

## RESEARCHES ON REDUCING OF LOSSES AT FODDER HARVESTING WITH THE WINDROVERS

### CERCETARI PRIVIND REDUCEREA PIERDERILOR LA RECOLTAREA FURAJELOR CU VINDROVERELE

Eng. Bogdanof G.<sup>1)</sup>, PhD. Eng. Păun A.<sup>1)</sup>, Assoc.Prof. PhD.Eng. Ertekin C.<sup>2)</sup>, Eng. Neagoe V.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>INMA Bucharest / Romania; <sup>2)</sup>Akdeniz University / Turkey

Fax: 021/269.32.73; E-mail: gbogdanof@gmail.com

**Abstract:** The paper presents the theoretical and practical researches on the achievement and testing of a trailed windrover for fodder harvesting which carries out the operations of mowing, crushing and placing in continuous and uniform swath of grassy fodder plants on the ground for natural drying, by a single passing. On the windrover were tested two types of conditioning devices for forages aiming the reduction of harvesting losses for different types of crops.

**Keywords:** windrover, fodder, ensilage, cutting device, rolls forage crusher

#### INTRODUCTION

Ensuring of a high quality forage throughout the year is one of the main concerns of the animal breeders which monitor the cost reduction by lowering losses at harvest as well as obtaining of some forage with superior nutritional quality and their conservation in advantageous conditions. For this reason the forage harvesting is done at biological maturity when it contains a high amount of nutrients (proteins, phosphorus, potassium) and which does not coincide most times with the maximum vegetative mass. Globally the concerns in the field are particularly complexes and include a wide range of activities. Annual forage losses during harvest, transport, storage and handling up to the animals feeding, are estimated at 28...30% out of annual production, from which about 20% are recorded during the harvest, as well on field drying and 8...10% during storage and distribution operations to animals [8].

Experimental measurements have shown that during the first 4 days of stationing on the field of mowed forage the dry matter losses are 1...1.5% per day and can reach up to 4% daily for longer periods of time. The researches conducted abroad and in our country have shown that it can be reduced to half the forage stationary time in the field by introducing the plant crushing operation, respectively of the stalks along with mowing, process that speeds up the the evaporation of water and equalizes leaves and stalks drying [1, 4].

This operation can be performed with crushing devices driven by tractor or, in most cases these are mounted on mowers and the crushing is done simultaneously with plants mowing in the field.

Due to these advantages, the manufacturing companies have developed and diversified a wide range of mowers with crushings called windrovers, which have working widths up to 4.5 m, and in the field carries out in one pass the mowing, crushing and placing the plants in continuous swath on the ground, of various widths, depending on the production requirements.

#### MATERIAL AND METHOD

INMA has performed and tested an experimental model of towed windrover for harvesting forage called VTR-2.4 (fig. 1) intended for harvesting of grassy fodder plants (alfalfa, clover, grasses, herbs mixed with vegetables) for natural drying. Depending on the adopted working technology, the green crops located in the swath may be

**Rezumat:** În lucrare sunt prezentate cercetările teoretice și practice privind realizarea și încercarea unui vindrover tractat pentru recoltat furaje care efectuează la o singură trecere operațiile de cosire, strivire, și așezare pe sol în brazda continuă și uniformă a plantelor furajere ierboase în vederea uscării naturale. Pe vindrover au fost testate două tipuri de dispozitive pentru condiționat furaje urmărindu-se reducerea pierderilor la recoltare a diferitelor culturi furajere ierboase destinate pentru obținerea fânului.

**Cuvinte cheie:** vindrover, plante furajere, insilozare, aparat de taiere, strivitor de furaje cu valțuri

#### INTRODUCERE

Asigurarea de furaje de bună calitate pe tot parcursul anului este una din preocupările de bază ale crescătorilor de animale care urmăresc reducerea costurilor prin micșorarea pierderilor la recoltare cât și obținerea unor furaje cu calități nutritive superioare și conservarea acestora în condiții cât mai avantajoase. Din acest motiv recoltarea furajelor se face la maturitatea biologică când acestea conțin o cantitate maximă de substanțe nutritive (proteine, fosfor, potasiu) și care nu coincide de cele mai multe ori cu masa vegetală maximă. Pe plan mondial preocupările în domeniu sunt deosebit de complexe și cuprind o paletă mare de activități. Anual pierderile de furaje în timpul recoltatului, transportului, depozitării și manipularii până la administrarea la animale, sunt estimate la 28...30% din producția anuală, din care circa 20% se înregistrează în timpul recoltatului dar și uscării pe câmp iar 8...10% în timpul operațiilor de depozitare și distribuire la animale [3, 5, 6, 7, 8].

Măsurători experimentale au arătat că în primele 4 zile de staționare pe câmp a furajelor cosite pierderile de materie uscată sunt 1...1,5% pe zi putând ajunge până la 4% pe zi pentru perioade mai mari de timp. Cercetările efectuate în străinătate și în țară au arătat că poate fi redus la jumătate timpul de sedere al furajelor pe câmp prin introducerea operației de strivire al plantei, respectiv al tulpinilor odată cu cosirea, proces ce grăbește evaporarea apei uniformizându-se uscarea dintre frunze și tulpini [1, 4].

