

**METODĂ DE EVALUARE A  
RISCURILOR ÎN INDUSTRIE CU  
PRIVIRE LA IMPACTUL  
ASUPRA MEDIULUI  
ÎNCONJURĂTOR**

**Daniela Dorina Bodor (Fülöp),**  
*Universitatea Tehnică, Cluj-Napoca,*  
*ROMÂNIA*

**Tiberiu Rusu,** *Universitatea Tehnică,*  
*Cluj-Napoca, ROMÂNIA*

**Dan Viorel,** *Universitatea Tehnică,*  
*Cluj-Napoca, ROMÂNIA*

**RISK ASSESSMENT METHOD  
REGARDING TO  
ENVIRONMENTAL IMPACT IN  
INDUSTRY**

**Daniela Dorina Bodor (Fulop),**  
*Technical University, Cluj-Napoca,*  
*ROMANIA,*

**Tiberiu Rusu,** *Technical University,*  
*Cluj-Napoca, ROMANIA*

**Dan Viorel,** *Technical University,*  
*Cluj-Napoca, ROMANIA*

**ABSTRACT**

Lucrarea prezintă o metodă simplă și accesibilă de evaluare a riscurilor din industrie cu privire la impactul asupra mediului înconjurător. Metoda este aplicabilă în ramurile industriale în care poluarea reprezintă un risc major pentru mediul înconjurător. Metoda poate fi aplicată cu succes în următoarele ramuri industriale: petrochimie, chimie, metalurgie, celuloză și hârtie. Metoda propusă se bazează pe determinarea cantitativă a nivelului de risc/securitate pentru un sistem al procesului de producție pe baza analizei sistemice și evaluării riscurilor cu impact asupra mediului înconjurător.

Aplicarea metodei de evaluare a riscurilor se finalizează cu un document centralizator (fișa de evaluare a sistemului), care cuprinde nivelul de risc global pentru sistemul analizat care constituie baza fundamentării programului de prevenire a poluării mediului înconjurător din industrie datorită unor defecțiuni tehnice sau erori umane.

Avantajele metodei de evaluare propuse sunt:

Metoda de evaluare a riscurilor propusă cu privire la impactul asupra mediului înconjurător este ieftină, accesibilă și ușor de implementat de către specialiștii din orice companie din industrie.

Această metodă permite identificarea riscurilor care au consecințe grave asupra mediului înconjurător, evaluarea riscurilor se finalizează cu un document final care cuprinde măsurile propuse, fiind notate măsurile propuse pentru reducerea sau eliminarea riscurilor inacceptabile cu termene clare de finalizare și responsabilități.

**CUVINTE CHEIE:** evaluare risc, impact asupra mediului înconjurător, industrie

**ABSTRACT**

This paper presents a simple and accessible risk assessment regarding to environmental impact in industry.

The method is applicable in industries where pollution is a major risk for environment. The method can be successfully applied in the following industries: petrochemical, chemical, metallurgy, pulp and paper.

The proposed method of quantitative determination of the risk/safety level for a production system is based on systemic analysis and risk assessment considering the risks of possible environmental impact. Applying risk assessment concludes with a summary document (job evaluation system), which includes the global risk analysis system which is based on the rationale of the program to prevent environmental pollution accidents due technical failure or human error in industry.

Advantages of the proposed evaluation method:

The proposed method of risk assessment on environmental impact is cheap, accessible and easily implemented by experts of any company of industry.

This method allows to identify risks that can have serious consequences on the environment, risk assessment ending with a summary of proposed measures, in which are notated the measures proposed to reduce /eliminate unacceptable risks with clear deadlines and responsibilities.

**KEYWORDS:** risk assessment, environmental impact, industry.

## 1. INTRODUCERE

Conceptul de risc este caracterizat de cuplul probabilitate (frecvență) de apariție/gravitatea consecințelor aplicat unui fenomen aleator.

