



Nr. 4/2018  
Anul 133



# REVISTA PĂDURILOR



## Revistă tehnico-științifică editată de „Societatea Progresul Silvic”

### COLEGIUL DE REDACȚIE

#### Redactor responsabil:

*Prof.Dr.Ing. Stelian A. Borz*

#### Membri:

*Prof.Dr.Ing. Ioan V. Abrudan*

*Ing. Codruț Bîlea*

*Prof.Dr.Ing. Alexandru L. Curtu*

*Conf.Dr.Ing. Mihai Daia*

*Conf.Dr.Ing. Gabriel Duduman*

*Prof.Dr.Ing. Ion I. Florescu*

*Ing. Olga Georgescu*

*Acad.Prof.Dr.Ing. Victor Giurgiu*

*Conf.Dr.Ing. Sergiu Horodnic*

*Dr.Ing. Maftai Leșan*

*Ing. Ciprian Pahonțu*

*Dr.Ing. Romică Tomescu*

ISSN: 1583-7890

ISSN (Varianta online): 2067-1962

#### Indexare în baze de date:

CABI

DOAJ

Google Academic

SCIPPIO

### CUPRINS

*Stelian A. Borz*

*Revista Pădurilor aderă la un nou format.....1*

*Ioan Clinciu, Mihai D. Niță, Șerban Davidescu, Nicu C. Tudose,  
Cornel C. Tereșneu*

*O metodă simplificată pentru estimarea riscului torențial în bazine  
mici, predominant forestiere.....3*

*Alexandru Dascaluic, Petru Cuza, Gheorghe Florență*

*Potențialul redox al extractelor din mugurii arborilor stejarului  
pedunculat, gorunului și stejarului pufos în funcție de  
anotimp.....21*

*Adrian Lorent, Ștefan Neagu, Marius Petrila, Bogdan Apostol,  
Vladimir Gancz, Ioannis Mitsopoulos, Giorgios Mallinis*

*Evaluarea hazardului la incendii de pădure la nivel de unitate  
administrativ-teritorială în perioada 2006-2015.....37*

*Ioan Clinciu*

*Stelian Munteanu - 100 de ani de la naștere.....59*



Journal edited by the "Progresul Silvic Society"

EDITORIAL BOARD

Editor in Chief:

*Prof.Dr. Stelian A. Borz*

Editorial Members:

*Prof.Dr. Ioan V. Abrudan*

*Eng. Codruț Bîlea*

*Prof.Dr. Alexandru L. Curtu*

*Assist.Prof.Dr. Mihai Daia*

*Assist.Prof.Dr. Gabriel Duduman*

*Prof.Dr. Ion I. Florescu*

*Eng. Olga Georgescu*

*Acad.Prof.Dr. Victor Giurgiu*

*Assist.Prof.Dr. Sergiu Horodnic*

*Dr. Maței Leșan*

*Eng. Ciprian Pahonțu*

*Dr. Romică Tomescu*

ISSN: 1583-7890

ISSN (ONLINE): 2067-1962

Indexed by:

CABI

DOAJ

Google Academic

SCIPIO

CONTENTS

*Stelian A. Borz*

*Revista Pădurilor in a New Format.....1*

*Ioan Clinciu, Mihai D. Niță, Șerban Davidescu, Nicu C. Tudose, Cornel C. Tereșneu*

*A Simplified Methodology for Estimating the Torrential Risk in Small, Predominantly Forested Mountainous Watersheds.....3*

*Alexandru Dascaluic, Petru Cuza, Gheorghe Florență*

*Seasonal Oxido-Reductive Potential of the Quercus robur L., Quercus petraea Liebl. and Quercus pubescens Willd. Buds.....21*

*Adrian Lorent, Ștefan Neagu, Marius Petrila, Bogdan Apostol, Vladimir Gancz, Ioannis Mitsopoulos, Giorgios Mallinis*

*Forest Fire Hazard Assessment at Territorial Administrative Unit Level During 2006-2015 Period.....37*

*Ioan Clinciu*

*Stelian Munteanu - 100 Years from Birth.....59*



## Revista Pădurilor aderă la un nou format

Stelian A. Borz<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup>Departamentul de Exploatare forestiere, amenajarea pădurilor și măsurători terestre, Facultatea de Silvicultură și exploatare forestiere, Universitatea Transilvania din Brașov, Șirul Beethoven Nr. 1, 500123, Brașov, România.

### REPERE

- Revista Pădurilor apare într-un nou format.
- Formatul se aliniaza noilor tenduri editoriale.
- Formatul are scopul creșterii vizibilității revistei.
- Instrucțiunile pentru autori vor fi disponibile, în scurt timp, pe website-ul revistei.

### INFORMAȚII ARTICOL

Istoricul articolului:

Acceptat: 05.12.2018

Număr de pagini: 2 pagini.

Tipul articolului:

Editorial

Editor: Stelian Alexandru Borz

### Cuvinte cheie:

*Proces editorial*

*Creșterea vizibilității*

*Format nou*

*Instrucțiuni noi*

**Keywords:**

*Editorial Process*

*Visibility*

*New Format*

*Instructions for Authors*

### REZUMAT

*În an aniversar pentru România, Revista Pădurilor se reînnoiește prin aderarea la un nou format de prezentare și de publicare a articolelor. Demersul schimbării formatului de publicare a fost necesar datorită schimbărilor ce au avut loc, în ultima perioadă, în procesele editoriale internaționale și în cursa de creștere a vizibilității informației științifice publicate de jurnalele de profil. Principalele schimbări aduse de noul format al revistei sunt următoarele: trecerea de la forma de raportare pe două coloane a textului la cea pe o singură coloană, folosirea unui font din categoria celor ușor de citit, adaptarea la cerințele internaționale cu privire la raportarea de metadate, aderarea la un nou format de raportare a elementelor grafice și a relațiilor, restructurarea și diferențierea între prima pagină a articolului și restul textului prin includerea de informație descriptivă pentru un articol dat, în antet, începând cu a doua pagină a articolului, reformatarea modului de raportare a referințelor bibliografice în text și în lista de referințe bibliografice pentru a facilita citirea mai ușoară a textului, respectiv identificarea mai ușoară a referinței în listă. Prima pagină a fiecărui articol a fost reconfigurată complet, astfel încât să sintetizeze și să ofere cât mai multe detalii cu privire la modul de abordare și principalele rezultate raportate. Revista Pădurilor păstrează în continuare obiceiul publicării de articole în limbi de circulație internațională. Pentru a facilita schimbul de idei, articolele publicate în limba română sunt însoțite, în noul format, de un rezumat extins în limba engleză. La fel, articolele publicate în limbi de circulație internațională sunt însoțite de un rezumat extins în limba română. Noile instrucțiuni pentru autori vor fi disponibile în scurt timp pe website-ul Revistei Pădurilor, în limba română și în limba engleză, sub formă de șabloane ce includ și stiluri de formatare a textului pentru diverse secțiuni ale manuscriselor. Lectură plăcută!*

\* Autor corespondent. Tel.: +40-742-042-455.

Adresa de e-mail: [stelian.borz@unitbv.ro](mailto:stelian.borz@unitbv.ro)

## NOUL FORMAT AL REVISTEI PĂDURILOR

În an aniversar pentru România, Revista Pădurilor se reînnoiește prin aderarea la un nou format de prezentare și de publicare a articolelor. Demersul schimbării formatului de publicare a fost necesar datorită schimbărilor ce au avut loc, în ultima perioadă, în procesele editoriale internaționale și în cursa de creștere a vizibilității informației științifice publicate de jurnalele de profil. Astfel, revistele de specialitate moderne au introdus, mai demult sau mai recent, formate de raportare a informației științifice care să faciliteze accesul și interesul cititorilor din domeniu și nu numai. Astfel de schimbări se referă, în principal, la structura generală a formelor de raportare a articolelor precum și la detalii de raportare cum ar fi tipul de text utilizat și forma în care acesta este introdus în pagină, pentru a încuraja lecturarea acestuia. Dat fiind faptul că, în prezent, există foarte multe jurnale științifice specifice diverselor domenii, o mare parte a comunității academice utilizează frecvent, în căutarea de resurse, elemente ale articolelor precum titlul și rezumatul. Prin urmare, de măsura în care sunt formate și prezentate informațiile specifice primei părți ale unui articol (*i.e.* titlu și rezumat) depinde în mare măsură modul de interacționare cu un jurnal, deci vizibilitatea internațională a acestuia. În aceeași măsură, citirea textului integral al unui articol depinde de modul de organizare al textului, precum și de utilizarea unor tipuri de text și forme de organizare care să încurajeze citirea. Principalele schimbări aduse de noul format al revistei sunt următoarele: trecerea de la forma de raportare pe două coloane a textului la cea pe o singură coloană (aspect ce facilitează urmărirea mai atentă a textului de către cititor), folosirea unui font din categoria celor ușor de citit, adaptarea la cerințele internaționale cu privire la raportarea de metadate (depozitarea tabelelor foarte mari sau a rezultatelor indirecte în secțiuni precum cele de anexe și de materiale suplimentare, declararea eventualelor conflicte de interes, declararea entităților care au finanțat cercetările ce se raportează), aderarea la un nou format de raportare a elementelor grafice și a relațiilor (ecuațiilor/formulelor), restructurarea și diferențierea între prima pagină a articolului și restul textului prin includerea de informație descriptivă, pentru un articol dat, în antet, începând cu a doua pagină a articolului, reformatarea modului de raportare a referințelor bibliografice în text și în lista de referințe bibliografice pentru a facilita citirea mai ușoară a textului, respectiv pentru identificarea mai ușoară a referinței în listă. Pentru creșterea vizibilității articolelor ce se raportează în revistă, prima pagină a fiecărui articol a fost reconfigurată complet, astfel încât să sintetizeze și să ofere cât mai multe detalii cu privire la modul de abordare și principalele rezultate raportate de articole. În acest sens, pe lângă rezumatul tradițional al lucrării, noul format al revistei încurajează introducerea unui rezumat grafic care să descrie cât mai mult din ceea ce se raportează în articolul în cauză. Principalele rezultate sau interpretări ale acestora pot fi incluse, în noul format, într-o scurtă secțiune care descrie în fraze scurte astfel de probleme - secțiunea de repere ale articolului. Pentru formarea unei opinii cu privire la timpul necesar procesării manuscriselor primite, prima pagină a unui articol include și informații cu privire la istoricul procesării acestuia. Dat fiind faptul că nu se poate crește vizibilitatea unei reviste fără articole științifice ce provin din alte țări sau regiuni geografice, Revista Pădurilor păstrează în continuare obiceiul publicării de articole în limbi de circulație internațională. Pentru a facilita schimbul de idei, articolele publicate în limba română sunt însoțite, în noul format, de un rezumat extins în limba engleză. La fel, articolele publicate în limbi de circulație internațională sunt însoțite de un rezumat extins în limba română. Noile instrucțiuni pentru autori vor fi disponibile în scurt timp pe adresa web a Revistei Pădurilor, în limba română și în limba engleză, sub formă de șabloane ce includ și stiluri de formatare a textului pentru diverse secțiuni ale manuscriselor. Lectură plăcută!



## 1. INTRODUCTION

Torrential flows and their consequence - floods - represent, as known, one of the most important risk sources. The fact that these types of events (*i.e.* floods) cause around 70% of the yearly damage and losses worldwide [1] justifies the assertion that “*torrentiality is not consistent with sustainable development*” [2]. On the other hand, in what regards the small, torrential, predominantly forested watersheds, located in the mountainous area of Romania, there is a considerable discordance between the amount of the necessary funds for preventing and fighting torrential flows and the limited financing possibilities from the central public authority responsible for forestry [3]. This is why questions such as the following need a careful analysis: “What should be the order of priority in developing and applying projects regarding torrential watersheds management? To which forestry departments and to which watersheds should the priority be given to justify the limited financial resources?”

In response to such questions, we propose a simplified method for the determination, at watershed scale, of a “conventional” level of risk for the 1% exceedance probability [40] computed as a “torrential risk index”, depending on which the decision-making authority can proceed to a informed allocation of resources. This means that the available resources should be directed, with priority, in those watersheds where the torrential risk index values are the highest. In other words, if we determine this index for small watersheds in a given territory and if the resulting values are divided into classes (in a convenient way), digital maps can be developed to characterize the priority of interventions in accordance with the “conventional” level of risk.

The method for estimation of torrential risk described herein is convenient because there is a wide variety of opinions and solutions regarding the estimation of the risk caused by extreme pluvio-hydrological phenomena [4-29]. In addition, there are different approaches in this domain explaining the lack of a unitary methodology regarding the determination of the vulnerability of receivers [30-39]. Also, if we refer to the thousands of small watersheds located in Romanian mountainous forested area, we observe that negative effects of torrential flows - considerable in terms of material damage - have a completely different economic and social dimension compared to the effects of floods occurring in the case of the large watersheds of rivers that cross rural and urban areas. Last, but not least, one should take into account the fact that the procedure of preparing natural flood risk maps (stipulated by Government Resolution no. 447/2003) [41] is a very laborious one; furthermore, the boundaries of the floodable zones marked on these maps, that are associated with different exceeding probabilities of the maximum discharge (20%, 10%, 5%, 2%, 1% and 0.1%) are given in detail only for human communities and not for all riverbeds throughout small, elementary watersheds, located, in general, in the mountainous forested area of Romania.

This is the reason why these methodological difficulties could be arguments and challenges at the same time, regarding the rational allocation of available funds and the prioritization of new investments, by a less complex approach that is based on the determination of a *torrential risk index* instead of the rigorous expression of this risk as the “*product of the probability of occurrence of the generating event and the value of material damage and human losses*” [13-15].

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1. The simplifying assumption

In accordance with the stated purpose, we have accepted the following simplifying assumption: a “conventional” level of risk attributed to torrential flows characterized by 1% exceedance probability, in small, predominantly forested watersheds, can be obtained by associating three categories of features involved in the occurrence of the phenomenon (**Figure 1**): features of rainfalls generating torrential flows, features of watersheds where torrential flows are formed and features of flows’ receivers.

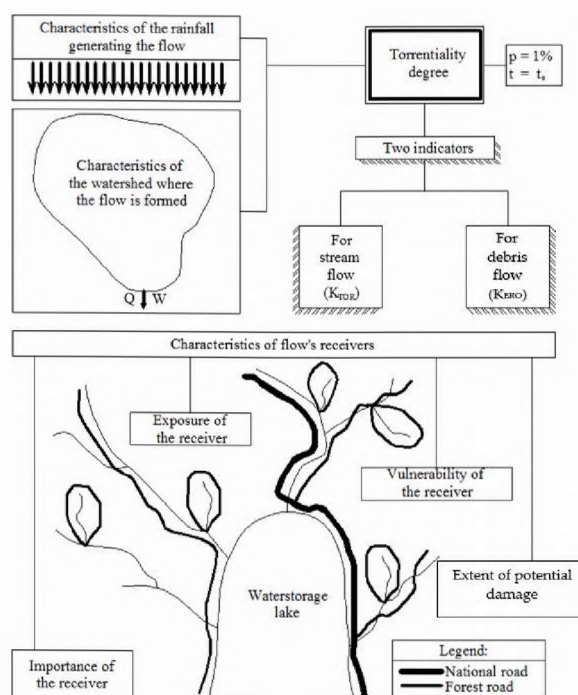


Figure 1. Connection and interdependence of features depending on which the “conventional” level of torrential risk for the 1% exceedance probability, in small, predominantly forested watersheds can be expressed. Source: [9].

The first two categories of features can be coupled and integrated in the expression of the “*torrentiality degree of the watershed*” [42], a synthesizing metric that can characterize the two components of torrential flows: the liquid component and the solid component. Two indicators of the torrentiality degree correspond to these components: the peak discharge for the 1% exceedance probability and the annual average volume of transported alluvia.

### 2.2. Torrentiality degree

For mapping small watersheds in the forested area of Romania by their torrentiality degree, two methods have been developed and applied until now: the Gaspar’s method, introduced in 1967 and revised by the same author in 2002 and the Lazăr-Clinciu’s method, introduced in 1995 and recently adapted [21] for GIS technology applications. For both methods, the torrentiality degree of the watershed is defined by means of two coefficients: torrentiality coefficient of stream flow ( $K_{TOR}$ ) and torrentiality coefficient of debris flow ( $K_{ERO}$ ). According to the Gaspar’s approach, which is one



of the well-established methods in the field of torrent hydrology (also known as the method of the active surface, the method of discharge parallelograms, the method of isochrones etc.), the peak discharge for the considered watershed is estimated, for a rainfall associated with the 1% exceedance probability, whose duration ( $t$ ) is equal to the effective duration ( $t_e$ ). The “effective duration” refers to the interval of rainfall during which, at the same time as the rainfall, there is runoff.

Let  $Q_{max\ 1\%}$  ( $m^3 \times s^{-1}$ ) be this discharge. Further on, through the same method and for the same rainfall, the peak discharge is estimated, in two opposed hypothetical situations, regarding the superficial retention capacity of rainfalls: 1 - the minimum capacity and 2 - the maximum capacity. Let  $Q_{m1\%}$  ( $m^3 \times s^{-1}$ ) be the maximum discharge corresponding to the first situation and  $Q_{M1\%}$  ( $m^3 \times s^{-1}$ ) the maximum discharge corresponding to the second one. By using the three mentioned variables, we can calculate (**Equation 1**) the torrentiality coefficient of stream flow as follows [43]:

$$K_{TOR} = \frac{Q_{max1\%} - Q_{m1\%}}{Q_{M1\%} - Q_{m1\%}} \quad (1)$$

For categorization purposes, the author recommends a scale consisting of 10 torrentiality classes, where class 1 stands for the minimum torrentiality and class 10 stands for the maximum torrentiality, which are defined as:  $0 < K_{TOR} \leq 0.1$ ;  $0.1 < K_{TOR} \leq 0.2$ ; ...;  $0.9 < K_{TOR} \leq 1.0$ . Denoted by  $K_{ERO}$ , this coefficient renders the specific annual average alluvial production, expressed in  $t \times ha^{-1} \times year^{-1}$ , by taking into account the pluviometric dynamics in the considered area and by applying one of the accredited design methods in Romania: Gaspar-Apostol’s method (1985 variant) [44] or the “limit load method” [45]. Torrentiality classes of debris flow can be defined, for instance, following this scale [42]: 0-0.5; 0.5-1; 1-2; 2-4; 4-8; 8-16; 16-32; 32-64 and so on. According to Lazăr-Clinciu’s method, in order to establish the torrentiality degree [46], we determine first “the hydrologic characteristic” ( $K_h$ ), and then “the transport characteristic” ( $K_t$ ); afterwards, in order to convert the results on the scales used for the Gaspar’s method, we introduce correction factors for each characteristic, obtaining therefore the torrentiality coefficients ( $K_{TOR}$  and  $K_{ERO}$ ) as follows (**Equations 2-5**):

$$K_h = Q_{max.1\%} / Q_{e.1\%} \quad (2)$$

$$K_{TOR} = 1.43 \times K_h \quad (3)$$

$$K_t = W_a / F \quad (4)$$

$$K_{ERO} = 2 \times K_t \quad (5)$$

The terms used in **Equations 2-5** have the following meaning:  $Q_{max.1\%}$  ( $m^3 \times s^{-1}$ ) is the peak discharge for the 1% exceedance probability, calculated through the rational method,  $Q_{e.1\%}$  ( $m^3 \times s^{-1}$ )

- the “morpho-standard” maximum discharge, associated with the same exceedance probability, determined by the use of graph version corresponding to the rational method (Figure 2),  $Wa$  ( $m^3 \times year^{-1}$ ) - annual average alluvial transport estimated by the Gaspar-Apostol’s method (1985),  $F$  (ha)
- area of the watershed.

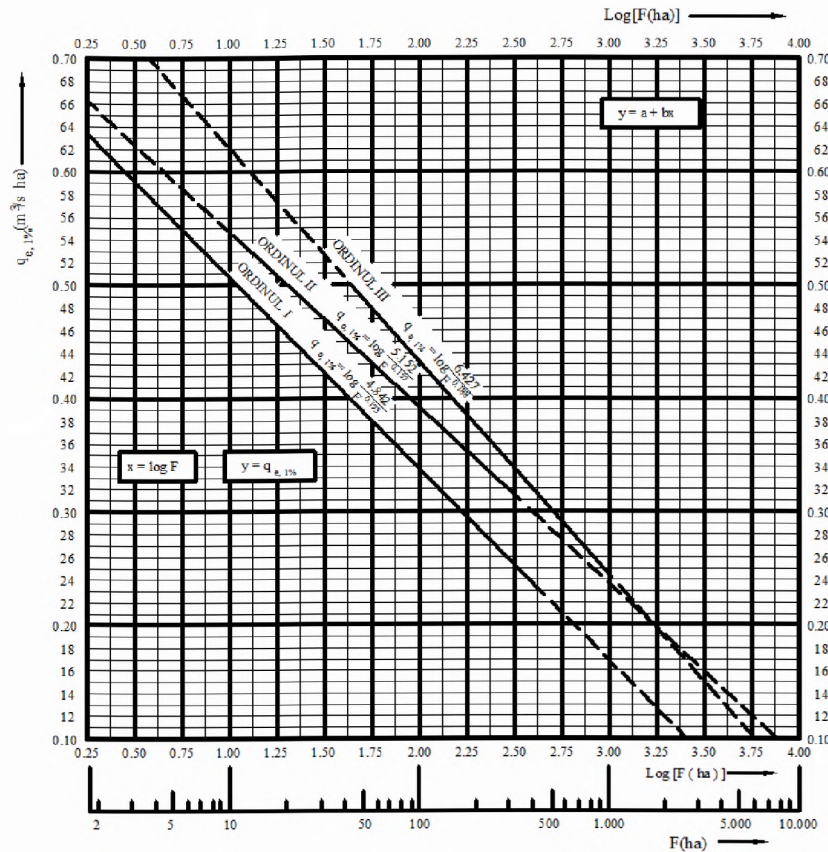


Figure 2. Graph version of the rational method, used to determine the specific maximum morpho-standard discharge ( $Q_{e,1\%}$ ), depending on area ( $F$ ), in torrential, predominantly forested watersheds, located in the mountainous area of Romania [47]. The  $F \times Q_{e,1\%}$  product defines the  $Q_{e,1\%}$  term in Equation 2.

Torrentiality classes for  $K_{TOR}$  and  $K_{ERO}$  are defined for the same intervals as for the Gaspar’s method. The “morpho-standard” is the maximum discharge calculated in the simplifying hypothesis of a “morpho-standard” watershed [47]. According to this hypothesis, superficial retention and water infiltration into the soil are considered null; in other words, the flow coefficient is equal to 1. A preliminary classification of the watersheds can be made with the values of  $K_t$  and  $K_i$  features. Then, by harmonizing the resulting categories, the torrentiality degree of the watershed is determined (Table 1). Should the two characteristics lead to the same category, denoted 1 to 6, the watershed is classified in the torrentiality degree corresponding to the considered category but it is denoted by Roman numerals: I - “non-torrential”, II - “weakly torrential”, and so on to VI which stands for “excessively torrential”.

In many cases, however, it is possible to obtain different classifications of the two characteristics. For instance, for a watershed located in the hills and characterized by forests of medium, or reduced hydrologic quality, but growing on an erosion-resistant lithological substratum (crystalline schists, limestones etc.), hydrologic category 4 and transport category 3 may result.

**Table 1.** Determination of torrentiality degree, based on the classification of the watershed into hydrologic categories ( $K_h$ ) and transport categories ( $K_t$ )

Categories of the hydrologic characteristic		Categories of the transport characteristic		Characterisation of watershed in terms of torrentiality degree	
$K_h$ (-)		$K_t$ ( $t \times \text{year}^{-1} \times \text{ha}^{-1}$ )			
1	$K_h \leq 0.2$	1	$K_t \leq 1$	I	Non-torrential
2	$0.2 < K_h \leq 0.3$	2	$1 < K_t \leq 5$	II	Weakly torrential
3	$0.3 < K_h \leq 0.4$	3	$5 < K_t \leq 10$	III	Moderately torrential
4	$0.4 < K_h \leq 0.5$	4	$10 < K_t \leq 20$	IV	Strongly torrential
5	$0.5 < K_h \leq 0.6$	5	$20 < K_t \leq 40$	V	Very strongly torrential
6	$K_h > 0.6$	6	$K_t > 40$	VI	Excessively torrential

In such cases, the torrentiality degree is adopted depending on the nature of the damage that occurred, namely: if the objective is a water storage lake, a catchment for water supply etc., a torrentiality degree denoted by the transport characteristic (level III respectively) will be taken into account, because diminishing the alluvial transport is particularly pursued; but if it comes to the protection of communication infrastructure, industrial sites, or human settlements, then both characteristics are equally important and the torrentiality degree corresponding to the highest category (e.g. in the above-mentioned example - torrentiality degree IV), will be adopted.

### 2.3. Flow receivers

Besides the torrentiality degree of the watershed - that synthetically expresses the magnitude (intensity) of torrential flows and their erosional capacity on conventionally chosen scales - when estimating torrential risk, the characteristics of the objectives tapped and (or) endangered by these phenomena must be taken into account. In other words, *flow receivers* must be considered. Indeed, the “conventional” level of torrential risk depends on the importance category of receivers, exposure degree and their vulnerability and on the extent of the (potential) damage caused.

Economic and social importance features can be defined in accordance with the provisions of standards in the hydro-technical field. For instance, in STAS 4273-83 [48], constructions for different purposes are classified by classes of importance from 1 to 4; among these, there are those frequently affected by torrential flows such as the hydro-technical structures for regulation of riverbeds, creating water storage lakes, land reclamation, fisheries as well as the hydro-technical structures associated with industrial sites, human settlements (water supply and sewage), public roads and others. Also, in STAS 5576-88 [49], forestry objectives are designated and classified by categories (also from 1 to 4): forest lands, forest railways, forest roads, forest plant complexes, timber factories, forest warehouses, forest nurseries, workshops for the forestry sector, and other forestry structures. For objectives located near the hydrographic network where the flow occurs, such as the communication routes (roads, railways) or other constructions for economic and social purposes,

the exposure degree can be estimated, in a first approximation, depending on the height difference existing between the location of these objectives and that of the riverbed thalweg along which the flow stream moves. If the objective to be protected is represented by a downstream water storage lake, the exposure degree can be differentiated depending on the distance from the mouth of the watershed in which the flow is formed to the location of the dam that created the water storage lake. Receivers that are presented in detail in the existing standards and classified in terms of their economic and social significance, can be ranked, by approximation, on a scale with several values, starting from the characteristics regarding their construction, functionality and use. For instance, the category of receivers that are very vulnerable may include lands located in the proximity of riverbeds (exposed to flooding), slightly improved forest roads, forest cabins, seed warehouses, and workshops for the forestry sector, built in a major riverbed or on the banks of a minor riverbed etc. In the category of receivers with reduced vulnerability can be included the main lines, highways, national and county roads, main forest roads and others. When the objective to be protected is a water storage lake, the vulnerability to a flow that forms in an upstream receiving watershed can be rendered on a differentiated basis, from one watershed to another, depending on the alluvial contribution to the lake per year, or for a certain period, by considering also the “*dead volume*” of the lake. The damage that may be caused by a flow that forms in the watershed subject to analysis is estimated in the hypothesis in which the management operations needed for the protection of a given objective were not carried out. The estimation can be done in terms of monetary value and it can be based on unit cost indexes specific to each of the objectives that could be affected, damaged or destroyed by the flow. If the objectives are only flooded, the problem consists of removing torrential alluvia. For estimating the costs of this operation, one can rely on standardized data [50] which should be updated. Using the same approach, the damage resulting from alluvial contribution to a water storage lake can also be assessed.

