1992), [11].

- **Influence of tyre pressure on soil artificial compaction**

Tyre pressure determines the tyre rigidity, which has a significant influence on contact surface between soil and tyre, as well as pressure distribution in contact surface. As for the agricultural soil, because of tyre higher pressures, small contact surfaces form, soil damages much more and tensions are transmitted deeper into the soil; therefore, it is necessary to remedy the negative effects of tensions transmission at great depth (e.g.: deep loosening requires a high energy consumption [1].

Perdok and Tijink (1990) and Wood and Burt (1987) have performed tests in ground channels with tyres of 18.4-38, both in rigid soils and ploughed soils. In order to vary the pressure on soil, dynamic loads of 10 and 20 kN and tyre pressures between 110 and 140 kPa, have been used. These studies have demonstrated that tyre pressure determines the size of horizontal components of forces located in contact spot center between soil and tyre, as well as dynamic load distribution on this surface contour, [3].

- **Influence of number of passes on soil artificial compaction**

Number of passes influences the extent of soil stress. Generally, light-weight tractors involve an increase number of passes on soil, thus intensifying compaction of vegetal soil, excepting the case when the contact pressure with soil is substantially reduced, [8]. In light soils, or when the tensions are high enough, both severity and depth of compaction increase along with agricultural vehicle passes (Kirby and al., 1997a). At first pass of the wheel, soil settles much more in comparison with the subsequent passes compaction (Cooper et al., 1969; Soane, 1980), [2, 11], this reaction of soil being connected to the initial

complet uscat, între particulele căruia există frecare, poate susține sarcini exterioare mari și presiuni de contact mari, fiind aproape imposibil de compactat. Pe măsură ce crește umiditatea solului, apa acționează ca liant între particule favorizând aglomerarea acestora, iar solul se va compacta mai ușor, [4; 8; 10; 12].

- **Influența formei și ariei suprafeței de contact asupra compactării artificiale a solului**

Aria suprafeței de contact dintre organul de rulare și sol are o influență majoră asupra modului de propagare a tensiunilor în sol. Creșterea suprafeței de contact nu conduce neapărat la scăderea intensității tensiunii din sol, ci la limitarea propagării tensiunilor mari în adâncime, respectiv la extinderea acestora în orizonturi din apropierea suprafeței solului [1].

- **Influența tipului organului de rulare asupra compactării artificiale a solului**

Tensiunile aplicate pe sol de către mașinile agricole pe pneuri sau pe șenile sunt dinamice, timpul de solicitare a solului de către organele de rulare este scurt, iar solurile arabile sunt de obicei nesaturate și structurate, [10].

Tensiunile sub organele de rulare ale vehiculelor agricole au fost măsurate și prezentate în multe studii de specialitate, realizate în laborator în canale de sol, dar și în câmp (Kirby și Zoz, 1997). Tensiunile în pata de contact variază, în general, de la aproximativ 50 kPa (sub șenile și pneuri late sau duble), la 300 kPa sau mai mult (sub pneuri înguste ale vehiculelor grele, precum mașinile de recoltat bumbac) (Kirby și Blunden, 1992), [11].

- **Influența presiunii din pneu asupra compactării artificiale a solului**

Presiunea din pneu determină rigiditatea pneului, care are o influență semnificativă asupra suprafeței de contact dintre sol și pneu, precum și asupra distribuției presiunii în suprafața de contact. În cazul solului agricol, datorită presiunilor mai mari în pneuri se formează suprafețe de contact mai mici, solul se deformează mai mult, iar tensiunile se transmit mai adânc în sol, din acest motiv fiind necesare lucrări de remediere a efectelor negative ale transmiterii tensiunilor pe adâncimi mari (ex: afânarea adâncă necesită un consum mare de energie), [1].

Perdok și Tijink (1990) și Wood și Burt (1987) au efectuat teste în canale de sol cu anvelope 18.4-38, atât pe soluri rigide cât și pe soluri arate. Pentru a varia presiunea pe sol s-au folosit sarcini dinamice de 10 și 20 kN și presiuni în pneu între 110 și 140 kPa. Aceste studii au demonstrat că presiunea din pneu determină mărimea componentelor orizontale ale forțelor în centrul suprafeței de contact dintre sol și pneu, precum și distribuția greutății dinamice pe conturul acestei suprafețe, [3].

