



## Evaluarea productivității și a condițiilor ergonomice posturale în operații mecanizate de întreținere a solului realizate cu agregate pentru discuit și frezat în culturi de plop

Tiberiu Marogel-Popa<sup>a</sup>, Marina Viorela Marcu<sup>a</sup>, Silvestru Ilie Nuță<sup>b</sup>, Stelian Alexandru Borz<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup>Universitatea Transilvania din Brașov, Facultatea de Silvicultură și Exploatare Forestiere, Departamentul de Exploatare Forestiere, Amenajarea Pădurilor și Măsurători Terestre, Șirul Beethoven Nr. 1, Brașov 500123, România, [marogel\\_tibi@yahoo.com](mailto:marogel_tibi@yahoo.com) (T.M.P.), [viorela.marcu@unitbv.ro](mailto:viorela.marcu@unitbv.ro) (M.V.M.), [stelian.borz@unitbv.ro](mailto:stelian.borz@unitbv.ro) (S.A.B.)

<sup>b</sup>Regia Națională a Pădurilor, Direcția Silvică Dolj, Iancu Jianu, nr. 19, Craiova 200143, România, [silvestru1969@yahoo.com](mailto:silvestru1969@yahoo.com) (S.I.N.)

### REPERE

- Productivitatea muncii a fost influențată de lățimea organului activ utilizat la întreținerea solului.
- În limitele conceptuale ale metodei de evaluare OWAS, operațiile luate în studiu au fost adecvate din punct de vedere ergonomic postural.

### INFORMAȚII ARTICOL

Istoricul articolului:

Manuscris primit la: 20.08.2019  
Primit în forma revizuită: 31.08.2019  
Acceptat: 31.08.2019

Număr de pagini: 18 pagini.

Tipul articolului:  
Cercetare

Editor: Stelian Alexandru Borz

### Cuvinte cheie:

*Culturi de plop  
Lucrări de întreținere a solului  
Agregate pentru discuit și frezat  
Productivitate și ergonomie*

### REZUMAT GRAFIC



### REZUMAT

Reușita culturilor forestiere de plop depinde, într-o mare măsură, de implementarea la timp, în cantitatea și la calitatea necesară a lucrărilor de întreținere, prin urmare, și de performanța operațională a ultimelor. Pe fondul lipsei de informații cu privire la performanța operațiilor mecanizate de întreținere a solului în culturi de plop prin utilizarea agregatelor pentru discuit și frezat, prezentul studiu s-a implementat în două suprafețe pentru a se evalua productivitatea și condițiile ergonomice posturale specifice. Performanța productivă a muncii a fost influențată de lățimea organului activ utilizat, fiind mai redusă în cazul operării cu freza față de discuire, generând productivități nete de circa trei ori mai mari în ultimul caz. Din punct de vedere ergonomic postural, se pare că operațiile analizate nu necesită intervenții urgente datorită unei proporții reduse a timpului petrecut cu spatele în posturi neadecvate. Rezultatele acestui studiu pot servi drept reper până la dezvoltarea unor studii de amploare care să aprofundeze problema.

## 1. INTRODUCERE

Culturile de plop ocupă suprafețe importante pe plan mondial, estimate la peste 7 milioane de hectare [1-2]. Principalul motiv pentru care plopul au avut și au o relativă prioritate în întemeierea unor culturi forestiere, în detrimentul altor specii repede crescătoare, este cel legat de faptul că au capacitatea de a valorifica excelent potențialul stațional al suprafețelor pe care sunt instalate culturile în cauză. Se menționează, însă, că reușita finală a culturilor de plop depinde de caracteristicile staționale, dar și de respectarea tehnologiilor referitoare la plantarea și întreținerea lor [3-4]. *Populus x canadensis* (*Populus x euramericana*) - plopul euramerican, plopul negru hibrid, plopul de Canada [5] - provine din încrucișarea dintre plopul negru european (*Populus nigra*) cu plopul negru american (*Populus deltoides* și *Populus angulata*), rezultatul fiind un hibrid de un singur sex a cărui înmulțire se realizează doar pe cale vegetativă, prin butășire. Cele mai importante cultivare prezente și utilizate în România sunt: 'Serotina' (clonele R1, R3 și R4), 'Robusta' (clonele R13, R18, R20, Oltenița și cea mai des întâlnită - R16), 'Italia' (clonele I214, I45/51, I45/55, I69/55), 'Sacrau' (clonele 59 și 79), 'Deltoides 227', 'Regenerata', 'Cetate' și 'Argeș'.

În România, cultura plopului euramerican (*Populus x canadensis*) este relativ recentă, însă s-a dezvoltat continuu, plopul substituind cu succes arboretele slab productive localizate în Lunca Dunării, caracterizată de condiții specifice, determinate de variația inundațiilor care modelează un mediu de vegetație particular [6], caracterizat de stațiuni forestiere (Lunca și Delta Dunării) unde regimul precipitațiilor și adâncimea apei freatice depind de microrelief [7]. După îndiguirea Dunării pe teritoriul României, plopul euramerican a fost introdus pe suprafețe extinse în Lunca Dunării, unde ocupă aproximativ jumătate din suprafața arboretelor localizate în acest teritoriu, în timp ce plopul indigen ocupă aproximativ 11% [8]. Plopul hibrid se remarcă prin creșterile mari, cum este cazul clonei I214 testată la Petroiu (Călărași) unde a realizat o creștere de  $30,3 \text{ m}^3 \times \text{an}^{-1} \times \text{ha}^{-1}$  [9]. Cu toate acestea, unul din principiile de care se ține cont la stabilirea pozițiilor de regenerare și la stabilirea ponderii unor specii este evitarea introducerii plopului euramerican în stațiuni specifice șleurilor de luncă [10].

Cultura plopului presupune o secvență de operații care, în unele cazuri, poate să includă operații de fertilizare, irigare și întreținere [11], suită în care ultimele vizează echilibrarea competiției pentru resursele oferite de sol, favorizând exemplarele din cultură. Astfel de operații sunt realizate, în multe regiuni, prin aplicarea de ierbicide, cultivație sau prin combinarea celor două opțiuni tehnice [3], în timp ce în România se aplică, în mod obișnuit, prin cultivație. Gradul de mecanizare al acestor operații condiționează într-o mare măsură performanța productivă asociată cu acestea și, în majoritatea cazurilor, o mecanizare completă poate genera multe beneficii sub raport spațio-temporal și tehnic. Cu toate acestea, nivelul de mecanizare utilizat în operații forestiere depinde de mulți factori [12], plasând multe dintre țările est-europene în categoria celor ce utilizează sisteme operaționale caracterizate de un nivel intermediar de mecanizare [13]. În aceste condiții, operații (lucrări) specifice precum plantarea [14] și cultivația [15], sunt realizate doar parțial mecanizat, implicând munca manuală într-o măsură ridicată. Cu toate că normativele de muncă în vigoare reglementează nivelul de performanță al muncii pentru anumite operații specifice culturii plopului [16], există mai multe probleme legate de actualitatea și aplicabilitatea multora dintre normativele existente [17]. Cel puțin actualitatea lor poate fi chestionabilă, datorită faptului că nivelul tehnologic