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

#### 3.1. Weight allocation for factors

As previously shown, for each watershed, the torrential risk index is obtained by associating two components: the risk index attributed to the torrentiality degree, and the risk index attributed to the characteristics of the receivers. The first index can be expressed depending on the two factors which characterize the torrentiality degree ( $K_{TOR}$  and  $K_{ERO}$ ), and the second depends on four characteristics of the receiver: importance, exposure degree, vulnerability, and value of potential damage. In order to combine these two indexes into one, it is necessary to allocate different weights to the six characteristics that determine the risk level. A possible solution for weight allocation is given in **Table 2**. In a given case, the decision-maker or financier may change these weight values.

As the number of factors used in this approach differs from one index to another (2 and 4, respectively), in their association, the index attributed to the torrentiality degree is used with the weight of 2, and the index attributed to the receiver characteristics is used with the weight of 1.

Table 2. Weight allocation for the criteria on which the torrential risk index is estimated. Source: [9].

Group	Criterion	Characteristic (factor)	Allocated weight
I	Torrentiality degree	Torrentiality of stream flow ( $K_{TOR}$ )	3
		Torrentiality of debris flow ( $K_{ERO}$ )	2
II	Torrential flow's receiver	Importance ( $I$ )	1
		Exposure ( $E$ )	1
		Vulnerability ( $V$ )	1
		Value of potential damage ( $P$ )	2
<b>TOTAL</b>			<b>10</b>

Because the values of the six factors are expressed, initially, according to specific scales (determined by the different nature of factors), in order to get comparable values for the characteristics used in estimating the “conventional” risk level, it is necessary to convert all of these values to a unique scale (for example from 0 to 10), which entails setting and introducing certain correction coefficients for each individual factor.

### 3.2. Risk index attributed to torrentiality degree

In order to define this index ( $R_{GT}$ ), we take into consideration the joint influence of the two factors specific to the torrentiality degree ( $K_{TOR}$  and  $K_{ERO}$ ), as well as different weights allocated to these factors and the fact that the assessment scales are different: the first factor ( $K_{TOR}$ ) is expressed on a scale from 0 to 1, and the second one ( $K_{ERO}$ ) on a scale from 0 to 64. Consequently, the conversion factors for one and the same scale [0 to 10] will be: 10 for the  $K_{TOR}$  factor and 10/64 for the  $K_{ERO}$  factor. If the converted values of these two factors (namely 10  $K_{TOR}$  and 10/64  $K_{ERO}$ ) are multiplied by the corresponding weights (3 and 2, respectively, according to **Table 2**) and the results are added, we obtain **Equation 6**.

$$3 \times 10 \times K_{TOR} + 2 \times 10/64 \times K_{ERO} = 30 \times K_{TOR} + 0.3125 \times K_{ERO} \quad (6)$$

$$R_{GT} = \sqrt{60 \cdot K_{TOR} + 0.625 \cdot K_{ERO}} \quad (7)$$

Multiplying by 2 the **Equation 6**, as this operation is necessary because, according to **Table 2**, the number of factors that define the torrentiality degree (2) multiplied by the sum of weights allocated to these factors ( $3+2=5$ ), that is 10, is two times lower than the product of the factors which characterize the receivers (namely:  $4 \times 5 = 20$ ), and by extracting the square root, we obtain the **Equation 7** for the calculation of the risk attributed to the torrentiality degree.

### 3.3. Risk index attributed to receiver characteristics

Different values of this index are determined by the different number of receivers identified for each individual watershed, but also by the range of constructive features, layout and functionality of receivers, which gives them a different vulnerability and a different risk level to torrential flows. The following refer to one of the most frequent cases encountered in the design activity: the managed watershed includes forest roads, it may be crossed by other public transport routes (national, county, rural roads, railways etc.) and downstream there is a water storage lake that has to be protected against siltation. Solving the problem is easier if there is one receiver and it becomes more complicated when the number of receivers increases. This is the reason why these two cases will be analyzed in the following.

The first case is that in which the objective to protect is either a public transport route or a water storage lake. In both cases, the risk is attributed to the four characteristics in **Table 2** and the values of the allocated weights are the ones specified in the same table. The differences among the various cases are visible in the way the values of these characteristics are expressed, except for the *economic and social importance* (I) which, according to the relevant standards categorizes the constructions into four classes (1 to 4), in their descending order of importance. But, given that the risk level increases when the category of the importance decreases and that it would be useful to put it on a 0 to 10 scale, in the **Table 3** we have set the values of the conversion factor ( $a$ ).

Consequently, in the formula that estimates the risk attributed to the receivers' characteristics, we will replace the importance category ( $I$ ) with "the converted value of the importance category" ( $I_c$ ), rendered by the product  $a \times I$ , where "a" is the conversion factor. As for the risk level attributed to the *receiver exposure* ( $E$ ), the approach and expression can be differentiated as follows: when the receiver is a *transport route* (regardless of its destination: forest, rural, county, national road), the degree of exposure to the flow formed in the watershed can be expressed depending on the average height difference (weighted by the length of the road) between the road axis and the thalweg of the river transporting the stream of the flow. This will be denoted hereinafter by  $\Delta H_T^D$ . The smaller this difference is, the higher the risk index attributed to the receiver. It is clear that the most endangered road sections are the ones whose axis run along the river thalweg or very close to it (up to 0.5 m). As the height difference from the thalweg increases (for example up to 5 m), the road sections are less exposed to risk. If the road does not have an axial run but crosses a torrential stream on a bridge, the height difference  $\Delta H_T^D$  is measured based on the vertical of the bridge span.

If, in a first approximation, we accept the hypothesis according to which, in small, predominantly forested watersheds, the road sections for which the height difference  $\Delta H_T^D$  is smaller than 5 m are actually exposed to torrential flows, in order to render the value of the risk inducing factor on a 0 to 10 scale, the exposure degree of the receiver will be calculated using **Equation 8**.

Table 3. The converted value of the importance category ( $I_c$ )

Standard category ( $I$ )	4	3	2	1
Conversion factor ( $a$ )	1/4	2/3	2	10
The converted value of the category ( $I_c = a \times I$ )	1	2	4	10

$$E = \frac{10}{2 \cdot \Delta H_T^D} = \frac{5}{\Delta H_T^D} \quad (8)$$

The factor 2 from the denominator (**Equation 8**) was used because the maximum accepted height difference was 5 m, and the maximum value on the scale is 10. This formula is motivated by the fact that the risk intensity increases when the height difference decreases and vice-versa. More realistic is the hypothesis according to which the receiver's (road's) exposure increases as the height difference decreases, and the depth of the flow ( $h$ ) increases. The latter can be expressed depending on the peak discharge for the 1% exceedance probability ( $Q_{\max 1\%}$ ), on the surface of the watershed  $F$  (which determines the width of the riverbed,  $La$ ) and on the riverbed's slope  $I_a$ , starting from the well-known relation for the discharge in uniform continuous movement (**Equation 9**).

$$Q = A \cdot C \cdot \sqrt{R} \cdot i \quad (9)$$

To simplify, we accept the equality between the hydraulic radius and the stream depth and, implicitly, the equality between the wet perimeter and the riverbed width. To account for the speed coefficient ( $C$ ) we use the Manning's relation, by adopting a convenient value ( $n = 0.1$  - mountain rivulets) for the roughness coefficient ( $n$ ); the riverbed width ( $La$ ) is expressed depending on the surface ( $F$ ) according to the literature's recommendations for riverbeds crossing forest areas:  $La = 0.575 \times F^{0.363}$  [51], then we obtain the **Equation 10** which can be used to calculate the depth of the stream for a flow generated by a rainfall associated with 1% exceedance probability. Then, starting from **Equation 10**, the exposure degree of receiver can be calculated using **Equation 11**.

$$h_{1\%} = \frac{0.35}{I_a^{0.3}} \cdot \frac{Q_{\max 1\%}^{0.6}}{F^{0.2178}} \quad (10)$$

$$E = \frac{5 \cdot h_{1\%}}{\Delta H_T^D} = \frac{1.75 \cdot Q_{\max 1\%}^{0.6}}{\Delta H_T^D \cdot I_a^{0.3} \cdot F^{0.2178}} \quad (11)$$

In the second case, where the receiver is a water storage lake, the exposure degree can be calculated depending on the distance measured from the lake dam to the watershed where the flow is formed; for example, this distance ( $D_{bh}$ ) can be calculated as multiples of the lake length ( $L_{lac}$ ). In this case, the receiver's exposure ( $E$ ) is very high for watersheds that fulfil the condition  $D_{bh} \leq L_{lac}$

(they are located on slopes that open directly into the water storage lake) and decreases when watersheds supplying alluvia to the lake are farther from the water plane and implicitly from the location of the lake dam. If we admit the hypothesis according to which the receiver's exposure is low when the upstream watersheds are located at a distance  $D_{bh}$  (measured from the lake dam) equal to at least  $4 \times L_{lac}$  and to at most  $10 \times L_{lac}$ , then this characteristic of the receiver, on a 0.1 to 10 scale, can be calculated using **Equation 12**.

$$E = \frac{L_{lac}}{D_{bh}} \quad (12)$$

Placed as a denominator, the distance  $D_{bh}$  reduces the exposure degree ( $E$ ) when it increases. The formula is applicable to the interval:  $0.1 \times L_{lac} \leq D_{bh} < 10 \times L_{lac}$ . In terms of *receiver's vulnerability* ( $V$ ) the type of expression differs, depending on its nature. If the receiver is a road, the vulnerability can be approximated according to its type, construction and functional properties. But, given that these properties are also taken into consideration when classifying objectives into importance categories, the "*vulnerability*" characteristic could be rendered by correlating it with the "*importance*" characteristic, starting from the observation that the objectives classified as less important according to the standards are also the most vulnerable to flows. Because we also intend to convert the specific values to a scale from 0 to 10, we will be able to use, in a first approximation, an expression identical to the one introduced for the receiver's importance, namely we will accept the **Equation 13**, where  $V$  is the vulnerability, and  $I_c$  - the importance category extracted from the specific standard and corrected with the conversion factor.

$$V = I_c \quad (13)$$

When the receiver is a water storage lake, the risk level attributed to its vulnerability could be expressed depending on the annual contribution of alluvia to the lake, originating from the watershed where the flow is formed. The estimation can be done by multiplying the surface of the watershed ( $F$ , ha) by the torrentiality coefficient of the debris flow ( $K_{ERO}$ ,  $t \times \text{year}^{-1} \times \text{ha}^{-1}$ ). Admitting that the maximum values for  $F$  and  $K_{ERO}$  are of 2.500 ha and  $64 t \times \text{year}^{-1} \times \text{ha}^{-1}$ , respectively, and based on the conversion of the values to a 0-10 scale, we will obtain **Equation 14**.

$$V = \frac{625 \cdot K_{ERO} \cdot F}{10^7} \quad (14)$$

Finally, in order to introduce the *influence of potential damage*, it is necessary to determine, right at the beginning, the maximum value of this damage ( $A$ ), estimated for one of the watersheds in the study area; then the estimation of potential damage is extended to each of the other watersheds for which the torrential risk index is calculated. If the endangered receiver is a road, the estimated length



to be destroyed,  $L_D$  (in km), is multiplied by the specific unit cost,  $i_c^D$ . When the receiver is a water storage lake, the value of the (potential) damage resulting from siltation can be evaluated by assimilating it to the cost of the operation of removing torrential alluvia from the basin. This cost is estimated by multiplying the alluvia flow in the water storage lake ( $W_L$ ) by the unit price valid for removing, loading and transporting the alluvia to a certain distance ( $i_c^L$ ). Therefore, the value of the potential damage converted to a scale of 0 to 10 will be that calculated by **Equation 15** in case of a road and by **Equation 16** in case of a water storage lake, where  $A_L$  stands for the equivalent value of the most important damage caused by siltation in one of the watersheds in the upstream area of the water storage lake.

$$P = \frac{10 \cdot L_D \cdot i_c^D}{A_D} \quad (15)$$

$$P = \frac{10 \cdot W_L \cdot i_c^L}{A_L} = \frac{10 \cdot K_{ERO} \cdot F \cdot i_c^L}{A_L} \quad (16)$$

$$R_{REC}^D = \sqrt{2 \cdot a \cdot I + \frac{5 \cdot h_{1\%}}{\Delta H_T^D} + 20 \cdot \frac{L_D \cdot i_c^D}{A_D}} \quad (17)$$

$$R_{REC}^L = \sqrt{a \cdot I + \frac{L_{lac}}{D_{bh}} + \frac{625 \cdot K_{ERO} \cdot F}{10^7} + 20 \cdot \frac{K_{ERO} \cdot F \cdot i_c^L}{A_L}} \quad (18)$$

If the values of the four terms that define the receivers' characteristics ( $I$ ,  $E$ ,  $V$  and  $P$ ) are calculated using the **Equations 15-16**, the value of the risk index attributed to the receiver's characteristics may be obtained by multiplying the values of  $I$ ,  $E$ ,  $V$  and  $P$  by the weights allocated in **Table 2** and by extracting the square root from the sum of the calculated products (**Equation 17** for public transport infrastructure and **Equation 18** for water storage lakes). If the flow formed in a certain watershed affects more receivers ( $r_1, r_2, \dots, r_n$ ), whether they belong to the same category or not, in order to express the risk index attributed to all receivers it is required to successively determine the values of the risk index attributed to each receiver ( $R_{REC}^1, R_{REC}^2, \dots, R_{REC}^n$ ). Afterwards, the obtained individual values ( $i$  to  $n$ ) are summed (**Equation 19**), standing for the risk index attributed to all the receivers.

$$R_{REC} = \sum_{i=1}^n R_{REC}^i \quad (19)$$

$$R_{REC} = R_{REC}^{DF_1} + R_{REC}^{DF_2} \quad (20)$$

$$R_{REC} = R_{REC}^{DF_1} + R_{REC}^{DF_2} + R_{REC}^L \quad (21)$$

In the case of two receivers of the same type, for example, that are further included in the same category, such as two forest roads ( $r_1 = DF_1$  and  $r_2 = DF_2$ ), the risk index attributed to the receivers can be estimated by the use of **Equation 20**. If we add one more receiver, for example,  $r_3$  - a water storage lake, then the risk index can be estimated by the use of **Equation 21**.

### 3.4. Risk index attributed to torrentiality degree and receivers' characteristics

The risk index ( $R$ ) can be expressed, further on, as the product between the risk index attributed to the torrentiality degree ( $R_{GT}$ ) and the one attributed to the characteristics of the receivers ( $R_{REC}$ ), or as the square root of this product (**Equations 22-24**).

$$R = R_{GT} \cdot R_{REC} \quad (22)$$

$$R = \sqrt{R_{GT} \cdot R_{REC}} \quad (23)$$

$$R = R_{GT}^x \cdot R_{REC}^y \quad (24)$$

In **Equation 24**,  $x$  and  $y$  stand for the exponents that have to be provided by the decision-maker.

## 5. CONCLUSIONS

An objective decision-making system designed to rationally allocate available financial resources and to prioritize new investments is essential for the authorities in charge of preventing and fighting torrential flows. This is the reason why, starting from the almost complete lack of natural flood risk maps for this type of watersheds, on the one hand, and taking into consideration the laborious procedures described in the literature for risk estimation, on the other hand, this paper presents the underlying principles and the calculation algorithm of a simplified methodology to estimate torrential flow risk. The following may be concluded:

1. Instead of determining the boundaries of floodable zones, for flows with different exceedance probabilities (20%, 10%, 5%, 2%, 1% and 0.1%), as stipulated in the procedure for drafting flood risk maps, one can estimate, for each watershed, a "conventional" flow risk level generated by rainfalls associated with 1% exceedance probability, by associating the risk index attributed to the torrentiality degree of the watershed with the risk index attributed to the characteristics of the receivers;

Cliniciu et al.: A simplified methodology for estimating torrential risk...

---

2. Following the classification and reclassification of the values obtained for watersheds in a certain area, one can generate a digital map of the torrentiality risk index, on the basis of which, available financial resources can be directed towards promoting new management operations in the watersheds for which the torrential risk index has the highest value;
3. It is highly likely that the proposed methodology, although simplified, will lead to comparable results, that differentiate each watershed from the others in the same area, enabling informed decision-making and prioritization of new investments;
4. However, we do not exclude the recommendation according to which, after the use of proposed methodology, a map should be drafted containing the limits of floodable zones for various flow exceedance probabilities and a more precise estimation of the vulnerability of exposed objectives, and of the material damage, should be made.

## SUPPLEMENTARY MATERIALS

No supplementary materials were submitted by the author.

## FINANCING

This study was financed by the Romanian National Forest Administration - RNP Romsilva, through the project referenced in [52].

## ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to thank RNP Romsilva for their support and for financing this work.

## CONFLICT OF INTEREST

The author declares no conflict of interest.

## APPENDIX

No appendixes were provided by the author.

## EXTENDED ABSTRACT - REZUMAT EXTINS

**Titlu în română:** O metodă simplificată pentru estimarea riscului torențial în bazine mici, predominant forestiere.

**Introducere:** După cum se știe, persistă de multă vreme o considerabilă discordanță între valoarea fondurilor necesare pentru prevenirea și combaterea viiturilor torențiale în aria forestieră a țării și posibilitățile limitate de finanțare de care dispune autoritatea publică centrală care răspunde de silvicultură. Iată de ce, ca răspuns la întrebarea: „Care ar trebui să fie ordinea de prioritate în dezvoltarea și aplicarea proiectelor de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale?”, se propune o metodologie simplificată pentru determinarea, la scară de bazin hidrografic, a unui indice al riscului la viituri torențiale, în funcție de care autoritatea decidentă să poată realiza o alocare rațională a fondurilor de investiții. Aceasta înseamnă ca resursele financiare disponibile să fie direcționate cu prioritate către amenajarea acelor bazine hidrografice torențiale care au fost identificate, în urma aplicării metodologiei, cu indicele de risc cel mai mare.

## Clineu et al.: A simplified methodology for estimating torrential risk...

**Materiale și metode:** În construcția metodologiei a fost adoptată următoarea premisă simplificatoare: o măsură „convențională” a riscului indus de viituri torențiale în bazine hidrografice mici, predominant forestiere, poate fi obținută prin asocierea celor trei categorii de caracteristici implicate în producerea fenomenului și anume: caracteristicile ploilor generatoare de viituri torențiale, caracteristicile bazinelor în care se formează viiturile torențiale și caracteristicile receptorilor viiturilor torențiale. Primele două categorii de caracteristici se pot cupla împreună în expresia „gradului de torențialitate a bazinului”, care se definește cu ajutorul a doi coeficienți specifici: coeficientul de torențialitate a scurgerii lichide ( $K_{TOR}$ ) și coeficientul de torențialitate a scurgerii solide ( $K_{ERO}$ ).

**Rezultate și discuții:** Pentru exprimarea indicelui de risc indus de gradul de torențialitate ( $R_{GT}$ ), se procedează la reunirea coeficienților  $K_{TOR}$  și  $K_{ERO}$ , după ce, în prealabil, coeficienții respectivi sunt convertiți la aceeași scară (0-10) și sunt multiplicați prin dublul ponderilor alocate (3 pentru  $K_{TOR}$  și 2 pentru  $K_{ERO}$ ). Relația stabilită (7) se redă în partea de prezentare a rezultatelor. Privitor la indicele de risc indus de caracteristicile receptorilor ( $R_{REC}$ ), metodologia propusă s-a dezvoltat numai pentru unul dintre cazurile frecvent întâlnite în activitatea de proiectare: cazul în care viiturile torențiale periclitează drumuri forestiere și/sau alte căi de comunicație terestră, iar imediat în aval există un lac de acumulare. Patru caracteristici ale receptorilor sunt reflectate în expresia cotei de risc induse de aceștia: importanța economică și socială (conform clasificării din standardele de specialitate), gradul de expunere la viiturile torențiale, vulnerabilitatea în fața viiturilor torențiale și valoarea pagubei (potențiale) estimate. În cazul unui receptor din categoria drumurilor, indicele de risc se exprimă conform relației 16 în funcție de: un factor de conversie a categoriei de importanță a drumului, diferența de nivel dintre axa platformei drumului și talvegul văii (calculată ca o medie ponderată pe lungimea căii), adâncimea curentului viiturii la probabilitatea de depășire de 1%, lungime estimată a fi scoasă din funcțiune în urma producerii viiturii și costul unitar specific al operațiunii de reabilitare a căii. În cazul lacului de acumulare, indicele de risc indus de caracteristicile obiectivului se exprimă prin relația 17 în funcție de: un factor de conversie a categoriei de importanță a acumulării, lungimea lacului de acumulare, distanța măsurată de la barajul acumulării și până la bazinul în care se formează viitura, suprafața bazinului, coeficientul de torențialitate a scurgerii solide și costul unitar specific pentru excavarea, încărcarea în mijloacele de transport și transportarea aluviunilor la o anumită distanță. Pentru estimarea riscului indus de toți receptorii, se determină succesiv indicele de risc al fiecărui receptor, după care valorile individuale obținute se însumează. În final, indicele de risc  $R$  indus (simultan) de gradul de torențialitate și de caracteristicile receptorilor se exprimă prin rădăcina pătrată a produsului dintre cei doi indici specifici ( $R_{GT}$  și  $R_{REC}$ ).

**Concluzie:** în urma aplicării metodologiei propuse pentru bazinele dintr-un anumit teritoriu, prin clasificarea și reclasificarea valorilor  $R$  astfel estimate, se poate genera o hartă digitală a indicelui de risc la torențialitate, în baza căreia resursele financiare disponibile pot fi direcționate către promovarea de noi lucrări de amenajare în cazul bazinelor identificate cu indicele de risc torențial cel mai mare.

**Cuvinte cheie:** metodologie simplificată; risc torențial; risc; grad de torențialitate; caracteristicile receptorilor, bazine mici.

## REFERENCES

1. Ionescu Ș., 2006: Riscul nostru cel de toate zilele. Inundații și cutremure. Editura MatrixRom București, Romania, 60 p.
2. Giurgiu V., 1998: Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale în contextul dezvoltării durabile. În Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale în actualitate. Lux Libris Publishing House, Brașov, 10-16.
3. Hortopan I., 2006: Considerații referitoare la elaborarea unei strategii pentru combaterea inundațiilor în România. Hidrotehnica, 51 (1-2), 29-35.
4. Alexander D.E., 1993: Natural disasters. Springer Netherlands, ISBN 978-0-412-04741, 632 p.

5. Amendola A., 1998: Approaches to risk analysis in the European Union. In: Risk assessment and management in the context of the Seveso II Directive, Kirchsteiger, C., Eds., Elsevier, Amsterdam, Netherlands. ISBN 0-444-82 881-8.
6. Anselmo V., Galeati G., Palmieri S., Rossi U., Todini E., 1996: Flood risk assessment using an integrated hydrological and hydraulic modeling approach: a case study. *J. Hydrol.*, 175, 533-544.
7. Aulitzky H., 1994: Hazard mapping and zoning in Austria: Methods and legal implications. *Mountain Research and Development*, 14(4), 307-313.
8. Clinciu I., 2001: O prioritate a cercetării științifice la început de mileniu, pădurea și inundațiile. *Revista pădurilor*, 3, 7-13.
9. Clinciu I., 2006: Pădurea și regimul apelor, de la primele abordări ale înaintașilor la recente preocupări de exprimare cantitativă și de zonare a riscului la viituri și inundații. In: *Silvologie vol. V, Forest and water management*, Giurgiu V., Clinciu I., Eds., Romanian Academy Press, Bucharest, 107-154.
10. Clinciu I., 2008: Estimarea și zonarea riscului hidrologic în bazine hidrografice mici din aria forestieră. *Revista Pădurilor*, 5, 26-31.
11. Drobot R., Chendeș V., 2008: Metodologie simplificată pentru identificarea bazinelor generatoare de viituri rapide. In: *Silvologie vol. V, Forest and water management*, Giurgiu V., Clinciu I., Eds., Romanian Academy Press, Bucharest, 265-284.
12. Gilard O., Givone P., 1997: Flood risk management: new concepts and methods for objective negotiations. In: *Destructive water: water-caused natural disasters, their abatement and control*, IAHS Publ., no 239, Leavesley G., Lins H., Nobilis F., Parker R., Schneider V. and van der Ven F., Eds., 145-155.
13. Heinimann H. R., 2002: Risk management - A framework to improve effectiveness and efficiency of resource management decisions. 23<sup>rd</sup> Session of the Working Party on Mountain Watershed Management, Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape, Berne, 59-68.
14. Ionescu Ș., 2006: Unele precizări și sugestii privind întocmirea hărților de risc natural la inundații (HRN1). Partea I. *Hidrotehnica*, 51(7), 22-35.
15. Ionescu Ș., 2006: Unele precizări și sugestii privind întocmirea hărților de risc natural la inundații (HRN1). Partea a II-a. *Hidrotehnica*, 51(8-9), 9-14.
16. Kandilioti G., Makropoulos C., 2012: Preliminary flood risk assessment: the case of Athens. *Nat Hazards*, 61, 441-468.
17. Liu X., Lei J., 2003: A method for assessing regional debris flow risk: an application in Zhaotong of Yunnan Province (SW China), *Geomorphology*, 52 (1-2), 181-191.
18. Mazzorana B., Hübl J., Fucs S., 2009: Improving risk assessment by defining consistent and reliable system scenarios. *Nat Hazards Earth Syst Sci*, 9, 145-159.
19. Mazzorana B., Zischg A., Largiader A., Hübl J., 2009: Hazard index maps for woody material recruitment and transport in alpine catchments. *Nat Hazards Earth Syst Sci*, 9, 197-209.
20. Mazzorana B., Comiti F., Fucs S., 2011: A structured approach to enhance flood hazard assessment in mountain streams. *Nat Hazards*. doi: 10.1007/s11069-011-9811-y.