Se poate defini astfel din punct de vedere teoretic o curbă de acceptabilitate a riscului (figura 1). [1]

## 1. INTRODUCTION

The concept of risk is characterized by torque probability (frequency) of occurrence / severity of the consequences applied to a random phenomenon.

Can be defined as the theoretical risk acceptability curve (figure 1). [1]

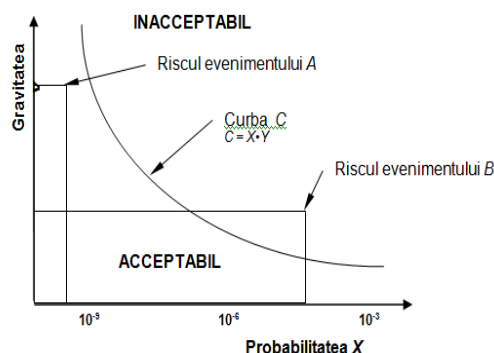


Figura 1. Curba de acceptabilitate a riscului  
Figure 1. Risk acceptability curve

Această curbă permite să facem diferența între riscul acceptabil și riscul inacceptabil.

Un risc (eveniment) important se poate reprezenta grafic prin intermediul unui punct care are coordonate corespunzătoare „probabilității” producerii evenimentului (X) și gravității (mărimea) pierderilor (Y).

În această ipostază, riscul corespunde evenimentului „A”, care are o probabilitate foarte scăzută de realizare dar cu consecințe grave, corespunde unui risc acceptabil, în timp ce riscul corespunzător evenimentului „B” din grafic, cu consecințe mai puțin grave dar care are o probabilitate ridicată de realizare, corespunde unui risc inacceptabil.

Elementele riscului sunt prezentate în figura 2.

Acceptability curve allows distinguishing between acceptable and unacceptable risk. Risk (event) is important plot point that is through an appropriate coordinated "likelihood" of the event (X) and severity (size) loss (Y).

In this situation, the risk corresponds to the event "A", which has a very low probability but serious consequences of achievement equals an acceptable risk, while the corresponding risk event "B" from the chart, with less serious consequences but is high probability of achieving equals an unacceptable risk.

The risk based maintenance and continuous monitoring of equipments stage are in close interdependence, which is the only counterwork solution of unexpected breakdowns appearance.

The determination produced risk of damage and technical unexpected breakdowns are realized with the risk matrix depending on gravity and probability of damages appearance. [2]

Risk items are shown in figure 2.