- **Influența numărului de treceri asupra compactării artificiale a solului**

Numărul de treceri influențează numărul solicitărilor asupra solului. În general, utilizarea tractoarelor ușoare implică un număr crescut de treceri pe sol, intensificând astfel compactarea stratului de sol vegetal, cu excepția cazului în care presiunea de contact cu solul este redusă substanțial, [8]. În solurile suficient de slabe, sau atunci când tensiunile sunt suficient de mari, atât severitatea cât și adâncimea la care se manifestă compactarea cresc cu numărul de treceri ale vehiculului agricol (Kirby ș.a., 1997a). La prima trecere a roții, solul se compactează mai mult comparativ cu următoarele treceri (Cooper ș.a., 1969; Soane, 1980), [2, 11], această reacție a solului

level of compaction and deep compaction distribution, [2].

### MATERIAL AND METHOD

Experimental researches for determining the qualitative working indices have been performed using an aggregate made of soil deep loosening equipment EAA 220 and a tractor New Holland T6070 (fig. 1a), respectively Agrotron L720 Deutz-Fahr (fig. 1b).

Soil deep loosening equipment [13] for which were determined the qualitative working indices requires driving power sources (tractors) of 140-220 HP (103-163 kW), being endowed with two working parts, with 1.9 m distance between them.

Main constructive and functional parameters, characterizing the loosening part are:

- angle formed by the share with the supporting plan: 0.696 rad;
- dimensions of share (L x l): 500 x 100 mm;
- shape of share blade: rectangular;
- frequency of oscillations: adjustable by the rotation of tractor's PTO, between: 8.6 – 10.7 Hz;
- amplitude of share edge oscillations: 18 mm.



fiind legată de nivelul inițial de compactare și de distribuția compactării în adâncime, [2].

### MATERIAL ȘI METODĂ

Cercetările experimentale pentru determinarea indicilor calitativi de lucru s-au realizat utilizând un agregat format din echipamentul de afânare adâncă a solului - EAA 220 și un tractor New Holland T6070 (fig. 1a), respectiv Agrotron L720 Deutz-Fahr (fig. 1b).

Echipamentul de afânare adâncă a solului [13] pentru care s-a urmărit determinarea indicilor calitativi de lucru, necesită pentru acționare surse energetice (tractoare) cu puteri cuprinse între 140-220 CP (103-163 kW), acesta fiind prevăzut cu două organe active de lucru, cu distanța dintre ele de 1,9 m.

Principalii parametri constructivi și funcționali, care caracterizează organul activ de afânare sunt:

- unghiul format de brăzdar cu planul de sprijin: 0.696 rad;
- dimensiunile brăzdarului (L x l): 500 x 100 mm;
- forma tăișului brăzdarului: rectangulară;
- frecvența oscilațiilor: reglabilă prin turatia arborelui prizei de putere a tractorului, între: 8,6 – 10,7 Hz;
- amplitudinea oscilațiilor vârfului brăzdarului: 18 mm.



Fig. 1 – Equipment designed to soil deep loosening- EAA 220 in aggregate with  
a) New Holland T6070 tractor; b) Agrotron L 720 Deutz - Fahr tractor

During the tests the following parameters were varied:

- working depth: 0.5, 0.6 and 0.7 m;
- working speed: 0.192 – 1.25 m/s (0.69 – 4.5 km/h);
- frequency of share edge oscillation:  $f=8.6 – 10.7$  Hz.

the following values being determined:

- soil loosening degree;
- soil levelling degree;
- working depth;
- share working width.

Determination of working depth [14] has been made by a furrow measuring device, by measuring the distance between unploughed field surface and furrow made by the working part. Subsequently, based on measurements, the average working depth was calculated, namely,  $a_m$

În timpul experimentărilor au fost variați următorii parametri:

- adâncimea de lucru: 0,5, 0,6 și 0,7 m;
- viteza de lucru: 0,192 – 1,25 m/s (0,69 – 4,5 km/h);
- frecvența oscitației brăzdarului:  $f=8,6 – 10,7$  Hz.

determinându-se următoarele mărimi:

- gradul de afânare al solului;
- gradul de nivelare al solului;
- adâncimea de lucru;
- lățimea de lucru a unui brăzdar.