21. Niță M., Tudose N., Clinciu I., 2011: Estimating and mapping torrentiality risk in small forested watersheds. *Bulletin of Transilvania University of Brașov, Series II: Forestry · Wood Industry · Agricultural Food Engineering*, 4(53)1, 61-66.
22. O'Keefe P., Westgate K., Wisner B., 1976: Taking the naturalness out of natural disasters. *Nature*, 260, 5552, 566-567. DOI 10.1038/260566a0.
23. Petraschek A., Kienholz H., 2003: Hazard assessment and mapping of mountain risks in Switzerland. In: *Debris-flow hazard mitigation: mechanics, prediction and assessment*, Rickenmann D. Chen C.L., Eds., Millpress, Rotterdam, 25-38.
24. Sinha R., Bapalu G., Singh L., Rath B., 2008: Flood risk analysis in the Kosi river basin, north Bihar using multi-parametric approach of analytical hierarchy process (AHP). *Indian Soc Remote Sens* 36, 335-349.
25. Stănescu V.A., Drobot R., 2002: *Măsurile nestructurale de gestiune a inundațiilor*. HGA Publishing House, Bucharest.
26. Stefanidis S., Stathis D., 2013: Assessment of flood hazard based on natural and anthropogenic factors using analytic hierarchy process (AHP). *Nat Hazards*, 68, 569-585.
27. UNISDR, 2004: *Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Geneva, 429 p., ISBN/ISSN 9211010640.
28. \*\*\*, 2000: *Natural hazards and risk research*. Joanneum Research. Working group for risk research and natural hazard management. Graz, Austria, 6 p.
29. \*\*\*, 2006: *Forest and water in a changing environment*. Extended abstracts from the International Conference organized by Southern Research Station (USDA), The Chinese Academy of Forestry, Beijing Forestry University and IUFRO, Liu S., Sun G., Sun P, Eds., Beijing, China, 240 p.
30. Dow K., Downing T., 1995: *Vulnerability research: where things stand*. *Human Dimensions Quarterly*, 1, 3-5.
31. Fuchs S., Heiss K., Hübl J., 2007: Towards an empirical vulnerability function for use in debris flow risk assessment. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 7(5), 495-506.
32. Fuchs S., 2009: Susceptibility versus resilience to mountain hazards in Austria - paradigms of vulnerability revisited. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9(2), 337-352.
33. Jakob M., Stein D., Ulmi M., 2012: Vulnerability of buildings to debris flow impact. *Natural Hazards*, 60(2), 241-261.
34. Leone F., Asté J.P., Leroi E., 1996: L'évaluation de la vulnérabilité aux mouvements de terrain: Pour une meilleure quantification du risqué. *Revue de Géographie Alpine*, 84(1), 35-46.
35. Lo W., Tsao T., Hsu C., 2012: Building vulnerability to debris flows in Taiwan: a preliminary study. *Natural Hazards*, 64, 2107-2128.
36. Oberndorfer S., Fuchs S., Rickenmann D., Andrecs P., 2007: *Vulnerabilitätsanalyse und monetäre Schadensbewertung von Wildbachereignissen in Österreich*. BFW, 139, Wien.
37. Totschnig R., Sedlacek W., Fuchs S., 2011: A quantitative vulnerability function for fluvial sediment transport. *Natural Hazards*, 58(2), 681-703.

- 
38. UNDRRO, 1979: Natural disasters and Vulnerability Analysis. Department of Humanitarian Affairs/United Nations Disaster Relief Office, Geneva, p. 53.
  39. Weichselgartner J., 2001: Disaster mitigation: the concept of vulnerability revisited. *Disaster Prevention and Management*, 10, 85-94.
  40. Miță P., Simona Mătreață, 2012: Some methods for establishing extreme values of the maximum discharges in small basins. In: International Conference of INHGA „Hazarduri hidrologice și managementul riscurilor asociate”, Bucharest, 337-345.
  41. \*\*\*, 2005: Norme metodologice privind modul de elaborare și conținutul hărților de risc natural la inundații. Anexa 2 din HGR nr. 447/2003 - MO nr. 305 din 7 mai 2005.
  42. Gaspar R., 1967: Contribuții la determinarea gradului de torențialitate al bazinelor hidrografice și a eficienței hidrologice a lucrărilor de corectare a torenților. *Revista Pădurilor* 8, 410-414.
  43. Gaspar R., 2002: Determinarea rapidă a debitului maxim al viiturilor torențiale în bazinele mici, forestiere. *Revista Pădurilor* 6, 26-35.
  44. Gaspar R., Apostol Al., 1985: Méthode approximative d'évaluation du transport annuel d'alluvions dans un petit bassin-versant torrentiel. *Forstliche Bundesversuchsanstalt, Wien*.
  45. Gaspar R., 1998: Metoda „încărcării limită” (M.I.L) de evaluare a producției de aluviuni care provin din albi și malurile aferente, în bazine hidrografice mici. In: The proceedings of the symposium Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale în actualitate. Lux Libris Publishing House, 61-67.
  46. Lazăr N., Clinciu I., 1995: Gradul de torențialitate a bazinelor hidrografice mici, predominant forestiere. In: Normativul pentru proiectarea lucrărilor de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale, ICAS București, 31-35.
  47. Clinciu I., 1985: Formula rațională și conceptul de bazin torențial “morfo-etalon,” premise in stabilirea unor diagrame de calcul al debitului maxim lichid. *Revista Pădurilor*, 1, 38-40.
  48. STAS 4273-83: Construcții hidrotehnice. Clase de importanță.
  49. STAS 5576-88: Amenajarea bazinelor hidrografice ale torenților. *Lucrări hidrotehnice. Încadrarea în clase de importanță*.
  50. Adorjani A., 2000: Normativ pentru stabilirea eficienței economice a lucrărilor de amenajare a torenților, a indicatorilor de fundamentare a investiției și a indicatorilor tehnico-economici. Manuscript. Forest Research and Management Institute, Bucharest.
  51. Davis - Colley R.J., 1997: Stream channel are narrower in pasture than in forest. *New Zealand Journal of Marine and Fishwater Research*, 31, 599-608.
  52. Clinciu I., et al., 2015: Bases and solutions regarding the designing and monitoring of the torrential, predominantly forested, watersheds management works. Research project supported by the Forest National Administration (2012-2015), 580 p.



## Potențialul redox al extractelor din mugurii arborilor stejarului pedunculat, gorunului și stejarului pufos în funcție de anotimp

Alexandru Dascaluic<sup>a</sup>, Petru Cuza<sup>b,\*</sup>, Gheorghe Florență<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Institutul de Genetică, fiziologie și protecția plantelor, Str. Pădurii, Nr. 20, Chișinău MD-2002, Republica Moldova, [dascaluica@yahoo.com](mailto:dascaluica@yahoo.com).

<sup>b</sup>Universitatea de Stat din Moldova, Str. Alexei Mateevici, Nr. 60, Chișinău MD-2009, Republica Moldova, [petrucuza@mail.ru](mailto:petrucuza@mail.ru).

<sup>c</sup>Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice, Str. Calea Ieșilor, Nr. 69, Chișinău MD-2069, Republica Moldova, [florentagheorghe@mail.ru](mailto:florentagheorghe@mail.ru).

### REPERE

- Activitatea substanțelor antioxidante în mugurii stejarilor în funcție de anotimp.
- Diferențele dintre activitatea antioxidantă a substanțelor din mugurii stejarilor.
- Diferențele dintre activitatea oxidazelor din mugurii stejarilor.
- Specificul activității catalazelor din mugurii stejarilor.

### INFORMAȚII ARTICOL

Istoricul articolului:

Manuscris primit la: 05 noiembrie 2018

Primit în forma revizuită: 27 noiembrie 2018

Acceptat: 29 noiembrie 2018

Număr de pagini: 16 pagini.

Tipul articolului:

Cercetare

Editor: Stelian Alexandru Borz

### Cuvinte cheie:

*Stejari*

*Muguri*

*Potențial oxido-reductiv*

*Anotimp*

### REZUMAT

Starea fiziologică a arborilor în perioada de trecere de la un anotimp la altul depinde de activitatea enzimelor care participă în procesele oxido-reductive din muguri. În studiul de față a fost determinată activitatea sumară a oxidazelor, catalazelor și substanțelor antioxidante a extractelor din mugurii de stejar pedunculat (*Quercus robur* L.), gorun (*Q. petraea* Liebl.) și stejar pufos (*Q. pubescens* Willd.) prelevați pentru analiză toamna, iarna și primăvara de la arbori care vegetează la distanțe considerabile unii de alții. Între aceste specii de stejar se manifestă diferențe în dinamica de adaptare la modificarea condițiilor de mediu de la un anotimp la altul. Ca urmare a activității specifice a substanțelor antioxidante din muguri, stejarul pufos intră în repaus mai devreme și iese mai greu din dormanță. La gorun, mugurii intră mai târziu în starea de repaus, iar primăvara ies mai repede din dormanță. Activitatea catalazei din muguri este un indicator al rezistenței speciilor de stejar la temperaturi joase. Această activitate relevă că stejarul pufos este mai puțin adaptat la condițiile iernii decât stejarul pedunculat și gorunul. În celulele mugurilor apicali ale speciilor de stejar, primăvara, schimbările componentelor care determină potențialul redox se manifestă mai timpuriu, în comparație cu cele din mugurii laterali. Această defazare se datorează inițierii mai timpurii a proceselor metabolice, ceea ce asigură eliminarea mai timpurie a dormanței mugurilor apicali în comparație cu cei laterali.

\* Autor corespondent.

Adresa de e-mail: [petrucuza@mail.ru](mailto:petrucuza@mail.ru)



## 1. INTRODUCERE

Riscul încălzirii globale [1] a impus necesitatea unor preocupări speciale ale Conferințelor ministeriale pentru Protejarea Pădurilor din Europa, astfel încât, prin efort comun, în anul 1993 a fost elaborată „Strategia pentru procesul de adaptare pe termen lung a pădurilor la schimbări climatice”. Problema eventualelor consecințe ale schimbărilor climatice asupra stării pădurilor a căpătat un impact concret doar după semnarea Protocolului de la Kioto (1997), deoarece în acesta se menționează, în mod explicit, că efectele de seră pot fi atenuate prin stocarea carbonului în ecosistemele forestiere. În acest document, o atenție deosebită se acordă extinderii suprafețelor împădurite cu specii care vor fi mai bine adaptate la noile condiții de mediu [2]. Datele din literatură consemnează că alegerea speciilor pentru împăduriri trebuie să se facă cu mult discernământ, în acord cu exigențele lor bioecologice, astfel încât acestea să supraviețuiască în anumite condiții de mediu caracterizate de temperaturi mai mari și secetă [3]. Pronosticurile oamenilor de știință referitoare la evoluția vegetației forestiere, în acord cu presupusa încălzire globală, prefigurează o creștere importantă a suprafețelor ocupate cu specii de stejar în toată Europa [4].

De-a lungul timpului, speciile de stejar din zona temperată s-au adaptat la condițiile schimbătoare ale factorilor de mediu și, în special, la cele climatice [5, 6]. În ultimul secol, însă, a sporit numărul anomaliilor climatice, cum ar fi perioadele lungi de secetă, fluctuațiile mari ale cantumului precipitațiilor și intensității ploilor, frecvența înghețurilor târzii etc. [7]. Mai primejdioasă pentru stejari este trecerea de la un anotimp la altul. Supraviețuirea în condițiile unor temperaturi ridicate este asigurată de procesele oxido-reductive care au loc în țesuturile plantelor și în muguri [8].

În pădurile din Republica Moldova sunt răspândite spontan trei specii de stejar: stejarul pedunculat (*Quercus robur* L.), gorunul (*Quercus petraea* Leibl.) și stejarul pufos (*Quercus pubescens* Willd.). Răspândirea stejarului pufos în Republica Moldova se extinde, în nord, până în raionul Ungheni (trupul de pădure Petrești din Ocolul silvic Sculeni), în sud, coboară până în raionul Cahul (trupul de pădure Valea Haiducului din Ocolul silvic Slobozia). Exemplare izolate de stejar pufos pot fi întâlnite și în pădurile raionului Edineț (trupul de pădure Fetești din Ocolul silvic Filimon Carcea) [3, 9]. Răspândirea către nord a acestei specii este limitată de temperaturile coborâte din timpul iernii; aici cedează terenul gorunului și stejarului pedunculat [10]. Se presupune că gorunul este mai rezistent la secetă decât stejarul pedunculat, deoarece, în cazuri frecvente, este răspândit pe povârnișurile pantelor sudice, sud-estice și sud-vestice [11].

Adaptarea diferitelor specii de stejar la factorii de stres abiotic includ strategii de contracarare-diminuare a influenței factorilor de stres (materializate prin structura xeromorfă a unor organe, pilozitatea și pubescența frunzelor, fenologia înfrunzirii, înrădăcinarea pivotantă etc. [3, 12, 13]), precum și factorii de adaptare la nivel funcțional (biochimic) [14-16]. Unele cercetări au demonstrat că frunzele speciilor de stejar menționate se deosebesc după toleranța la temperaturi înalte, atât prin mecanisme de evitare, cât și prin adaptări funcționale. După imersarea frunzelor speciilor de stejar în apă cu diferite temperaturi (factorul intensiv) și durate ale șocului termic (factorul extensiv) [17], abilitatea lor de a menține echilibrul electroliților [18, 19] și activitatea fotosintetică [16] s-a dovedit a fi diferită. În plus, a fost demonstrat că, în anumite condiții staționale ale Republicii Moldova,

**Dascaliuc et al.: Potențialul redox al extractelor din mugurii arborilor de stejar...**

potențialul oxido-reductiv al extractelor din mugurii stejarului pufos colectați primăvara depinde de dinamica pierderii dormanței mugurilor [20].

Pentru a evita influența condițiilor climatice și staționale asupra potențialului oxido-reductiv (redox) în mugurii diferitor specii, în cercetările noastre a fost analizată starea mugurilor prelevați de la arborii de stejar pedunculat, gorun și stejar pufos, din arborete care vegetează la o distanță ce nu depășește 3 km, în pădurile din Ocolul silvic Zloți. Distanța dintre arborii cei mai îndepărtați unul de altul în fiecare trup de pădure nu a depășit 20 m.

Cercetările noastre au ca scop stabilirea particularităților biologice ale speciilor de stejar, cu implicarea proceselor de reglare a potențialului redox în procesele care se desfășoară în mugurii plantelor în perioada de inițiere a dormanței, supraviețuirii la acțiunea temperaturilor negative (iarna) și inițierea creșterii frunzelor (primăvara).

Se știe că inducerea și pierderea dormanței, supraviețuirea în condiții de ger, precum și inițierea creșterii arborilor sunt determinate de procese metabolice și energetice, care includ reducerea oxigenului în următoarele trei etape [21]:  $O_2 \rightarrow HO_2^* \rightarrow OH^* + H_2O_2 \rightarrow 2H_2O$ . Reiese că, până la reducerea totală a oxigenului în celule, apar specii reactive de oxigen, care includ radicalul superoxid, radicalul hidroxil și hidrogenul peroxid. Evitarea ieșirii de sub control a speciilor reactive ale oxigenului în urma „scurgerii” din ciclurile metabolice are loc prin sinteza unor antioxidanți [22], și prin activitatea sistemelor enzimatice de neutralizare [23]. Activitatea acestor două sisteme asigură echilibrul conținutului de oxigen, determinat de participarea lui în procesele de oxido-reducere și detoxificare a speciilor reactive ale oxigenului care părăsesc ciclurile metabolice, de către substanțele antioxidante, precum și de activitatea reacțiilor enzimatice (a oxidazelor și peroxidazelor), sau de eliminare a oxigenului ca urmare a descompunerii enzimatice a superoxidului ( $2HO_2^* \rightarrow O_2 + 2H_2O$ ) și peroxidului de hidrogen ( $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$ ). Procesele menționate au fost puțin studiate la plantele spontane și în special la stejari.

Scopul final a cercetărilor de față a fost de a determina activitatea sumară a proceselor oxido-reductive în extractele din mugurii apicali și laterali ai speciilor de stejar menționate mai sus, prelevați pentru analiză în perioada de toamnă, iarnă și primăvară.

## 2. MATERIALE ȘI METODE

A fost realizată analiza biochimică a mugurilor apicali și axilari colectați toamna (25.10.2012), iarna (29.01.2013) și primăvara (11.04.2013), prelevați de la arborii de stejar pedunculat, stejar pufos și gorun de pe raza Ocolului silvic Zloți. Probele de muguri, cântărind circa 0,1 g, au fost mojarate la rece. Materialul rezultat a fost extras timp de 30 minute, la temperatura 25°C, în 2 ml de soluție tampon care a conținut 0,2 M Tris, pH 7. Ulterior, extractul a fost centrifugat pe parcursul a 15 minute la 4000 g. Supernatantul a fost separat și trecut printr-o mini-coloană de Sephadex G25, substanțele din supernatant fiind separate în două fracții: cu masă moleculară mare (fracția 1) și cu masă moleculară mică (fracția 2).

Pentru a determina capacitatea sumară a fracțiilor 1 și 2 de a reduce conținutul oxigenului liber, datorită potențialului de reducere directă de către substanțele antioxidante din fracția 2,

**Dascaliuc et al.: Potențialul redox al extractelor din mugurii arborilor de stejar...**

precum și a activității enzimatică din fracția 1, la 1,56 ml din soluția tampon menționată mai sus s-au adăugat 40  $\mu$ l de substanțe din fracția 1 sau 2 urmată de incubare la 25° C. În toate experimentele a fost determinată, cu ajutorul oximetrului YSI (SUA), dinamica diminuării conținutului de oxigen în soluțiile experimentale în comparație cu cea din soluția martor (ea conținea doar 1,6 ml de soluție tampon). La 15-30 minute de la inițierea incubării la temperatura de 25 °C, conținutul oxigenului în soluție atinge faza staționară, atunci când procentul de oxigen utilizat devine egal cu cel care penetrează în soluție prin procesul de difuzie [24]. Diferența dintre procentul de oxigen în soluția martor (fără extract) și cea experimentală (cu extract) s-a determinat în funcție de capacitatea substanțelor antioxidante din fracția 2 și a oxidazelor din fracția 1 de a lega oxigenul. Astfel, activitatea substanțelor antioxidante și a oxidazelor a determinat diminuarea conținutului de oxigen în soluție la faza staționară în comparație cu cea din varianta martor.

Pentru a determina activitatea catalazelor din fracția 1, s-au adăugat 40  $\mu$ cl de soluție din fracția 2 la 1,46 ml din soluția tampon a 60  $\mu$ cl de 0,05% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, urmată de incubarea la temperatura de 25 °C. Dinamica schimbării conținutului de oxigen a fost influențată de activitatea eliminării oxigenului în urma degradării peroxidului de hidrogen de către catalaze, precum și de activitatea legării oxigenului de către oxidaze. Rezultatul sumar al proceselor menționate a fost apreciat în baza procentului de oxigen în soluție la faza staționară. După cum a fost menționat, în experimentele acestui studiu, faza staționară s-a atins la 15-30 minute de la începutul incubării componentelor de reacție în soluția tampon. Astfel, a fost determinată, în mod separat, capacitatea antioxidantă a substanțelor din fracția 2, activitatea oxidazelor din fracția 1 și rezultanta activității concomitente a oxidazelor și catalazelor din fracția 1. Cercetările au fost realizate în trei repetiții, fiind determinată valoarea medie și abaterea standard a valorii medii [25].

### 3. REZULTATE

#### 3.1. Activitatea antioxidantă a componentelor chimici din muguri

În **Figura 1** sunt prezentate rezultatele privind activitatea substanțelor antioxidante în extractele din mugurii stejarului pedunculat, stejarului pufos și gorunului, colectați în sezonul de toamnă. Din **Figura 1** reiese că trecerea de la perioada de vegetație activă de vară la starea de repaus, toamna, reprezintă un proces fiziologic care implică procese metabolice desfășurate atât în mugurii apicali, cât și la cei laterali. Datele reliefează nivelul înalt al activității catalazei, asociată cu necesitatea descompunerii peroxidului de hidrogen, a cărui conținut în celule este cu atât mai înalt, cu cât sunt mai active procesele metabolice.

Din acest punct de vedere se evidențiază gorunul, în cazul căruia activitatea catalazelor a fost mai ridicată în comparație cu mugurii stejarului pedunculat și ai stejarului pufos. O astfel de activitate a catalazelor demonstrează că la gorun toamna, intrarea în dormanță întârzie în comparație cu stejarul pufos și stejarul pedunculat. În extractele mugurilor stejarului pufos atât activitatea catalazelor, cât și cea a oxidazelor și antioxidantilor au fost mai reduse decât la gorun și la stejarul pedunculat, fapt ce denotă inițierea mai timpurie a dormanței atât la mugurii apicali, cât și la cei laterali.

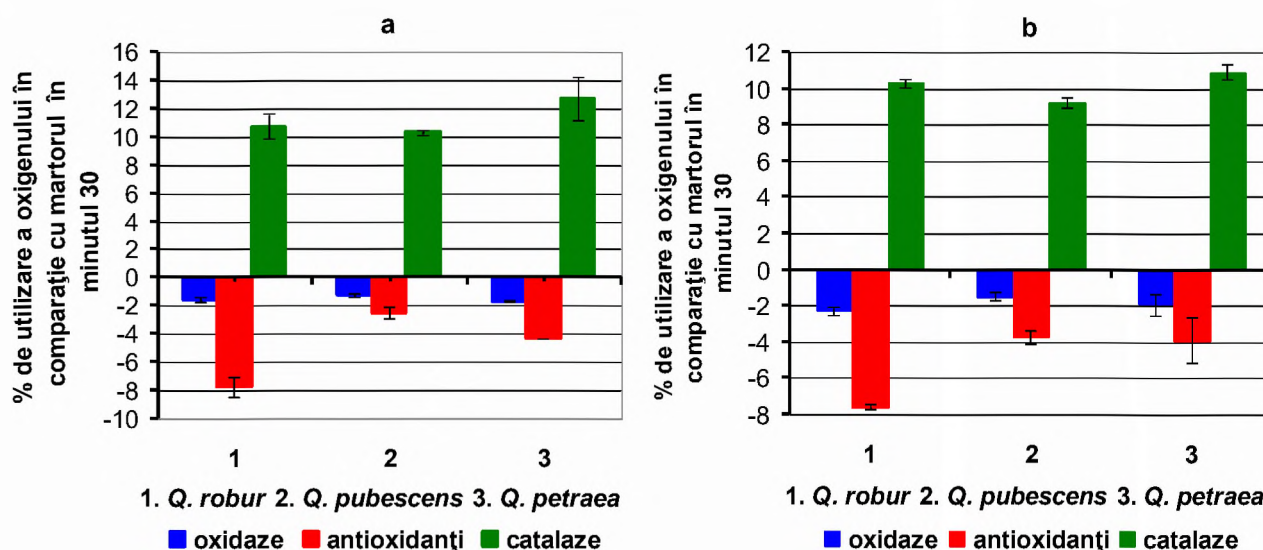


Figura 1. Activitatea sumară a catalazelor, oxidazelor și substanțelor antioxidante extrase din mugurii apicali (a) și laterali (b) ai stejarului pedunculat, stejarului pufos și gorunului, colectați toamna.

Datele ilustrate în **Figura 2** indică faptul că iarna, atât în mugurii apicali, cât și în cei laterali, activitatea catalazelor este cu atât mai înaltă, cu cât specia se consideră a fi mai adaptată la condițiile iernii. Din acest punct de vedere, se evidențiază activitatea catalazelor în extractele din mugurii stejarului pedunculat și o activitate intermediară se manifestă la gorun. Cea mai joasă activitate a fost cea caracteristică extractelor din mugurii stejarului pufos. Se remarcă faptul că, în această perioadă și pentru toate cele trei specii, activitatea catalazelor în extractele din mugurii apicali și laterali este foarte apropiată. În același mod s-a desfășurat activitatea substanțelor antioxidante și a oxidazelor. Doar la stejarul pufos activitatea oxidazelor și a substanțelor antioxidante din mugurii laterali a fost mai înaltă în comparație cu cea din mugurii apicali ai arborilor aceleiași specii și în comparație cu ambele tipuri de muguri (apicali și laterali) ai gorunului.

În ansamblu, aceste date susțin ideea că menținerea viabilității mugurilor iarna este un fenomen asociat cu activitatea metabolică, menținută de activitatea oxidazelor, iar menținerea sub control a speciilor reactive de oxigen care se „scurg” în celulele mugurilor arborilor, este determinată în primul rând de activitatea catalazelor, care este cu atât mai pronunțată, cu cât specia de stejar este mai rezistentă la ger - repartizarea speciilor după rezistența la ger se consideră în baza răspândirii lor geografice [9]. Mai multe studii precizează faptul că activitatea proceselor de dezactivare a speciilor reactive ale oxigenului de către catalaze determină, în mare măsură, viabilitatea plantelor în condiții de iarnă [10, 26].

Este de remarcat faptul că primăvara diferențele dintre activitatea catalazelor în extractele din mugurii apicali și cei laterali la stejarul pedunculat și gorun sunt mai mici decât la stejarul pufos (**Figura 3**). Acest rezultat ar putea fi explicat prin faptul că la stejarul pufos procesele metabolice sunt asociate cu inițierea tardivă a creșterii primăvara și cu întârzierea pierderii dormanței la mugurii laterali. În a doua decadă a lunii aprilie, la stejarul pufos, procesele de inițiere a creșterii (și a metabolismului) s-au desfășurat activ doar la mugurii apicali. Totodată, acumularea oxidazelor și a substanțelor antioxidante, concomitent cu activitatea moderată a catalazelor, demonstrează că procesele de pierdere a dormanței se inițiază în mugurii laterali ai stejarului pufos. În ansamblu,

## Dascaliuc et al.: Potențialul redox al extractelor din mugurii arborilor de stejar...

datele menționate sugerează ideea că, în luna aprilie, la stejarul pufos s-au inițiat procesele de eliminare activă a dormanței în mugurii apicali și la un nivel moderat în mugurii laterali. Această concluzie este susținută și de faptul că activitatea substanțelor antioxidante și a oxidazelor este mai joasă în mugurii apicali ai acestei specii în comparație cu mugurii laterali. În consecință, dormanța va fi pierdută mai târziu la stejarul pufos decât la gorun și la stejarul pedunculat.