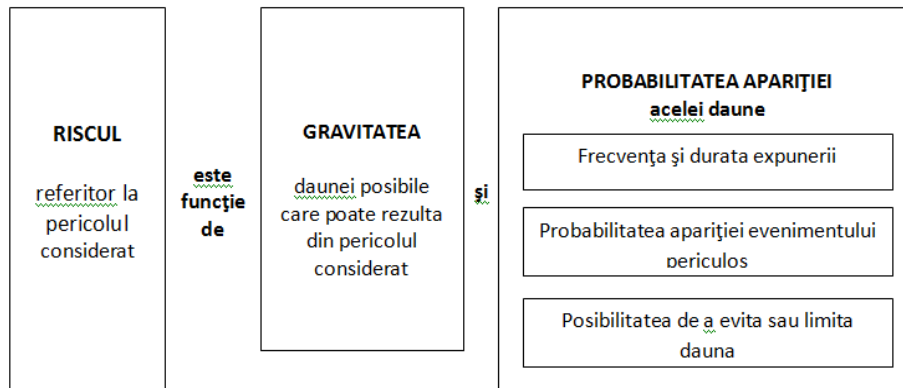


Figura 2. Elementele riscului  
Figure 2. Risk elements

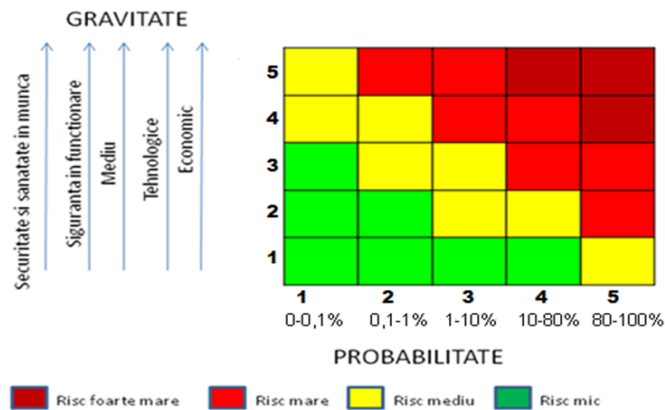


Figura 3. Matricea de risc  
Figure 3. The risk matrix

Mentenanța pe bază de risc și stadiul de monitorizare continuă a echipamentelor sunt în strânsă interdependență, aceasta constituind soluția de contracarare a apariției defecțiunilor accidentale.

Determinarea riscului producerii unor deteriorări și staționări accidentale se realizează cu ajutorul matricei de risc care depinde de gravitatea și probabilitatea apariției deteriorărilor.

Matricea de risc este prezentat în figura 3. Etapele de implementare a mentenanței pe bază de risc sunt următoarele:

- identificarea elementelor componente ale echipamentelor și funcțiunile acestora;
- identificarea probabilității ca un component să nu funcționeze corect și posibilele deteriorări a componentei echipamentului;

The implementation stages of risk based maintenance are the following:

- identified the component elements and functions of the equipments;
  - identified the probability that this component element functions not accomplished, and the possible damages of the equipment elements;
  - the analysis of probability and risk produce damage at the equipment elements;
  - identified the causes of damage risk appearance and solutions to avoid the risk appearance;
  - establish maintenance process for equipments protection avoiding the failure risk appearance and planning the specific demands for avoiding risks;
- Risk assessment method presented applies

-analiza probabilității și a riscului producerii deteriorărilor la componenta echipamentului;  
-identificarea cauzelor apariției riscului de deteriorare și a soluțiilor de evitare a apariției riscului;

-stabilirea procesului de mentenanță pentru protecția echipamentului evitând apariția riscului de defectare și planificarea acțiunilor specifice pentru evitarea riscurilor;

Metoda de evaluare a riscurilor prezentată se aplică în primul rând sistemelor industriale care au în componență [2]:

- cazane și recipienti sub presiune;
- turnuri și rezervoare de stocare sau de răcire sub presiune;
- pompe și compresoare;
- armături industriale (ventile, robineti, clapeti, supape de presiune);
- conductele aferente instalațiilor sub presiune, dispozitivele de siguranță a instalațiilor sub presiune;

Metoda de determinare cantitativă a nivelului de risc a unui sistem de producție din industrie a fost elaborată de autor având la bază metoda de determinare a nivelului de risc pentru riscurile de accidentare și îmbolnăvire profesională a lucrătorilor, realizată de Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Protecția Muncii "Alexandru Darabont" (INCDPM) București; Determinarea cantitativă a nivelului de risc/securitate pentru un sistem al procesului de producție pe baza analizei sistemice și evaluării riscurilor după următoarele criterii:

- impactul deteriorărilor, accidentelor tehnice ale sistemului asupra mediului înconjurător;
- impactul financiar al deteriorărilor și staționărilor sistemului analizat;

Aplicarea metodei de evaluare a riscurilor se finalizează cu un document centralizator (fișa de evaluare a sistemului), care cuprinde nivelul de risc global pentru sistemul analizat acesta constituind baza fundamentării programului de prevenire a staționărilor accidentale, a accidentelor de muncă și îmbolnăvirilor profesionale pentru lucrătorii din procesul de producție, a poluării mediului înconjurător în urma unor accidente tehnice și a pierderilor financiare datorate pierderilor de

primarily industrial systems are made up of [2]:

- boilers and pressure vessels;
- towers and storage or cooling tanks under pressure;
- pumps and compressors,
- industrial fittings (shutters, valves, clack valves, pressure control valves);
- the installation of pressure piping, safety devices pressure installations;

This method of risk assessment after two categories of analysis can be applied to the industrial systems specific pulp and paper industry, metallurgy, chemicals and petrochemicals.