Determinarea adâncimii de lucru [14] s-a realizat cu ajutorul unui brazdometru, prin măsurarea distanței dintre suprafața câmpului nearat și fundul de brazdă lăsat de organul de lucru. Pe baza măsurărilor s-a calculat ulterior adâncimea medie de lucru,  $a_m$ :

$$a_{dm} = \frac{\sum_{i=1}^n a_{di}}{n} \quad (1)$$

where:

- $a_{di}$  – working depth experimentally measured;
- $n$  – number of measurements performed.

For verification, the working depth was measured by gauge tape, after manually removing the soil dislocated by share (fig. 2).

unde:

- $a_{di}$  - adâncimea de lucru măsurată experimental;
- $n$  - numărul măsurărilor efectuate.

Pentru verificare, adâncimea de lucru s-a măsurat și cu ruleta, după îndepărtarea manuală a solului dislocat de brazdar (fig. 2).



Fig. 2 – Determination of working depth by gauge tape

Determination of the working width was measured by gauge tape the distance from each peg marking the displaced soil limits after being manually removed (fig. 3). Thus, using the working widths previously measured in different points of furrow, the average working width has been calculated,  $L_m$ :

Determinarea lăţimii de lucru s-a realizat prin măsurarea cu ruleta a distanţei de la fiecare ţăruş de marcarea a limitelor solului dislocat după ce acesta a fost îndepărtat manual (fig. 3). Astfel, utilizând lăţimile de lucru efective măsurate anterior în diferite puncte ale brazdei, s-a calculat lăţimea medie de lucru,  $L_m$ :

$$L_m = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n} \tag{21}$$

where:

- $L_i$  – working width measured;
- $n$  – number of measurements performed.

Determination of loosening and levelling degree of soil was made by measuring the coordinates of different points reported to a reference system consisting of a rule placed horizontally on two pegs above the field, perpendicularly oriented towards the machine's forward direction.

în care:

- $L_i$  - lăţimea de lucru măsurată;
- $n$  - numărul măsurărilor efectuate.

The loosening degree and levelling degree (fig.4) were determined by measuring the distances between the rule and field, from 10 to 10cm, before and after the passing of loosening equipment.

Determinarea gradului de afânare și a gradului de nivelare a solului s-a realizat prin măsurarea coordonatelor diferitelor puncte față de un sistem de referință constând într-o riglă așezată orizontal deasupra câmpului pe doi țăruiși, orientată perpendicular pe direcția de înaintare a mașinii.

Determinarea gradului de afânare și a gradului de nivelare a solului (fig. 4) s-a realizat măsurând distanțele dintre riglă și câmp, din 10 în 10 cm, înainte și după trecerea echipamentului de afânare.



Fig. 3 – Determination of working width



Fig. 4 – Determination of soil loosening degree

Soil levelling degree is given by the relation:

Gradul de nivelare a solului este dat de relația:

$$G_{ns} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} h_{1i} - h_{2i}}{h_{1i}} \cdot 100 \text{ [%]} \tag{3}$$

where:

- $h_{1i}$  – measured height of field levelling before the machine passing;

în care:

- $h_{1i}$  - înălţimea măsurată a denivelării terenului înainte de trecerea mașinii;

$h_{2i}$  - measured height of field unevenness after the machine passing;  
 $n$  – number of measurements performed.

And soil loosening degree:

$h_{2i}$  - înălțimea măsurată a denivelării terenului după trecerea mașinii;  
 $n$  - numărul măsurătorilor efectuate.

iar gradul de afânare a solului:

$$G_{as} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} h_{3i} - h_{1i}}{n} \cdot 100 \quad [\%] \quad (4)$$

where:

$h_{3i}$  – dimension measured in the same point from the rule to the bottom of the furrow let by the machine.