**Marogel-Popa et al.: Performanța productivă și ergonomic-posturală în operații mecanizate...**

la care se referă s-a schimbat semnificativ în ultimii ani și se cunoaște faptul că unul dintre factorii care afectează performanța muncii este chiar nivelul tehnologic [18] integrat în diferite echipamente, utilaje și agregate. Un alt aspect care trebuie luat în considerare este cel relaționat cu un anumit declin al forței de muncă în activitățile forestiere, declin ce se înregistrează atât la nivel european cât și la nivel național. Dacă nu se iau măsuri în timp util, acest fenomen va conduce, pe termen scurt și mediu, la o lipsă acută a forței de muncă în pădure. Din acest punct de vedere, este importantă și (re)evaluarea muncii din punct de vedere ergonomic. Merită, în acest sens, precizate câteva aspecte esențiale cu privire la ergonomia muncii, în special a celor legate de subdiviziunea ergonomică relaționată cu posturile de muncă și riscurile pe care posturile de muncă neadecvate le pot genera pentru sănătatea forței de muncă. Astfel, operațiile forestiere realizate manual, încă predomină în multe dintre țările aflate în curs de dezvoltare sau în tranziție, precum și în cele industrializate [19]. În același timp, munca trebuie să fie dimensionată astfel încât să fie compatibilă cu forța de muncă umană [20-21], în mod special în cazul operațiilor forestiere, recunoscute a fi munci foarte grele care pot genera boli profesionale. În special, efortul depus în muncile manuale precum și riscurile asociate cu munca manuală și mecanizată trebuie luate în considerare în studiile de normare. În timp ce multe dintre muncile forestiere sunt grele sub raportul efortului fizic [22], o altă problemă este cea legată de riscurile de îmbolnăvire cauzate de posturile de muncă neadecvate. În Statele Unite, de exemplu [19], afecțiunile sistemelor muscular și osos provoacă circa 70 de milioane de vizite la doctor pe an și circa un milion de oameni își iau concediu medical anual pentru tratarea unor simptome asociate cu astfel de boli, în special ale celor relaționate cu dureri ale părților inferioare și superioare ale spatelui, cu consecințele de rigoare sub forma plății de compensații, pierderii unei părți din salarizare, diminuării productivității muncii, efecte ce au fost estimate a genera costuri de ordinul a 45-54 miliarde de dolari anual. În timp ce durerile de spate sunt relaționate cu manipularea materialelor, cele specifice părții inferioare a spatelui sunt asociate, frecvent, și cu muncile în poziție șezândă [19], cu șanse de 70% pentru un individ dat de a dezvolta astfel de simptome în cursul vieții precum și cu șansa, la nivel global, ca unul din 7 indivizi să fie afectat de astfel de simptome și/sau îmbolnăviri.

În România, lucrările de întreținere a culturilor de plop prin cultivație se realizează, în ultimul timp, prin combinarea mijloacelor mecanizate cu cele manuale. Amploarea utilizării mijloacelor manuale în întreținerea culturilor de plop poate depinde de context și de practicile locale care indică, în multe dintre cazuri, o proporție de participare de circa 80-20% între mijloacele mecanizate și cele manuale, cu unele excepții cauzate de anumite condiții tipice, referitoare la lipsa de forță de muncă și la necesitatea încadrării în timpul alocat a lucrărilor respective [23]. În cazuri tipice, sistemul de operare constă din două treceri, în care operațiile mecanizate se aplică pe spațiile disponibile între rândurile de cultură, astfel încât să se asigure protecția părților supraterane ale arborilor [24], în timp ce operațiile manuale se aplică prin utilizarea sapei pe restul suprafeței [15] constând din fâșii de circa 1 m lățime care includ rândurile de arbori.

Pe fondul progresului tehnologic relaționat cu agregatele folosite, studiul de față analizează performanța muncii sub raportul productivității și a condițiilor ergonomice posturale în operații mecanizate de cultivație aplicate în plantații de plop euramerican prin două studii de caz constând din realizarea acestor operații prin folosirea unor agregate de discuit respectiv de frezat. Principalele obiective ale studiului au fost acelea de a caracteriza astfel de operații sub raportul consumului de timp, eficienței muncii și a riscurilor de îmbolnăvire profesională, obiective ce s-au abordat prin realizarea unui studiu de timp respectiv prin analiza ergonomică posturală a operatorilor. Studiul a

fost motivat și de indisponibilitatea datelor și informațiilor cu privire la performanțele operaționale ale acestor tipuri de agregate în culturi de plop.

## 2. MATERIALE ȘI METODE

Studiile de teren pentru evaluarea performanței productive și a condițiilor ergonomice specifice s-au efectuat în două suprafețe (**Figura 1, Tabelul 1**). Prima suprafață luată în considerare (**L1**) a fost localizată pe raza ocolului silvic Segarcea (unitatea de producție I Cârna, unitatea amenajistică 6C), fiind caracterizată de prezența unui aluvisol molic, de o înălțime medie a vegetației de îndepărtat de peste 1 m și de o suprafață de operat de 2 ha. În această suprafață, operațiile au fost realizate utilizându-se un agregat de discuit. A doua suprafață luată în studiu (**L2**) a fost localizată de pe raza ocolului silvic Poiana Mare (unitatea de producție IV Rast, unitatea amenajistică 70A). În **L2**, observațiile de teren au fost realizate pe durata a două zile, în 19 și 20 iunie 2018. Condițiile specifice ale acestei suprafețe au indicat prezența unei vegetații cu înălțimea de circa 0,5 m și a unui aluvisol distric. Operarea s-a realizat prin utilizarea unui agregat de frezat.



Figura 1. Localizarea studiului. Legendă: 1 - localizarea studiului pentru operațiile de întreținere mecanizată realizate cu agregatul de discuit (**L1**), 2 - localizarea studiului pentru operațiile de întreținere mecanizată realizate cu agregatul de frezat (**L2**). Sursa: prelucrare în QGIS pe baza imaginilor aeriene Bing®, a stratului GIS conținând suprafețele județelor și a datelor GPS culese cu ocazia studiilor de teren.

## Marogel-Popa et al.: Performanța productivă și ergonomic-posturală în operații mecanizate...

Tabelul 1. Caracteristici descriptive ale suprafețelor luate în studiu

Ocolul silvic (data studiului)	Coordonate geografice	Unitatea amenajistică și suprafața acesteia (ha)	Condițiile vremii în timpul studiului	Înălțimea medie a vegetației îndepărtate (m)	Tip de sol
Segarcea (18.06.2018)	43°47'59.81" N 23°36'01.88" E	6C (2,00)	$T^1 = 22,0\text{ }^\circ\text{C}$ $RH^2 = 76,75\%$	1,3	Aluvisol molic
Poiana Mare (19.06.2018)	43°50'50.12" N 23°14'17.45" E	70A (2,92)	$T^1 = 23,4\text{ }^\circ\text{C}$ $RH^2 = 71,85\%$	0,5	Aluvisol distric
Poiana Mare (20.06.2018)	43°50'50.12" N 23°14'17.45" E	70A (2,92)	$T^1 = 23,6\text{ }^\circ\text{C}$ $RH^2 = 69,33\%$	0,5	Aluvisol distric

**Notă:** <sup>1</sup>  $T$  - temperatura aerului; <sup>2</sup>  $RH$  - umiditatea relativă a aerului. Valori medii calculate pe baza celor extrase de la Stația Meteorologică Calafat.

Pentru selectarea suprafețelor de luat în studiu s-a avut în vedere un set de criterii de reprezentativitate. Aceste criterii s-au referit la condițiile de sol specifice, caracterizate de texturi medii, disponibilitatea tehnologiei (agregatelor) necesare pentru realizarea operațiilor, disponibilitatea forței de muncă și prezența schemei de cultură tipice. În ambele suprafețe luate în studiu, arboretele au fost întemeiate prin utilizarea unei scheme de plantare de  $5 \times 4$  m, în 2015 în *L1* și în 2017 în *L2*.