Method of quantitative evaluation of the risk level of a system of production of industry was developed by the author based on the method of determining the risk level for risk of injury and illness of workers, realized by the National Institute of Research on Occupational Safety Alexandru Darabont (NIROSAD) Bucharest.

Quantitative determination of the level of risk/ safety for a system of production based on systemic analysis and risk assessment following criteria:

- environmental impacts of the system damages, technical accidents;
- financial impact of damages and stops of the analyzed system;

Applying the risk assessment ends with a summary document (schedule of evaluation of the system), which includes the global risk analysis system which is based prevention program accidental stops, work accidents and occupational diseases for workers of production process, environmental pollution accidents.

Security level for a job is inversely proportional to the level of risk. [3]

To identify the risk factors of the examined system, through a technological process will follow the next steps [4]:

1. Defining the system to be analyzed;
2. Identifying risk factors of system;
3. Risk assessment of environmental pollution and economic and financial risk;
4. Prioritize risks and establish priorities for

producție și refacerii sistemului deteriorat. Nivelul de securitate pentru un loc de muncă este invers proporțional cu nivelul de risc [3]. Pentru identificarea factorilor de risc a sistemului analizat din cadrul unui proces tehnologic se vor parcurge următoarele etape [4]:

1. Definirea sistemului care urmează a fi analizat;
2. Identificarea factorilor de risc din sistem;
3. Evaluarea riscurilor de poluare a mediului înconjurător precum și a riscurilor economico-financiare;
4. Ierarhizarea riscurilor și stabilirea priorităților de prevenire;
5. Propunerea măsurilor de prevenire;

## 2. INSTRUMENTE DE LUCRU UTILIZATE PENTRU EVALUAREA RISCULUI

1. Determinarea și înregistrarea pe o scală de la 1 la 5 a cunoștințelor despre sistemul (echipament, instalație) evaluat.

Determinarea și înregistrarea cunoștințelor despre sistemul (echipament, instalație) evaluat cuprinde :

- Proiect tehnic, materiale folosite, tipul și anul de fabricație;
  - Istoricul echipamentului privind parametri de funcționare și încărcările acestuia;
  - Istoricul echipamentului referitor la inspecții, modul de funcționare și timpul trecut de la ultima inspecție pe bază de risc;
  - Mediul de lucru în care funcționează echipamentul sau instalația evaluată;
  - Mecanisme de deteriorare și rata de deteriorare a componentelor echipamentului evaluat;
2. Evaluarea și înregistrarea pe o scală de la 1 la 5 a deteriorărilor datorate erorilor de proiectare și a stării de funcționare a sistemului în urma efectuării inspecției pe bază de risc.
3. Scala de cotare a gravității consecințelor defecțiunilor asupra mediului înconjurător (figura 4)
4. Scala de cotare a gravității consecințelor

prevention;

5. Prevention proposal;

## 2. TOOLS USED FOR RISK ASSESSMENT

1. Determination and recording on a scale of 1-5 of knowledge about the system (equipment and installation) rated.

Determination and recording of knowledge about the system (equipment and installation) evaluated include:

- Technical design, materials used, type and year of manufacture;
  - History of equipment and loads its operating parameters;
  - Background on the inspection equipment, operation and the time elapsed since the last inspection based on risk;
  - Working environment in which they operate the evaluated machinery or plant;
  - Mechanisms of damage and deterioration rate of equipment parts evaluated;
2. Assessment and registration on a scale of 1-5 of the adverse effects of design errors and the state of the system from carrying out inspections based on risk.
3. Severity rating scale environmental consequences of failure (figure 4).
4. Rating scale of the severity of consequences of failures on economic and financial situation (figure 5).
5. Rating scale consequences of failure probability (figure 6).
6. Risk assessment grid ( figure 7).