în care:

$h_{3i}$  - dimensiunea măsurată în același punct de la riglă la fundul brazdei lucrate de mașină.

**RESULTS**

For determining the soil levelling degree and loosening degree, 31 tests have been performed, the results for 15 and 26 tests being shown below.

Soil leveling degree resulted after its loosening by equipment EAA 220 is shown in table 1 and graphic representing the distances  $h_1$ ,  $h_2$  si  $h_3$  measured at test 26 is shown in figure 5 and, respectively for test 5 in figure 6.

**REZULTATE**

Pentru determinarea gradului de nivelare si gradului de afânare a solului s-au realizat o serie de 31 de probe, fiind prezentate mai jos rezultatele pentru proba 15 si proba 26, considerate a fi reprezentative.

Gradul de nivelare a solului rezultat după afânarea acestuia cu echipamentul EAA 220 este prezentat în tabelul 1 iar reprezentarea grafica a distanțelor  $h_1$ ,  $h_2$  si  $h_3$  masurate la proba 26 este prezentata in figura 5 si pentru proba 15 in figura 6.

Table 1

Soil unevenness height

Measuring distance	Test 26			Test 15		
	$h_1$ [cm]	$h_2$ [cm]	$h_3$ [cm]	$h_1$ [cm]	$h_2$ [cm]	$h_3$ [cm]
10	68	68	68	61.5	61.5	61.5
20	67	67	67	61	61	61
30	66	66	66	62	62	62
40	65	65	65	60	60	60
50	64	64	64	62	62	62
60	63.5	61	72	62	52	80
70	64	59	78	64	50	100
80	63.5	55	85	65	50	110
90	65	54	95	66	52	120
100	65	52	110	65	51	123
110	65	52	130	63	52	115
120	66.5	53	132	62.5	51	95
130	69	52	120	60	55	85
140	70	55	112	60	60	60
150	69.5	61	86	61	61	61
160	69	63	80	63	63	63
170	65	65	65	61	61	61
180	63.5	63.5	63.5	63	63	63
190	66	66	66	62	62	62
200	65	65	65	63	63	63

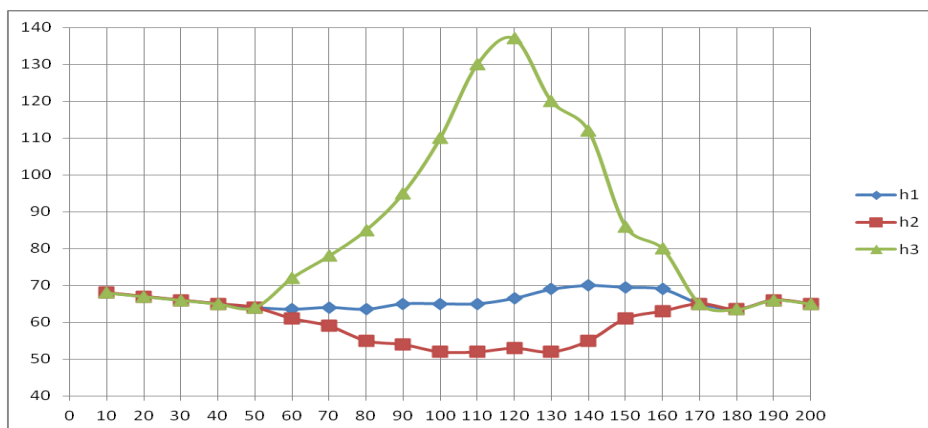


Fig. 5 - Distances  $h_1$ ,  $h_2$  and  $h_3$  measured at test 26 (working depth of 0.7m) for determining the soil levelling and loosening degree