Operațiile de întreținere mecanizată a culturilor de plop din zona de studiu au fost realizate cu ajutorul unor muncitori disponibili local (un muncitor în *L1*, cu vârsta de 46 ani, masa corporală de 85 kg și înălțimea de 165 cm și un muncitor în *L2* cu vârsta de 47 ani, masa corporală de 110 kg și înălțimea de 185 cm) frecvent utilizați în astfel de operații fie pe bază de subcontractare către societăți comerciale de profil fie prin angajare de către ocoalele silvice în cauză. Subiecții au participat în studiu pe baza acordului, în cunoștință de cauză, cu privire la participarea ca subiecți anonimi iar scopul studiului, modalitățile de utilizare a datelor, precum și procedurile necesare pentru implementarea studiului au fost explicate fiecărui subiect în parte, înainte de începerea studiului. De asemenea, subiecții au fost instruiți să își desfășoare munca în mod obișnuit.

Organizarea spațială a muncii a fost similară aspectelor descrise în cazul operațiilor manuale de întreținere a solului raportate de Marogel-Popa et al. [24], cu precizarea că, în anumite cazuri, s-a recurs la mai multe treceri (operarea cu agregatul de frezare) pe un același spațiu disponibil între două rânduri de cultură, aspect ce s-a relaționat cu lățimea activă a organelor active. Organizarea muncii pentru operațiile mecanizate de întreținere a solului, specifice studiului de față, a fost simplă și a constat din următoarele sarcini (elemente) de muncă identificate:

- i.) Muncă efectivă (*ME*) constând din parcurgerea activă suprafeței cu agregatul de frezat sau discuit, pe spațiile disponibile între rândurile de cultură;
- ii.) Manevre efectuate la capetele culturii (*MC*) pentru a (re)intra sau ieși din cultură;

## Marogel-Popa et al.: Performanța productivă și ergonomic-posturală în operații mecanizate...

- iii.) Deplasări ale agregatului de la spațiul de lucru disponibil între două rânduri de cultură la un alt spațiu de lucru situat între alte rânduri de cultură (*DUC*);
- iv.) Alte deplasări ale agregatului (*DU*) nerelaționate cu munca într-o suprafață dată;
- v.) Diverse pauze și întârzieri (*I*) cum ar fi cele de natură tehnică (*IT*, pentru verificare utilaj, întrețineri și reparații etc.), personală (*IP*, pentru fumat, băut apă, odihnă etc.), pentru luarea mesei (*PM*) și cele cauzate de studiu (*PS*).

Pe durata studiului, cerul a fost parțial acoperit cu nori și temperatura aerului (**Tabelul 1**) nu a fost considerată a fi un factor generator de stres termic pentru muncitori. În *L1* s-a utilizat (observat) un agregat constând dintr-un tractor de producție italiană (Landini) echipat cu un disc tractat iar în *L2* s-a luat în studiu un agregat compus dintr-un tractor de producție românească (U650) echipat cu o freză rotativă (**Figura 2**).



**Figura 2.** Agregatele utilizate pentru realizarea operațiilor. Legendă: stânga - tractor Landini echipat cu disc tractat Bomet BTP 4x6 utilizat în *L1*, dreapta - tractor U850 echipat cu freză rotativă Maschio Gaspardo model W utilizat în *L2*.

Principalele caracteristici tehnice ale tractoarelor utilizate în operațiile mecanizate de întreținere a solului se descriu în cele ce urmează. Tractorul U650 (anul fabricației - 2004) este un tractor universal cu tracțiune pe roți, D110, cu motor diesel în patru timpi și injecție directă, având o masă proprie de 4310 kg și o masă totală maximă autorizată de 5850 kg. Puterea brută este de 47,8 kW (65 CP), turația nominală de 1800 rot/min și cilindrul de 4760 cm<sup>3</sup>. Motorul este echipat cu patru cilindri așezați în linie iar tractorul are dimensiunile de gabarit de 4040 mm lungime, 2370 mm lățime și 2630 mm înălțime, tracțiunea pe roțile motoare spate, capacitatea rezervorului de 98 litri și viteza maximă constructivă de 29 km/h. Tractorul Landini (anul fabricației - 2008) este de tip L/LMF/Powerfarm 85, cu motor diesel în patru timpi și cu injecție directă, cu masa proprie de 3580 kg, cu masa totală autorizată de 6500 kg, cu puterea brută de 60 kW (80 CP), cu turația nominală de 2200 rot/min, cu cilindrul total de 4400 cm<sup>3</sup>, cu patru cilindri așezați în linie, cu dimensiunile de gabarit de 4136 mm lungime, 2200 mm lățime și 2560 mm înălțime, cu tracțiune integrală, cu capacitatea rezervorului de 95 de litri și cu viteza maximă constructivă de 40 km/oră. Freza rotativă Maschio Gaspardo este de model W, cu săni (anul fabricației - 2016). Tipul frezei este W 145, lățimea de lucru este de 145 cm, adâncimea de lucru este de 18 cm, lățimea de transport este de 157 cm și masa este de 218 kg. Este prevăzută cu reductor de viteză de 540 rot/min, legătură cardanică cu

**Marogel-Popa et al.: Performanța productivă și ergonomic-posturală în operații mecanizate...**

ambreiaj, transmisie laterală în baie de ulei, 28 de sape elicoidale din care 4 sape pe flanșă și sapele laterale orientate spre exterior, necesitând o putere de 18-30 kW (25-40 CP); discul tractat Bomet BTP 4 x 6 (anul fabricației - 2014) este de tip BTP 4 x 6, având o lățime de lucru de 2,20 m, adâncime de lucru de 10 cm, dimensiuni de gabarit de 3,20 m lungime, 2,22 m lățime și 0,97 m înălțime, masă de 615 kg, taler crestă pe față și drept pe spate, cu diametrul talerului de 460 mm, 4 baterii a câte 6 talere și o distanță între talere de 172 mm.

În fiecare suprafață luată în studiu și în fiecare zi, operațiile mecanizate de întreținere a solului în culturile de plop au fost monitorizate prin înregistrare video (**Figura 3**). În acest sens, s-a utilizat o cameră digitală care s-a amplasat în interiorul cabinei tractorului, în partea de sus a acesteia, cu câmpul de vizualizare orientat înspre spatele tractorului, astfel încât pe fișierele video înregistrate să fie vizibile atât organele active și starea de funcționare a acestora cât și poziția tipică a muncitorului din tractor pe durata executării operațiilor monitorizate. Camera video a fost setată în avans pentru colectarea automată și în mod continuu de date, sub forma unor fișiere digitale video cu durate de 20 de minute fiecare. Dintre caracteristicile camerei video utilizate, esențiale au fost cele legate de dimensiunile specifice care au fost reduse precum și cele legate de ordonarea fișierelor video în secvența reală înregistrată, urmată de denumirea automată a acestora cu data și ora de preluare. Acest mod de denumire (numerotare) permite ordonarea fișierelor în etapa de birou în scopul analizei acestora în ordinea reală de desfășurare a operațiilor în teren.



**Figura 3. Perspectivă obținută prin utilizarea camerei video. Exemplu tipic din L2.**

Fișierele video colectate în acest fel au fost organizate pe zile și pe locații de studiu; ele au servit la documentarea și descrierea sarcinilor de muncă, la extragerea consumului de timp pe sarcini (elemente) de muncă și pentru a caracteriza aceste operații din punct de vedere ergonomic. Restul parametrilor operaționali au fost cei legați de tipurile de sol și caracteristicile acestora, suprafața operată și înălțimea vegetației. Tipurile de sol s-au documentat prin utilizarea datelor disponibile în amenajamentele silvice ale celor două ocoale silvice, înălțimea vegetației de îndepărtat

**Marogel-Popa et al.: Performanța productivă și ergonomic-posturală în operații mecanizate...**

s-a evaluat pe baza unor măsurători și observații simple realizate în teren iar suprafața operată a fost considerată a fi cea a suprafețelor unităților amenajistice în cauză, fiind preluată din amenajamentele silvice.