Această operație se poate realiza cu dispozitive de strivire acționate de tractor sau în cele mai multe cazuri acestea sunt montate pe cositori iar strivitul se realizează concomitent cu cositul plantelor din lan.

Datorită acestor avantaje firmele constructoare au realizat și diversificat o gamă variată de cositori cu strivitoare denumite vindrover, care au lățimi de lucru de până la 4,5m, iar în procesul de lucru realizează la o singură trecere cositul, strivitul și așezarea plantelor în brazda continuă pe sol, de diferite lățimi, în funcție de cerințele din producție.

#### MATERIAL ȘI METODĂ

INMA a realizat și încercat un model experimental de vindrover tractat pentru recoltarea furajelor, denumit VTR-2.4, (fig. 1) destinat recoltării plantelor furajere ierboase (lucernă, trifoi, ierburi, amestecuri de ierburi cu leguminoase) în vederea uscării naturale. În funcție de tehnologia de lucru adoptată, plantele furajere aflate în

collected when they reached the humidity of 50...55% for the ensilage at low humidity, or left to dry until reach 20% humidity, then being collected and stored as hay bulk or bales [2].

brazdă pot fi adunate când au ajuns la umiditatea de 50...55% pentru însilozarea la umiditate scăzută, sau lăsate să se usuce până la umiditatea de cca 20%, urmând a fi adunate și depozitate sub formă de fân vrac sau balotati [2].



Fig. 1 - The windrover VTR - 2.4 în agregat cu tractorul U650 / *Vindroverul VTR – 2.4 în agregat cu tractorul U650*

The towed windrover VTR-2.4 works in aggregate with 55-80 HP tractors, being coupled to coupling bar and the active elements are powered from the PTO via a cardanic transmission.

The windrover is carried on a frame equipped with two wheels with low pressure tires and a hitch for coupling to the tractor towing bar.

The cutting device is of rotating disc type driven by a transmission with gears mounted in a metal housing. The oval shaped rotating discs are placed above the metal housing on which are positioned two knives articulated by some special screws.

Given the diversity of forage crops from our country (alfalfa, clover, mash, grasses, mixtures of vegetables with herbs) that can be harvested with the forage windrovers, INMA has conducted tests with different forage crushing devices in different culture conditions, in which it was observed the crushing effect on the plants, the losses of material as well as the crushing devices behavior under various adjustments and crop conditions.

There were manufactured and tested the following constructive variants of crushing devices:

- crusher with two metal rollers with continuous helical ribs;
- crusher with two rollers, of which the upper one is rubberized, and the lower one is with helical ribs;
- crusher with two rubberized rollers with equal diameters and profiled surface;
- crusher with rotor with elastic metallic claws;
- crusher with rotor with articulated metallic bar and with adjustable comb.

Vindroverul tractat VTR-2,4 lucrează în agregat cu tractoarele de 55-80 CP, cuplat la bara de tracțiune, iar organele de lucru sunt acționate de la priza de putere prin intermediul unei transmisii cardanice.

Vindroverul este purtat pe un cadru de rulare prevăzut cu două roți cu pneuri de joasă presiune și un proțap pentru cuplarea la bara de tracțiune a tractorului.

Aparatul de tăiere este de tipul cu discuri rotative acționate de o transmisie cu roți dințate montate într-o carcasă metalică. Discurile rotative ovale sunt plasate deasupra carcasei metalice, pe care sunt pozitionate două cuțite articulate prin intermediul unor șuruburi speciale.

Ținând cont de diversitatea culturilor furajere din țara noastră (lucernă, trifoi, borceag, ierburi, amestecuri de leguminoase cu ierburi) care se pot recolta cu vindroverele de furaje, INMA a efectuat încercări cu diferite dispozitive de strivit furaje în diferite condiții de cultură, în cadrul cărora s-a urmărit efectul strivirii asupra plantelor, precum și a pierderilor de material și funcționarea strivitoarelor în diferite condiții de reglaj și cultură.

Au fost realizate și încercate următoarele variante constructive de dispozitive de strivit:

- strivitor cu două valțuri metalice cu nervuri continue elicoidale;
- strivitor cu două valțuri, dintre care cel superior cauciucat, iar cel inferior cu nervuri elicoidale;
- strivitor cu două valțuri cauciucate cu diametre egale și cu suprafața profilată;
- strivitor cu rotor cu gheare metalice elastice;
- strivitor cu rotor cu bare metalice articulate și cu pieptene reglabil.