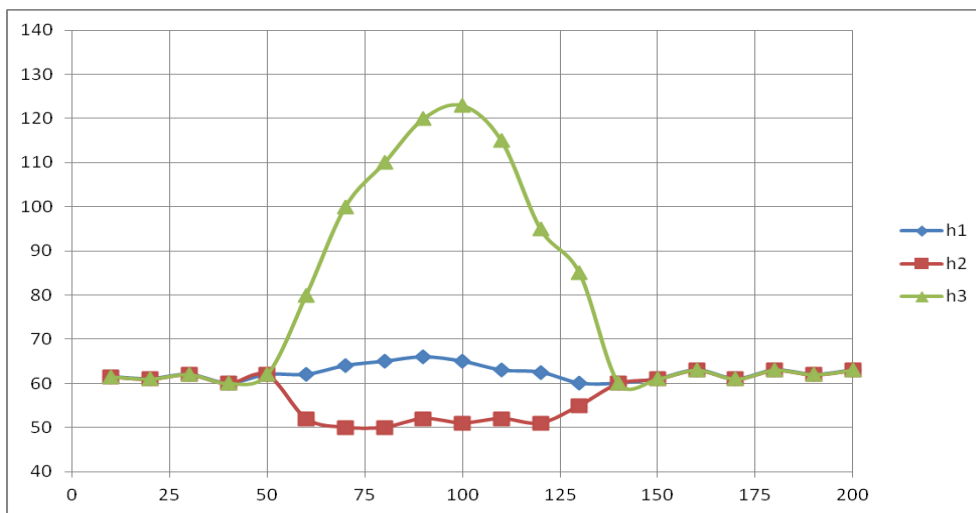


Fig. 6 - Distances h1, h2 and h3 measured at test 15 (working depth of 0.6m) for determining the soil levelling and loosening degree

In table 2 are presented the following values: loosening degree, leveling degree, working depth and working width.

In tabelul 2 sunt prezentate: gradul de afânare, gradul de nivelare a solului, adâncimea și latimea de lucru.

Table2

Qualitative indexes of soil loosening machine

Den. no.	Test	Depth [m]	Speed [m/s]	Frequency [Hz]	$a_d$ [m]	L [m]	$G_{as}$ [%]	$G_{ns}$ [%]
1	5	0.5	0.192	8.6	0.485	0.8	11.98	5.8
2	6		0.2	8.6	0.52	0.9	11.2	5.65
3	7		0.195	8.6	0.495	0.7	10.98	5.41
Average values					<b>0.5</b>	<b>0.8</b>	<b>11.38</b>	<b>5.62</b>
4	12	0.6	0.694	9.3	0.59	0.8	15.8	7.75
5	13		0.736	10.16	0.61	1	15.8	8.4
6	14		0.758	8.6	0.57	0.8	14	8.2
7	15		1.25	9.2	0.58	0.9	15.02	7.4
8	17		1.064	9.8	0.61	0.9	15.1	7.04
9	20		0.72	9.116	0.59	0.9	14.8	8.6
Average values					<b>0.59</b>	<b>0.88</b>	<b>15.086</b>	<b>7.89</b>
10	24	0.7	1.028	8.61	0.71	1.1	19.62	10.68
11	25		1.028	8.61	0.7	1.2	17.4	10.78
12	26		0.772	8.61	0.705	1.2	17.01	8.46
13	27		0.861	9.667	0.71	1.2	20.3	9.16
14	28		0.994	10.67	0.705	1.2	22.57	11.24
15	30		0.794	10.7	0.71	1.1	19.71	8.6
Average values					<b>0.706</b>	<b>1.16</b>	<b>19.43</b>	<b>9.82</b>

CONCLUSIONS

- Variation of working depth, experimentally determined, in comparison with set depth, was of 0.16 – 0.66%. Average working width of deep soil loosening machine is maximum for the maximum working depth (1.16m for 0.7m depth) and diminishes along with depth, being of 0.8m for a working depth of 0.5m;
- The soil average degree depends on the working depth, being 5.62% for a working depth of 0.5m and 9.82% for 0.7 working depth;

CONCLUSIONS

- Variatia adâncimii de lucru determinată experimental, față de adâncimea reglată, a fost de 0.16 – 0.66%. Latimea medie de lucru a mașinii de afânare adâncă a solului are valoarea maximă pentru adâncimea maximă de lucru (1,16m pentru adâncimea de 0.7m) și scade odată cu scăderea adâncimii fiind de 0.8m pentru adâncimea de lucru de 0.5m;
- Gradul mediu de nivelare a solului depinde de adâncimea de lucru fiind de 5.62% la o adâncime de 0.5 m, respectiv 9.82% la adâncimea de 0.7 m;

- Average loosening degree of soil is of maximum 20.44% for 0.7m working depth.