Procedura de procesare a datelor colectate în teren a constat dintr-o serie de pași care au fost necesari în vederea obținerii bazei de date inițiale necesare pentru analiza statistică. Fișierele video au fost descărcate din colectorul de date la sfârșitul fiecărei zile de muncă, după care, un prim pas de procesare a datelor a constat din conducerea unui studiu de timp și mișcări detaliat, al cărui design conceptual s-a bazat pe literatura de specialitate din domeniul operațiilor forestiere de exploatare a lemnului [25, 18] și care a presupus analiza fișierelor video în secvența lor reală de înregistrare în teren, urmată de extragerea datelor într-o foaie de calcul Microsoft® Excel® (Microsoft Excel 2013, Microsoft, Redmond, WA, SUA) pe categorii de consum de timp și suprafețe luate în studiu. În acest scop, unitatea de produs realizată ( $P$ ) a fost considerată a fi aria de un hectar operată mecanizat, obținută prin folosirea unui factor de corecție ( $F$ ) care indică proporția de participare a operațiilor mecanizate în cadrul unei culturi ( $F = 0,80$ ), în timp ce consumul de timp a fost cel specific sarcinilor identificate anterior. Apoi, dat fiind specificul operațiilor observate, performanța productivă a operațiilor de întreținere mecanizată a solului în culturile de plop luate în studiu, a fost exprimată și examinată sub forma unor indicatori ai eficienței muncii [e.g. 25, 18] care s-au calculat pe baza consumului de timp și a producției realizate ( $REB$  - rata eficienței brute și  $REN$  - rata eficienței nete, ore/ha) după conversia consumului de timp din secunde în ore, utilizându-se **Relațiile 1-5**.

$$TB(\text{ore}) = t_{ME}(\text{ore}) + t_{MC}(\text{ore}) + t_{DUC}(\text{ore}) + t_{DU}(\text{ore}) + t_I(\text{ore}) \quad (1)$$

$$TN(\text{ore}) = t_{ME}(\text{ore}) + t_{MC}(\text{ore}) + t_{DUC}(\text{ore}) \quad (2)$$

$$REB(\text{ore/ha}) = TB(\text{ore})/P(\text{ha}) \quad (3)$$

$$REN(\text{ore/ha}) = TN(\text{ore})/P(\text{ha}) \quad (4)$$

$$P(\text{ha}) = A(\text{ha}) \times F \quad (5)$$

în care:

$TB$  - consumul de timp brut specific operațiilor realizate cu agregatul de discuit sau frezat;

$TN$  - consumul de timp net specific operațiilor realizate cu agregatul de discuit sau frezat;

$t_{ME}$  - consumul efectiv de timp de muncă specific operațiilor realizate cu agregatul de discuit sau frezat;

$t_{MC}$  - consumul de timp datorat manevrelor de capăt pentru ieșire și (re)intrare în cultură;

$t_{DUC}$  - consumul de timp datorat deplasării între diferite rânduri de cultură, realizate în interiorul culturii;

$t_{DU}$  - consumul de timp datorat unor deplasări ale agregatului nerelaționate cu munca într-o suprafață dată;



## Marogel-Popa et al.: Performanța productivă și ergonomic-posturală în operații mecanizate...

$t_r$  - consumul de timp datorat diferitelor pauze și întârzieri, incluzând aici pauzele de masă, întârzierile de natură tehnică, întârzierile cauzate de studiu etc.

*REB* - rata eficienței brute a operațiilor realizate cu agregatul de discuit sau frezat;

*P* - producția realizată de agregatul de discuit sau frezat;

*REN* - rata eficienței nete a operațiilor realizate cu agregatul de discuit sau frezat;

*A* - suprafața reală a unității amenajistice parcurse cu operații;

*F* - factor mediu de corecție calculat în raport cu ponderea operațiilor mecanizate într-o suprafață dată,  $F = 0,80$ .

Riscul de îmbolnăvire profesională prin dezvoltarea de boli ale sistemelor muscular și osos a fost evaluat, pentru fiecare subiect și suprafață luată în studiu, prin utilizarea unei metode simplificate care, datorită tipurilor de sarcini de muncă efectuate și a modului de efectuare a acestora, a vizat doar efectuarea de observații asupra posturii generale a spatelui subiecților luați în studiu. Cu toate acestea, datele furnizate de această metodă au fost integrate în sistemul de analiză ergonomică posturală OWAS descris în premieră de Karhu et al. [26], apoi detaliat în diverse lucrări de ergonomie [e.g. 19], discutat cu privire la încadrarea conceptuală în sistemul metodelor de evaluare posturală și aplicabilitate [27] și tratat și din punct de vedere al utilizării în domeniul forestier [28]. Procedurile de lucru au constat din aplicarea mai multor pași specifici, dintre care, un prim pas a constat dintr-o sistematizare a fișierelor video pe subiecți și pe suprafețe luate în studiu (**Tabelul 2**); următorul pas a constat din reanalizarea detaliată a fișierelor video pentru identificarea perioadelor de timp în care subiecții au avut partea superioară a corpului (incluzând aici zona lombară, spatele, gâtul și capul) în poziție normală ( $T_{SD}$ ), orientată înspre partea frontală a tractorului, respectiv în poziție anormală, torsionată înspre lateral sau lateral-spate ( $T_{ST}$ ). Dat fiind faptul că posturile subiecților au constat atât din poziții normale și anormale cât și din mișcări, de durate scurte urmate de revenire la normal, ale părții superioare a corpului înspre lateral sau lateral-spate, s-a delimitat și numărul de evenimente de acest fel, cu durata mai mică sau egală cu două secunde, pentru fiecare fișier video, acestea fiind clasificate drept muncă dinamică. Timpul petrecut în afara tractorului, prin urmare acel timp care a constat din diferite întârzieri în care operatorul nu a fost identificat în cabină ( $T_E$ ), a fost exclus din studiu. În ceea ce privește brațele operatorilor, acestea s-au considerat a fi întotdeauna sub nivelul umerilor, în timp ce picioarele acestora s-au evaluat a fi, întotdeauna, în postura specifică de stat așezat. Exercițierea forței (*i.e.* pentru manevrarea volanului) s-a considerat a fi sub 10 kg. Aceste date, extrase din fișierele video, au fost codificate în funcție de tipul principal al posturii identificate, în două categorii principale, după cum s-a menționat anterior. Pentru codificare s-au utilizat coduri sugestive în funcție de care, prin utilizarea programului Microsoft Excel și prin aplicarea unor funcții logice s-a extras timpul specific petrecut în cele două categorii de posturi. Ulterior, analiza posturală a fost implementată sub forma unei analize ponderate în sistemul OWAS prin luarea în considerare timpului specific petrecut în diferite posturi ale spatelui precum și a următorilor parametri specifici: postura brațelor a fost considerată a fi cea mai favorabilă (ambele brațe localizate sub nivelul umerilor, cod OWAS = 1), postura picioarelor a fost considerată a fi cea mai favorabilă (poziție șezând, cod OWAS = 1), exercițierea forței a fost considerată a fi în categoria cea mai favorabilă (sub 10 kg, cod OWAS = 1) iar postura spatelui a fost considerată a fi total defavorabilă (cod OWAS = 4) pentru evenimentele și timpul

**Marogel-Popa et al.: Performanța productivă și ergonomic-posturală în operații mecanizate...**

petrecut cu spatele torsionat și înclinat în lateral, respectiv obișnuită pentru evenimentele și timpul petrecut cu spatele drept (cod OWAS = 1). Pe baza acestor date s-au stabilit, prin ponderarea în raport cu timpul specific petrecut în diferite posturi, categoriile de acțiune (AC) urmând ca, pe baza acestora să se estimeze indicele de risc postural (PRI) utilizându-se proceduri similare celor descrise de Calvo [29], Spinelli et al. [30] respectiv Zanuttini et al. [31] cu principala diferență constând din faptul că ponderarea categoriilor de acțiune descrise de sistemul de evaluare ergonomică posturală OWAS, identificate conform procedurilor de mai sus, s-a realizat pe baza proporțiilor duratelor extrase din fișierele media analizate și nu din frecvența identificată pe baza unor instantanee (imagini) așa cum este cazul general de aplicare a acestei metode [28].