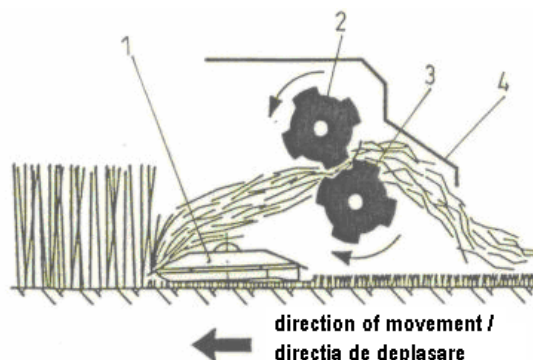


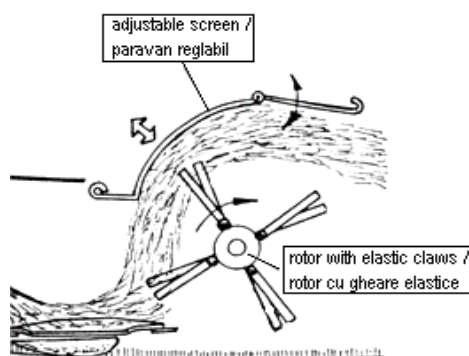
Fig. 2 - The working process of the crusher with rollers / *Procesul de lucru al strivitorului cu valțuri*

Devices for crushing with two rollers (fig. 2) mainly consist of two rollers of different diameters pos. 2 and 3 mounted

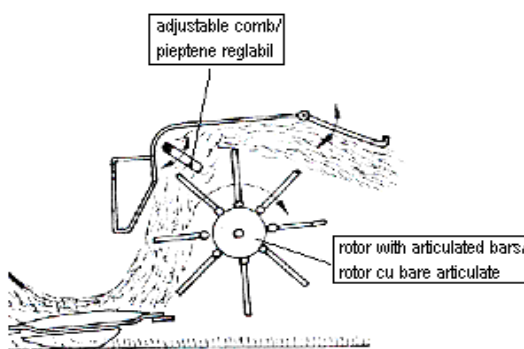
Dispozitivele de strivit cu două valțuri (fig. 2) sunt constituite în principal din două valțuri de diametre diferite poz. 2 și 3

by means of some oscillating bearings on two walls of metal sheet, the deflector pos. 4 and cutting device pos. 1. On the rollers surface were applied straight or helical ribs, and the upper roller is able to float vertically depending on the thickness of the layer of plants passing through crusher.

The working process of these crushers is the following: the forage plants mowed from the field are taken over by the two rollers having different directions of rotation and due to the pressing force between the two rollers the plants are laminated and the ribs from their surface perform the actual crushing. The peripheral speed of the two rollers pos. 2 and 3 fosters the throwing in the back of plants crushed in the deflector pos. 4, falling into continuous swath on the ground.



a) crushing device with elastic claws /strivitor cu gheare elastice



b) crushing device with articulated bars /strivitor cu bare articulate

**Fig. 3** – The working process of the crusher with rotor / *Procesul de lucru al strivitorului cu rotor*

Devices for crushing with rotor with claws or articulated bars (fig. 3) are of metal construction and the active working element is a cylindrical rotor on which are mounted metal claws or other rigid materials, evenly distributed over the whole length of the rotor.

The working principle of these crushers is the following: the forage plants mowed from the field are processed by the claws or the bars of rotor and engaged in the direction of rotation. The crushing itself occurs by rubbing the plants (even hitting them) of a screen located at the top of the trajectory of claws, which can be near rotor, intensifying the process of friction and crushing of plants (fig. 3a).

In the case of the rotor and comb crusher (fig. 3b) the crushing process is intensive and includes several phases:

- in the first stage the plants are taken over by the bars of the rotor and are crushed by hitting;
- in the second phase, the plants are struck by hood, impact contributing to accentuate the cracks and breaking of waxy film that covers the stalks;
- in the third phase the plants are passed through the comb teeth, where takes place also a defibering process.

The main characteristics of the windrover VTR 2.4 are the following:

- the working widths, m ..... 2.4;
- type of the cutting device ..... with rotating discs;
- frequency of rotation of the discs,  $\text{min}^{-1}$  ... 2700;
- the number of rotating discs, pcs .....6;
- the number of knives per disc, pcs .....2;
- type of crusher, ..... with two rollers shaft;
- working width of the crusher, m. ....1750;
- actuation ..... 55 ... 85 hp tractor
- PTO speed,  $\text{min}^{-1}$  .....540;
- maximum working speed, km/h. ....10;
- cutting height, mm. ....40...60;
- swath width of material, m. .... 0.8...1,2
- weight, daN. ....1840;

The main technical and functional characteristics of the crushers are presented in table 1 and 2.

montate prin intermediul unor lagăre oscilante pe doi pereți din tablă, deflectorul poz. 4 și aparatul de tăiere poz. 1. Valțurile au aplicate pe suprafață nervuri drepte sau elicoidale, iar valțul superior are posibilitatea flotării pe verticală în funcție de grosimea stratului de plante care trece prin strivitor.

Procesul de lucru al acestor strivitoare este următorul: plantele furajere cosite din lan sunt preluate de cele două valțuri care au sensuri de rotație diferite și datorită forței de apăsare dintre cele două valțuri plantele sunt laminate iar nervurile de pe suprafața lor realizează strivirea propriuzisă. Viteza periferică a celor două valțuri poz. 2 și 3 favorizează aruncarea în spate a plantelor strivite în deflectorul poz. 4 căzând în brazdă continuă pe sol.

Dispozitivele de strivit cu rotor cu gheare sau bare articulate (fig. 3) sunt de construcție metalică, iar organul de lucru activ îl constituie un rotor cilindric pe care sunt montate gheare metalice sau din alte materiale rigide, distribuite uniform pe toată lungimea rotorului.