defecțiunilor asupra situației economico-financiare (figura 5)

5. Scala de cotare a probabilității consecințelor defecțiunilor (figura 6)

6. Grila de evaluare a riscurilor (figura 7)

7. Scala de încadrare a nivelurilor de risc/securitate (figura 8)

8. Fișa de evaluare a sistemului de muncă

9. Fișa de măsuri propuse pentru evitarea riscului de producere a deteriorării componentelor sistemului evaluat

7. Scale of classification of the levels of risk/security (figure 8).

8. Assessment sheet of the working system.

9. Statement of proposed measures to avoid risk of damage of the evaluated system components.

CLASE DE GRAVITATE		GRAVITATEA CONSECINTELOR
CONSECINȚE		
1	NEGLIJABILE	- Pagube minore asupra mediului înconjurător
2	MICI	- Pagube locale de scurtă durată asupra mediului înconjurător ( t < 1 lună)
3	MEDII	- Durata pentru refacerea sistemului ecologic mai mic de doi ani
4	GRAVE	- Durata pentru refacere a sistemului ecologic este între 2-5 ani
5	MAXIME	- Durata pentru refacerea sistemului ecologic ( a solului sau a pânzei freatice) >5 ani

Figura 4. Scala de cotare a gravității consecințelor defecțiunilor asupra mediului înconjurător

Figure 4. Severity rating scale environmental consequences of failure

CLASE DE GRAVITATE		GRAVITATEA CONSECINTELOR
CONSECINȚE		
1	NEGLIJABILE	- efect scăzut asupra producției - existența de bypass-uri - capacitate de înlocuire a pieselor de schimb - impact financiar de până la 10.000 lei
2	MICI	- disponibilitatea procesului de producție compromis - producție redusă datorită defecțiunilor - impact financiar între 10.000 lei și 100.000 lei
3	MEDII	- stagnarea producției de la 2,5 la 12 ore - producția pierdută de 2.500-5000 de tone - impact financiar de la 100.000-500.000 lei
4	GRAVE	- stagnarea producției o zi - două zile - producția pierdută de 5000-50.000 de tone - impact financiar de 500.000-1.000.000 lei
5	MAXIME	- stagnarea producției între două - mai multe zile - producția pierdută mai mare de 50.000 tone - impact financiar de peste 1.000.000 lei

Figura 5. Scala de cotare a gravității consecințelor defecțiunilor asupra situației economico-financiare

Figure 5. Rating scale of the severity of consequences of failures on economic and financial situation

Nivelul de risc global acceptat este 2,5.

Condiție [3]:  $N_r \leq N_a$ ; ( $N_r$ - Nivelul de risc global calculat;  $N_a$ -Nivelul de risc global acceptat).

Nivelul de securitate global acceptat este 2,5.

Condiție:  $N_s \geq N_{sa}$ ; ( $N_s$ - Nivelul de securitate global calculat;  $N_{sa}$ -Nivelul de securitate global acceptat).

Accepted level of global risk is 2,5.

Condition [3]:  $N_r \leq N_a$  ( $N_r$  - Calculated level of global risk;  $N_a$ - Accepted level of global risk).

Accepted level of global security is 2,5.

Condition:  $N_s \geq N_{sa}$  ( $N_s$ -Calculated level of global security;  $N_{sa}$ - Accepted level of global security).