**Tabelul 2. Numărul de fișiere video luate în analiză pe suprafețe luate în studiu.**

Suprafața luată în studiu și ziua de observare	Numărul de fișiere video colectate și analizate
L1, 18.06.2018	13
L2, 19.06.2018	13
L2, 20.06.2018	16
<b>TOTAL</b>	<b>42</b>

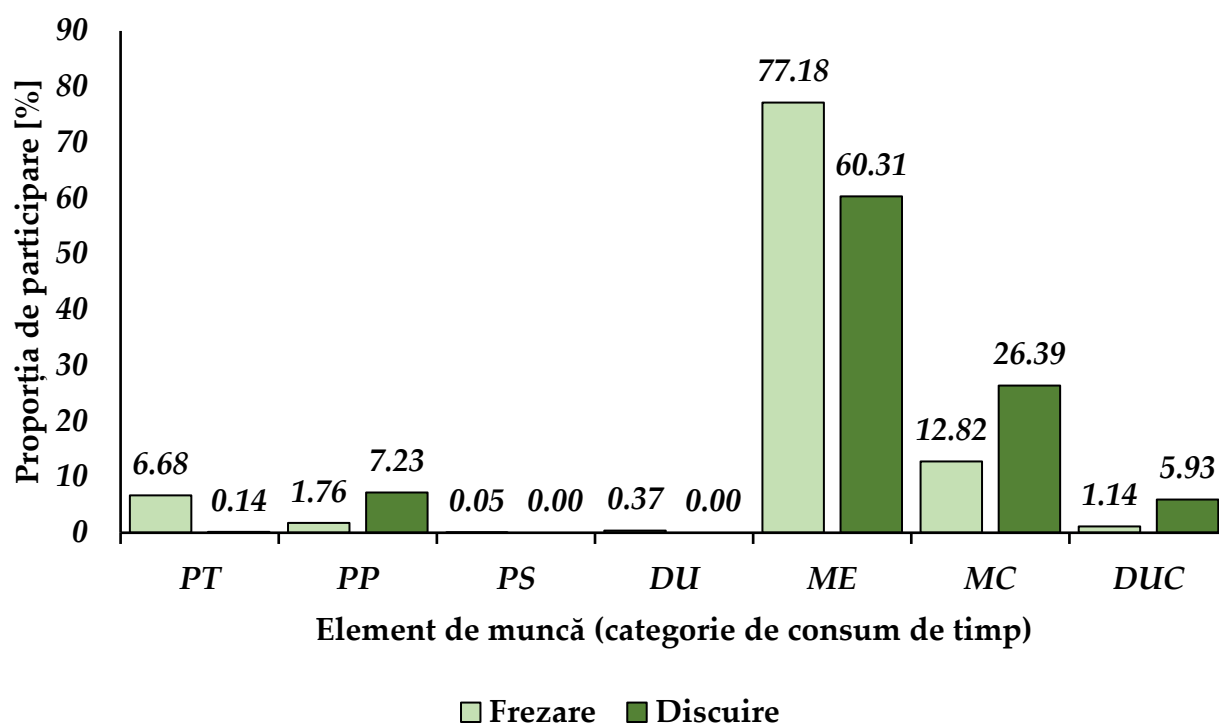
În acest sens, merită făcute câteva precizări de ordin metodologic. Astfel, diferența dintre aplicarea obișnuită a metodei OWAS și cea ce s-a aplicat în prezentul studiu constă din faptul că, în mod obișnuit, OWAS utilizează conceptele studiilor de frecvență [28] pentru a extrage datele necesare în evaluarea ergonomică, prin urmare, lucrează printr-o oarecare aproximare în temeiul acoperirii statistice. În acest caz, se știe faptul că, odată ce mărimea eșantionului crește, precizia interpretărilor și validitatea concluziilor ce se extrag vor crește, de asemenea [32]. În cazul de față, s-au utilizat toate datele disponibile, după cum acestea au rezultat din fișierele media, prin urmare precizia ce ar fi putut fi obținută a fost absolută. Pe baza delimitării celor două categorii de timp, s-au delimitat și proporțiile de participare în două categorii de acțiune (AC 1 respectiv AC2), și s-au estimat indicii de risc postural.

Pentru a se putea realiza o caracterizare a muncii, datele cu privire la consumul de timp, eficiența muncii și analiza posturală au fost agregate la nivelul studiului după analiza statistică a acestora. În acest sens, datele s-au agregat prin luarea în considerare a tipului de operație efectuată în raport cu agregatul utilizat în operațiile de întreținere mecanizată a solului. Această abordare a fost aleasă și datorită faptului că subiecții luați în studiu au fost diferiți în raport cu modul concret de realizare a operației mecanizate de întreținere.

Analiza statistică a datelor s-a implementat prin utilizarea tehnicilor statisticii descriptive [32] dintre care s-au selectat cele mai relevante pentru studiul de față, adaptat la cele precizate în [18]. Consumul de timp pe categorii și elemente de muncă a fost descris prin analiza de detaliu a consumului total din fiecare categorie, urmată de reprezentarea sub formă de proporții, sub raport comparativ, a consumurilor de timp pentru cele două opțiuni de operare mecanizată, urmată de raportarea datelor statistice sub formă grafică și sub formă tabelară, inclusiv a celor caracterizând eficiența muncii în astfel de operații. În cazul componentei de evaluare ergonomică, datele au fost descrise tot prin tehnicile specifice statisticii descriptive, dar prin luarea în considerare a unui set mai mare de descriptori statistici. Toate analizele statistice descrise anterior au fost realizate în Microsoft Excel.

### 3. REZULTATE ȘI DISCUȚII

În **Figura 4** se prezintă, sub raport comparativ, o distribuție a consumului de timp pe categorii de sarcini (elemente de muncă) identificate pentru cele două tipuri de realizare a operațiilor de întreținere mecanizată a solului în culturile de plop. Modul de distribuire în timpul total observat la locul de muncă a variat semnificativ între cele două modalități de realizare a operațiilor, cu o proporție bună a consumului de timp consumat în munca efectivă în cazul utilizării agregatului de frezat (77%) și una acceptabilă în cazul utilizării agregatului de discuit (60%). Distribuția consumului de timp între timpul de muncă efectivă (*ME*) și diversele manevre realizate în cadrul culturilor (manevre de capăt - *MC*, manevre de traversare la alte rânduri - *DUC*) poate fi influențată de caracteristicile dimensionale ale culturilor în cauză și modul de abordare al lucrărilor ce se execută, după cum alte studii de specialitate similare din punct de vedere al uneltelor sau agregatelor folosite [33] sau unele acte normative [16, 34] au arătat-o.