Principiul de lucru al acestor strivitoare este următorul: plantele furajere cosite din lan sunt prelucrate de ghearele sau barele rotorului și antrenate în sensul de rotație. Strivirea propriu-zisă are loc prin frecarea plantelor (chiar izbirea lor) de un paravan situat în partea superioară a traiectoriei ghearelor, care se poate apropia de rotor, intensificând procesul de frecare și strivire a plantelor (fig. 3a).

În cazul strivitorului cu rotor și pieptene (fig. 3b) procesul de strivire este mai intens și cuprinde mai multe faze:

- în prima fază plantele sunt preluate de barele rotorului, și sunt strivite prin lovire;
- în a doua fază, plantele sunt lovite de capotă, lovire care contribuie la accentuarea fisurilor și spargerea peliculei ceroase care acoperă tulpinile;
- în faza a treia plantele sunt trecute printre dinții pieptenului, unde are loc și o defibrare.

Principalele caracteristici ale vindroverului VTR 2,4 sunt următoarele:

- lățimea de lucru, m .....2,4;
- tipul aparatului de tăiere .....cu discuri rotative;
- frecvența de rotație a discurilor,  $\text{min}^{-1}$ ..... 2700;
- numărul discurilor rotative, buc ..... 6;
- numărul cuțitelor pe disc, buc ..... 2;
- tipul strivitorului, ..... cu două valțuri;
- lățimea de lucru a strivitorului, m. .... 1750;
- acționare. .... tractor de 55...85 CP
- turația prizei de putere,  $\text{min}^{-1}$  ..... 540;
- viteza de lucru max., km/h ..... 10;
- înălțimea de tăiere, mm ..... 40...60;
- lățimea brazdei de material, m ..... 0.8...1,2
- greutatea, daN ..... 1840;

Principalele caracteristici tehnice și funcționale ale strivitoarelor sunt prezentate în tabelul 1 și 2.



Fig. 4 - The windrover VTR -2.4 to harvesting alfalfa / Vindroverul VTR -2,4 la recoltat lucerna

Table 1 / Tabelul 1

## Technical characteristics of crushers with rollers / Caracteristici tehnice ale strivitoarelor cu valțuri

Specification / Specificație	M.U./ U.M.	Type of crusher / Tipul strivitorului		
		2 riffled metal rollers shaft / 2 valțuri metalice nervurate	With a metal roller and a rubberized roller / cu un valț metalic și un valț cauciucat	2 equal rollers shaft rubberized and profiled / 2 valțuri egale cauciucate și profilate
Constructive working width / Lățimea constructivă de lucru	m	2.7	2.7	2.7
Rollers shaft diameter / Diametrul valțurilor	mm	upper / superior	168	185
		lower / inferior	195	185
Rollers shaft speed / Turația valțurilor	rot/min	upper / superior	741	705
		lower / inferior	635	705
-	-	rotor with elastic claws / rotor cu gheare elastice	rotor with articulated bars and comb / rotor cu bare articulate și pieptene	
Constructive working width / Lățimea constructivă de lucru	m	2.7	2.7	
Active range of claws / Raza activă a ghearelor	mm	280	260	
Claws pace / Pasul ghearelor	mm	85	107	

The tests were performed in aggregate with the 65 HP tractor of Romanian manufacturing.

The average values of working qualitative indexes at harvest alfalfa are presented in table 2.

Incarcarile au fost efectuate în agregat cu tractorul de 65 CP. de fabricatie romaneasca.

Valorile medii ale indicilor calitativi de lucru la recoltat lucernă sunt prezentați în tabelul 2.

Table 2 / Tabelul 2

## Technical characteristics / Caracteristici tehnice

Index designation / Denumirea indicelui	M.U./ U.M.	Determined value / Valoarea determinată
Effective working width / Lățimea efectivă de lucru	m	2150
Cutting height (stubble) / Înălțimea de tăiere (miriștea)	mm	60
Working speed / Viteza de lucru	km/h	6.2... 8.0
Crushing degree of plants / Gradul de strivire a plantelor	%	85
Characteristics of swaths / Caracteristicile brazdelor		
• width / lățime	mm	0.9 – 1.6
• height / înălțime	mm	-
• weight (at harvest) / greutate (în momentul recoltării)	kg/m.l.	approx. 3.2
Loss of material / Pierderi de material	%	1.5

The cutting height was 60 mm (according to the agrotechnical requirements for harvesting alfalfa) and was uniform throughout the entire working width. It must be noted that the cutting height can be adjusted between 40 and 80 mm depending on requirements of land and culture.

The optimum working speed was 7.5...8.0 km/h, however in the conditions of well leveled land is possible to work with speeds up to 10 km/h at an appropriate cutting height.

Înălțimea de tăiere a fost de 60 mm (conform cerințelor agrotehnice pentru recoltat lucernă) și a fost uniformă pe toată lățimea de lucru. De menționat faptul că din reglaje se pot obține înălțimi de tăiere cuprinse între 40...80 mm în funcție de cerințele de teren și cultură.

Viteza optimă de lucru a fost de 7,5...8,0 km/h, însă în condițiile unui teren bine nivelat se poate lucra cu viteze de până la 10 km/h în condițiile unei înălțimi corespunzătoare de tăiere.