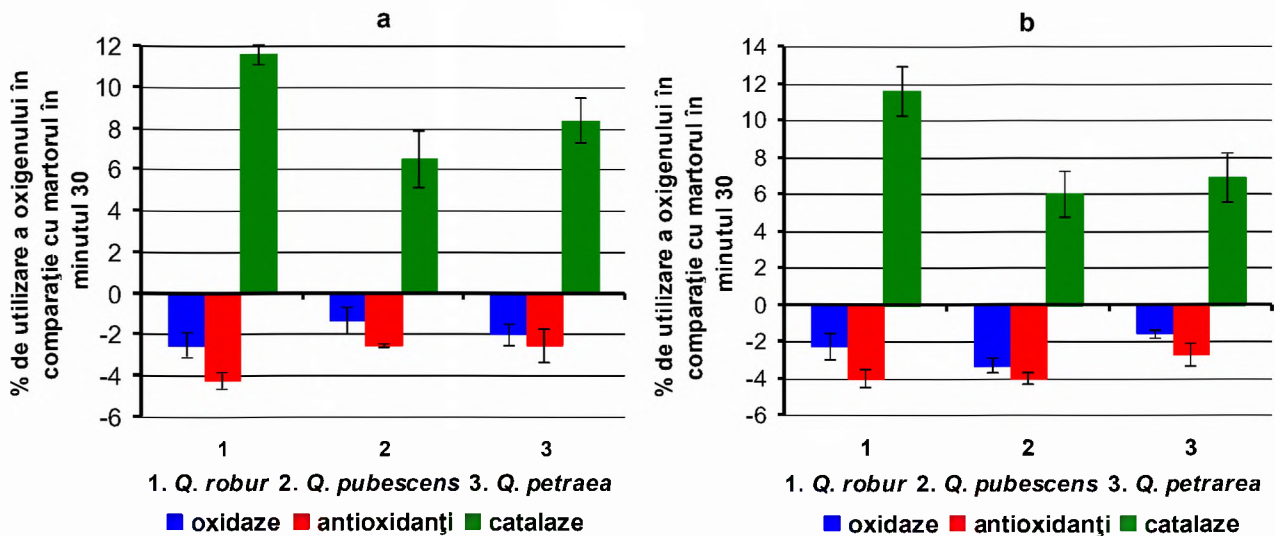


Figura 2. Activitatea sumară a catalazelor, oxidazelor și substanțelor antioxidante, extrase din mugurii apicali (a) și laterali (b) ai stejarului pedunculat, stejarului pufos și gorunului colectați iarna.

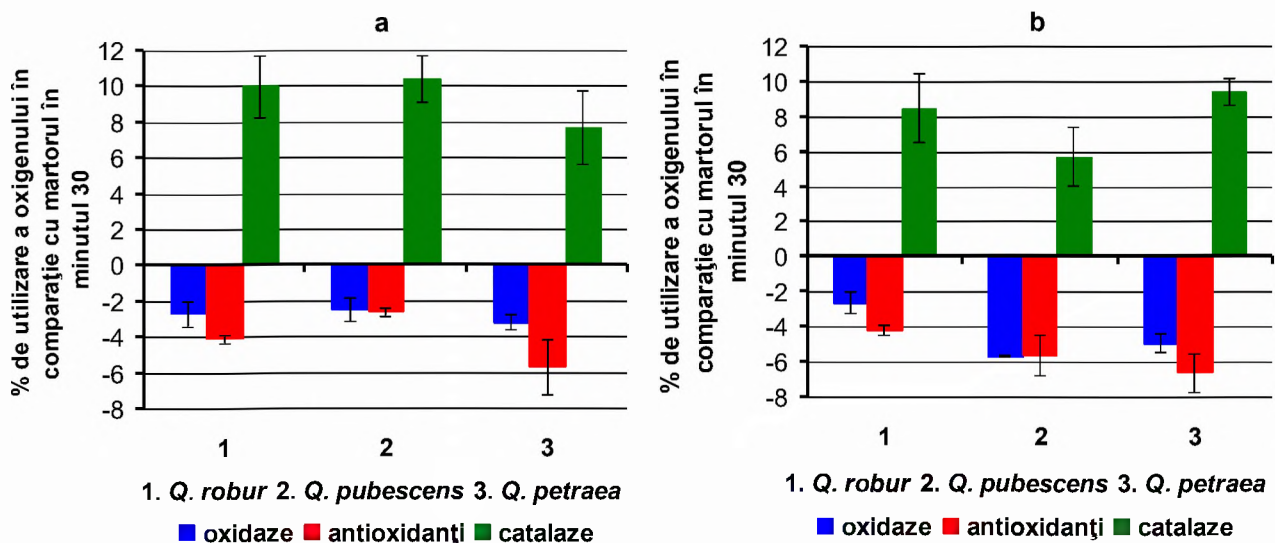


Figura 3. Activitatea sumară a catalazelor, oxidazelor și substanțelor antioxidante, extrase din mugurii apicali (a) și laterali (b) ai stejarului pedunculat, stejarului pufos și gorunului colectați primăvara.

Comparând activitatea catalazelor din mugurii gorunului și stejarului pedunculat, s-au surprins diferențe evidente. Primăvara, la gorun, activitatea catalazelor, oxidazelor și substanțelor antioxidante în extractele din mugurii laterali este mai înaltă în comparație cu cea din mugurii apicali (Figura 3). La stejarul pedunculat diferențele dintre activitățile componentelor menționate la mugurii apicali și laterali din această perioadă au fost mai puțin pronunțate. Cele precizate denotă că la stejarul pedunculat s-au inițiat procesele de pierdere a dormanței la ambele tipuri de muguri;

## Dascaliuc et al.: Potențialul redox al extractelor din mugurii arborilor de stejar...

la gorun, pierderea dormanței a fost mai activă în mugurii laterali atunci când în cei apicali activitatea maximă de eliminare a dormanței a fost deja realizată.

### 3.2. Variabilitatea interspecifică a activității antioxidante a componentelor chimici din muguri

În **Tabelul 1** sunt incluse datele referitoare la valorile relative ale activității de legare a oxigenului de către substanțele antioxidante din fracția 2 a extractelor din mugurii apicali și laterali. Acestea au fost determinate în baza procentului de oxigen în soluția de incubare la faza staționară. Datele prezentate în **Tabelul 1** demonstrează că extractele din mugurii speciilor de stejar manifestă capacitatea de a reduce semnificativ conținutul oxigenului în soluție. Această capacitate se manifestă mai pronunțat în extractele din mugurii prelevați pentru analiză în condițiile in vitro în perioadele de toamnă și primăvară.

**Tabelul 1.** Activitatea antioxidantă a substanțelor cu masa moleculară mică (fracția 2) în extractele din mugurii apicali și laterali

Varianta	Surplusul de utilizare a oxigenului în soluția conținând fracția 2-a (substanțe cu masa moleculară mică)		
	Toamna (25.10.2012)	Iarna (29.01.2013)	Primăvara (11.04.2013)
<i>Stejar pedunculat (Quercus robur)</i>			
Mugurii apicali	6,300 ± 1,411	4,225 ± 0,777	4,100 ± 0,500
Mugurii laterali	7,600 ± 0,252	3,967 ± 0,929	4,200 ± 0,586
Diferența dintre mugurii apicali și cei laterali	-1,300 ± 1,159	0,258 ± 1,152	-0,100 ± 0,086
<i>Gorun (Quercus petraea)</i>			
Mugurii apicali	4,333 ± 0,058*	2,467 ± 1,617	5,700 ± 3,061
Mugurii laterali	1,900 ± 1,039	2,667 ± 1,266	6,600 ± 2,265
Diferența dintre mugurii apicali și cei laterali	2,433 ± 0,981	-0,200 ± 0,351	-0,900 ± 0,796
<i>Stejar pufos (Quercus pubescens)</i>			
Mugurii apicali	2,533 ± 0,751	2,467 ± 0,153	2,633 ± 0,473
Mugurii laterali	3,733 ± 0,751	4,000 ± 0,643*	5,567 ± 2,219*
Diferența dintre mugurii apicali și cei laterali	-1,200 ± 0,000	-1,533 ± 0,490	-2,934 ± 1,746

Notă: \*extractele ale căror activitate antioxidantă o depășește semnificativ pe cea din mugurii alternativi (apicali sau laterali)

## Dascaliuc et al.: Potențialul redox al extractelor din mugurii arborilor de stejar...

Doar la stejarul pufos nivelul de legare a oxigenului de către substanțele antioxidante a fost comparabil în extractele din mugurii prelevați pentru analiză toamna, iarna și primăvara. În funcție de anotimp, diferențele dintre activitatea antioxidantă a extractelor din mugurii apicali și cei laterali a demonstrat tendințe diferite. La toate speciile, activitatea antioxidantă a extractelor din mugurii laterali a arătat o tendință de creștere primăvara. Totodată, extractele din mugurii laterali ai stejarului pufos au demonstrat o activitate antioxidantă semnificativ mai mare în comparație cu extractele din mugurii apicali. Este evident că primăvara, la gorun, activitatea reducerii oxigenului este mai intensă, atât la extractele din mugurii laterali, cât și la cei apicali. Iarna, activitatea antioxidantă a extractelor din mugurii apicali ai gorunului a fost, dimpotrivă, mai scăzută. La toate cele trei specii, activitatea antioxidantă a extractelor din mugurii laterali a fost mai mare decât în mugurii apicali. În perioada de primăvară, în comparație cu cea de iarnă, activitatea antioxidantă a extractelor din mugurii gorunului s-a dublat. Se poate menționa că la gorun activitatea antioxidantă a extractelor din mugurii prelevați pentru analiză primăvara a fost mai înaltă decât în extractele mugurilor prelevați toamna și, în special, iarna.

Pe marginea celor rezultate, se poate afirma că substanțele antioxidante cu masa moleculară mică joacă un rol important în transformarea speciilor reactive ale oxigenului care se formează în mod diferit în mugurii plantelor în dependență cu starea lor în diferite etape de dezvoltare. Ritmul acestor schimbări depinde de starea fiziologică a mugurilor. De exemplu, la sfârșitul celei de a doua decade a lunii octombrie, la gorun este evidentă depășirea semnificativă a activității antioxidante în extractele din mugurii apicali față de cei laterali. La această specie se manifestă și activitatea ridicată a catalazelor (**Figura 1**), fapt care sugerează o activitate mai înaltă a proceselor metabolice în mugurii apicali în comparație cu cei laterali. De aici rezultă că, în această perioadă, la gorun mugurii laterali au intrat deja în starea de repaus, pe când cei apicali sunt încă activi. În desfășurarea proceselor metabolice au fost implicate catalazele și substanțele antioxidante cu rol de anihilare a speciilor reactive ale oxigenului, care se formează ca urmare a activității înalte a metabolismului celular în mugurii apicali. Este interesant de menționat că la stejarul pufos activitatea substanțelor antioxidante în extractele din mugurii apicali a fost mai scăzută (semnificativ mai scăzută iarna și primăvara, **Tabelul 1**) în comparație cu cea din extractele din mugurii laterali. Totodată, indiferent de sezon, activitatea catalazelor a fost mai înaltă în extractele din mugurii apicali în comparație cu cea din mugurii laterali (**Figurile 1-3**).

Procesele de tranziție a mugurilor de la starea activă la dormanță și invers sunt influențate tot de activitatea oxidazelor. Rezultatele privind activitatea oxidazelor extrase din mugurii apicali și cei laterali se prezintă în **Tabelul 2**. Analizând datele incluse în **Tabelul 2** observăm că fracția substanțelor cu masă moleculară mare extrase din muguri demonstrează capacitatea de a lega oxigenul, capacitate specifică oxidazelor. Datorită acestui fenomen, conținutul relativ al oxigenului în extractele din muguri în timpul incubării substanțelor din fracția 1 s-a aflat în scădere. Ca regulă, activitatea oxidazelor extrase din muguri a fost cea mai joasă toamna, a crescut iarna și, îndeosebi, primăvara. În toate cele trei anotimpuri, extractele din mugurii apicali ai stejarului pufos au demonstrat o activitate a oxidazelor mai scăzută în comparație cu cea din mugurii laterali. S-a manifestat, de asemenea, tendința de sporire a activității oxidazelor în extractele din mugurii prelevați pentru analiză iarna și, mai ales, primăvara. Subliniem că, în majoritatea cazurilor, diferențele dintre activitatea oxidazelor din mugurii apicali și cei laterali s-au manifestat doar ca tendință și nu au fost semnificative din punct de vedere statistic (**Tabelul 2**).

Tabelul 2. Activitatea oxidazelor din fracția substanțelor cu masa moleculară mare (fracția 1) a extractelor din mugurii apicali și laterali

Varianta	Surplusul de utilizare a oxigenului în soluția ce conține fracția 1		
	(substanțe cu masa moleculară mare)		
	Toamna (25.10.2012)	Iarna (29.01.2013)	Primăvara (11.04.2013)
Stejar pedunculat ( <i>Quercus robur</i> )			
Mugurii apicali	1,600 ± 0,361	2,500 ± 1,212	2,667 ± 1,350
Mugurii laterali	2,333 ± 0,473	2,333 ± 1,400	2,600 ± 1,323
Diferența dintre mugurii apicali și cei laterali	-0,733 ± 0,112	0,167 ± 0,188	0,067 ± 0,027
Gorun ( <i>Quercus petraea</i> )			
Mugurii apicali	1,667 ± 0,116*	2,000 ± 0,985	3,200 ± 0,794
Mugurii laterali	1,267 ± 0,252	1,567 ± 0,473	4,900 ± 0,985
Diferența dintre mugurii apicali și cei laterali	0,400 ± 0,136	0,433 ± 0,512	-1,700 ± 0,191
Stejar pufos ( <i>Quercus pubescens</i> )			
Mugurii apicali	1,267 ± 0,231	1,267 ± 1,286	2,467 ± 1,350
Mugurii laterali	1,467 ± 0,493	3,300 ± 0,819*	5,700 ± 0,100*
Diferența dintre mugurii apicali și cei laterali	-0,200 ± 0,262	-2,033 ± 0,467	-3,233 ± 1,250

Notă: \* extractele ale căror activitate antioxidantă o depășește semnificativ pe cea din mugurii alternativi (apicali sau laterali)

Prin introducerea concomitentă a substanțelor macromoleculare (fracția 1 a extractelor) și a peroxidului de hidrogen în mediul de incubare s-a elucidat activitatea catalazelor din extract. Din datele incluse în **Tabelul 3** observăm că în faza staționară de incubare, conținând extractul din mugurii apicali și cei laterali, la adăugarea peroxidului de hidrogen în soluție, conținutul oxigenului în diferite variante a sporit în mod diferit. Sporul a fost cuprins între 6,0 și 12,8% în comparație cu martorul care, în mediul de incubare, a conținut doar soluția tampon și peroxid de hidrogen. Având în vedere faptul că reacția a avut loc în 1,6 ml de soluție, care conținea substanțe extrase din 0,1 g de muguri, se poate calcula cantitatea specifică de eliminare a oxigenului din extractul dintr-un gram de muguri. Soluția incubată la temperatura de 25 °C conține 5,98 μl de oxigen sau 243 nM de oxigen într-un mililitru de soluție. De aici reiese că schimbarea cu 1% a conținutului de oxigen în 1,6 ml de soluție este asigurată de schimbarea conținutului de oxigen cu 3,89 nM. Astfel, în condițiile de față, activitatea catalazelor extrase din 0,1 g de muguri a dus la eliminarea a 23,3-49,8 nM de oxigen.



## Dascaliuc et al.: Potențialul redox al extractelor din mugurii arborilor de stejar...

Tabelul 3. Activitatea sumară de eliminare a oxigenului datorită activității catalazelor din substanțele cu masa moleculară mare (fracția 1) a extractelor din mugurii apicali și laterali

Varianta	Surplusul de eliminare a oxigenului în soluția ce conține fracția 1 (substanțe cu masa moleculară mare) și peroxid de hidrogen		
	Toamna (25.10.2012)	Iarna (29.01.2013)	Primăvara (11.04.2013)
Stejar pedunculat ( <i>Quercus robur</i> )			
Mugurii apicali	10,707 ± 1,767	11,633 ± 7,193	12,767 ± 0,929
Mugurii laterali	10,300 ± 0,400	11,600 ± 4,889	10,600 ± 1,588
Diferența dintre mugurii apicali și cei laterali	0,407 ± 1,367	0,033 ± 2,304	2,167 ± 0,659
Gorun ( <i>Quercus petraea</i> )			
Mugurii apicali	9,367 ± 0,493	8,367 ± 2,230	7,733 ± 4,143
Mugurii laterali	8,967 ± 0,839	6,867 ± 2,676	8,700 ± 1,001
Diferența dintre mugurii apicali și cei laterali	0,400 ± 0,346	1,500 ± 0,446	-0,967 ± 3,142
Stejar pufos ( <i>Quercus pubescens</i> )			
Mugurii apicali	10,267 ± 0,379	6,500 ± 2,700	10,400 ± 2,629
Mugurii laterali	9,200 ± 0,557	6,000 ± 2,533	9,500 ± 0,700
Diferența dintre mugurii apicali și cei laterali	1,067 ± 0,178	0,500 ± 1,167	0,900 ± 1,929

De regulă, activitatea catalazelor în extractele din mugurii apicali a fost mai înaltă în comparație cu cea din extractele de la mugurii laterali. Datele prezentate în **Tabelul 3** sugerează că activitatea catalazelor din extractele mugurilor stejarului pedunculat este relativ constantă, fiind foarte apropiată între extractele din mugurii apicali și cei laterali. La gorun și la stejarul pufos se observă tendința de diminuare a activității catalazelor iarna. Dacă luăm în considerare tendința de sporire a activității oxidazelor din muguri primăvara, atunci, datorită concurenței dintre reacțiile de eliminare a oxigenului de către catalaze și de legare a lui de către oxidaze, ajungem la concluzia că primăvara are loc activarea catalazelor în mugurii celor trei specii de stejar.

#### 4. DISCUȚII

Anual, plantele lemnoase din zona temperată trec prin cicluri sezoniere cu două etape: o perioadă de creștere în care condițiile de mediu sunt favorabile și o perioadă de repaus în timpul

**Dascaliuc et al.: Potențialul redox al extractelor din mugurii arborilor de stejar...**

iernii [27]. Starea de repaus, cunoscută sub denumirea de dormanță, permite arborilor să supraviețuiască condițiilor nefavorabile din timpul iernii [28]. Datorită însușirii de a intra în starea de repaus, mugurii arborilor devin mai rezistenți, tolerând temperaturile excesive și schimbările rapide ale temperaturii.

La speciile de stejar investigate, activitatea substanțelor antioxidante în extractele din muguri se modifică de la un sezon la altul. Toamna, activitatea catalazelor, oxidazelor și a substanțelor antioxidante în extractele din mugurii apicali ai stejarului pufos a scăzut în comparație cu cea caracteristică pentru mugurii apicali ai gorunului și stejarului pedunculat. În această perioadă, activitatea catalazei la gorun a fost cea mai înaltă, iar la stejarul pufos a fost cea mai joasă. Reiese că mugurii stejarului pufos intră mai timpuriu în starea repaus. Deosebiri menționate pot fi dependente atât de particularitățile biologice ale speciei, cât și, parțial, de localizarea spațială a arborilor în anumite suprafețele experimentale. Prin urmare, în perioada de toamnă, activitatea catalazelor la mugurii celor trei specii de stejar manifestă tendința să fie cu atât mai înaltă, cu cât crește altitudinea stațiunii forestiere în care aceste specii vegetează. De aici reiese că intrarea în dormanță este influențată de altitudine.

Primăvara, la stejarul pufos au fost observate diferențe mai mari, în ceea ce privește activitatea catalazei în extractele din mugurii apicali și cei laterali, decât la stejarul pedunculat și gorun. Totuși, în această perioadă, la specia respectivă, mugurii laterali se aflau într-o dormanță puțin mai profundă. Cele expuse sugerează că primăvara, la stejarul pufos, specificul proceselor metabolice se reflectă în întârzierea înmuguririi.

În perioadele critice, de trecere de la vegetația activă de vară către cea de toamnă, mai ales la instalarea repausului profund iarna, și la ieșirea din această stare primăvara, au loc procese de tranziție finalizate cu instalarea unui nivel nou al echilibrului biodinamic [29,30]. Dinamica proceselor de tranziție spre acest echilibru este diferită în mugurii apicali în comparație cu cei laterali, fiind specifică celor trei specii de stejar. Datele obținute de noi sugerează că tranziția, de la starea de vegetație către cea de repaus și invers, este asociată cu variația proceselor de oxidare și reducere, determinate atât de activitatea sistemelor enzimatică, cât și de cea a substanțelor antioxidante. Datorită faptului că, în perioada de trecere de la un anotimp la altul, activarea proceselor de oxidare și reducere în mugurii apicali are loc mai timpuriu decât în mugurii laterali, ieșirea din dormanță se produce, de asemenea, mai timpuriu. Toamna, procesele de inițiere a dormanței și a trecerii echilibrului biodinamic la un alt nivel au fost consemnate la stejarul pufos și stejarul pedunculat, atunci când la gorun fenomenul respectiv încă nu s-a inițiat. De aici rezultă că, la gorun, tranziția către starea de dormanță se realizează mai târziu în comparație cu cea proprie stejarului pedunculat și stejarului pufos.

În perioada de iarnă, substanțele antioxidante se consumă la detoxificarea speciilor reactive ale oxigenului, care apar în perioadele geroase. Iarna, la gorun și stejarul pufos, diferențele dintre activitatea substanțelor antioxidante din mugurii apicali și cei laterali au fost negative (**Tabelul 1**); aceste specii sunt, de altfel, puțin rezistente la ger. Primăvara, parametrul respectiv a avut valori negative pronunțate la mugurii stejarului pufos (care în perioada respectivă se afla încă în starea de repaus) și tindeau să devină pozitive la mugurii gorunului și stejarului pedunculat (la care s-au inițiat procesele de ieșire din dormanță).

În ansamblu, rezultatele obținute consemnează existența unor diferențe esențiale între speciile de stejar în ceea ce privește dinamica adaptării la condițiile de mediu în perioada de trecere de la un anotimp la altul. Proprietățile de adaptare la condițiile de mediu sunt tipice pentru fiecare specie de stejar. Stejarul pufos se distinge prin faptul că intră mai devreme și iese mai greu din starea de repaus. Activitatea substanțelor antioxidante demonstrează că primăvara și toamna, din punctul de vedere al derulării proceselor antioxidante în muguri, stejarul pufos se deosebește esențial de gorun, iar stejarul pedunculat ocupă o poziție intermediară. Activitatea proceselor antioxidante arată că, toamna, gorunul intră mai târziu în starea de repaus, iar primăvara iese mai timpuriu din această stare. Astfel, datele privind activitatea substanțelor antioxidante din muguri denotă că intrarea speciilor de stejar în starea de repaus toamna se manifestă în secvența stejar pufos - stejar pedunculat - gorun, iar ieșirea din dormanță se manifestă în ordinea gorun - stejar pedunculat - stejar pufos.

Cele prezentate denotă implicarea specifică a mecanismelor de anihilare a speciilor reactive ale oxigenului în mugurii stejarului pufos în comparație cu cele caracteristice pentru gorun și stejarul pedunculat. În general, datele obținute sugerează că activitatea antioxidantă sumară a componentelor enzimatică și non-enzimatică ale extractelor din mugurii celor trei specii de stejar incluse în cercetare este o caracteristică specifică a stării fiziologice a mugurilor. De regulă, activitatea antioxidantă se diminuează la mugurii aflați în dormanță. Totodată, raportul dintre activitatea componentelor enzimatică și non-enzimatică depinde de specie și anotimp. Pentru a elucida diferențele dintre specii cu privire la fenologia biochimică a mugurilor sunt necesare cercetări suplimentare, care să evalueze dinamica activității substanțelor antioxidante în perioada de tranziție a mugurilor de la dormanță către cea de desfacere a frunzelor. Modificarea dormanței mugurilor în această perioadă ar putea fi detectată determinând termo-toleranța mugurilor cu ajutorul metodei de scurgere a electroliților [18,19].

## 5. CONCLUZII

1. La speciile de stejar se manifestă diferențe în dinamica de adaptare la condițiile de mediu specifice diferitelor anotimpuri. Astfel, stejarul pufos, ca urmare a diminuării activității substanțelor antioxidante din muguri, intră mai devreme în repausul de toamnă. Primăvara, dimpotrivă, se manifestă mai târziu sporirea activității antioxidante în extractele din mugurii arborilor și ieșirea lor din dormanță. La cealaltă extremă se află gorunul, ai cărui muguri intră mai târziu în starea de repaus toamna și care primăvara iese mai timpuriu din dormanță;
2. Activitatea catalazelor din muguri, în condiții de iarnă, poate servi în calitate de indicator al rezistenței speciei la temperaturi joase. Din acest punct de vedere, stejarul pufos, în comparație cu stejarul pedunculat și gorunul, este specia mai puțin adaptată la condițiile iernii;
3. În celulele mugurilor apicali, primăvara, schimbările componentelor care determină potențialul oxido-reductiv se manifestă mai timpuriu în comparație cu cele din mugurii laterali. Această accelerare poate fi cauzată de eliminarea mai timpurie a dormanței mugurilor apicali în comparație cu cei laterali;

## Dascaliuc et al.: Potențialul redox al extractelor din mugurii arborilor de stejar...

4. Parametrii sumari ai activității substanțelor ce caracterizează potențialul oxido-reductiv în celulele mugurilor speciilor de stejar pot servi ca indicatori ai instalării dormanței mugurilor toamna și ai eliminării acesteia primăvara;
5. Determinând capacitatea antioxidantă a extractelor din mugurii apicali și din cei laterali este posibilă aprecierea intrării în starea repaus toamna și ieșirea din dormanță, primăvara, a speciilor de stejar. Astfel, rezultatele obținute sunt de perspectivă pentru optimizarea cultivării speciilor de stejar în funcție de condițiile mediului și, în special, ale celor de relief.

**MATERIALE SUPLIMENTARE**

Nu este cazul.

**FINANȚARE**

Această lucrare nu a fost finanțată din exteriorul organizației.

**MULȚUMIRI**

Nu este cazul.

**CONFLICT DE INTERESE**

Autorii nu declară niciun conflict de interese.

**ANEXE**

Nu este cazul.

**REZUMAT EXTINS - EXTENDED ABSTRACT**

**Title in English:** Seasonal oxido-reductive potential of the *Quercus robur* L., *Quercus petraea* Liebl. and *Quercus pubescens* Willd. buds

**Introduction:** In temperate zones, the multiannual plants are passing annually through seasonal cycles with two distinct stages: (1) the growing seasons, in which the favorable conditions ensure the active vegetation of plants; (2) the resting period during the late autumn, winter and early spring. The resting period is termed as "period of dormancy", allowing plants to survive during seasons with low and negative temperatures. Induction of dormancy during autumn, survival during winter frosts, elimination of dormancy and initiation of growth during spring, are associated with metabolic and energetic processes, which include oxidative-reductive reactions and formation of the reactive oxygen species (ROS) in cells of plants' buds. Prevention of damaging effects of ROS that are partially "leaking" from the metabolic cycles is achieved due to their reduction by the antioxidant substances, as well as due to the activity of enzymes that participate in oxido-reductive reactions. This study aimed to determine the activity of the metabolic and enzymatic system of ROS reduction during the autumn, winter and spring in apical and lateral buds of three oak species that are well spread in the Republic of Moldova.