It can be noticed that the levelling degree and loosening degree, both depend on working depth, having maximum values for 0.7m working depth.

## REFERENCES

- [1]. Biriş S. Şt. (2010) – *Mathematical modeling of agricultural soil compaction*, Printech Publishing House, Bucharest;
- [2]. Botta G.F., Tolon Becerra A., Bellora Tourn F. (2009) - *Effect of the number of tractor passes on soil rut depth and compaction in two tillage regimes*, Soil & Tillage Research 103, pp. 381-386;
- [3]. Botta G.F., Tolon-Becerra A., Tourn M., Lastra-Bravo X., Rivero D. (2012) - *Agricultural traffic: motion resistance and soil compaction in relation to tractor design and different soil conditions.*, Soil & Tillage Research, vol. 120, pp. 92-98;
- [4]. Duiker S.W. (2004) - *Avoiding soil compaction*, Conservation Tillage Series, Pennsylvania State University, Agricultural Research and Cooperative Extension, pg. 1-8;
- [5]. Gângu V., Cojocaru I., Constantin N., Koloszvari C.a (2005) - *Prototype test report for the deep soil loosening machinery for 180-220 HP tractors MAS - 220*, INMA Bucharest, contr. 190/2003;
- [6]. Hamza M.A., Anderson W.K. (2005) - *Soil compaction in cropping systems. A review of the nature, causes and possible solutions*, Soil & Tillage Research, vol. 82, Issue 2, pg. 121-145;
- [7]. Hilohi C., ş.a. (1982) – *Methods and means of testing the motor vehicles*, Technical Publishing House, Bucharest;
- [8]. Jorajuria D., Draghi L. (1997) - *The distribution of soil compaction with depth and the response of a perennial forage crop*, Journal Agricultural Engineering Research, vol. 66, Issue 4, pg. 261-265;
- [9]. Keller T., Lamandé M., Peth S., Berli M., Delenne J.Y., Baumgarten W., Rabbel W., Radjaï F., Rajchenbach J., Selvadurai A.P.S., Or D. (2013) – *An interdisciplinary approach towards improved understanding of soil deformation during compaction*, Soil & Tillage Research, vol. 128, pp. 61-80;
- [10]. Kok H., Taylor K. R., Lamond E. R., Kessen S. (1996) - *Soil Compaction Problems and Solutions*, Kansas State University, Crops and Soils 4-6 MS 7-96-5M (<http://www.ksre.ksu.edu/bookstore/pubs/AF115.pdf>).
- [11]. Raper R. L., Kirby J. M. (2006) - *Soil compaction: how to do it, undo it, or avoid doing it*, ASAE Distinguished Lecture 30, pp. 1-14. Agricultural Equipment Technology Conference, 12-14 Feb, Louisville, Kentucky, USA, ASABE Publication number 913C0106;
- [12]. Schwab G.J., Murdock L.W., Wells L.G. (2004) - *Assessing and preventing soil compaction*, UK Cooperative Extension Service, University of Kentucky – College of Agriculture;
- [13]. Vladut V., Matache M., Nicolescu M., Biriş S., Paraschiv G., Voicu Gh., Danciu A., Persu C. (2012) –

- Gradul mediu de afânare al solului are valoarea maxima 20.44% pentru adâncimea de lucru de 0.7m.

Se observă că atât gradul de nivelare cât și gradul de afânare a solului depind de adâncimea de lucru având valorile maxime pentru adâncimea de 0.7m.