**RESULTS**

The crushing degree was calculated with equation (1):

$$\lambda = \left(1 - \frac{S_1}{S_2}\right) \times 100 (\%) \quad (1)$$

where:  $S_1$  = sample plant mass remained uncrushed and  $S_2$  = total sample plants mass passed through crusher [2].

It was considered crushed plant any plant whose stalk was strangled in at least two places.

Material losses were determined by the relation (2):

$$q = \frac{\delta}{S_2} \times 100 (\%) \quad (2)$$

where:  $\delta$  = mass of small leaf and plant fragments collected from the ground by removing the swath immediately after crushing and  $S_2$  = total mass of plants from the sample surface, [4].

The testings of experimental models of crushers were conducted during the summer (June - August) at SC Agroindustrial Pantelimon, Ilfov County, and ICPCP Magurele Brasov, and the main biological characteristics of forage crops in which took place the testings are presented in table 3. In table 4 are presented the working indices of the crusher with rollers and in table 5 are shown the working indices of the crusher with claws.

**REZULTATE**

Gradul de strivire s-a calculat cu relația (1):

unde:  $S_1$  = masa plantelor din probă rămase nestrivite și  $S_2$  = masa totală a plantelor dintr-o probă trecută prin strivitor [2].

S-a considerat plantă strivită orice plantă a cărei tulpină a fost ștrangulată în cel puțin două locuri.

Pierderile de material s-au determinat cu relația (2):

unde:  $\delta$  = masa frunzulițelor și fragmentelor de plante adunate de pe sol prin îndepărtarea brazdei imediat după strivire și  $S_2$  = masa totală a plantelor de pe suprafața probei, [4].

Încercările modelelor experimentale de strivitoare s-au efectuat în perioada de vară (iunie-august) la S.C. Agroindustrială Pantelimon, jud. Ilfov, și ICPCP Măgurele Brașov, iar principalele caracteristici biologice ale culturilor furajere în care au avut loc încercările sunt prezentate în tabelul 3. În tabelul 4 sunt prezentati indicii de lucru ai strivitorului cu valțuri și în tabelul 5 sunt indicii de lucru ai strivitorului cu gheare.

Table 3 / Tabelul 3

**Biological characteristics of forage crops / Caracteristici biologice ale culturilor furajere**

Specification / Specificație	M.U./U.M.	Forage crop / Cultura furajeră		
		Alfalfa first mowing / Lucernă coasa I-a	Alfalfa the II-nd mowing / Lucernă coasa a-II-a	Cultivated hayfield / Fâneată cultivată
Green mass production / Producția de masă verde	t/ha	19.5	14.7	23,4
The average height of the plants / Înălțimea medie a plantelor	mm	600	535	600
The average length of the plants / Lungimea medie a plantelor	mm	760	600	730
Vegetation stage / Stagiul de vegetație	-	50% blossomed / înflorit	70% blossomed / înflorit	Earing / Înspicare
Humidity of plants / Umiditatea plantelor	%	78.30	76.20	75.50
Botanical composition / Compoziția botanică	%	- alfalfa / lucernă: 83 - other plants / alte plante: 17	- alfalfa / lucernă =95 - other plants / alte plante: 5	- festuca.....35 - lolium p.....10 - agrostis tenuis....20 - dactilis g.....10 - trifolium r.....5 - lotus caniculatus..5 - other species / alte specii: 15

Table 4 / Tabelul 4

**Working indexes - crusher with rollers / Indici de lucru - strivitorul cu valțuri**

Specification / Specificație	M.U./U.M.	Forage crop / Cultura furajeră		
		Alfalfa first mowing / Lucernă coasa I-a	Alfalfa the II-nd mowing / Lucernă coasa a-II-a	Cultivated hayfield / Fâneată cultivată
Green mass production / Producția de masă verde	t/ha	19.5	14.7	23,4
Flow rate of material passing through crusher / Debitul de material ce trece prin strivitor	t/ha kg/s	24.3 6.75	24.1 6.68	24.3 6.5
Degree of crushing plants for the version with / Gradul de strivire al plantelor pentru varianta cu:				
• ribbed steel rollers / valțuri cu nervuri metalice	%	82	-	-
• one metal and one rubberized roller / un valț metalic și celălalt cauciucat	%	88	83	-
• profiled rubberised rollers / valțuri cauciucate profilate	%	87	90	20
Material losses caused by crushing / Pierderi de material cauzate de strivire:				
a) ribbed steel rollers / valțuri cu nervuri metalice	%	1.4	1.1	<1
b) one metal and one rubberized roller / un valț metalic și celălalt cauciucat	%	1.1	1.0	
c) profiled rubberised rollers / valțuri cauciucate profilate	%	1.0	< 1	

Table 5 / Tabelul 5

## Working indexes - crusher with claws / Indici de lucru – strivitor cu gheare

Specification / Specificație	M.U./ U.M.	Forage crop / Cultura furajer	
		Alfalfa the II-nd mowing / Lucernă coasa a-II-a	Cultivated hayfield / Fâneață cultivată
Green mass production / Producția de masă verde	t/ha	14.7	23.4
Flow rate of material passing through the rollers / Debitul de material ce trece printre valțuri	t/ha kg/s	24.1 6.68	24.3 6.5
Degree of crushing plants for / Gradul de strivire al plantelor pentru:			
• crusher with rotor with claws / strivitor cu rotor cu gheare	%	99	73
• crusher with rotor with bars and comb / strivitor cu rotor cu bare și pieptene	%	99	87
Material losses, total / Pierderi de material, total	%	5.7...8.0	1.0...1.3
• little leaves / frunzulițe	%	4.5...6.0	-
• fragments of stalks / fragmente de tulpini	%	1.2...2.0	-