**Material and methods:** The summary activity of oxidases, catalases and antioxidant substances in extracts from apical and lateral buds of *Quercus robur* L., *Quercus petraea* Liebl. and *Quercus pubescens* Willd., collected in the autumn, winter and spring was determined in this study. After crushing 0.1 g of buds in a porcelain mortar, the crushed

## Dascaliuc et al.: Potențialul redox al extractelor din mugurii arborilor de stejar...

material was extracted for 30 minutes, at 25 °C in 2 ml of buffer containing 0.2 M Tris, pH 7. Later, the extracts were centrifuged for 15 minutes at 4000 g. The supernatant was separated and passed through mini-column filled with Sephadex G25, the elute being separated into two fractions: one containing high molecular weight substances (fraction 1), and one containing low molecular weight substances (fraction 2). In all the experiments done by using a YSI oximeter (USA), the dynamic of oxygen content reduction in test solutions (containing substances of fraction 1 or 2) and blank solution (it contained only 1.6 ml of buffer) was determined, resulting in the summary of enzymatic activity of catalases and oxidases in fraction 1 and antioxidative activity of substances in fraction 2.

**Results and discussions:** The dynamics of adaptation to the environmental conditions that are characteristic for autumn, winter and spring was different in three oak species taken into study. Due to the specific activity of antioxidant substances, the buds of *Q. pubescens* fall earlier into dormancy in the autumn and come out later from this state in the spring. On contrary, *Q. petraea* buds fall later in dormancy in the autumn and come out earlier from this state in the spring. During the winter period, the antioxidant activity of extracts from the apical and lateral buds of *Q. pubescens* and *Q. petraea*, suggests that in the buds of these two species the metabolic processes are displaced from the biodynamic equilibrium compared with that characteristic to buds of *Q. robur*. This parameter, as well as the activity of catalase in extracts from buds, proves that *Q. pubescens* and *Q. petraea* are less resistant to winter conditions in comparison to *Q. robur*, which is a species better adapted to the frost. The changes in the activity of components that determine the oxido-reductive potential in cells of apical buds in the spring appear to be induced earlier compared to those in the lateral buds. This was proven by the earlier elimination of apical buds' dormancy compared to that in the lateral buds. The manifestation of seasonal changes in the activity of annihilation of ROS in *Q. pubescens* buds was evident when compared to that characteristic to the buds of the rest of oak species supporting the hypothesis of lesser resistance to the frost of this oak species. As a rule, antioxidant activity diminished in the buds that were in a state of dormancy. At the same time, the ratio of the enzymatic and non-enzymatic components depended on species and season. Generally, the obtained results support the assumption that summary antioxidant activity of the enzymatic and non-enzymatic components of the buds can be a reliable characteristic of the physiological state in different seasonal conditions.

**Conclusions:** (1) The dynamics of adaptation to specific seasonal environmental conditions of the three species was different; (2) In winter, the activity of catalases in buds can serve as an indicator of species resistance to frost. In this aspect *Q. pubescens* is known as a species less adapted to the winter conditions, compared to *Q. petraea* and *Q. robur*; (3) In spring, the changes in the activity of components that determine the oxido-reductive potential were earlier in the cells of apical buds, compared to those in the lateral ones. This may be caused by the early removal of the apical buds' dormancy as compared to the lateral buds; (4) The activity of substances that characterize the oxido-reductive potential in buds may serve as indicators of the installation of buds' dormancy during autumn and its removal during the spring; (5) Determining the antioxidant capacity of extracts from apical and lateral buds gives the opportunity to estimate the length of dormancy period. Therefore, the results have the potential to support the management of oak species according to the environmental conditions.

**Keywords:** Oaks; Buds; Oxido-Reductive Potential; Season.

## REFERINȚE

1. Hasselman K., 1997: Climate change research after Kyoto. *Nature* 390, 225-226.
2. Giurgiu V., 2004: Silvologie. Dezvoltarea durabilă a pădurilor României. Editura Academiei de Științe., Vol. III B., București, 230 p.
3. Cuza P., 2017: Instalarea și menținerea speciilor de stejar (aspecte teoretice și practice). Editura Mediul ambiant, Chișinău, 246 p.
4. Barbu I., Curcă M., Barbu C., Ichim V., 2016: Adaptarea pădurilor României la schimbările climatice. Editura silvică, București, 479 p.

## Dascaluic et al.: Potențialul redox al extractelor din mugurii arborilor de stejar...

5. Bolte A., Ammer C., Löf M., Madsen P., Nabuurs G., Schall P., 2009: Adaptive forest management in central Europe: Climate change impacts, strategies and integrative concept. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 24, 473-482.
6. Reif A., Bruckner U., Kratzer R., Schmiedinger A., Bauhuns J., 2010: Forest management in times of climate change-synergies and potential conflicts between forestry and nature conservation. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 42, 261-266.
7. Zhang X., Zwiers F.W., Hegerl G.C., Lambert F.H., Gillett N.P., Solomon S., 2007: Detection of human influence on twentieth-century precipitation trends. *Nature*, 448, 461-465.
8. Wang S., Faustb M., 1988: Metabolic activities during dormancy and blooming of deciduous fruit trees. *Israel Journal of Botany*, 37, 227-243.
9. Postolache G., 1995: *Vegetația Republicii Moldova*. Editura Știința, Chișinău, 340 p.
10. Cuza P., Florență G., 2017: Antioxidant activity of substances extracted from buds of the trees of spontaneous oak species. *Journal of Botany*, Vol. IX., 2(15), 96-103.
11. Doniță N., Ursu A., Cuza P., Țicu L., Bușmachi G., Ostaficiuc V., 2007: Cercetarea ecosistemelor forestiere din rezervația „Plaiul Fagului”. Editura Universul, Chișinău, 176 p.
12. Enicova E.I., 1976: *Telermanovschii les i ego vostanovlenie*. Izdatelistvo Voronejscoho Universiteta. Voronej, 214 p.
13. Kuster T.M., Bleuler P., Arend M., Günthardt-Goerg M.S., Schulin R., 2011: Soil water, temperature regime and growth of young oak stands grown in lysimeters subjected to drought stress and air warming. *Bulletin BGS*, 32, 7-12.
14. Cuza P., 2008: Capacitatea de adaptare a frunzelor stejarului pufos (*Quercus pubescens* Willd.) în funcție de doză și durata fracționării dozelor șocului termic. *Mediul ambiant*, 6(42), 23-26.
15. Dascaluic A., Cuza P., 2008: Specificul adaptării frunzelor stejarului pedunculat (*Quercus robur* L.) la șocul termic în funcție de valoarea temperaturii și durata de acțiune. *Mediul ambiant*, 3(39), 34-37.
16. Dascaluic A., Cuza P., 2011: Capacitatea de adaptare a aparatului fotosintetic al speciilor de stejar (*Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*) la acțiunea temperaturilor înalte. *Mediul ambiant*, 2(56), 33-36.
17. Levitt J., 1980: *Responses of plants to environmental stresses*. Academic Press. New York, 568 p.
18. Cuza P., 2010: Determinarea termotoleranței frunzelor la diferite specii de stejar răspândite în Republica Moldova. *Mediul ambiant*, 4(52), 32-48.
19. Dascaluic A., Cuza P., 2007: Determinarea termotoleranței la gorun și stejarul pedunculat cu ajutorul metodei de scurgere a electroliților. *Mediul ambiant*, 6(36), 27-31.
20. Florență G., 2014: Potențialul oxido-reductiv ai extractelor din mugurii arborilor de stejar pufos (*Quercus pubescens* Willd.) din diferite zone ale Republicii Moldova. *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei, Seria „Științele vieții”* 2(323), 67-75.
21. Breusegem F.V., Vranova E., Dat J.F., Inze D., 2001. The role of active oxygen species in plant transduction. *Plant Science* 161, 405-414.
22. Saure M.C., 1985: Dormancy release in deciduous fruit trees. *Horticultural Reviews*, 7, 239-300.

## Dascaluic et al.: Potențialul redox al extractelor din mugurii arborilor de stejar...

23. Hasanuzzaman M., Hossain M.A., Teixeira da Silva J.A., Fujita M., 2012: Plant response and tolerance to abiotic oxidative stress: Antioxidant defense is a key factor. *Stress and its management: Perspectives and strategies*, 261-315.
24. Amorati R., Valgimigli L., 2018: Methods to measure the antioxidant activity of phytochemicals and plant extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(13), 3324-3329.
25. Giurgiu V., 1972: *Metode ale statisticii matematice aplicate în silvicultură*. Editura Ceres, București, 567 p.
26. Prasad T.K., Anderson M.D., Martin B.A., Stewart C.R., 1994: Evidence for chilling-induced oxidative stress in maize seedlings and a regulatory role for hydrogen peroxide. *Plant Cell*, 6, 65-74.
27. Rohde A., Bhalerao R.P., 2007: Plant dormancy in the perennial context. *Trends in Plant Science* 12, 217-223.
28. Faust M., Erez A., Rowland L.J., Wang S.Y., Norman H.A., 1997: Bud dormancy in perennial fruit trees: physiological basis for dormancy induction, maintenance, and release. *Hort Science*, 32, 623-629.
29. Calabrese E.J., Mattson M.P., 2011: Hormesis provides a generalized quantitative estimate of biological plasticity. *Jurnal Cell Commun Signal*, 5, 25-38.
30. Demirovic D., Rattan S.I.S., 2013: Establishing cellular stress response profiles as biomarkers of homeodynamics, health and hormesis. *Experimental Gerontology*, 48, 94-98.



## Evaluarea hazardului la incendii de pădure la nivel de unitate administrativ-teritorială în perioada 2006-2015

Adrian Lorent<sup>a,b</sup>, Ștefan Neagu<sup>a,\*</sup>, Marius Petrila<sup>a</sup>, Bogdan Apostol<sup>a</sup>, Vladimir Gancz<sup>a</sup>, Ioannis Mitsopoulos<sup>c,d</sup>, Giorgos Mallinis<sup>e</sup>

<sup>a</sup>Institutul Național de Cercetare - Dezvoltare în Silvicultură „Marin Drăcea”, B-dul Eroilor nr. 128, 077190 Voluntari, Ilfov, România; <sup>b</sup>Universitatea Transilvania din Brașov, B-dul Eroilor nr. 29, 500036 Brașov, Brașov, România, [lorentadrian@yahoo.co.uk](mailto:lorentadrian@yahoo.co.uk).

<sup>c</sup>Global Fire Monitoring Center (GFMC), 79110 Freiburg, Germania.

<sup>d</sup>Department of Biodiversity and Protected Areas, Ministry of Environment and Energy, 11251 Atena, Grecia.

<sup>e</sup>Department of Forestry and Management of the Environment and Natural Resources, Democritus University of Thrace, 68200 Orestiada, Grecia.

### REPERE

- Suprafața medie a incendiilor forestiere a crescut cu 53%, iar frecvența lor s-a dublat în ultimul deceniu.
- Zonarea hazardului prin metoda kernel și cartarea probabilității a reliefat județele cele mai expuse.

### INFORMAȚII ARTICOL

Istoricul articolului:

Manuscris primit la: 28 noiembrie 2018

Primit în forma revizuită: 05 decembrie 2018

Acceptat: 05 decembrie 2018

Număr de pagini: 22 pagini.

Tipul articolului:

Cercetare

Editor: Stelian Alexandru Boz

### Cuvinte cheie:

*Incendii de pădure*

*Hazard*

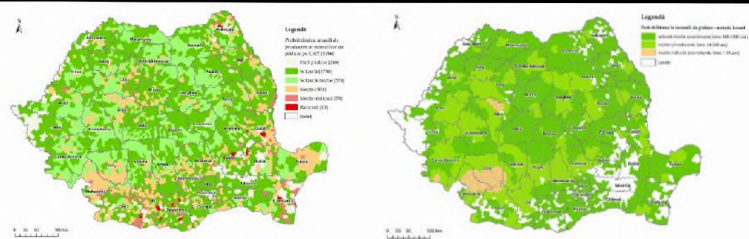
*Probabilitate*

*Sisteme Informatice Geografice*

*Densitate kernel*

*Managementul dezastrelor*

### REZUMAT GRAFIC



### REZUMAT

*Autoritățile naționale necesită o evaluare actualizată a hazardului la dezastre pentru alocarea corespunzătoare a resursele de intervenție și pentru elaborarea strategiilor integrate de răspuns și prevenție. Lucrarea prezintă o evaluare a hazardului la incendii de pădure la nivel național, prin care se determină probabilitatea de apariție a incendiilor pe baza frecvenței acestora pe unitatea de suprafață și printr-o metodă de interpolare pe baza estimării kernel a densității de probabilitate. Ambele metode au evidențiat zone similare cu predispoziție ridicată la apariția incendiilor (Mehedinți, Gorj, Dolj și Alba), metoda kernel punând în evidență vulnerabilitatea județelor Caraș-Severin și Vâlcea. Analiza s-a realizat pe baza incendiilor raportate în perioada 2006-2015, relevând dublarea evenimentelor de incendii de pădure în deceniul analizat comparativ cu media istorică (1956-2005) de 175. Suprafața medie incendiată a crescut cu 25%, iar analiza temporală și spațială a pus în evidență variabilitatea anuală și sezonieră a incendiilor de pădure, al căror tipar se corelează cu activitățile umane.*

\* Ștefan Neagu. Tel.: +40-21-350-3238; fax: +40-21-350-3245.

Adresa de e-mail: [stefanneagu@yahoo.com](mailto:stefanneagu@yahoo.com)



## 1. INTRODUCERE

Incendiile de pădure sunt fenomene complexe influențate de factori climatici și meteorologici favorizanți (temperatura și umiditatea aerului, cantitatea de precipitații, direcția și intensitatea vântului), cantitatea și inflamabilitatea combustibilului (litieră și lemn) și condiționate de probabilitatea unor evenimente declanșatoare de origine antropică (accidente, neglijență, acte premeditate sau iresponsabile) sau naturală (trăsnet, vulcanism, autoaprindere etc.) [1]. Terminologic, în conformitate cu [2], analiza de hazard se referă la probabilitatea și intensitatea manifestării unui fenomen (natural sau artificial) asociat cu posibile pierderi sociale, economice și de mediu. Riscul este definit ca produs între probabilitatea de producere și impactul evenimentului, în timp ce probabilitatea se referă la posibilitatea ca un hazard să se producă într-un orizont de timp prestabilit, luând în considerare informațiile disponibile.

Este necesar ca administratorii de terenuri, precum și personalul cu atribuții în stingerea incendiilor să ia în considerare hazardul potențial la incendii de pădure, cu scopul de a identifica amenințările în cazul incendiilor locale de vegetație, de a evalua riscurile în cazul comunităților, de a educa și motiva proprietarii privați, de a crește implicarea comunității referitor la conștientizarea și pregătirea pentru incendiu, de a ajuta administratorii de terenuri și liderii politici în luarea deciziilor corespunzătoare în ceea ce privește gestionarea terenurilor, precum și a zonelor predispuse incendiilor și de a ajuta forțele locale de protecție împotriva incendiilor în planificarea acțiunilor de precursoare intervențiilor [3].

Tendința globală între anii 1979 și 2013 a fost de extindere a duratei sezonului de incendii pe un sfert din suprafețele acoperite de vegetație și o creștere de aproape 19% a duratei medii globale a sezonului de incendii [4]. Totodată, studiul a constatat o dublare a suprafețelor susceptibile a fi afectate de sezoane lungi de incendii cât și o creștere globală a frecvenței sezoanelor de incendiu prelungite. Ultimele scenarii privind schimbările climatice [5] prognozează o creștere a numărului de zile cu pericol ridicat de incendii de pădure [6,7] precum și a duratei sezonului de incendii în Europa, prin extinderea zilelor de uscăciune în lunile mai-iunie și respectiv septembrie-octombrie [8].

La scară regională, modelele climatice paneuropene indică faptul că țări care până în prezent nu prezentau un risc deosebit la incendii de pădure, cum sunt cele din Europa de Est, se vor confrunta în viitorul apropiat cu o intensificare a manifestării acestui tip de hazard [7]. În acest context, țări precum România sunt predispuse la schimbări de regim a incendiilor de pădure atât ca urmare a efectelor generate de seceta prelungită, cât și ale activităților umane, cum ar fi practicile locale de curățare a terenurilor de resturi de vegetație prin incendierea acestora [9].

Trendul ascendent al apariției incendiilor de pădure în România a fost subliniat și de cercetări românești recente [10] care s-au bazat pe evaluarea condițiilor de producere a incendiilor de pădure din județul Suceava pe o perioadă de 20 ani consecutivi, respectiv 1990-2009, unde s-a reliefat faptul că, atât la nivelul județului Suceava, cât și la nivel național, s-a înregistrat o creștere fără precedent a fenomenului de incendiere a vegetației uscate de pe terenuri agricole, pajiști și pășuni, fenomen cunoscut sub denumirea de „curățire prin ardere”, cu consecințe asupra vegetației forestiere.

**Lorentz et al.: Evaluarea hazardului la incendii de pădure...**

---

Totodată, autorul a constatat că, în ultimii ani, factorii meteorologici și derivați ai acestora au suferit modificări fundamentale față de valorile normale istorice, în sensul creșterii aportului în determinarea și creșterea amplitudinii de manifestare a hazardului și, implicit, a riscului la incendii de pădure.

La nivel internațional, știința incendiilor de vegetație a ajuns la maturitate în urma acumulării unui bagaj extins de cunoștințe atât în ceea ce privește instrumentele și tehnicile utilizate cât și în ceea ce privește analiza factorilor și a variabilelor determinante care trebuie luate în considerare [11]. Cea mai frecventă abordare pentru a înțelege producerea spațială a incendiilor și forțele motrice care ghidează fenomenul este modelarea distribuției pe baza locațiilor incendiilor istorice [12]. Abordarea de bază este de a analiza locațiile de aprindere a focului în raport cu variabilele fiziografice, climatice și antropogene suspectate a influența distribuția spațială și temporală a incendiilor, urmărind-se estimarea semnificației variabilelor predictive [13]. Însă, cele mai multe dintre aceste abordări sunt aplicate la scări locale sau regionale, din cauza limitărilor și constrângerilor constatate atunci când se procedează la colectarea și actualizarea datelor geospațiale necesare [14]. O abordare alternativă, care să depășească aceste limitări pentru a avea o estimare realistă a riscului de incendiu, este utilizarea unor evenimente istorice, în ceea ce privește apariția, frecvența și distribuția spațială a incendiilor. Astfel, studiile elaborate de [14-17] au prezentat rezultatele componente de hazard la incendiu pe baza hărților de densitate, pornind de la localizarea punctelor de aprindere pentru reprezentarea pericolului de incendiu.

În România, primul demers pentru evaluarea riscului la incendii de pădure la nivel național a fost întreprins în anul 2006 de către un colectiv de lucru din cadrul Institutului de Cercetări și Amenajări Silvice condus de Adam I. [18,19]. Evaluarea riscului incendiilor de pădure a fost realizată, pe de o parte, printr-o metodă statistică, respectiv pe baza frecvenței de apariție a unor astfel de evenimente la nivel de unități administrative silvice (unități de producție, ocoale și direcții silvice), iar pe de altă parte, riscul a fost estimat prin luarea în considerare a comportamentului vegetației după declanșarea incendiului, urmărind să estimeze amploarea și pagubele produse de acesta. Aceste două metode de calcul al riscului sunt incluse în Normele de prevenire și stingere a incendiilor în fondul forestier (2000) [20]. Posea [21] a aplicat, pentru o unitate de producție test, o metodă pentru evaluarea impactului incendiilor forestiere asupra solurilor forestiere, metodă care ține seama de structura și compoziția vegetației. Burlui [10] a determinat coeficientul de risc la incendiu prin metoda cumulativă și metoda regresiei pentru o unitate de producție din fondul forestier sucevean, urmărind să determine factorii care se corelează cu apariția incendiilor de pădure și încadrarea unităților amenajistice în grade de risc.

În acest context, dată fiind intensificarea pericolului la incendii de pădure în țara noastră și trecerea unei perioade de timp semnificative de la ultima evaluare a hazardului la nivel național a acestui tip de dezastru, a apărut ca o necesitate reluarea cercetărilor la acest tip de hazard pentru a identifica zonele cele mai vulnerabile și a determina tendințele de evoluție înregistrate în ultima perioadă de timp. Totodată, în conformitate cu Decizia Europeană nr. 1313/2013/UE [22] privind un mecanism de protecție civilă a Uniunii, articolul 6(c) prevede că: „*Statele Membre: pun la dispoziția Comisiei evaluarea capacității lor de management al riscurilor la nivel național sau la un nivel subnațional corespunzător, o dată la trei ani [...]*”. Totodată, Comisia Europeană a condiționat posibilitatea de accesare de fonduri comunitare pentru prevenirea dezastrului de implementarea de către țările membre UE a unui sistem de prevenire și management al riscului. În acest sens, țările membre

trebuie să realizeze o evaluarea unitară la nivel național și regional a riscului la dezastre naturale care să ia în considerare efectele schimbărilor climatice [22].

Pentru a răspunde acestor condiționalități și deziderate, Ministerul Afacerilor Interne, prin Inspectoratul General pentru Situații de Urgență (IGSU), a fost desemnat ca instituție coordonatoare în vederea implementării proiectului Evaluarea Riscurilor de Dezastre la Nivel Național (RO-RISK) care a avut ca obiectiv evaluarea riscului de dezastre la nivel național pentru 10 tipuri de dezastre și a fost finanțat în cadrul Programului Operațional Capacitate Administrativă 2014-2020 (POCA) în care IGSU a avut calitate de solicitant și lider de parteneriat alături de alți 13 parteneri. Institutul Național de Cercetare și Dezvoltare în Silvicultură - INCDS „Marin Drăcea” a fost responsabil pentru realizarea evaluării riscurilor de incendii de pădure la nivel național pentru trei scenarii cu acoperire națională (cu probabilitate de apariție de 10, 100 și 1000 de ani) și două scenarii cu acoperire locală.

Lucrarea de față își propune să prezinte o parte din rezultatele obținute în cadrul acestui proiect, respectiv evaluarea hazardului la incendii de pădure la nivel de unitate administrativ teritorială (UAT) prin aplicarea a două metode de analiză: o metodă statistică simplă prin care se determină probabilitatea de apariție a incendiilor pe baza frecvenței acestora pe unitatea de suprafață și o metodă de interpolare respectiv estimarea *kernel* a densității de probabilitate. Analiza de hazard este realizată pe baza evidențelor de incendii de pădure oficiale, raportate în perioada 2006-2015. Totodată, lucrarea analizează cauzele de declanșare a incendiilor de pădure, caracteristicile și specificitățile spațiale și temporale, precum și resursele alocate pentru stingerea acestora.

## 2. MATERIALE ȘI METODE

### 2.1. Baza de date geospațiale cu incendiile de pădure raportate în perioada 2006-2015

Evidențele detaliate privind incendiile de pădure produse și raportate au fost obținute pentru perioada 2006-2015 de la Regia Națională a Pădurilor (RNP) ROMSILVA pentru pădurile proprietate publică a statului și pentru pădurile proprietate privată administrate de RNP, iar pentru perioada 2011-2015 au fost obținute evidențele de incendii centralizate de către Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor (MMA) pentru întregul fond forestier național. Aceste evidențe au fost furnizate în format tabelar și conțin, pentru fiecare incendiu, informații cu privire la localizare, suprafața arsă, data de aprindere, data de stingere, compoziția arboretelor (detaliat sau pe grupe de specii), cauza incendiului, pagubele estimate în valoare monetară (date parțiale), forțele implicate în stingerea incendiului defalcate pe categorii (personal silvic, pompieri, poliție, jandarmi, cetățeni voluntari) și tipul incendiului (*e.g.* litieră, coronament, date parțiale). Localizarea incendiilor a fost înregistrată descriptiv, la nivel de unitate administrativ teritorială silvică până la unitatea amenajistică de bază (*e.g.* subparcelă, parcelă). Dată fiind lipsa coordonatelor spațiale în înregistrări, s-a procedat la geolocalizarea fiecărui incendiu în sistemul de proiecție național Stereografic 1970 pe baza hărților amenajistice georeferențiate ale Unităților de Producție la scara 1:20.000 sau 1:10.000, după caz. Hărțile amenajistice sunt disponibile în format GEOTIFF și au fost obținute prin scanarea hărților analogice și georeferențierea acestora pe baza unor imagini aeriene cu rezoluția spațială de 0,5 m.

## Lorentz et al.: Evaluarea hazardului la incendii de pădure...

Geolocalizarea incendiilor s-a realizat în mediu GIS (Geographic Information System) sub formă de puncte, după care s-au atașat punctelor datele brute descriptive pentru incendii, pe baza unui identificator unic. După identificarea evenimentelor de incendii care pentru anii 2011-2015 se regăseau atât în evidențele RNP cât și ale MMAP, au fost eliminate duplicatele, menținându-se deci doar una dintre înregistrările duble, obținându-se la final un total de 3410 înregistrări unice. Pentru un număr de 2844 de puncte de incendiu geolocalizarea s-a realizat cu cea mai mare precizie posibilă, respectiv la nivel de parcelă sau unitate amenajistică, în timp ce în cazul a 566 de incendii locația a fost stabilită aleatoriu într-o zonă cu pădure din interiorul UAT-ului în care a fost raportat incendiul, neputându-se identifica parcela menționată în registre. Situațiile în care nu s-a reușit geolocalizarea precisă a incendiilor au apărut îndeosebi în cazul incendiilor de pădure declanșate în proprietățile private, din cauza lipsei hărților amenajistice. Pentru perioada cuprinsă între anii 1956-2005 au fost obținute doar evidențe sumare privind incendiile de pădure, respectiv numărul total de incendii pe an și suprafața de pădure afectată de incendii [23].

## 2.2. Elaborarea hărților de hazard prin metoda calcului probabilității de apariție a incendiilor de pădure

Pe baza datelor specifice incendiilor din perioada 2006-2015, descrise în **Subsecțiunea 2.1**, fenomenul incendiilor forestiere a fost caracterizat prin intermediul probabilității anuale a producerii unui incendiu ( $Pa$ ), utilizându-se **Ecuția 1** [18].

$$Pa = Fi / Sp * 100 \quad (\%) \quad (1)$$

unde:

$Pa$  este probabilitatea anuală a producerii unui incendiu,  $Fi$  - frecvența anuală a incendiilor din ultimul deceniu,  $Sp$  - suprafața (km<sup>2</sup>) de pădure din regiunea luată în considerare.