## REFERENCES

- [1]. Biriş S. Şt. (2010) - *Modelarea matematică a compactării solului agricol*, Editura Printech, Bucureşti;
- [2]. Botta G.F., Tolon Becerra A., Bellora Tourn F. (2009) – *Efectul numarului de treceri pe sol si compactarea in regim de lucru dublu*, Cercetari privind lucrarile solului, 103, pag. 381-386;
- [3]. Botta G.F., Tolon-Becerra A., Tourn M., Lastra-Bravo X., Rivero D. (2012) – *Traficul agricol: rezistenta la miscare si compactarea solului in conformitate cu modul de proiectare a tractorului si diferitele conditii de sol*, Cercetari privind lucrarile solului, vol. 120, pag. 92-98;
- [4]. Duiker S.W. (2004) – *Evitarea compactarii solului*, Seria Lucrari conservative ale solului, Universitatea de Stat din Pennsylvania, Cercetare Agricola și Cooperative Extinse, pag. 1-8;
- [5]. Gângu V., Cojocaru I., Constantin N., Koloszvari C.a (2005) – *Raport de testare de prototip pentru afanarea adanca a solului pentru tractoarele de 180-220 CP MAS - 220*, INMA Bucureşti, contr. 190/2003;
- [6]. Hamza M.A., Anderson W. K. (2005) – *Compactarea solului in sistemele de cultura. O trecere in revista a naturii, cauzelor si posibilelor solutii*, Cercetari privind lucrarile solului, vol. 82, Nr. 2, pag. 121-145;
- [7]. Hilohi C., ş.a. (1982) - *Metode și mijloace de încercare a automobilelor*, Editura Tehnică, Bucureşti;
- [8]. Jorajuria D., Draghi L. (1997) – *Distributia compactarii solului in functie de adancime a unei culture de furaje*, Jurnalul Cercetarilor Ingineriei Agricole, vol. 66, Nr. 4, pg. 261-265;
- [9]. Keller T., Lamandé M., Peth S., Berli M., Delenne J.Y., Baumgarten W., Rabbel W., Radjaï F., Rajchenbach J., Selvadurai A.P.S., Or D. (2013) – *O abordare interdisciplinara privind deformarea solului in timpul compactarii*, Cercetari privind lucrarile solului, vol. 128, pg. 61-80;
- [10]. Kok H., Taylor K. R., Lamond E. R., Kessen S. (1996) – *Probleme si solutii privind compactarea solului*, Universitatea de Stat Kansas , Culturi si soluri 4-6 MS 7-96-5M (<http://www.ksre.ksu.edu/bookstore/pubs/AF115.pdf>).
- [11]. Raper R. L., Kirby J. M. (2006) – *Compactarea solului: cum se face, cum nu se face sau cum se evita formarea ei*, ASAE Lectura Distinsa 30, pag. 1-14. Conferinta de Tehnologie a Echipamentelor Agricole, 12-14 Feb, Louisville, Kentucky, USA, ASABE Publicatia numarul 913C0106;
- [12]. Schwab G.J., Murdock L.W., Wells L.G. (2004) – *Evaluarea si prevenirea compactarii solului*, UK Serviciul de cooperare extinsa, Universitatea din Kentucky – Colegiul de Agricultură;
- [13]. Vladut V., Matache M., Nicolescu M., Biriş S., Paraschiv G., Voicu Gh., Danciu A., Persu C. (2012) -

*Computer-aided testing of biotechnical systems*, "Terra Noastra" Publishing House, Iasi;

[14]. \*\*\* - *Spatial distribution model for the prognosis of soil agro-physical state, under the influence of farming works* – MOSTA, Report 1. National Institute of Research- Development for Soil Science, Agro-chemistry and Environmental Protection – I.C.P.A, Bucharest;

[15] \*\*\* STAS 6926/2-86 – Measuring masses and determining the mass center for motor vehicles and tractor-trailer combinations;

[16] \*\*\* STAS 6926/3-78 – Measuring the external dimensions.

*Testarea asistată a sistemelor Biotehnice*, Editura Terra Noastra, Iasi;

[14]. \*\*\*\* - *Model cu distribuție spațială pentru prognoza stării agrofizice a solului, sub influența lucrărilor agricole* – MOSTA, Raport 1. Institutul Național de Cercetare - Dezvoltare pentru Pedologie, Agrochimie și Protecția Mediului – I.C.P.A, București;

[15] \*\*\* STAS 6926/2-86 - Măsurarea maselor și determinarea centrului de masă la autovehicule și trenuri rutiere;

[16] \*\*\* STAS 6926/3-78 - Măsurarea dimensiunilor exterioare.