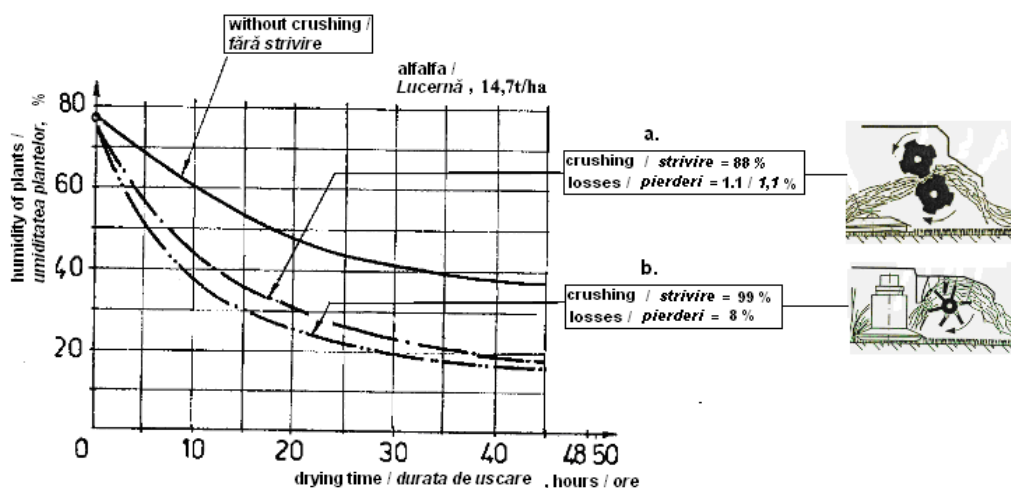


Fig. 5 - Influence of crushing upon alfalfa / Influența strivirii asupra lucernei

a) crushing device with rollers / dispozitiv de strivit cu valțuri; b) crushing device with elastic claws / dispozitiv de strivit cu gheare elastic

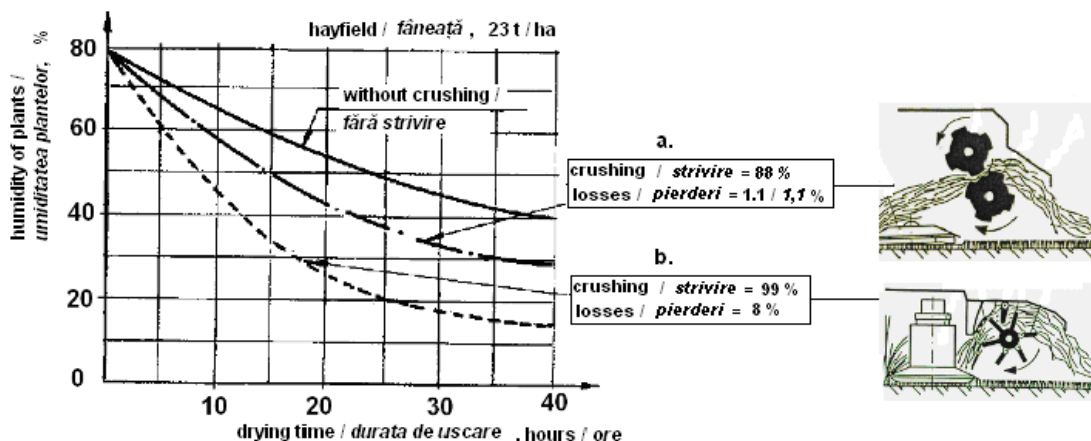


Fig. 6 - Influence of crushing on the herbs / Influența strivirii asupra ierburilor

a) crushing device with rollers / dispozitiv de strivit cu valțuri; b) crushing device with elastic claws / dispozitiv de strivit cu gheare elastice

The field of alfalfa was characterized by an uniform height ground leveled and cleaned of impurities.

The field of hayfield was well developed, the land presented small bumps and frequent mole mounds.

The results of tests obtained in different culture conditions with the towed windrover VTR 2.4 equipped with crushing devices with rollers, are presented in the table 5, and the results of those with rotor with claws are presented in the table 6.

Appropriate to the material flow rate which corresponded to the optimum working regime, the thickness of the material layer was between 10 and 30 mm.

Lanul de lucernă s-a caracterizat printr-o înălțime uniformă, teren nivelat și curățat de impurități.

Lanul de fâneață a fost bine dezvoltat, terenul a prezentat mici denivelări și frecvente mușuroaie de cârțiță.

Rezultatele încercărilor obținute în diferite condiții de cultură cu vindroverul tractat VTR 2,4 echipat cu dispozitive de strivit cu valțuri, sunt prezentate în tabelul 5, iar rezultatele celor cu rotor cu gheare sunt prezentate în tabelul 6.