**Tabelul 1. Nivelurile de clasificare a probabilității de manifestare a evenimentelor de incendiu. Sursa: [2]**

Scara probabilității	Interval de timp	Probabilitate (%)
Scăzută	Evenimente care pot apărea la cel puțin 1000 de ani	<0,1
Scăzută-medie	Evenimente care pot apărea între 101 și 1000 de ani	0,1-1,0
Medie	Evenimente care pot apărea între 11 și 100 de ani	1,0-10,0
Medie-ridicată	Evenimente care pot apărea între 1 și 10 ani	10,1-100,0
Ridicată	Evenimente care pot apărea de mai multe ori pe an	>100

Pe baza acestui indicator, a fost determinat intervalul de timp mediu (ani) pentru producerea unui incendiu forestier la nivel județean și național și toate UAT-urile au fost clasificate în raport cu probabilitatea de realizare a evenimentelor de risc conform Metodologiei de evaluare unitară a riscurilor și de integrare a evaluărilor de risc sectoriale [2], conform claselor de probabilitate din **Tabelul 1**. Ulterior au fost elaborate hărțile de hazard la nivel de UAT pe baza probabilității astfel calculate.

### 2.3. Elaborarea hărților de hazard prin metoda estimării kernel a densității de probabilitate

Înainte de zonarea hazardului este necesară convertirea setului de date cu punctele de incendii într-o reprezentare sub forma unei suprafețe continue a densității de aprindere, pentru a fi folosită ca sursă de date în realizarea hărților de hazard [24]. Un avantaj al utilizării unei densități continue este posibilitatea de a integra aceste informații cu alte tipuri de date tip suprafață, în special în cadrul evaluării riscului de incendiu [25]. Există mai multe tehnici de interpolare pentru a converti datele din observații punctuale în câmpuri continue. Deși cele mai multe tehnici necesită o variabilă care să fie estimată în funcție de locație, atunci când ne confruntăm cu incertitudini în privința localizării datelor și transformarea lor într-o suprafață continuă, pentru estimarea densității de probabilitate este utilizată pe scară largă, în diferite discipline, o metodă statistică non-parametrică și anume estimarea *kernel* a densității de probabilitate (*kernel density estimation*, *kernel* ≈ nucleu sămânță inițial) [26]. Estimatorul *kernel* al densității de probabilitate cu două variabile este definit matematic conform Ecuației 2.

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh^2} \sum_{i=1}^n K\left\{\frac{(x - X_i)}{h}\right\} \quad (2)$$

unde:

$n$  este numărul de puncte,  $h$  - parametrul de netezire sau lățimea de bandă,  $K$  - o funcție de densitate *kernel*,  $x$  - un vector de coordonate care definesc locația în care funcția este estimată și  $X_i$  - vectori de coordonate care definesc fiecare observație  $i$ .

Un aspect important, atunci când se implementează interpolarea densității *kernel*, este alegerea metodei *kernel* și a parametrului de netezire. În modul de lucru cu *kernel* fix, parametrul de netezire, care este definit în unități de distanță, este constant pe întreaga suprafață de interes. În modul de lucru adaptiv, parametrul de netezire, care este definit prin utilizarea unui număr minim de observații punctuale găsite prin metoda *kernel*, variază în funcție de concentrația de observații punctuale [16,26]. Metodologia generală de zonare a hazardului pe baza densității *kernel* este prezentată în Figura 1.

În urma procedurilor de evaluare vizuală a fost adoptată abordarea în modul de lucru cu *kernel* fix, cu scopul de a menține parametrul de netezire (*i.e.* lățimea benzii) al *kernel*-ului constant pe întreaga suprafață de studiu pentru a se evita un tratament diferit al punctelor de incendii în zone cu grade de concentrație diferită. În acest caz, distanța medie cea mai apropiată a punctelor de aprindere a incendiilor a fost luată în considerare la definirea dimensiunii lățimii de bandă. Dublul distanței aleatorii medii a fost recomandat ca valoarea lățimii de bandă în studiile anterioare [16]. Hărțile de densitate *kernel* ale punctelor de aprindere ale incendiilor au fost generate folosind atât abordări subiective cât și abordări bazate pe dublul distanței aleatorii medii în care suprafața de densitate *kernel* a fost divizată în funcție de numărul de incendii pentru a obține probabilitatea la incendiu. În cazul metodei de calcul bazată suprafața de densitate *kernel*, valorile de densitate sunt

## Lorenț et al.: Evaluarea hazardului la incendii de pădure...

atribuite și zonelor cu non-aprinderi, de asemenea, dat fiind că focul este considerat un fenomen continuu.

În prima fază au fost aplicate diferite lățimi de bandă (5 km, 10 km, 20 km și 30 km), cu scopul de a selecta lățimea de bandă în mod subiectiv, vizual. În timp ce gradul de netezire era prea ridicat la lățimi de bandă mari, lățimile de bandă mai mici au produs hărți de densitate *kernel* mai fragmentate.

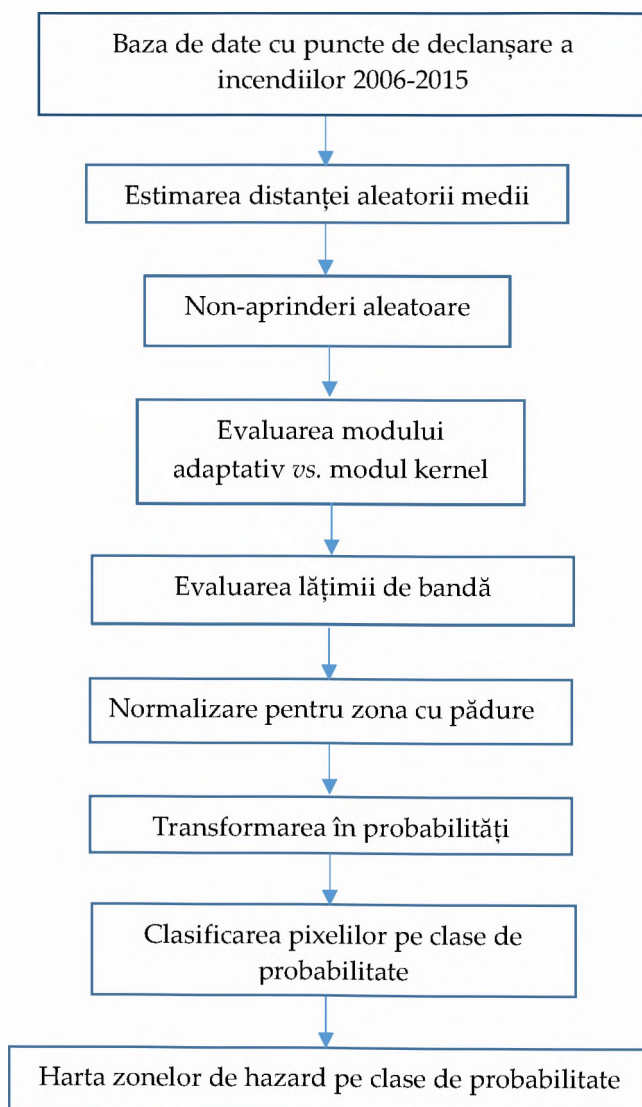


Figura 1. Fluxul de lucru al metodei estimării *kernel* a densității de probabilitate

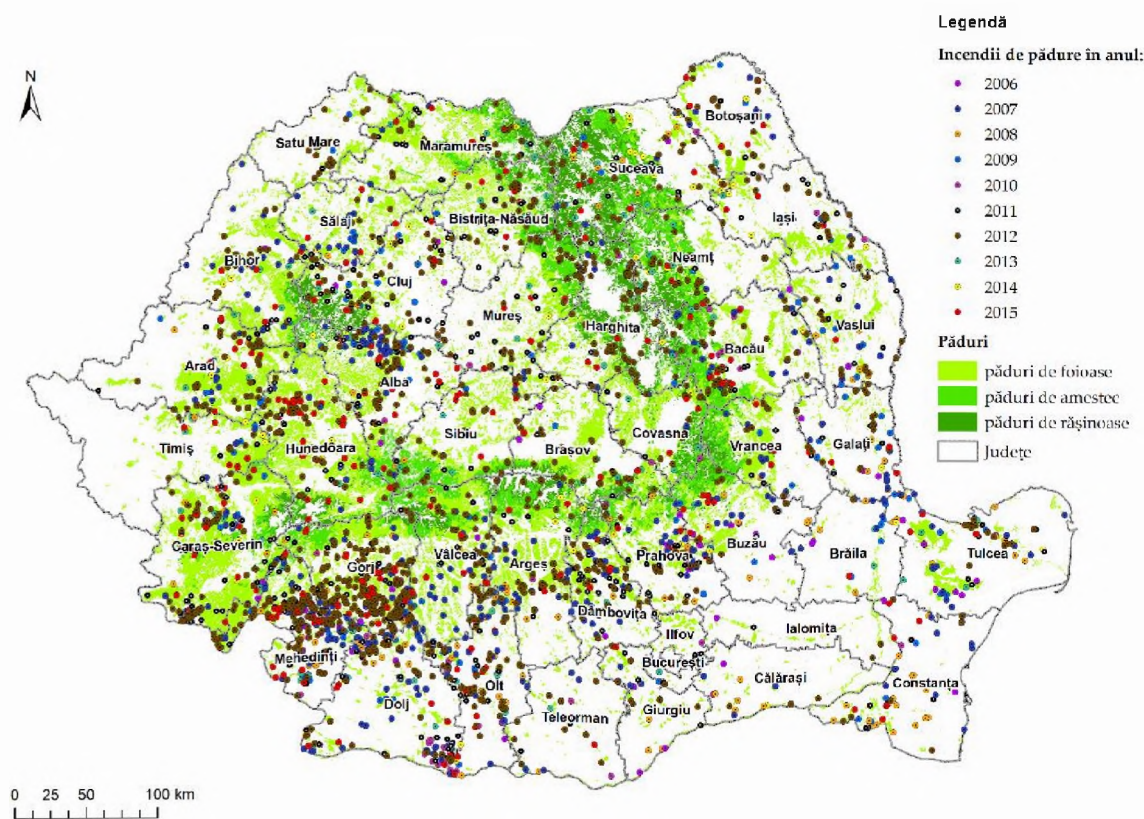
Suprafața de densitate *kernel* pentru lățimea de bandă de 10 km a fost divizată în funcție de numărul de incendii pentru a obține probabilitatea la incendiu. Probabilitățile *kernel* rezultate au fost reclasificate utilizând o mască pentru suprafețele fără pădure, rezultatele *kernel* fiind normalizate pentru zona de pădure în conformitate cu specificațiile Corine Land Cover 2006 [27]. În final, pentru obținerea hărții de hazard, au fost clasificați pixelii pe clase de probabilitate conform limitelor stabilite în Metodologia de evaluare unitară a riscurilor și de integrare a evaluărilor de risc sectoriale [2]. Această metodă este simplă și ușor de utilizat pentru o estimare la nivel național a hazardului la

incendii de pădure în cadrul stabilit al metodologiei unice care, în final, a fost utilizată pentru generarea hărților de probabilitate la nivel de UAT.

### 3. REZULTATE

#### 3.1. Baza de date cu incendii de pădure din perioada 2006-2015

Harta incendiilor de pădure geolocalizate pe baza surselor de date oficiale (RNP, MMAP) este prezentată în **Figura 2**. Numărul total de incendii raportate în România, în perioada 1956-2015, este de 9.974, rezultând o medie de 166 incendii pe an, cu o suprafață totală afectată de 50.538 ha (în medie 880 ha anual și 5,1 ha pe incendiu). Distribuția numărului de incendii de pădure pe ani și pe suprafețe afectate pentru perioada 1956-2015 și, în detaliu, pentru perioada 2006-2015 sunt prezentate în **Figura 3**.



**Figura 2.** Harta incendiilor de pădure înregistrate în perioada 2006-2015. Stratul de păduri este extras din Corine Land Cover 2006 [27]

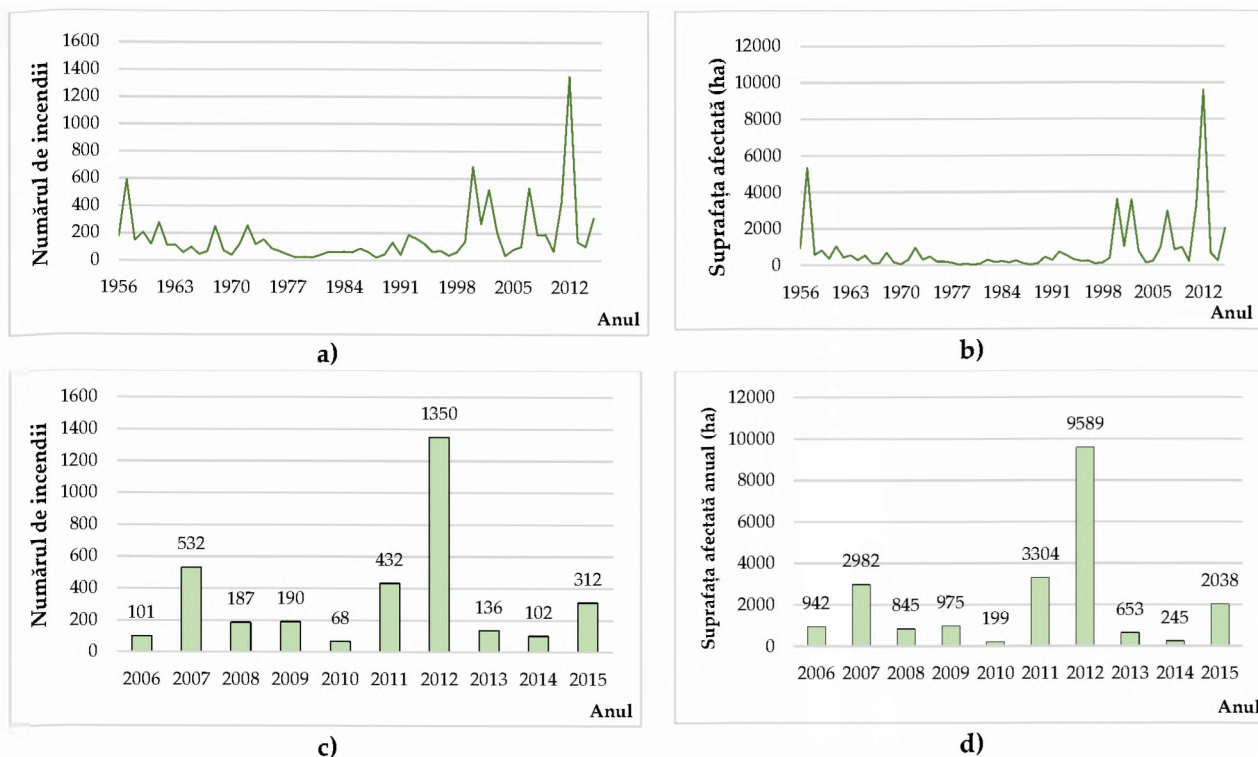


Figura 3. Distribuția numărului de incendii de pădure înregistrate în perioada 1956-2015 (a), și suprafața afectată de acestea (b) și distribuția numărului de incendii de pădure înregistrate în perioada 2006-2015 (c) și suprafața afectată de acestea (d)

Perioada de studiu luată în calcul pentru analiza de hazard (2006-2015) se suprapune peste tendința de extindere a fenomenului, consemnată în ultimii ani, înregistrându-se practic dublarea frecvenței incendiilor (341 în ultimul deceniu, comparativ cu 166, în perioada 1956-2005), care au însumat un total de 21.772 ha (43% din totalul suprafețelor incendiate). De asemenea, suprafața medie a incendiilor forestiere a înregistrat o creștere de 53%, de la 5,1 la 7,8 ha, în ultimii 10 ani.

### 3.2. Analiza de hazard pentru incendii de pădure pe baza analizei statistice a evenimentelor înregistrate în evidențele oficiale

Pentru perioada 2006-2015, pentru fiecare UAT, a fost determinată probabilitatea anuală de producere a unui incendiu pe o suprafață de 1 km<sup>2</sup> de pădure la nivel de UAT, conform **Ecuatiei 1**. Din numărul total de UAT-uri (3.186), 1.750 (54%) au fost încadrate în categoria scăzută, 571 (18%) în categoria scăzută-medie, 524 (16%) în categoria medie, 92 (3%) în categoriile medie-ridică și ridicată, restul de 249 de UAT-uri (8%) neavând vegetație forestieră (**Figura 4**). Conform acestei metode elementare de calcul, la nivel național, ca de altfel în majoritatea județelor, probabilitatea ( $P_a$ ) se încadrează în categoria scăzută-medie (101-1000 ani), cu excepția județelor Constanța, Dolj, Galați, Gorj, Mehedinți și Olt, semnalând regiunile din sudul și sud-estul României, unde nivelul de probabilitate este mediu (11-100 ani).

Din analiza pe regiuni administrative, cele mai mari suprafețe medii de incendiu au fost înregistrate în județele Hunedoara (21,1 ha), Caraș-Severin (14,0 ha) și Gorj (12,1 ha), iar suprafețele cele mai mici au fost consemnate în județele Suceava, Iași (1,4 ha) și Vrancea (1,2 ha). În privința clasificării incendiilor forestiere în funcție de mărimea suprafeței, mare parte din UAT-uri (45%) au



Lorent et al.: Evaluarea hazardului la incendiile de pădure...

fost încadrate în categoria incendiilor cu o suprafață cuprinsă între 1,1-5,0 ha, urmate de incendiile cu o suprafață mai mică de 1,0 ha (31%) și de incendiile cu o suprafață mai mare de 5,0 ha (24%) (Figura 5).

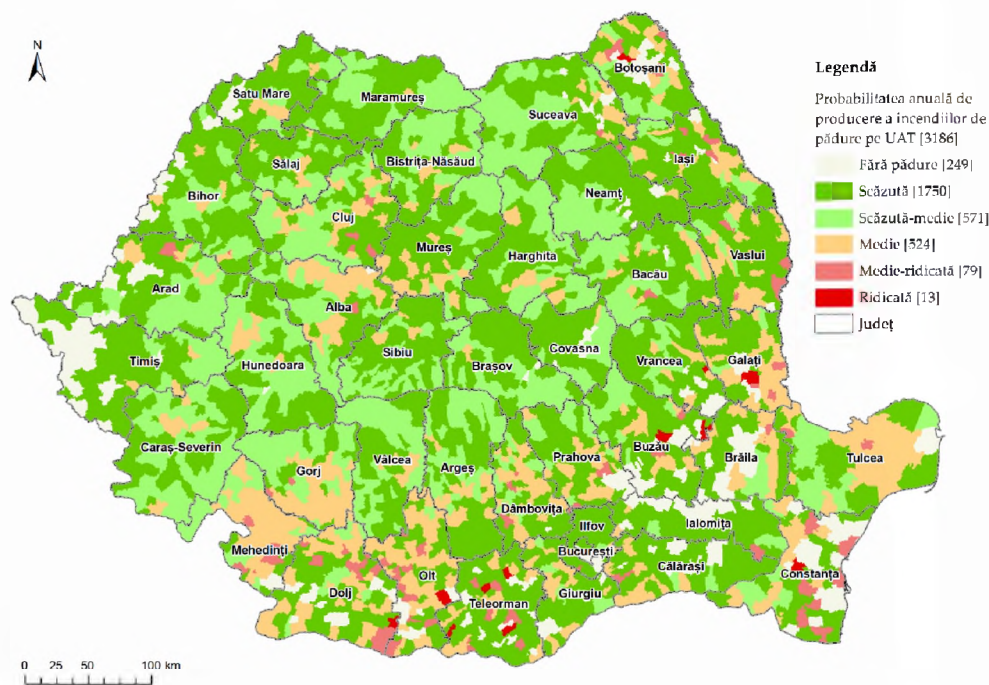


Figura 4. Harta de hazard obținută prin calculul probabilității anuale de producere a incendiilor de pădure la nivel de UAT

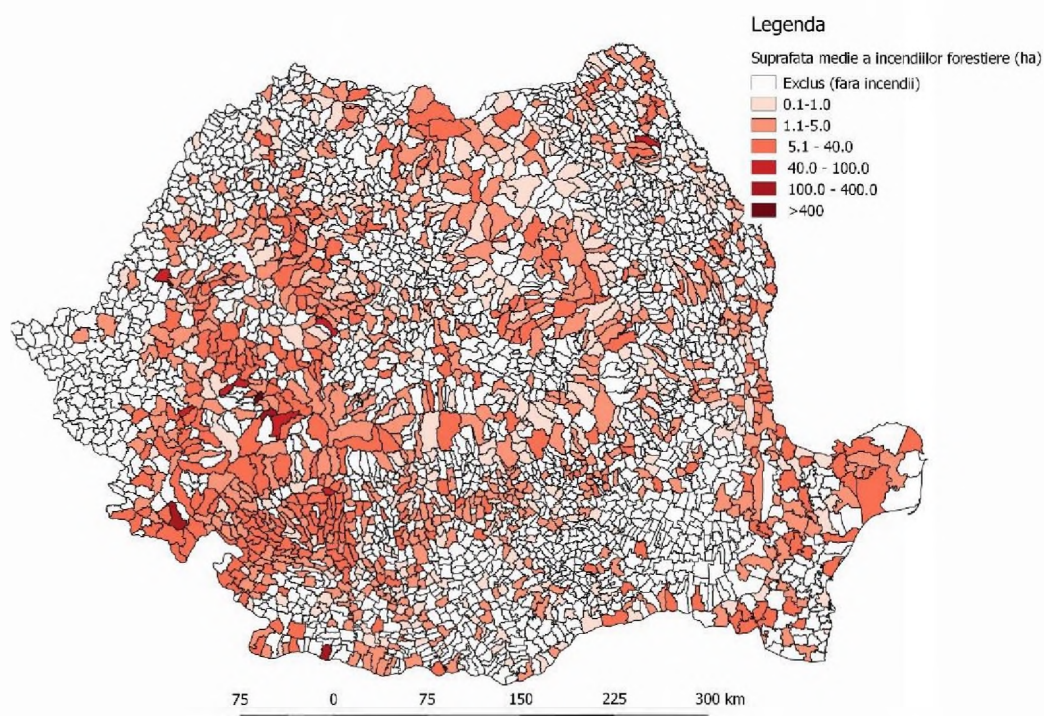


Figura 5. Suprafața medie (ha) a incendiilor forestiere în perioada 2006-2015

## Lorentz et al.: Evaluarea hazardului la incendii de pădure...

Arboretele cu vârste de maxim 80 de ani au fost cele mai vulnerabile la incendii, având o pondere de 88% din totalul suprafeței afectate din ultimul deceniu, repartizată relativ uniform pe clase de vârstă, spre deosebire de arboretele cu vârste mai mari de 80 de ani care au reprezentat doar 12%, cu mențiunea că din analiză au lipsit aproape o treime dintre datele cu privire la vârstă.

Cu privire la perioada din an a producerii incendiilor de pădure, s-a constatat că majoritatea sunt consemnate în sezonul de primăvară (51,8%), cea mai vulnerabilă perioadă fiind reprezentată de lunile martie și aprilie, urmată de sezonul de vară (26%) la care perioada cea mai vulnerabilă este reprezentată de lunile cele mai secetoase, respectiv iulie și august, după care urmează sezonul de toamnă (16,6%) și de iarnă (5,5%) (Tabelul 2).

Tabelul 2. Repartiția lunară a incendiilor de pădure

Luna	Frecvența		Suprafața	
	Nr.	(%)	(ha)	(%)
Ianuarie	86	2,5	217,7	1,0
Februarie	42	1,2	130,6	0,6
Martie	1.118	32,8	7.598,5	34,9
Aprilie	551	16,2	2.612,7	12,0
Mai	97	2,8	326,6	1,5
Iunie	51	1,5	152,4	0,7
Iulie	410	12,0	1.872,4	8,6
August	426	12,5	2.155,5	9,9
Septembrie	281	8,2	2.133,7	9,8
Octombrie	93	2,7	457,2	2,1
Noiembrie	195	5,7	3.222,5	14,8
Decembrie	60	1,8	892,7	4,1
<b>Total</b>	<b>3.410</b>	<b>100</b>	<b>21.772,5</b>	<b>100</b>

Cauzele incendiilor forestiere au fost reclasificate conform nomenclurii comune europene instituită de European Forest Fire Information System (EFFIS) [28]. În ultimul deceniu, majoritatea incendiilor au fost cauzate de factori antropici (64,2%), naturali (0,8%) și necunoscuți (35%). Cauzele cele mai frecvente sunt reprezentate de arderea resturilor agricole (circa 23%) și managementul vegetației (circa 30%), reprezentând activitățile de „curățare” a terenurilor agricole, fânețelor și pășunilor (Tabelul 3). Referitor la ponderea semnificativă a cauzelor neidentificate (circa 35%) trebuie menționat faptul că, în baza de date, foarte multe dintre incendiile respective au fost catalogate drept evenimente „în curs de cercetare”, deci care au fost încadrate la cauze necunoscute.

În privința resurselor umane alocate pentru controlul și stingerea incendiilor, pe baza numărului de persoane și a duratei intervențiilor, a fost determinată valoarea medie a manoperei (ore × om) în funcție de suprafața incendiilor de pădure, care a variat între aproximativ 500 și 6.800 de ore × om (Tabelul 4). Durata medie necesară pentru stingerea incendiilor a fost cuprinsă între 23 de ore pentru incendiile cu suprafața între 0,1-5,0 ha și 117 ore în cazul incendiilor cu suprafața mai mare de 100 ha. Intensitatea medie a incendiilor, exprimată prin raportul dintre suprafața (ha) și durată (ore) variază de la 0,2 ha × oră<sup>-1</sup> pentru incendiile reduse ca suprafață (0,1-0,5 ha) și poate ajunge până la 4,2 ha × oră<sup>-1</sup> pentru incendiile care depășesc 100 ha, valori determinate de lungimea frontului de ardere, a tipului de incendiu și de combustibil și de condițiile meteorologice.

Lorenț et al.: Evaluarea hazardului la incendii de pădure...