**Figura 4.** Proportia de participare a diferitelor categorii de consum de timp în consumul total de timp la locul de muncă. Legendă: *PT* -pauză tehnică, *PP*- pauză personală, *PS* - pauză cauzată de studiu, *DU* - alte deplasări ale utilajului nerelaționate cu munca într-o suprafață dată, *ME* - muncă efectivă (frezare sau discuire), *MC* - manevre efectuate la capetele culturii, *DUC* - deplasări ale utilajului de la spațiul de lucru disponibil între două rânduri de cultură la un alt spațiu de lucru situat între alte rânduri de cultură.

Din acest motiv, distribuțiile prezentate pot să fie afectate de reorganizarea proporțiilor în categoriile de timp prin includerea tuturor categoriilor și nu pot să scoată în evidență eventuale avantaje tehnologice legate de tipul de echipament activ luat în studiu. Cu toate acestea, chiar după o reorganizare a datelor astfel încât timpul total să cuprindă doar acele categorii care sunt clasificate în unele lucrări de specialitate drept timp de bază și timp ajutător [*i.e.*, 35] și care în prezentul studiu

## Marogel-Popa et al.: Performanța productivă și ergonomic-posturală în operații mecanizate...

s-ar putea transpune în timpul consumat cu munca efectivă, manevrele de capăt și cele din câmp, situația nu s-a îmbunătățit în ceea ce privește operarea cu agregatul de discuit, în acest caz (date neprezentate aici) proporția timpului consumat cu munca efectivă ajungând la circa 65% în timp ce pentru cel comparat aceasta a ajuns la circa 85%. Din acest punct de vedere, prima opțiune pare a fi potențial mai avantajoasă, printr-o rată de utilizare efectivă a mașinii mult mai mare. Toate acestea nu s-au reflectat și în ratele eficienței muncii care se prezintă, pentru cele două opțiuni studiate, în **Tabelul 3**. Astfel, în cazul utilizării frezei ca organ activ de realizare a operațiilor, rata eficienței nete a fost estimată la 2,919 ore-utilaj pe hectar indicând faptul că performanța muncii, din acest punct de vedere, a fost de circa trei ori mai mică în comparație cu cazul operării prin discuire (0,896 ore-utilaj pe hectar). Producția realizată în cazul operării prin frezare a fost de 2,92 ha în timp ce cea specifică operării prin discuire a fost de 2,00 ha (cifre necorectate cu factorul de 0,8), transpunându-se în rate ale productivității nete de circa 0,346 ha pe oră-utilaj în primul caz și de circa 1,117 ha pe oră-utilaj în cel de-al doilea caz.

**Tabelul 3.** Statistici descriptive privind consumul de timp și indicatorii performanței productive în operații mecanizate de întreținere a solului în culturi de plop.

Agregat utilizat pentru întreținerea mecanizată (suprafața de studiu și ziua de observație)	$T_B$ (ore)	$T_{ME}$ (ore)	$T_{MC}$ (ore)	$T_{DUC}$ (ore)	$T_I$ (ore)	$REN$ (ore/ha)	$REB$ (ore/ha)
Tractor + disc (L1, 18.06.2018)	1,934	1,166	0,510	0,115	0,143	0,896	0,967
Tractor + freză (L2, 19-20.06.2018)	9,351	7,217	1,199	0,107	0,828	2,919	3,202

Proporții similare s-au păstrat și în cazul ratelor eficienței brute, caz în care operarea prin frezare, în cazul concret analizat în teren, a fost mult mai puțin eficientă decât cea prin discuire. Unul dintre factorii care a influențat în mod clar aceste rezultate este legat de lățimile operate la o trecere, care au fost condiționate de lățimea organelor active de lucru. De exemplu, în cazul discului tractat, lățimea activă de lucru a fost ceva mai mare de 2 m în timp ce în cazul frezei aceasta a fost ceva mai mică de 1,5 m. Evident, acest fapt a condus la parcurgerea spațiilor disponibile între rândurile de cultură mai mult de o dată atât în cazul agregatului de frezat, cât și a discului, deoarece nu s-a putut opera întreaga lățime de lucru dintr-o singură trecere, fapt ce se poate observa și în proporțiile consumului de timp pe categorii, prezentate în **Figura 4**, precum și în consumul total de timp pe categorii redat în **Tabelul 3**. Se face mențiunea că în cazul operației de discuire, pe o porțiune de aproximativ 1 m s-au suprapus cele două treceri, pe același interval dintre două rânduri de puieti, relaționat cu distanța dintre rânduri (5m) și lățimea de lucru a discului (2,2 m). Nu a fost cazul de suprapunere la operația de frezat, deoarece lățimea de lucru de 1,45 m a permis 2 treceri pe același interval fără a se suprapune porțiunile operate.

Conform **Tabelului 1**, condițiile operaționale din suprafețele luate în studiu pentru operațiile de discuire (L1) și frezare (L2) nu au fost contrastant diferite din punct de vedere al tipului de sol,

**Marogel-Popa et al.: Performanța productivă și ergonomic-posturală în operații mecanizate...**

ultimul prezentând texturi predominant nisipoase. Ce a diferit, însă, a fost vegetația ierboasă sub raportul gradului de dezvoltare, evident mai dezvoltată în cazul suprafeței în care s-a aplicat discuirea. Normele în vigoare [34] stabilesc o productivitate de 4,2 ha/8 ore, respectiv 0,53 ha/oră pentru o operație similară de întreținere a solului cu grapa GD 1,8 tractată de tractorul tip U,V,L-445, în plantații cu distanța între rânduri de 4,0 m. Comparativ cu productivitatea rezultată pentru operația de discuire din actualul studiu, productivitatea normată este mai mică, diferențele putând să rezulte din analiza mai multor factori. Un prim factor ar fi cel legat de lățimile de lucru diferite (1,8 m față de 2,2 m). Un alt factor ar putea consta din tractoarele utilizate care sunt diferite din punct de vedere constructiv (model U, model Landini) în timp ce un al treilea factor poate consta chiar din tipul de organ activ luat în considerare. Nu trebuie omis, de asemenea, faptul că productivitatea evaluată pentru studiul de față la discuire exclude timpul necesar întreținerii utilajului, pregătirii și terminării muncii, dar chiar și în ipoteza acordării unei durate de o oră pentru acestea, productivitatea în cazul de față ar fi fost mai mult mai mare. Totuși, lucrarea normată are un caracter foarte general, nefiind descrise productivități diferite pentru condiții de operare diferite. În normarea actuală nu au fost identificate studii referitoare la operația de frezare în culturile de plop.

Condițiile ergonomice cu privire la operațiile mecanizate de întreținere a solului în culturile de plop au fost mult mai bune comparativ cu cele specifice operațiilor manuale, după cum acestea au fost descrise de Marogel-Popa et al. [24]. Principalele rezultate cu privire la acest aspect sunt redate în **Tabelul 4**. După analiza detaliată a datelor provenite din fișierele video cu privire la postura spatelui în timpul operării, s-a constatat că, în mai mult de 90% din timpul luat în studiu, spatele operatorului a fost orientat drept, indiferent de opțiunea utilizată pentru efectuarea operațiilor. După cum era de așteptat, evenimentele surprinse pe fișierele media analizate au fost distribuite într-o egală măsură între cele două posturi, prin luarea în considerare a numărului de repetiții sau observații extrase. Din punct de vedere al proporției de participare în timpul total luat în studiu, situația a fost, oarecum, mai bună în cazul operării prin discuire, cu aproape 1% mai mult timp petrecut cu spatele drept.