Corespunzător debitului de material care a corespuns regimului optim de lucru, grosimea stratului de material a fost cuprinsă între 10...30 mm.

**CONCLUSIONS**

Analyzing the results from Tables 5 and 6 obtained at tests with experimental models of crushers for forages it has been found the following:

1. *The crushers with rollers* characterized by a reduced aggressiveness on plants, perform an appropriate degree of crushing of 82 ... 93% at crushing alfalfa and a small crushing degree (not satisfactory) of 20%, at herbs. The losses of material are within 1 ... 1.4% at alfalfa, and at herbs are insignificant having values below 1%. The variant of rifled metal roller crusher realized losses greater than the rubberized variants, but are located below 1.5% according to the agro-technical requirements imposed to these types of machinery.

2. *The crushers with rotor* which are characterized by a greater aggressiveness on the plants, achieve a high degree of crushing, of 99% at crushing alfalfa, at herbs the degree of crushing being of 73 ... 87%. Due to high mechanical action on the plants, the loss of material at alfalfa crushing is between 5.7 ... 8.0% (well above the limit of 1.5% allowed by the agrotechnical requirements) and consist of little leaves detached from the stalks as well of fragments and peaks of stalks. In the case of herbs stalks crushing the losses of material are within the normal range, namely about 1 ... 1.3%.

To highlight the efficiency of crushing of plants was pursued the dynamics of crushed plants drying compared with those non-crushed, both for alfalfa and for herbs. It was used the version of crusher with rollers with one of the rollers rubberized compared with the crusher with rotor with elastic claws, and the results are shown in the graphs in Figure 5. and Fig. 6. It is found that after two days of sun exposure, the crushed plants reach the humidity of 25 ... 30%, and the uncrushed plants reach the humidity of about 40% with great unevenness between the side exposed to the sun and the swath bottom. It has also found the insignificant influence of the use of the crusher with rollers on the herbs from the grasslands, because, due to the low level of crushing (20%), the plants dry harder compared to those crushed by the crusher with rotor with elastic claws carrying out an adequate degree of crushing of 87%.

Based on results obtained at tests with experimental models of forages crushing devices can be drawn the following conclusions and recommendations:

- *the crushers with rollers* are suitable for the crushing of brittle forages (alfalfa, clover) with little leaves that can be easily detached under high mechanical action, producing a corresponding crushing degree under the conditions of low losses (fig. 5). Due to reduced aggressiveness on the plants their use is not recommended for the crushing of herbs from the grasslands, because the effects are insignificant and the energy consumption is high.

- *the crushers with rotor with elastic claws or with articulated bars* (fig. 6), due to high mechanical action on the plants, are recommended for the crushing of herbs from the grasslands, where they provide a suitable crushing and defibering of plants, respectively 73 ... 87%, under the conditions of relatively small losses. Use of these crushers is not recommended for the crushing of alfalfa or clover because of large losses that they produce by splitting of little leaves, the breaking of the peaks or of the stalks.

**REFERENCES**

- [1]. Bădănoiu B. (2004) - *Researches concerning the forage crushing equipment*, PhD Thesis, University Transilvania of Brasov, Romania;  
 [2]. Ciurel G., Voicu E. (2006) - *Trailed windrover for forage harvesting*, Mechanization of Agriculture, Bucharest, No.5;

**CONCLUZII**

Analizând rezultatele din tabelele 5 și 6 obținute la încercări cu modelele experimentale de strivitoare pentru furaje se constată următoarele:

1. *Strivitoarele cu valțuri* care se caracterizează printr-o agresivitate redusă asupra plantelor, realizează un grad de strivire corespunzător de 82...93% la strivit lucernă și un grad de strivire mic (nesatisfăcător) de 20%, la ierburi. Pierderile de material se situează în limitele de 1...1,4% la lucernă, iar la ierburi sunt nesemnificative având valori mai mici de 1%. Varianta de strivitor cu valțurile metalice nervurate au realizat pierderi mai mari decât variantele cauciucate, dar se situează sub 1,5% conform cerințelor agrotehnice impuse acestor tipuri de mașini.

2. *Strivitoarele cu rotor* care se caracterizează printr-o agresivitate mai mare asupra plantelor, realizează un grad de strivire mare, de 99% la strivit lucernă, la ierburi gradul de strivire fiind de 73...87%. Datorită acțiunii mecanice mari asupra plantelor, pierderile de material la strivit lucernă sunt cuprinse între 5,7...8,0% (cu mult peste limita de 1,5% admisă de cerințele agrotehnice) și sunt constituite din frunzulițe desprinse de pe tulpini precum și din fragmente și vârfuri de tulpini. În cazul strivirii tulpinilor de ierburi pierderile de material se situează la limite normale situându-se în jurul valorii de 1...1,3%.

Pentru a scoate în evidență eficiența strivirii plantelor s-a urmărit dinamica uscării plantelor strivite în comparație cu cele nestrivite, atât pentru lucernă cât și pentru ierburi. S-a folosit varianta de strivitor cu valțuri cu unul din valțuri cauciucat comparativ cu strivitorul cu rotor cu gheare elastice, iar rezultatele sunt prezentate în graficele din fig.5. și fig. 6. Se constată că după două zile de expunere la soare, plantele strivite ajung la umiditatea de 25...30%, iar plantele nestrivite ajung la umiditatea de cca. 40% cu neuniformitate mare între partea expusă la soare și fundul brazdei. Se constată de asemenea influența nesemnificativă a folosirii strivitorului cu valțuri asupra ierburilor de pe pajiști, deoarece datorită gradului scăzut de strivire (20%), plantele se usucă mai greu în comparație cu cele strivite de strivitorul cu rotor cu gheare elastice care realizează un grad de strivire corespunzător de 87%.