Tabelul 3. Cauzele incendiilor de pădure din perioada 2006-2015 (după EFFIS)

Categoria	Cauze	Frecvența absolută	Frecvența relativă (%)
Necunoscut	Necunoscute	1.206	35,4
Total		1.206	35,4
Natural	Natural	2	0,73
	Trăsnet	25	0,06
Total		27	0,79
Accidente	Energie electrică	22	0,65
	Căi ferate	6	0,18
	Vehicule	2	0,06
	Industrie	1	0,03
	Arme și explozivi	1	0,03
	Autocombustie	19	0,56
	Alte accidente	5	0,15
Total		56	1,64
Neglijență	Utilizarea focului deschis	83	2,43
	Managementul vegetației	1.008	29,56
	Arderea resturilor agricole	769	22,55
	Managementul deșeurilor	28	0,82
	Recreare	9	0,26
	Alte acte de neglijență	110	3,20
	Țigarete	70	2,05
Total		2.077	60,88
Acte premeditate	Piromanie	2	0,06
	Răzbunare	1	0,03
	Motivație necunoscută	19	0,56
	Boli psihice	0	0
	Copii	1	0,03
Total		23	0,67
Reaprinde	Reaprinde	21	0,62
Total		21	0,62
<b>Total general</b>		<b>3.410</b>	<b>100,00</b>

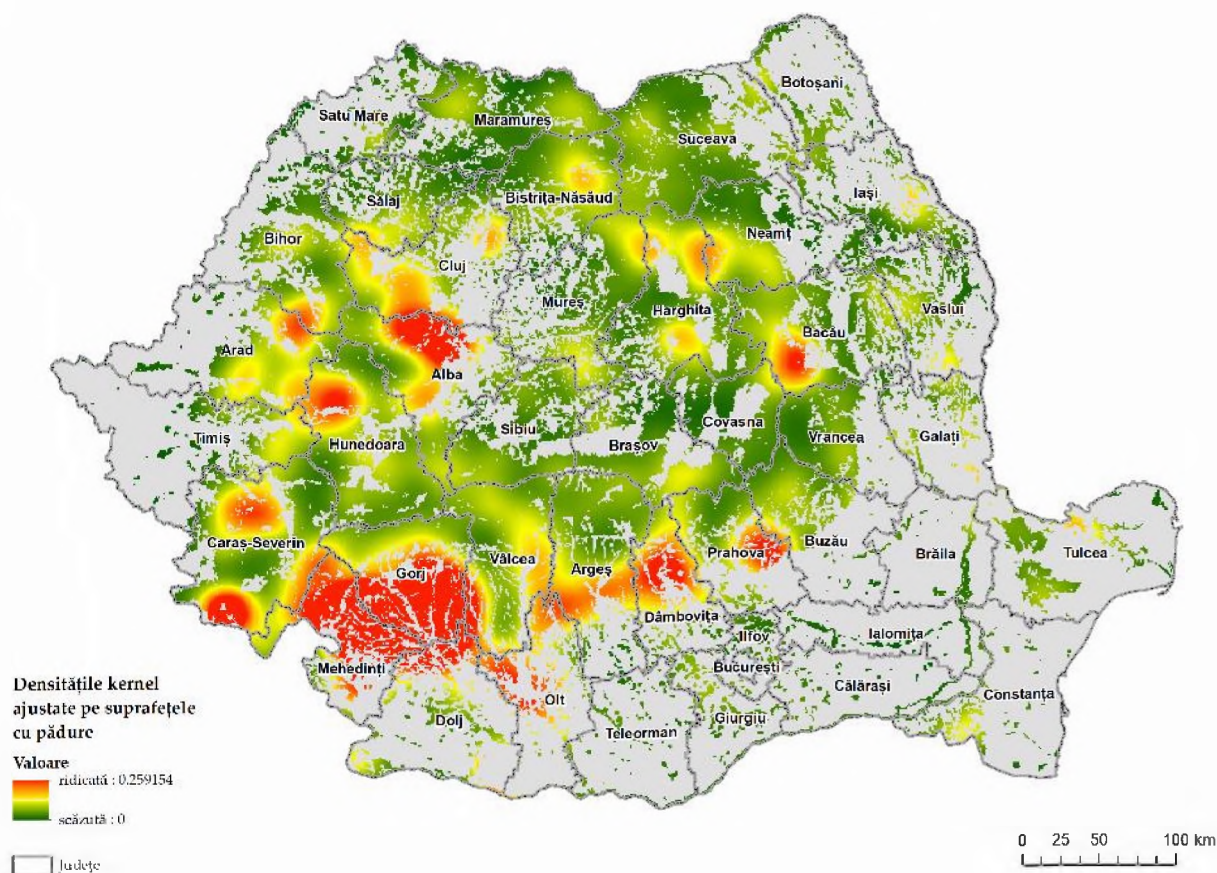
Tabelul 4. Valorile medii caracterizând resursele umane mobilizate la intervenții și durata de stingere a incendiilor forestiere în perioada 2006-2015

Suprafața incendiu (ha)	Suprafața totală incendiată (ha)	Intensitate medie (ha × oră <sup>-1</sup> )	Durata medie (ore)	Număr mediu de persoane	Durată medie de intervenție (ore)	Manoperă medie (ore × om)
0,1-5,0	3.775	0,2	23	28	18	491
5,1-40,0	3.498	0,8	47	35	42	1.436
40,1-100	3.941	2,4	73	44	70	3.094
>100	10.558	4,2	117	78	87	6.828
<b>Media</b>		<b>0,4</b>	<b>33</b>	<b>30</b>	<b>26</b>	<b>784</b>

În ceea ce privește natura incendiului în funcție de stratul de vegetație afectat, nu dispunem de date concludente întrucât acestea lipseau din evidențele oficiale în cazul a 80% dintre incendii. Din datele disponibile, circa 87% dintre incendii sunt de litieră, iar circa 13% incendii de coronament.

### 3.3. Analiza de hazard pe baza metodei estimării kernel a densității de probabilitate

Harta *kernel* a densității probabilitate normalizată pentru suprafețele cu pădure este prezentată în **Figura 6**. În final, pentru obținerea hărții de hazard, au fost clasificați pixelii pe clase de probabilitate conform limitelor stabilite în Metodologia de evaluare unitară a riscurilor și de integrare a evaluărilor de risc sectoriale [2] (**Figura 7**).



**Figura 6.** Harta densității de probabilitate kernel ajustată cu suprafețele de pădure

În urma clasificării *kernel*, în cazul unui scenariu cu o probabilitate de apariție de o dată la fiecare 10 ani, sunt expuse un număr de 92 de UAT-uri la incendii forestiere din șase județe (Alba, Caraș-Severin, Dolj, Gorj, Mehedinți, Vâlcea), având o suprafață totală de 6.043 km<sup>2</sup> și 2.501 km<sup>2</sup> de păduri. În cazul unui an cu probabilitate de manifestare într-o perioadă de 100 de ani, sunt expuse 964 de comunități din 37 de județe, având o suprafață de 72.377 km<sup>2</sup> din care 30.688 km<sup>2</sup> de păduri.

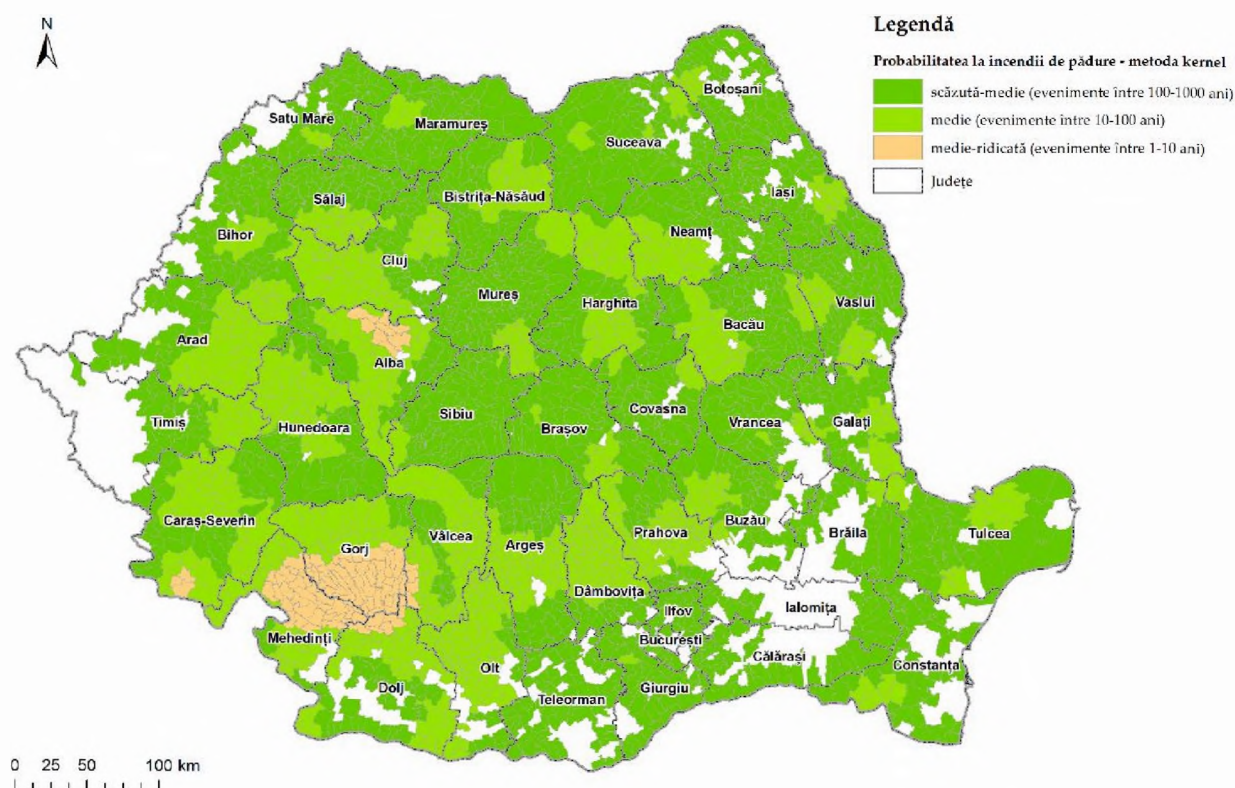


Figura 7. Harta de hazard la incendii de pădure obținută prin metoda estimării *kernel* a densității de probabilitate pe baza incendiilor înregistrate în perioada 2006-2015

În cele din urmă, 2.703 de comunități au fost identificate ca fiind susceptibile la hazardul cu probabilitate de apariție de 1000 ani, ocupând o suprafață de 207.897 km<sup>2</sup> de pe teritoriul național al României, din care 71.656 km<sup>2</sup> de păduri.

#### 4. DISCUȚII

Rezultatele analizei statistice a evenimentelor de incendii au pus în evidență aspecte cu privire la distribuțiile spațiale a probabilității anuale de producere a incendiilor forestiere, a cauzelor preponderent de ordin antropic (neglijența în 58% din UAT-uri), a suprafeței medii afectate, precum și cu privire la distribuțiile temporale pe anotimpuri, a duratei (ore) și intensității (ha x oră<sup>-1</sup>). Condițiile favorizante meteorologice, de vegetație și de stațiune și cauzele preponderent antropice declanșatoare a incendiilor forestiere se constituie într-un sistem complex de factori independenți și respectiv, condiționați.

Evidențele la incendii pentru perioada 2006-2015 au relevat o mare variabilitate anuală a acestora, cu valori cuprinse între 68 de incendii în 2010 și 1.350 în anul 2012. În ultima perioadă (cca. 15 ani), anii cu număr ridicat de incendii și suprafață incendiată extinsă (2000, 2002, 2007, 2011, 2012, 2015) au fost mai frecvenți decât în toată perioada analizată (1956-2005). Anul 2012 a fost un an

excepțional pentru care numărul ridicat de incendii și suprafața incendiată extinsă se încadrează la probabilitatea de apariție la 100 de ani. Această situație este posibil a fi atribuită schimbărilor climatice, aspect care mai trebuie studiat. Detalierea analizei în cazul unor incendii de pădure cu intensitate ridicată, prin evidențierea contextului climatic specific, permite obținerea în etapele ulterioare de informații mai relevante privind influența condițiilor climatice asupra riscului la incendii forestiere.

Cauzele cele mai frecvente ale incendiilor au fost de origine antropică, fapt consemnat atât în cercetări întreprinse în țara noastră [9,16,17] cât și din străinătate [29]. Cu privire la perioada producerii incendiilor de pădure, s-a constatat că majoritatea sunt consemnate în sezonul de primăvară, cea mai vulnerabilă perioadă fiind reprezentată de lunile martie și aprilie, urmată de sezoanele de vară, toamnă și iarnă. Distribuția sezonieră și spațială a incendiilor este diferențiată, având o pondere vizibil mai ridicată în zonele subcarpatice primăvara și toamna, în funcție de lucrările de management al vegetației din pășuni și livezi, cu un maxim vara în zona de câmpie și în Dobrogea datorită practicilor de ardere a miriștilor și resturilor agricole. Pe timpul verii crește incidența incendiilor și în zona montană, când este vârful de activitate și prezență umană în aceste regiuni. O analiză mai extinsă asupra cauzelor apariției și propagării incendiilor forestiere în această perioadă și a factorilor antropici care le influențează a fost efectuată în lucrarea [8]. Distribuția temporală a incendiilor de pădure poate fi corelată cu condițiile climatice, majoritatea incendiilor fiind provocate în timpul sezonului de primăvară, pe fondul unei perioade de uscăciune din perioada martie-aprilie, în intervalul de timp cuprins între topirea stratului de zăpadă și ploile de primăvară din lunile mai-iunie, precum și în perioadele de uscăciune/secetă din august-octombrie, perioade în care și combustibilii (litiera) sunt în cantitate sporită.

Analiza de hazard prin metoda statistică simplă a fost aplicată la nivelurile inferioare de subdiviziune ale teritoriului României (NUTS IV - comună/municipiu), permițând compararea rezultatelor la diferite scări spațiale, prin ponderarea numărului de evenimente cu suprafața de pădure la fiecare nivel al nomenclatorului comun al unităților teritoriale de statistică. Această metodă prezintă totodată avantajul că este rapidă, simplă și prezintă o imagine de ansamblu informativă cu privire la zonele de hazard la nivel național. Însă, această metodă prezintă și o serie de limitări cum ar fi: *i*) din cauză că hazardul este calculat la nivel de UAT, cum este în cazul prezentului studiu, UAT-urile cu evenimente de incendii numeroase dar cu suprafață împădurită scăzută apar cu probabilitate de hazard ridicată; *ii*) evaluarea hazardului în perimetre administrative fixe neglijează atât gradientii topografici și ecologici, cât și caracterul dinamic al comportamentului incendiului, precum și influența acestuia asupra teritoriilor învecinate; *iii*) nu exploatează avantajul localizării cu precizie a incendiilor, fiind dezvoltată înainte de apariția metodelor moderne de analiză spațială; *iv*) nu relevă indicii cu privire la factorii determinanți ai apariției incendiilor.

O parte dintre aceste neajunsuri au fost abordate prin aplicarea metodei estimării *kernel* a densității de probabilitate prin care s-au interpolat evenimentele de incendiu din perioada 2006-2015, respectiv cele 3.410 de înregistrări care au fost utilizate și în cadrul metodei statistice simple. Prin această metodă punctele de incendii au fost convertite într-o reprezentare sub forma unei suprafețe continue a densității incendiilor care, ulterior, au fost preluate pentru generarea hărților de hazard. Densitatea *kernel* este o valoare relativă, care poate îmbunătăți înțelegerea hazardului de incendiu și a zonelor cu densitate ridicată a incendiilor.

Procedura generală pentru estimarea riscului bazată pe metoda estimării *kernel* a densității de probabilitate are atât puncte forte cât și limitări, care ar trebui luate în considerare, cum ar fi: *i*) pragul valoric pentru ceea ce definește o zonă de hazard de incendiu este stabilit subiectiv de către analist; *ii*) metodele de zonare disponibile sunt diverse iar alegerea celei indicate trebuie adaptată scopurilor urmărite (de exemplu, în studiul de față, reclassificarea suprafețelor de densitate în clase de probabilitate s-a realizat pe baza pragurilor din metodologia [2]); *iii*) alegerea valorii parametrului de netezire optim este de mare importanță și oarecum dificil de stabilit (o valoare scăzută determină ca observațiile apropiate să domine estimările de densitate, în timp ce o valoare ridicată favorizează locațiile îndepărtate); *iv*) lungimea perioadelor temporale de observații a datelor cu serii de timp ar putea avea, de asemenea, o influență semnificativă în estimarea suprafețelor *kernel* rezultate și a densității asociate, în special în țările predispușe la un nivel scăzut de incendiu și *v*) similar metodei statistice simple, metoda *kernel* nu supune analizei factorii determinați incendiilor de pădure. Cu toate acestea, mai ales la scară națională, suprafețele de densitate *kernel* sunt o soluție viabilă ca și procedură standard pentru sisteme de avertizare timpurie mai sigure și cu specific local, pentru minimizarea costurilor și a timpului asociat cu asamblarea unor baze de date spațiale necesare estimării indicelui static, ceea ce permite focalizarea către zonele de risc cu grad ridicat de hazard cât și pentru a dezvolta modele detaliate de risc de incendiu [26].

În ceea ce privește zonarea la hazard obținută prin cele două metode se constată, în general, o convergență a rezultatelor obținute, însă apar și diferențe, pe alocuri semnificative. Astfel, prin ambele metode s-au pus în evidență zone comune în care hazardul la incendii are probabilitatea de apariție cea mai ridicată, respectiv județele din sud-vestul țării (Mehedinți, Dolj, Gorj) și județul Alba din zona central-vestică. Diferențe notabile apar în cazul UAT-urilor din județele Caraș-Severin și Vâlcea, unde analiza *kernel* a încadrat zone extinse la hazard cu probabilitate medie și medie-ridică, în timp ce prin metoda statistică simplă s-au încadrat majoritar la o probabilitate scăzută sau scăzută-medie. Diferențe mai mari apar și în cazul UAT-urilor din județele Constanța, Galați, Olt sau Teleorman în care metoda statistică simplă a acordat cu preponderență un grad de hazard superior cu un nivel comparativ cu metoda *kernel*. Dezacordul în cazul situațiilor mai sus prezentate se poate explica, așa cum a fost menționat anterior, prin faptul că, prin metoda statistică simplă UAT-urile cu evenimente de incendii numeroase dar cu suprafață împădurită scăzută apar cu probabilitate de hazard ridicată, în timp ce în cazul perimetrelor cu suprafață de pădure extinsă hazardul tinde să fie subevaluat.

Prima evaluare la nivel național a riscului de incendii de pădure a fost realizată în anul 2006 [16,17]. Prin aplicarea metodei statistice simple, similar prezentului studiu, s-a calculat numărul de incendii anuale la 10.000 ha pentru perioada 1990-2003 la nivel de unități administrativ-teritoriale silvice (*i.e.* Direcție Silvică, Ocol Silvic și Unitate de Producție) și s-a încadrat într-o scară de risc pe patru niveluri (redus, mediu, ridicat și foarte ridicat). Scara gradelor de risc s-a stabilit în funcție de numărul maxim de incendii din zonele cu risc de incendiu ridicat. Numărul total de incendii pentru perioada 1990-2003 a fost de 3.113, din care în perioada 1999-2003 s-au produs 1.623 de incendii reprezentând, prin urmare, peste jumătate din total. Perioada 1999-2003 a fost tratată separat deoarece s-a prezumat că schimbările de proprietate ca urmare a retrocedărilor de terenuri agricole și forestiere coroborate cu modificările climatice, au condus la schimbarea regimului incendiilor forestiere. Pe baza analizei frecvenței incendiilor de pădure, s-a constatat că cele mai multe incendii s-au produs în partea central-vestică a țării, relativ grupat, în șase Direcții Silvice: Gorj, Mehedinți, Hunedoara, Alba și Cluj. Metoda statistică simplă a fost combinată cu o metodă care ia în calcul

## Lorentz et al.: Evaluarea hazardului la incendii de pădure...

comportamentul vegetației la incendiu și s-au determinat 71 de Unități de Producție cu risc de incendiu ridicat și 137 de Unități de Producție cu risc de incendiu mediu.

Într-un alt studiu [23] a rezultat că direcțiile silvice Caraș-Severin, Mehedinți, Gorj, Alba, Brăila, Constanța și Tulcea prezintă un grad foarte ridicat de risc la incendii de pădure. Evaluarea s-a bazat pe incendiile din perioada 1976-2000, fiind estimat un risc global de incendii calculat în funcție de numărul total de incendii, numărul de incendii la 10.000 ha de fond forestier, suprafața incendiată la 1.000 ha de fond forestier și de suprafața medie afectată de un incendiu. În cadrul studiului s-a realizat o zonare a pericolului, deci nu și o evaluare a impactului fenomenului, ceea ce ar corespunde conform terminologiei unei analize de hazard. O comparație între zonarea de hazard prezentată în lucrarea de față și cele două studii menționate trebuie privită cu rezerve dat fiind că metodele aplicate nu sunt similare. Diferențe apar la unitatea teritorială la care s-a realizat analiza (*i.e.* UAT, Unitate de Producție, Direcție Silvică) sau la scara de încadrare pe grade de hazard, autorii abordând criterii diferite de încadrare. În prezentul studiu încadrarea în grade de hazard s-a realizat în conformitate cu cerințele Metodologiei unitare [2] care impunea construirea de scenarii cu o probabilitate de apariție de 10, 100 și respectiv 1000 de ani, ceea ce a creat dificultăți în stabilirea cu obiectivitate a zonelor afectate îndeosebi în cazul scenariului de 1000 de ani, dat fiind că perioada de timp analizată este de doar 10 ani. Pentru îmbunătățirea metodei *kernel* în ceea ce privește gradul de încredere și acurațetea este preferabil să se aibă la dispoziție seturi mai extinse de date.

Mallinis *et al.* [8] au realizat zonarea la riscul de incendii de pădure în România prin modelare cu metoda regresiei logistice univariate și multivariate pe baza aceluiasi set de date de incendii utilizat în prezentul studiu (a se vedea **Secțiunea 2.1**) și pe seama unor variabile de mediu, socio-economice și demografice disponibile pe întreg teritoriul național. Interesant este că, prin metoda aplicată a reieșit faptul că Suceava este județul cel mai predispus la incendii dat fiind că 60,42% din suprafața sa (*i.e.* 3.776 km<sup>2</sup>) reprezintă zone cu risc ridicat (29,76%) și foarte ridicat (30,66%) de incendii. Urmează județul Caraș-Severin care, la rândul său, este expus unui risc semnificativ cu 3.581 km<sup>2</sup>, respectiv 57,30% din suprafață caracterizate de un risc ridicat (38,74%) și foarte ridicat (18,83%) de incendii. Au fost identificate, totodată, județele Hunedoara și Harghita din centrul țării ca fiind vulnerabile la incendiile de pădure, fiecare cu cca. 40% din suprafață clasificată în zone de risc ridicat și foarte ridicat. Ca factori determinanți, dintre variabilele luate în considerare în modelul univariat, incendiile de pădure au fost pozitiv corelate cu expozițiile sud-vestice, cu pante mari ale terenului și au apărut, preponderent, în pădurile xerofite de stejar, precum și în zonele cu peisaj eterogen (natural/agricol), relaționat cu temperatura medie a celui mai uscat trimestru. Modelul de regresie logistică multivariat a ales ca variabile statistice semnificative densitatea efectivelor de caprine, distanța față de drumurile naționale, zonele cu peisaj eterogen (natural/agricol), temperatura maximă și precipitațiile lunii celei mai secetoase.

În ceea ce privește modul de colectare și înregistrare a datelor referitoare la incendii, acesta ar putea fi îmbunătățit prin implementarea unui sistem de tip geoportal care să permită introducerea standardizată și unitară a datelor precum și localizarea precisă a punctelor de incendii. Geolocalizarea incendiilor după hărțile amenajistice georeferențiate prezintă dezavantajul că, pe de o parte, este o operațiune migăloasă, iar pe de altă parte, un procent semnificativ din puncte riscă să nu fie amplasate cu precizie (*i.e.* 16,5% în cazul de față) dat fiind că nu există la ora actuală o sursă de date centralizată care să dețină toate hărțile amenajistice (în sistem GIS sau analogic) la nivel național, indiferent de forma de proprietate sau de administrare a pădurii.



## 5. CONCLUZII

În urma rezultatelor obţinute se pot formula următoarele concluzii:

1. A fost verificată şi demonstrată aplicabilitatea celor două metode analizate pentru estimarea hazardului incendiilor de pădure. Recomandăm alegerea metodei celei mai potrivite, în funcţie de scopul studiului şi de precizia necesară. Pentru rezultate de o precizie sporită ar fi necesar ca înregistrările instituţiilor abilitate să conţină informaţii mai detaliate cu privire la localizarea incendiilor, inclusiv coordonate.
2. Metodele analizate converg prin prisma rezultatelor obţinute, cu mici diferenţe, pe alocuri semnificative, şi vor contribui la zonarea şi prognoza hazardului reprezentat de incendiile forestiere la nivel naţional cu o precizie din ce în ce mai ridicată, pe măsura acumulării de noi date.
3. Cauzele apariţiei incendiilor forestiere sunt preponderent de ordin antropic, iar frecvenţa şi suprafaţa afectată au crescut semnificativ în ultimul deceniu, în condiţiile unei instabilităţi climatice sporite, impunând reconsiderarea cadrului instituţional şi juridic.
4. Pentru îmbunătăţirea metodei *kernel*, pe viitor se poate lua în considerare includerea în calcule a aspectelor legate de suprafaţa afectată şi severitatea incendiilor.
5. Analiza de hazard va putea fi extinsă prin includerea variabilelor climatice, fizico-geografice şi antropice şi va constitui baza unor viitoare măsuri de diminuare a riscului, reprezentate prin acţiuni preventive şi intervenţii de protecţie civilă, silviculturale şi de conştientizare a autorităţilor locale şi a populaţiei.

## MATERIALE SUPLIMENTARE

Nu este cazul.

## FINANŢARE

Cercetările au fost realizate în cadrul proiectelor: „Evaluarea Riscurilor de Dezastre la Nivel Naţional (RO-RISK)” finanţat în cadrul Programului Operaţional Capacitate Administrativă 2014-2020 (POCA) şi în cadrul proiectului Proiectul Nucleu 18040104 „Elaborarea de metode pentru evaluarea hazardului şi riscului de incendii forestiere bazate pe tehnologii geospaţiale”.

## MULŢUMIRI

Autorii mulţumesc Regiei Naţionale a Pădurilor RNP-ROMSILVA şi Ministerului Mediului, Apelor şi Pădurilor pentru punerea la dispoziţie a evidenţelor privind incendiile de pădure pe perioada analizată.

## CONFLICT DE INTERESE

Autorii nu declară niciun conflict de interese.

## ANEXE

Nu este cazul.

## REZUMAT EXTINS - EXTENDED ABSTRACT

**Title in English:** Forest fire hazard assessment at territorial administrative unit level during 2006-2015 period

**Introduction:** Forest fires are complex phenomena favored by climatic and meteorological factors (air temperature and humidity, rainfall, direction and intensity of wind), fuel quantity and flammability (litter and wood) and triggered by events of anthropogenic (accidents, negligence, arson or irresponsible acts) or natural origin (lightning, volcanism, self-ignition, etc.). An essential component of effective fire prevention policies and strategies is a long-term fire risk assessment based on robust methods that take into account the spatial and temporal dimension of fire risk. An up-to-date assessment of forest fire hazard as a component of risk comes to meet these challenges by highlighting the fire-prone areas where prevention efforts should be focused, as well as to support an appropriate allocation of intervention resources. The paper presents the results of the forest fire hazard assessment at national level for each NUTS-4 territorial administrative unit (TAU) by applying two methods of analysis: a simple statistical method which determines the probability of fire occurrence based on their frequency on the surface unit and, secondly, an interpolation method based on kernel density estimation. The hazard analysis was based on official forest fire records reported during 2006-2015. Furthermore, the causes of the forest fires, the spatial and temporal features and characteristics, as well as the resources allocated for their extinction are analyzed.