**Tabelul 4. Statistici descriptive privind evaluarea ergonomică posturală**

Agregat utilizat pentru întreținerea mecanizată (suprafața și ziua de observație)	Postura spatelui	Număr de evenimente	Durata medie (s)	Proporția de participare în timpul total observat (%)	Număr de evenimente cu durata mai mică de 2 secunde
Tractor + disc (L1, 18.06.2018)	Drept	71	92,11	93,95	214
	Torsionat	70	6,04	6,05	
Tractor + freză (L2, 19-20.06.2018)	Drept	448	70,13	93,33	2764
	Torsionat	444	5,05	6,67	

Și în ceea ce privește durata medie petrecută cu spatele drept, situația a fost mai bună în cazul opțiunii de operare prin discuire, cu o durată medie a evenimentelor încadrate în această categorie de 1,5 minute petrecute în această postură față de circa 1,2 minute petrecute, în medie, cu spatele drept în cazul operării prin frezare. Pe de altă parte, duratele medii petrecute cu spatele în posturi neadekvate (aplecat și răsucit) au fost de circa 6 secunde în cazul operării prin discuire și de circa 5 secunde în cazul operării prin frezare. Cu toate acestea, durata maximă petrecută cu spatele în astfel

**Marogel-Popa et al.: Performanța productivă și ergonomic-posturală în operații mecanizate...**

de posturi în cazul frezării a fost de circa două minute pe când în cazul discuirii a fost de circa o jumătate de minut.

Prin urmare, indiferent de situația posturală, în cazul acestor distribuții și cu luarea în considerare a unei raportări ponderate după cum s-a precizat în secțiunea de materiale și metode, indicele de risc postural a fost apropiat de valoarea minimă (100) indicând faptul că situația ergonomică posturală a acestor operații nu necesită intervenții corective. Este de precizat aici faptul că, în cazul operării prin discuire, s-a identificat un număr de 214 evenimente caracterizate de o postură neconfortabilă a spatelui menținută pentru mai puțin de două secunde, respectiv un număr de 2764 evenimente de acest fel în cazul operării prin frezare. Raportat la timpul total observat, s-a constatat faptul că, în medie, astfel de evenimente au apărut cu o frecvență de circa 111 repetiții pe oră pentru operarea prin discuire și cu o frecvență de circa 296 repetiții pe oră în cazul operării prin frezare. Prin urmare, în condițiile date, ultima opțiune poate fi considerată a genera o muncă dinamică mai intensă sub raportul posturii spatelui și poate fi relaționată cu modul efectiv de implementare a operațiilor.

#### 4. CONCLUZII

1. Eficiența muncii a fost mult mai ridicată în cazul operațiilor mecanizate de întreținere a solului implementate prin discuire comparativ cu cea specifică operațiilor implementate prin frezare, cu principalii potențiali factori care pot să explice aceste rezultate fiind legați de lățimea activă a organelor active, un fapt care a generat mai multe treceri pe un același spațiu disponibil între rândurile de cultură în cazul frezării.
2. Din punct de vedere ergonomic-postural, nu s-au identificat diferențe majore între cele două opțiuni luate în studiu, aspect ce se poate datora modului tipic de acționare a comenzilor și controalelor specifice. Acest lucru se datorează, în mai mare măsură, modului continuu de operare pe un traseu dat, care nu a necesitat întoarceri frecvente ale operatorului înspre înapoi pentru a verifica rezultatele operării. Deși au existat unele diferențe între cele două opțiuni sub raport ergonomic postural, s-a constatat, după ponderarea categoriilor de posturi cu timpul efectiv petrecut în acestea, faptul că, în limitele conceptului metodei OWAS, aceste tipuri de operații nu necesită o îmbunătățire urgentă din punct de vedere ergonomic postural. Cu toate acestea, rezultatele trebuie privite cu precauție și validate și prin alte metode.

#### MATERIALE SUPLIMENTARE

Nu este cazul.

#### FINANȚARE

Această lucrare nu a fost finanțată din exteriorul organizației.

## MULȚUMIRI

Acest studiu raportează date care fac parte integrantă a unei teze de doctorat elaborată sub supervizarea Școlii Doctorale a Universității Transilvania din Brașov. Autorii doresc să mulțumească instituției menționate pentru furnizarea dispozitivelor și materialelor utilizate în studiu. De asemenea, autorii doresc să mulțumească Departamentului de Exploatare Forestiere, Amenajarea Pădurilor și Măsurători Terestre pentru sprijinul logistic acordat în realizarea studiului. Nu în ultimul rând, autorii doresc să mulțumească Regiei Naționale a Pădurilor - RNP Romsilva pentru acordul de a efectua studiul și pentru ajutorul oferit în colectarea de date.

## CONFLICT DE INTERESE

Autorii nu declară niciun conflict de interese.

## ANEXE

Nu este cazul.

## REZUMAT EXTINS - EXTENDED ABSTRACT

**Title in English:** *Evaluation of Productivity and Working Posture in Mechanized Soil Cultivation Operations Implemented in Poplar Forests*

**Introduction:** *The success of cultivated poplar forests depends largely on the timely implementation of high-quality soil maintenance operations, therefore on the performance of such operations. Based on the limited information available in the scientific literature on the performance of soil maintenance operations, this study evaluates the productivity and ergonomic conditions in terms of working postures in mechanized operations implemented by disc harrowing and milling.*

**Materials and Methods:** *Two locations were taken into consideration in which video assisted time and motion studies were implemented to collect information and to document the operations. The planting scheme was similar in both of them with a tree spacing accounting for 5×4 m. Also, the soil condition was similar but the size of vegetation to be removed was different, being more developed in the case of disc-harrowing operations. The resulted video files were used to estimate the operational efficiency and to evaluate the ergonomic conditions in terms of a postural analysis. While the time and motion study was implemented using the traditional concepts specific to forest operations, the postural assessment was based on the OWAS system and the real time spent in different postures by the operators.*

**Results and discussions:** *Work performance was affected by the active width of the aggregate used to operate the soil, being much lower in the case of milling compared to disc-harrowing. In fact, the productivity was approximately three time lower in soil milling compared to disc-harrowing operations. From an ergonomic point of view, and by considering the results of postural assessment, it seems that the studied operations do not require an immediate ergonomic improvement due to a small share of the time spent in uncomfortable postures (having back bended and twisted). However, for validity, these results should be cross-checked by other methods of ergonomic assessment. In terms of productive performance, the net efficiency rate was rated at 0.896 and to 2.919 hours per hectare for disc-harrowing and milling operations respectively. At the same time, comfortable postures of the back represented more than 93% in the total analyzed time, irrespective of the option used to operate. What differed was the number of back turning events, the number of uncomfortable postures having a duration less or equal to 2 seconds, as well as the average time spent in comfortable and uncomfortable postures.*

**Conclusions:** *Probably the main factor affecting the productive performance was that relating to the active width of the equipment used to operate. This is supported by an active width of more than 2 m in the case of disc-harrowing and of less than 1.5 in the case of milling, a fact that required several passes between the tree rows, in the last case. The reported results are preliminary and indicative and more research is needed to account for the operational variability that could be provided in the operations, especially by the soil and vegetation condition. Nevertheless, the reported results provide a basis for a general assessment and may be used in different evaluations in the absence of more accurate ones.*