Pe baza rezultatelor obținute la încercări cu modele experimentale de dispozitive de strivit furaje se desprind următoarele concluzii și recomandări:

- *strivitoarele cu valțuri* sunt recomandate pentru strivirea furajelor fragile (lucernă, trifoi) cu frunzulițe care se pot desprinde ușor sub acțiuni mecanice mari, realizând un grad de strivire corespunzător în condițiile unor pierderi reduse (fig. 5). Datorită agresivității reduse asupra plantelor nu se recomandă utilizarea lor pentru strivirea ierburilor de pe pajiști, întrucât efectele sunt nesemnificative iar consumul energetic este mare.

- *strivitoarele cu rotor cu gheare elastice sau cu bare articulate* (fig. 6) datorită acțiunii mecanice mari asupra plantelor, sunt recomandate pentru strivirea ierburilor de pe pajiști, unde realizează o strivire și o defibrare corespunzătoare a plantelor, respectiv 73...87%, în condițiile unor pierderi relativ mici. Folosirea acestor strivitoare nu se recomandă pentru strivirea lucernei sau trifoiului datorită pierderilor mari pe care le produc prin desprinderea frunzulițelor, ruperea vârfurilor sau a tulpinilor.

**BIBLIOGRAFIE**

- [1]. Bădănoiu B. (2004) - *Cercetari privind echipamentele de strivit plante furajere*, Teza de doctorat, Universitatea Transilvania din Brasov, România;  
 [2]. Ciurel G., Voicu E. - *Vindrover tractat pentru recoltat furaje*, Mecanizarea Agriculturii, Bucuresti, nr.5, 2006;

[3]. Ipate G. Ciulică, L.G. Rus F. (2013) – *Numerical modeling and simulation of cutting vegetable products*, INMATEH - Agricultural Engineering, Vol. 41, No. 3 / 2013

[4]. Neculăiasa V., Dănilă I. (1995) - *Working processes and harvesting agricultural machinery*, A92 Publishing House, Iasi;

[5]. Ștefănoiu M.D., Cârdei P., Vlăduț V., Boruz S., Lazar S., Fodor M. (2012) – *Studies and researches on optimization of energetics of tractor-towed forage harvester combine aggregates*, INMATEH – Agricultural Engineering, Vol. 37, No. 2, pag. 45-52;

[6]. Ștefănoiu M.D., Cârdei P., Pirnă I., Bădescu M., Boruz S., Atanasov At. (2012) – *Studies and researches on energetics optimization of fodder harvesting combines - bidimensional models*, INMATEH - Agricultural Engineering, Vol. 38, No. 3, pag. 15-22;

[7]. Ștefănoiu M.D., Cârdei P., Vlăduț V., Vezirov Ch., Bădescu M., Boruz S., Mihailov N. (2013) – *Studies and researches on energetic optimization of fodder harvesting combines - three dimensional models*, INMATEH - Agricultural Engineering, Vol. 39, No. 1, pag. 23-28;

[8]. Voicu E. (2010) - *Technical equipment for harvesting and ensiling forage*, "Terra Nostra" Publishing House, Iași 2010, ISBN 978–973–1888-56-9.

[3]. Ipate G. Ciulică L.G. Rus F. (2013) – *Modelarea numerică și simularea tăierii produselor vegetale*, INMATEH - Agricultural Engineering, Vol. 41, No. 3 / 2013

[4]. Neculăiasa V., Dănilă I. (1995) - *Procese de lucru și masini agricole de recoltat*, Editura A92, Iasi;

[5]. Ștefănoiu M.D., Cârdei P., Vlăduț V., Boruz S., Lazar S., Fodor M. (2012) – *Studii și cercetări asupra optimizării energeticii agregatelor tractor combina tractata de recoltat furaje*, INMATEH – Agricultural Engineering, vol. 37, nr. 2 , pag. 45-52;

[6]. Ștefănoiu M.D., Cârdei P., Pirnă I., Bădescu M., Boruz S., Atanasov At. (2012) – *Studii și cercetări asupra optimizării energeticii combinelor de recoltat furaje – modele bidimensionale*, INMATEH - Agricultural Engineering, vol. 38, nr. 3, pag. 15-22;

[7]. Ștefănoiu M.D., Cârdei P., Vlăduț V., Vezirov Ch., Bădescu M., Boruz S. Mihailov N. (2013) – *Studii și cercetări asupra optimizării energeticii combinelor de recoltat furaje – modele tridimensionale*, INMATEH - Agricultural Engineering, vol. 39, nr. 1, pag. 23-28;

[8]. Voicu E. (2010) - *Echipamente tehnice pentru recoltarea și însilozarea plantelor furajere*, Editura "Terra Nostra" Iași 2010, ISBN 978–973–1888-56-9.