CLASE DE PROBABILITATE		PROBABILITATEA CONSECINTELOR (frecvența probabilă de producere a consecințelor)	
EVENTIMENTE			
1	EXTREM DE RARE	Extrem de mică	$P > 5$ ani
2	FOARTE RARE	Foarte mică	$2 \text{ ani} < P < 5 \text{ ani}$
3	RARE	Mică	$1 \text{ ani} < P < 2 \text{ ani}$
4	FRECVENTE	Medie	$1 \text{ lună} < P < 1 \text{ ani}$
5	FOARTE FRECVENTE	Foarte mare	$P < 1 \text{ lună}$

Figura 6. Scala de cotare a probabilității consecințelor defecțiunilor  
Figure 6. Rating scale consequences of failure probability

		CLASE DE PROBABILITATE				
		1	2	3	4	5
		EXTREM DE RAR	FOARTE RAR	RAR	FRECVENT	FOARTE FRECVENT
CLASE DE GRAVITATE	CONSECINȚE	$P > 5 \text{ ani}$	$2 \text{ ani} < P < 5 \text{ ani}$	$1 \text{ ani} < P < 2 \text{ ani}$	$1 \text{ luna} < P < 2 \text{ ani}$	$P < 1 \text{ an}$
5	MAXIME	(5,1)	(5,2)	(5,3)	(5,4)	(5,5)
4	GRAVE	(4,1)	(4,2)	(4,3)	(4,4)	(4,5)
3	MEDII	(3,1)	(3,2)	(3,3)	(3,4)	(3,5)
2	MICI	(2,1)	(2,2)	(2,3)	(2,4)	(2,5)
1	NEGLIJABILE	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	(1,5)

Figura 7. Grila de evaluare a riscurilor  
Figure 7. Risk assessment grid

NIVEL DE RISC		CUPLUL GRAVITATE - PROBABILITATE	NIVEL DE SECURITATE
1	MINIM	(1,1) (1,2) (1,3) (1,4) (1,5) (2,1)	5 MAXIM
2	MIC	(2,2) (2,3) (2,4) (3,1) (3,2) (4,1)	4 MARE
3	MEDIU	(2,5) (3,3) (3,4) (4,2) (5,1)	3 MEDIU
4	MARE	(3,5) (4,3) (4,4) (5,2) (5,3)	2 MIC
5	MAXIM	(4,5) (5,4) (5,5)	1 MINIM

Figura 8. Scala de încadrare a nivelurilor de risc/seguritate  
Figure 8. Scale of classification of the levels of risk/security

Fișa de evaluare a sistemului de muncă este documentul centralizator al tuturor operațiilor de identificare și evaluare a riscurilor de defecțare pe cele două categorii și anume:

- impactul asupra mediului înconjurător;
- impactul economico-financiar;

Nivelul de risc global ( $N_r$ ) pentru un sistem (instalație, echipament, etc.) se calculează ca o medie ponderată a nivelurilor de risc ( $R_i$ )

Assessment sheet of the working system is summary document of all the operations for identifying and assessing the risks of failure on the two categories namely: environmental impact; financial impact of damage and stops. Overall risk level ( $N_r$ ) for a system (plant, equipment, etc.) is calculated as a weighted average of risk levels ( $R_i$ ) established risk factors identified.

stabilite pentru factorii de risc identificați. Pentru ca rezultatul obținut să reflecte cât mai exact posibil realitatea, se utilizează ca element de ponderare rangul factorului de risc ( $r_i$ ), care este egal cu nivelul de risc. Formula de calcul al nivelului de risc global este următoarea [1]:

$$N_r = \frac{\sum_{i=1}^n r_i \cdot R_i}{\sum_{i=1}^n r_i} \quad (1)$$

Nivelul de securitate ( $N_s$ ) pe loc de muncă se identifică pe Scala de încadrare a nivelurilor de risc/securitate. Atât nivelul de risc global, cât și nivelul de securitate se înscriu în Fișa de evaluare a sistemului de muncă.

Pentru stabilirea măsurilor necesare îmbunătățirii nivelului de securitate al sistemului de muncă analizat se impune luarea în considerare a ierarhiei riscurilor evaluate, conform Scalei de încadrare a nivelurilor de risc/securitate a muncii, în ordinea:

- 5 – 1 dacă se operează cu nivelurile de risc;
- 1 – 5 dacă se operează cu nivelurile de securitate.