## REFERINȚE

1. Dickmann D.I., Kuzovkina J., 2014: Poplars and willows of the world, with emphasis on silviculturally important species. *Trees for Society and the environment*. Isebrands, J.G., J Richardson, J., Eds. Ed. J. Richardson Consulting, Canada, 8-91, ISBN: 9781780641089.
2. FAO, 2012: Abstracts of submitted papers prepared for the 24<sup>th</sup> session of the International Poplar Commission, jointly hosted by FAO and the Indian Council for Forestry Research and Education (ICFRE), Dehradun, India, 30 October – 2 November 2012. International Poplar Commission Working Paper IPC/11. Forest Assessment, Management and Conservation Division, FAO, Rome.
3. Dickmann D.I., 2006: Silviculture and biology of short-rotation woody crops in temperate regions: then and now. *Biomass and Bioenergy*, 30(8), 696-705.
4. Hoogwijk M., Faaij A., De Vries B., Turkenburg W., 2009: Exploration of regional and global cost-supply curves of biomass energy from short-rotation crops at abandoned cropland and rest land under four IPCC SRES land-use scenarios. *Biomass and Bioenergy*, volume 33(1), pp. 26-43.
5. Șofletea N., Curtu A.L., 2008: *Dendrologie*. Ediția a 2-a, Editura "Pentru Viață", Brașov, România.
6. Hank T., Mauser W., 2009: Modelling vegetation response to climate change in the Upper Danube Subcatchment applying a biophysical landsurface model. *Geophysical Research Abstracts Vol. 11, EGU2009-0*.
7. Târziu D., Spârchez, G., 2013: *Soluri și stațiuni forestiere*. Editura Universității Transilvania din Brașov, România.
8. Geambașu N., Dănescu F., Gancz F., Petrila M., Surdu A., Bernaschi I., Niță C., Drăgan D., 2005: Revegetation with native forest species in relation with the pedo-environment condition of Danube flood plain. *Analele ICAS*, 48, 3-16.
9. Filat M., Benea V., 2000: Productivitatea plopilor hibridi testați în Lunca și Delta Dunării. *Revista Pădurilor*, 2, 10-12.
10. \*\*\*, 2000: Norme tehnice privind compoziții, scheme și tehnologii de regenerare a pădurilor și de împădurire a terenurilor degradate 1, Ministerul Apelor, Pădurilor și Protecției Mediului, București.
11. Drew A.P., Zsuffa L., Mitchell C.P., 1987: Terminology relating to woody plant biomass and its production. *Biomass*, 12, 79-82.
12. Vusić D., Šušnjar M., Marchi E., Spina R., Zečić Ž., Picchio R., 2013: Skidding operations in thinning and shelterwood cut of mixed stands - Work productivity, energy inputs and emissions. *Ecological Engineering*, 61, 216-223.
13. Moskalik T., Borz S.A., Dvořák J., Ferencik M., Glushkov S., Muiste P., Lazdiňš A., Styraniivsky O., 2017: Timber harvesting methods in Eastern European countries: A review. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 38(2), 231-241.
14. Boja N., Boja F., Teusdea A., Vidrean D., Marcu M.V., Iordache E., Duță C.I., Borz S.A., 2018: Resource allocation, pit quality, and early survival of seedlings following two motor-manual pit-drilling options. *Forests*, 9, 665.
15. Abrudan IV, 2006: *Împăduriri*. Editura Universității Transilvania din Brașov. ISBN 973-635-688-4.



**Marogel-Popa et al.: Performanța productivă și ergonomic-posturală în operații mecanizate...**

16. Lupușoru V., Diaconu M., Diaconu S., Ionele A., 1997: Norme de timp și producție unificate pentru lucrări din silvicultură, Ministerul Apelor, Pădurilor și Protecției mediului, București.
17. Borz S.A., Popa B., 2014: The use of time studies in Romanian forestry: importance, achievements and future. *Bulletin of the Transilvania University of Brașov*, 7(56): 1-6.
18. Acuna M., Bigot M., Guerra S., Hartsough B., Kanzian, C., Kärhä K., Lindroos O., Magagnotti N, Roux S., Spinelli R., Talbot B., Tolosana E., Zormaier F., 2012: Guidelines for biomass production studies. In: Magagnotti N., Spinelli R., Eds., CNR IVALSALSA, Sesto Fiorentino, Italy. ISBN 978-88-901660-4-4.
19. Helander M.A., 2006: Guide to human factors and ergonomics. 2<sup>nd</sup> ed., CRC Press: Boca Raton, FL, USA.
20. Heinimann H., 2007: Forest operations engineering and management - the ways behind and ahead of a scientific discipline. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 28(1), 107-121.
21. Marchi E., Chung W., Visser R., Abbas D., Nordfjell T., Mederski P.S., McEwan A., Brink M., Laschi A., 2018: Sustainable forest operations (SFO): A new paradigm in a changing world and climate. *Science of the Total Environment*, 634, 1385-1397.
22. Potočnik I., Poje A., 2017: Forestry ergonomics and occupational safety in high ranking scientific journals from 2005-2016. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 38(2), 291-310.
23. Daia M., Petcu C., 2019: 2002-2017: Perioada celor mai laborioase împăduriri în Delta Dunării. *Revista Pădurilor*, 134(2), 43-50.
24. Marogel-Popa T., Cheța M., Marcu M.V., Duță I.C., Ioraș F., Borz S.A., 2019: Manual cultivation operations in poplar stands: A characterization of job difficulty and risks of health impairment. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16(11), 1911.
25. Björheden R., Apel K., Shiba M., Thompson M., 1995: IUFRO forest work study nomenclature. Swedish University of Agricultural Science, Grapenberg, Sweden.
26. Karhu O., Kansi P., Kuorinka I., 1997: Correcting working postures in industry: a practical method for analysis. *Applied Ergonomics*, 8(4), 199-201.
27. David G.C., 2005: Ergonomic methods for assessing exposure to risk of factors for work-related musculoskeletal disorders. *Occupational Medicine*, 55(3), 190-199.
28. Corella-Justavino F., Jimenez Ramirez R., Meza Perez N., Borz S.A., 2015: The use of OWAS in forest operations postural assessment: Advantages and limitations. *Bulletin of the Transilvania University of Brașov, Series II*, 8(57)2, 7-16
29. Calvo A., 2009: Musculoskeletal disorders (MSD) risks in forestry: a case study to propose an analysis method. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*, 11, 1-9.
30. Spinelli R., Aminti G., de Francesco F., 2016: Postural risk assessment of firewood processing. *Ergonomics*, 60(3), 1-9.
31. Zanuttini R., Cielo P., Poncino D., 2005: The OWAS method. Preliminary results for the evaluation of the risk of work-related musculo-skeletal disorders (WMSD) in the forestry sector in Italy. *Journal of Silviculture and Forest Ecology*, 2, 242-255.
32. Zar J.H., 2010: Biostatistical analysis. 5<sup>th</sup> edition. Pearson Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ. ISBN: 978-0131008465.

**Marogel-Popa et al.: Performanța productivă și ergonomic-posturală în operații mecanizate...**

---

33. Borz S.A., Niță M.D., Talagai N., Scriba C., Grigolato S., Proto A.R., 2019: Performance of small-scale technology in planting and cutback operations of short-rotation willow crops. *Transactions of the ASABE*, 62(1), 167-176.
34. Ministerul Apelor, Pădurilor și Mediului înconjurător, 1990: Ordin nr. 41 din 31.03.1990 privind aprobarea Normelor de consum carburanți, lubrifianți și energie electrică pentru utilajele folosite în silvicultură (Uz intern).
35. Oprea I., 2008: Tehnologia exploatării lemnului. Editura Universității Transilvania din Brașov, Brașov, România, 237 p. ISBN 978-973-598-301-7.