**Materials and methods:** The working material used as a basis for analyzes consisted of detailed records of forest fires produced and reported for the period 2006-2015. From the National Forest Administration - ROMSILVA (RNP) the records were obtained for the state-owned forests and privately-owned forests managed by RNP for the entire period, while for 2011-2015 the centralized fire records were obtained also from the Ministry of Environment, Waters and Forests (MMAP) for the entire national forest area. Each fire event was geolocated in a GIS environment based on georeferenced forest management maps. The fire points were integrated into a geospatial database and were assigned the descriptive attributes from the raw data. Two methods were used to assess the forest fires hazard: a simple statistical method by which the forest fires phenomenon was characterized by the annual fire probability calculated on the basis of the annual fire frequency of the last decade over the considered forested area (km<sup>2</sup>) and an interpolation method using the kernel density estimation.

**Results and discussions:** The total number of fires reported in the period 1956-2015 was 9,974, on average 166 per year, with a total area affected of 50,538 ha (an average of 880 ha per year and 5,1 ha per fire). The study period taken into account for the hazard analysis (2006-2015) overlaps the trend of widening the phenomenon recorded in recent years, basically doubling the frequency of fires (341 in the last decade, compared to 166, between 1956-2005), which amounted to a total of 21,772 ha (43% of the total area burned). Also, the average area of forest fires has grown with a ratio of 53% from 5,1 to 7,8 ha over the past 10 years. As a result of applying the simple statistical method, from the total number of TAUs (3,186), 1,750 (54%) were classified as low hazard, 571 (18%) in the low-medium category, 524 (16%) in the medium-high and high categories, while the remaining 249 TAUs (8%) lack forest vegetation. At county level, Constanța, Dolj, Galați, Gorj, Mehedinți and Olt were classified in the highest hazard class, i.e. where the probability level is average (11-100 years). Following the kernel classification, the scenario with an occurrence probability of once at every 10 years, 92 TAUs are exposed to forest fires in six counties (Alba, Caraș-Severin, Dolj, Gorj, Mehedinți, Vâlcea) with a total area of 6,043 km<sup>2</sup> (2,501 km<sup>2</sup> of forests). In the case of a year with a probability of manifestation over a period of 100 years, 964 communities from 37 counties are exposed, with a total area of 72,377 km<sup>2</sup> of which 30,688 km<sup>2</sup> consists of forests. Finally, 2,703 ATUs have been identified as being susceptible to a 1000-year probability hazard, accounting for an area of 207,897 km<sup>2</sup> over the Romanian national territory (71,656 km<sup>2</sup> of forests). In general, both methods revealed similar areas with high and medium-high forest fire hazard (Mehedinți, Gorj, Dolj and Alba), while the kernel method also emphasized the vulnerability of Caraș-Severin and Vâlcea counties. The temporal and spatial analysis has highlighted

## Lorenț et al.: Evaluarea hazardului la incendii de pădure...

the annual and seasonal variability of forest fires, revealing that the distribution patterns correlate with human activities that are the predominant cause of the forest fires.

**Conclusions:** Concerning the hazard zoning obtained by the two methods, there is generally a convergence of the obtained results, but there are also differences, in some cases. Both methods have advantages and limits, and the appropriate method should be chosen according to the targeted objectives. The results of forest fire hazard analysis highlighted aspects of predominantly anthropogenic causes, the main factors of the forest fires occurrence and spreading, and a significant increase in frequency and affected areas in the last decade.

**Keywords:** Forest Fires; Hazard; Probability; Geographic Information Systems; Kernel Density; Disaster Management.

## REFERINȚE

1. Petrila M., Lorenț A., Neagu S., Apostol B., Gancz V., Popa I., Mallinis G., Mitsopoulos I., Goldammer J., 2016: Evaluarea Riscurilor de Dezastre la Nivel Național RO-RISK - Raport consolidat pentru riscul de incendii de pădure. Raport științific. INCDS "Marin Drăcea", p. 210.
2. IGSU, 2016, Metodologia de evaluare a riscurilor și de integrare a evaluărilor de risc sectoriale, Disponibil la: <https://www.igsu.ro/documente/RO-RISK/Metodologia> (Accesat 15.11.2018).
3. Calkin D.E., Ager A.A., Thompson M.P., 2010: A comparative risk assessment framework for wildland fire management, The 2010 Cohesive Strategy Science Report. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-262. Fort Collins, CO: US Forest Service Rocky Mountain Research Station.
4. Jolly W.M., Cochrane M.A., Freeborn P.H., Holden Z.A., Brown T.J., Williamson G.J., Bowman D.M.J.S., 2015: Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. *Nature Communications*, 6(May), 1-11. <http://doi.org/10.1038/ncomms8537>.
5. IPCC, 2014, *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and vulnerability. Part B: Regional aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (sub red. Barros, V.R., Field, C.B., Dokken, D.J., et al.).
6. Arca B., Pellizzaro G., Duce P., Salis M., Bacciu V., Spano D., Finney S.E., 2011: Potential changes in fire probability and severity under climate change scenarios in Mediterranean areas. In: D. Spano, V. Bacciu, M. Salis, and C. Sirca, eds. *Modelling fire behaviour and risk*. Muros, Italy: Nuova Stampa Color, 92-98.
7. Lung T., Lavallo C., Hiederer R., Dosio A., Bouwer L.M., 2013: A multi-hazard regional level impact assessment for Europe combining indicators of climatic and non-climatic change. *Global Environmental Change*, 23(2), 522-536, <http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.11.009>.
8. Pellizzaro G., Ventura A., Arca B., Arca A., Duce P., 2010: Estimating effects of future climate on duration of fire danger season in Sardinia. In: *Proceedings of VI International Forest Fire Research Conference*, 15-18, November 2010, Coimbra, Portugal, 123 p.
9. Mallinis G., Petrila M., Mitsopoulos I., Lorenț A., Neagu Ș., Apostol B., Gancz V., Popa I., Goldammer J.G., 2018: Geospatial patterns and drivers of forest fire occurrence in Romania. *Applied Spatial Analysis and Policy*, <https://doi.org/10.1007/s12061-018-9269-3>.
10. Burlui I., 2013: Managementul riscului de incendiu la păduri. Teză de doctorat. Universitatea Ștefan cel Mare din Suceava, Universității 13, 720229, Suceava, România, 160 p.
11. Rodrigues M., Jiménez-Ruano A., Peña-Angulo D., de la Riva J., 2018: A comprehensive spatial-temporal analysis of driving factors of human-caused wildfires in Spain using Geographically

- Weighted Logistic Regression. *Journal of Environmental Management*, 225(August), 177-192. <http://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2018.07.098>.
12. Massada A.B., Syphard A., Stewar, S.I., Radeloff V.C., 2012: Wildfire ignition-distribution modelling: a comparative study in the Huron-Manistee National Forest, Michigan USA. *International Journal of Wildland Fire*, 22, 174-183, <http://dx.doi.org/10.1071/WF11178>.
  13. Mundo I.A., Wiegand T., Kanagaraj R., Kitzberger T., 2013: Environmental drivers and spatial dependency in wildfire ignition patterns of northwestern Patagonia. *Journal of Environmental Management*, 123, 77–87, [doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.03.011](http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.03.011)
  14. Koutsias N., Allgöwer B., Kalabokidis K., Mallinis G., Balatsos P., Goldammer J.G., 2015: Fire occurrence zoning from local to global scale in the European Mediterranean basin: implications for multi-scale fire management and policy. *iForest*, 9, 195-204.
  15. Chuvieco E., Camia A., Bianchini G., Margaleff T., Koutsias N., Martinez J., 2005: Using remote sensing and GIS for global assessment of fire danger. *Proceeding of the 22<sup>nd</sup> International Cartographic Conference, Global Congressos, Coruna*.
  16. Koutsias N., Kalabokidis K.D., Allgöwer B., 2004: Fire occurrence patterns at landscape level: beyond positional accuracy of ignition points with kernel density estimation methods. *Natural Resource Modeling*, 17, 359-375.
  17. Koutsias N., Karteris M., Balatsos P., Kalabokidis K.D., 2005: Strategic planning approach in wildland fire danger zoning: a geographical perspective with historical fire observations. *Geographies*, 10, 62-79.
  18. Adam I., 2007: Metodă de evaluare a riscului de incendiu în pădurile României, *Analele ICAS*, 50, 261-271.
  19. Adam I., 2006: Asistență tehnică privind elaborarea riscului de incendiu pentru pădurile României. Raport științific (manuscris). Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice (ICAS), 80 p.
  20. Norme de prevenire și stingere a incendiilor în fondul forestier, 2000: Ministerul Apelor, Pădurilor și Protecției Mediului.
  21. Posea I.V.M., 2012: Managementul riscului la incendii forestiere, Teză de doctorat, Universitatea Transilvania din Brașov, B-dul Eroilor nr. 29, 500036, Brașov, România, 198 p.
  22. Decizia nr. 1313/2013/UE a Parlamentului European și a Consiliului din 17 decembrie 2013 privind un mecanism de protecție civilă al Uniunii, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013D1313&from=IT> (Accesat 16.11.2018).
  23. Barbu I., 2008: Modelarea și prognoza riscului de apariție a secetei și incendiilor în ecosistemele forestiere din România, Raport științific (manuscris), Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice (ICAS), 91 p.
  24. Amatulli G., Rodrigues M. J., Trombetti M., Lovreglio R., 2006: Assessing long-term fire risk at local scale by means of decision tree technique. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 111(4), 1–15. <http://doi.org/10.1029/2005JG000133>
  25. Oliveira S., Oehler F., San-Miguel-Ayaz J., Camia A., Pereira, J. M. C., 2012: Modeling spatial patterns of fire occurrence in Mediterranean Europe using multiple regression and random Forest. *Forest Ecology and Management*, 275, 117–129. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.03.003>.

Lorent ̄ et al.: Evaluarea hazardului la incendii de pădure...

---

26. Koutsias N., Allgöwer B., Kalabokidis K., Mallinis G., Balatsos P., Goldammer J. G.: 2016: Fire occurrence zoning from local to global scale in the European Mediterranean basin: Implications for multi-scale fire management and policy. *iForest*, 9(APR2016), 195–204. <http://doi.org/10.3832/ifor1513-008>
27. Setul de date Corine Land Cover. Disponibil online la: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2006?tab=download>. (Accesat 15.11.2018).
28. Camia A., Durrant T., San-Miguel-Ayanz J., 2013: Harmonized classification scheme of fire causes in the EU adopted for the European Fire Database of EFFIS. Executive report, Joint Research Center, Luxembourg, Publications Office of the European Union, doi:10.2788/86859.
29. Schmuck G., San-Miguel-Ayanz J., Durrant T., Boca R., Libertá G., Petroliaĝkis T., Di Leo M., Rodrigues D., Boccacci F., 2014: Forest fires in Europe, Middle East and North Africa 2014, JRC Technical Reports, Joint Research Centre and Directorate-General Environment, Luxembourg, 107 p.



## Stelian Munteanu - 100 de ani de la naștere

Ioan Clinciu<sup>a,b,\*</sup>

<sup>a</sup>Departamentul de Exploatare forestiere, amenajarea pădurilor și măsurători terestre, Facultatea de Silvicultură și exploatare Forestiere, Universitatea Transilvania din Brașov, Șirul Beethoven, nr. 1, Brașov 500123, România. <sup>b</sup>Academia de Științe Agricole și Silvicultură, B-dul Mărăști nr. 61, București 011464, România.

### REPERE

- Titular al disciplinei Corectarea torenților la Facultatea de Silvicultură și exploatare forestiere - Universitatea din Brașov, din anul 1948 până în anul 1981;
- Membru corespondent al Academiei de Științe Agricole și Silvicultură din anul 1974;
- Vicepreședinte (1967-1970), președinte (1970-1982) și președinte de onoare (1982-1990) al Grupului de lucru pentru amenajarea bazinelor hidrografice montane din cadrul Comisiei Europene a Pădurilor.

### INFORMAȚII ARTICOL

Istoricul articolului:  
Manuscris primit la: 13 septembrie 2018  
Primit în forma revizuită: 07 noiembrie 2018  
Acceptat: 8 noiembrie 2018  
Număr de pagini: 4 pagini.

Tipul articolului:  
Comunicare

Editor: Stelian Alexandru Borz

### Cuvinte cheie:

*Sesiune omagială  
Centenarul nașterii  
Personalitate marcantă  
Creator de școală  
Recunoaștere internațională*

### Keywords:

*Honorary Session  
Birth Centenary  
Remarkable Personality  
School Establisher  
International Recognition*

### REZUMAT GRAFIC



### REZUMAT

În data de 6 septembrie 2018 s-a desfășurat în Aula Academiei Române sesiunea omagială „Contribuții ale profesorului Stelian Munteanu, membru al Academiei Române, la progresul amenajării bazinelor hidrografice torențiale”, cu prilejul împlinirii a 100 de ani de la nașterea acestuia. Prin alocuțiunile omagiale și comunicările științifice din programul sesiunii, s-au proiectat în contemporaneitate elementele definitorii ale tabloului de viață și de carieră ale silvicultorului Stelian Munteanu, insistându-se asupra dimensiunilor personalității sale și asupra contribuțiilor aduse la progresul amenajării bazinelor hidrografice torențiale. În condițiile specifice perioadei de dinaintea anului 1989, Stelian Munteanu a reușit să se afirme puternic dincolo de granițele țării și să dobândească o largă recunoaștere europeană și internațională, ca specialist de prim rang în domeniul amenajării bazinelor hidrografice torențiale, ca profesor universitar de cea mai înaltă ținută, creator de școală în domeniu, ca om de știință total dedicat specialității sale, deschizător de noi drumuri în cercetarea științifică fundamentală și aplicativă. Rămâne în memoria posterității prin contribuțiile cuprinse în cele peste 200 de lucrări elaborate și prin opera pe care a înfăptuit-o pe teren, în raza miilor de bazine hidrografice torențiale dotate cu lucrări hidrotehnice de corectare a torenților și lucrări de ameliorare silvică a terenurilor degradate.

## IN MEMORIAM

În data de 6 septembrie 2018, în Aula Academiei Române, s-a desfășurat sesiunea omagială dedicată profesorului Stelian Munteanu, membru al Academiei Române, cu prilejul împlinirii a 100 de ani de la nașterea acestuia. Sesiunea a fost organizată de Academia Română (Secția de științe agricole și silvice), Academia de Științe Agricole și Silvicultură „Gh. Ionescu-Șișești” - ASAS (Secția de silvicultură), Universitatea Transilvania din Brașov (Facultatea de silvicultură și exploatarea forestieră) și Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Silvicultură (INCDS) „Marin Drăcea”. Au participat academicieni, membri ai ASAS, cadre didactice din învățământul superior (Brașov, București, Cluj-Napoca), specialiști din INCDS și din alte unități de profil din domeniul silviculturii, agriculturii și gospodăririi apelor, foști colaboratori și foști studenți ai profesorului Stelian Munteanu. În cuvântul rostit la deschiderea sesiunii, academicianul Cristian Hera, președintele Secției de științe agricole și silvice a Academiei Române, a omagiat personalitatea profesorului Stelian Munteanu, membru al Academiei Române (ales la data de 1 martie 1974), subliniind contribuția adusă de acesta la progresul amenajării bazinelor hidrografice torențiale, la fundamentarea și dezvoltarea unei silviculturi pe baze hidrologice și, implicit, ecologice. În atenția auditoriului au fost aduse și unele îngrijorări privitoare la starea actuală a pădurilor României. În alocuțiunea omagială susținută de academicianul Victor Giurgiu s-a evidențiat adevărul potrivit căruia *„fondatorul școlii românești de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale a rămas în memoria posterității prin opera sa durabilă, prin personalitatea sa puternică și inegalabilă, prin modul său de a gândi și crea valori trainice (...). Reușita de excepție a acestuia se poate explica (și) prin faptul că orice concepție, metodă, procedeu sau inovație nu a rămas doar în pagini de reviste, cursuri, tratate și monografii, ci prin propriile sale stăruințe, i s-a dat viață, a fost transpusă în practică, antrenând și stimulând în acest scop instituții de specialitate, specialiști din domeniu, colaboratori și chiar studenți”*. Programul sesiunii a continuat cu prezentarea următoarelor comunicări științifice: *„Profesorul Stelian Munteanu, personalitate marcantă a învățământului superior silvic, creator al școlii românești de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale”* (Prof. Aurel Rusu, Prof. Ioan Clinciu, Conf. Mihai Daniel Niță), *„Integrarea învățământului superior silvic cu practica amenajării bazinelor hidrografice torențiale, preocupare de seamă a profesorului Stelian Munteanu”* (Dr. Șerban Davidescu, Dr. Viorel Popovici, Ing. Vasile Oprea), *„Rolul pădurii în amenajarea bazinelor hidrografice torențiale în concepția profesorului Stelian Munteanu”* (Prof. Ion I. Florescu, Dr. Șerban Davidescu, Dr. Nicu Constantin Tudose), *„Contribuții pe plan internațional ale profesorului Stelian Munteanu în domeniul amenajării bazinelor hidrografice torențiale”* (Prof. Ioan Clinciu, Conf. Mihai Daniel Niță, Dr. Nicu Constantin Tudose). În încheierea manifestării a fost lansat volumul omagial: *Stelian Munteanu (1918-1990) - Viața și opera, la împlinirea a 100 de ani de la naștere* (Ed. Ioan Clinciu). Referatul de prezentare l-a avut ca autor pe profesorul Ion I. Florescu.

Fiind vorba de o omagiere centenară și având în vedere că profesorul omagiat, Stelian Munteanu, a fost un devotat autor și membru în Colegiul de redacție al Revistei Pădurilor, contribuind la creșterea prestigiului pe plan intern și internațional al acestei seculare publicații forestiere, vom reaminti cititorului câteva fragmente de viață și de carieră profesională, precum și contribuțiile de seamă aduse la progresul amenajării bazinelor hidrografice torențiale. Născut la 6 august 1918, în comuna Sânpetru din județul Brașov, Stelian Munteanu a urmat școala primară în

## Clinciu I.: Stelian Munteanu - 100 de ani de la naștere

localitatea natală, după care fost admis la renumitul liceu „Andrei Șaguna” din Brașov, pe care l-a absolvit în anul 1937. În perioada 1938-1942 a efectuat studiile universitare la Politehnica din București, Secția silvică (devenită ulterior Facultatea de Silvicultură). Tot aici, între anii 1943 și 1945, și apoi în perioada 1947-1948, a urmat cursurile Facultății de Construcții - Secția hidrotehnică. Timp de peste 8 ani a profesat în producție, în cadrul Ministerului Agriculturii și Domeniilor și apoi în Ministerul Silviculturii, ca inginer responsabil cu problemele de corectarea torenților și ameliorarea terenurilor degradate, fiind, pe rând, șeful serviciului de Geniu forestier și șeful primului Șantier de corectarea torenților din România, de la Valea lui Bogdan (Sinaia, județul Prahova). De la reforma învățământului din 1948 și până în toamna anului 1981, a profesat neîntrerupt în învățământul silvic superior de la Brașov, fiind titularul următoarelor discipline: Drumuri și căi ferate forestiere (1948-1949), Corectarea torenților și respectiv Construcții civile și forestiere (1949-1952), Corectarea torenților (1952-1981). În intervalul 1950-1957 a fost șeful Catedrei de Corectarea torenților, iar în anul universitar 1953-1954 a îndeplinit funcția de decan al Facultății de Ameliorații Silvice din Institutul Forestier. Conducător științific de doctorat în specialitatea Corectarea torenților și ameliorarea terenurilor degradate a fost numit în anul 1965. Și-a susținut teza de doctorat în anul 1970. Pentru meritele sale științifice, în anul 1974, a fost ales membru corespondent al Academiei Române și membru titular al Academiei de Științe Agricole și Silvicultură. Ascensiunea pe plan internațional a fost marcată de cooptarea sa în Comitetul Executiv al Comisiei Europene a Pădurilor (din cadrul FAO) și de alegerea, în anul 1970, ca președinte al „Grupului de lucru pentru amenajarea bazinelor hidrografice montane”, funcție în care a fost reales, succesiv, de trei ori (în 1972, 1974 și în 1978). În anul 1982, a fost numit președinte de onoare al acestei organizații. S-a stins din viață la data de 7 aprilie 1990. Urmărind cronologic și analizând tematic opera silvicultorului Stelian Munteanu, pot fi remarcate trei categorii principale de contribuții și anume: reșezarea pe noi baze științifice, a amenajării bazinelor hidrografice torențiale; cristalizarea și dezvoltarea concepțiilor și metodelor de dimensionare a barajelor mici, de greutate, folosite în amenajarea rețelei hidrografice torențiale; fundamentarea, promovarea și afirmarea concepțiilor moderne în domeniul amenajării bazinelor hidrografice torențiale. Pentru toate aceste trei direcții, îl putem caracteriza pe cel omagiat într-o dublă ipostază: pe de o parte, putem spune că a fost omul potrivit la timpul potrivit, deoarece a găsit soluții originale la problemele concrete de atunci ale domeniului; pe de altă parte, putem spune că a fost și un om înaintea timpului, întrucât previziunile sale științifice s-au bucurat de validare odată cu scurgerea anilor. Pădurea, silvicultura și amenajarea bazinelor hidrografice torențiale constituie un trinom cu multiple reflectări în concepția profesorului Stelian Munteanu. Într-adevăr, datorită prestigiului și prestanței de care s-a bucurat în cercul larg al silvicultorilor, Stelian Munteanu a influențat benefic nu numai politica dusă în activitatea de amenajare a torenților, ci și politica forestieră și politica privind refacerea și protecția mediului. Însăși activitatea de amenajare a torenților, căreia i s-a consacrat în totalitate, a fost concepută și dezvoltată ca o activitate inginerească indisolubil legată de valențele hidrologice și anti-erozionale ale pădurii. S-a statornicit astfel *principiul primordialității lucrărilor biologice și biotehnice în raport cu cele hidrotehnice* și s-a anticipat, cu multe decenii în urmă, ideea, astăzi atât de modernă, a realizării unui echilibru între funcțiile atribuite pădurii, prin îmbinarea cât mai echilibrată a avantajelor economice cu cele ecologice și sociale. Cu ocazia simpozionului organizat de IUFRO la București în anul 1969, pe tema „Amenajarea pădurilor cu funcții hidrologice și sociale”, Stelian Munteanu a dezvoltat ideea „Responsabilității omului în fața peisajului geografic”, scoțând în evidență rolul arborelui ca factor primordial al echilibrului fizic al muntelui, subliniind importanța funcțiilor hidrologice ale pădurii și scriind apăsător despre consecințele despăduririlor, pe care le descria ca realități îngrijorătoare, alături de poluarea apelor, de poluarea atmosferei



## Clinciu I.: Stelian Munteanu - 100 de ani de la naștere

și de efectele negative ale turismului. În același context, profesorul aducea argumente convingătoare atunci când își exprima propria opinie vis-a-vis de rolul pe care pădurea îl poate juca în conservarea funcțiilor hidrologice. El scria următoarele: „*pădurea întârzie scurgerea superficială și favorizează infiltrația, asigurând o bună protecție a solului, dar și debite constante de apă limpede. (...) după reîmpădurire, aceiași torenți, unde sursele de apă (izvoarele) dispăruseră, se transformă încetul cu încetul în mici cursuri permanente de apă, care cu timpul își recâștigă echilibrul hidrologic (...). Acesta este echilibrul din timpul scurgerii la care noi ne gândim când afirmăm că de modul de gospodărire a pădurii din punctul de vedere al conservării funcțiilor hidrologice depinde regimul cursurilor de apă*”.

Îndelungata și prodigioasă activitate didactică, anvergura operei și originalitatea actului de creație, contribuțiile remarcabile la crearea școlii moderne românești de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale, participarea la fundamentarea unor măsuri de politică forestieră și, nu în ultimul rând, prezența și manifestarea activă în viața științifică a țării, l-au apropiat pe profesorul Stelian Munteanu nu numai de galoanele celei mai înalte consacrări naționale, ci și de o binemeritată prețuire și recunoaștere internațională. Pentru reușita acestui demers în profesiune, rolul cel mai important l-au jucat reuniunile de specialiști desfășurate sub egida diverselor organisme ale F.A.O., acolo unde profesorul Stelian Munteanu avea să devină, rând pe rând, membru în Comisia Europeană a Pădurilor (inclusiv în Comitetul ei executiv), vicepreședinte, președinte și apoi președinte de onoare al „Grupului de lucru pentru amenajarea bazinelor hidrografice montane”. Cu ocazia manifestărilor acestor organizații, profesorul Stelian Munteanu a întocmit (singur sau împreună cu cei mai apropiați colaboratori) și a prezentat peste 30 de rapoarte și/sau lucrări științifice, fiind cunoscut și recunoscut, timp de peste trei decenii (1958-1990), ca una dintre cele mai prestigioase personalități europene ale domeniului. Cât de apreciată și prețuită i-a fost prestația la nivel internațional o demonstrează faptul că, la încheierea mandatului de președinte al Grupului de lucru (în anul 1982), a fost investit, în continuare, cu calitatea de președinte de onoare a organizației pe care a condus-o timp de aproape 13 ani. Într-o scrisoare ce i-a fost transmisă cu acea ocazie de către M. A. Flores Rodas, pe atunci director general adjunct al F.A.O. și șef al Departamentului Pădurilor, se subliniau următoarele: „*Datorită marelui Dvs. interes, capacității și eforturilor Dvs., Grupul de lucru a făcut excelente progrese și a adus o contribuție importantă la activitățile noastre în domeniul bazinelor hidrografice montane; pentru aceasta Departamentul Pădurilor vă este recunoscător. În timpul sesiunii (n.n. sesiunea a 13-a, din Italia) membrii Grupului și-au amintit de Dumneavoastră ca de un excelent președinte, cu foarte largi cunoștințe și înalte calități umane, și ați fost numit în unanimitate Președinte de Onoare.*”

Onorante pentru persoana sa, dar și pentru școala românească - al cărui arhitect și lider incontestabil a fost timp de aproape 40 de ani - aceste recunoașteri și aprecieri îl așază pe profesorul Stelian Munteanu în galeria celor mai ilustre personalități ale învățământului superior silvic și științei silvice românești și europene din a doua jumătate a secolului XX, personalități care, prin vizionarismul lor, au descoperit și slujit adevărul științific, au creat pentru viitor. Iată de ce, la încheierea primei comunicări din cadrul programului, odată cu reafirmarea prinosului de recunoștință față de profesorul și silvicultorul omagiat cu prilejul centenarului, autorii s-au adresat respectuos Academiei Române cu propunerea ca STELIAN MUNTEANU să fie înscris în portofoliul personalităților academice care, în condițiile specifice perioadei de dinaintea anului 1989, au reușit să se afirme puternic dincolo de granițele țării și să dobândească o largă recunoaștere europeană și internațională în ramura de știință pe care au slujit-o.