Măsurile propuse se înscriu în Fișa de măsuri de prevenire propuse.

### 3. CONCLUZII

În lucrarea de față am căutat găsirea unei metode de evaluare a riscurilor de defectare a instalațiilor tehnologice din industrie, precum și de evaluare a consecințelor acestor defecțiuni.

Metoda de evaluare a riscurilor propusă și prezentată în lucrare este o metodă ieftină, accesibilă și ușor de implementat de către specialiștii din mentenanță din România.

**Notă:** Această lucrare a beneficiat de suport financiar prin proiectul "Studii doctorale în științe inginerești în scopul dezvoltării societății bazate pe cunoaștere - SIDOC", contract: POSDRU/88/1.5/S/60078, proiect cofinanțat din Fondul Social European prin

For the result to reflect reality as accurately as possible, be used as an element of risk factor weighting rank ( $r_i$ ), which is equal to the risk level.

The formula for calculating the overall risk level is as follows [1]:

Security level ( $N_s$ ) on job classification scale to identify levels of risk/safety.

The overall level of risk and security level entered in the System work evaluation sheet.

To establish the necessary measures to improve safety at work system should be analyzed considering the hierarchy of risks assessed, according to the scale of employment levels of risk/safety aspects, in order [1]:

- 5 – 1 if operating with risk levels;
- 1 – 5 if operating with security levels;

Proposed measures will be included in Preventive measures proposed sheet.

### 3. CONCLUSIONS

In the present study we sought to find a method for assessing the risk of failure of technological facilities for industry and assessment of the consequences of these failures regarding to environmental impact in industry.

The proposed risk assessment method and reported in the paper is inexpensive, accessible and easy to implement by maintenance professionals in any enterprise from Romania.

**ACKNOWLEDGMENT:** This paper was supported by the project "Doctoral studies in engineering sciences for developing the knowledge based society-SIDOC" contract



Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013.

## BIBLIOGRAFIE

- [1]Alexandru, I., Metode de evaluare a riscurilor, Universitatea Tehnică Gheorghe Asachi, Iași, (2007).  
[2]Barratt, M., Risk based inspection, SKF Technology Conference, San Diego, SUA, (2005).  
[3]Băbuț, G., Metode de evaluare a riscurilor profesionale, Universitatea Petroșani, (2007).  
[4]Fulop, I., Gyenge, Cs., Fulop, D., Barisic, B., Some practical aspects of Risk Based Maintenance implementation in paper industry, 9th MTeM International Conference, Cluj-Napoca, (2009).  
[5]Wintle, J.B., Kenzie, B.W., Amphlett, G.J., Smalley, S., Best practice for risk based inspection as a part of plant integrity management, TWI and Royal &SunAlliance Engineering for the Health and Safety Executive, (2001).

no. POSDRU/88/1.5/S/60078, proiect co-fundat from European Social Fund through Sectorial Operational Program Human Resources 2007-2013.

## REFERENCES

- [1]Alexandru, I., Metode de evaluare a riscurilor, Universitatea Tehnică Gheorghe Asachi, Iași, (2007).  
[2]Barratt, M., Risk based inspection, SKF Technology Conference, San Diego, SUA, (2005).  
[3]Băbuț, G., Metode de evaluare a riscurilor profesionale, Universitatea Petroșani, (2007).  
[4]Fulop, I., Gyenge, Cs., Fulop, D., Barisic, B., Some practical aspects of Risk Based Maintenance implementation in paper industry, 9th MTeM International Conference, Cluj-Napoca, (2009).  
[5]Wintle, J.B., Kenzie, B.W., Amphlett, G.J., Smalley, S., Best practice for risk based inspection as a part of plant integrity management, TWI and Royal &SunAlliance Engineering for the Health and Safety Executive, (2001).