

Abordarea pe bază de risc – interfața dintre economiști și ingineri în evaluarea integrității structurale

Risk based approach - the interface between the economists and engineers in structural integrity assessment

L. Tóth

Bay Zoltán Institute for Logistics and Production Systems

Cuvinte cheie

Siguranță, fiabilitate, risc, evaluare fiabilitate, control periodic, supraveghere, sisteme expert, inspecție bazată pe risc, mentenanță centrată pe fiabilitate, metodologii de risc informatizate, evaluare integritate structurală, rafinării

1. Introducere

Cuvintele de bază ale duratei de viață din punct de vedere tehnico-economic sunt următoarele: **siguranță-fiabilitate** și **risc**. Este absolut corect că aceste cuvinte sunt forța conducătoare pentru activitățile efectuate în durata de viață din punct de vedere economic privat. **Siguranța** înșăși exprimă nivelul siguranței reale a sistemului (structură, echipament, etc.) cu o unitate de procent, deci ea nu se ocupă cu investiția și obiectele sale de cost. În expresia **fiabilității** sunt incluse toate uneltele care sunt folosite la estimarea siguranței, deci toate cunoștințele, instrumentele, programele software, costul experților, etc., deci acest obiect include toate obiectele de cost care sunt investite în evaluarea integrității structurale a sistemelor. Referitor la investiție suntem capabili să considerăm nivelul de risc al sistemelor care operează, deci probabilitatea de cedare (avarie) a sistemului (care nu are vreo unitate) ori consecințele, care pot fi exprimate în obiect de cost, în bani.

Dacă vorbim despre obiectele de cost investit (fiabilitatea) și riscul de operare, în ultima analiză vorbim despre cantitatea de bani care este investită și supusă riscului. Definirea un anumit optim este sarcina de bază la care privim pentru grupul de proprietari. Prin această abordare este definit principiul „investiției minime și a profitului maxim”.

Legat de evaluarea integrității structurale a componentelor ingineresti este necesară considerarea:

- o procesului de gradare care are loc în materiale în timpul condițiilor de operare date;
- o discontinuitățile existente, defectele care sunt în structuri și imperfecțiunile geometrice, și;
- o câmpurile (de tensiune-deformație, de temperatură, magnetice, etc.) care apar în structuri în timpul operării și condițiile de operare simulate.

Aceasta se arată în figura 1.

Întotdeauna este foarte importantă problema: cine este responsabil pentru fiabilitate sau nivelul de siguranță al sistemului: **economiștii** sau **inginerii**? În ultima perioadă de

Keywords

Safety, reliability, risk, reliability assessment, periodical control, supervision, expert systems, risk based inspection, reliability centred maintenance, risk informed methodologies, structural integrity assessment, refinery

1. Introduction

The basic words of the technical-economic life are the followings: **safety-reliability** and **risk**. It is absolutely true that these words are the driving forces for the activities made in privatized economical life. The **safety** itself expresses the level of actual safety of system (structure, equipment, etc.) with a unit of %, i.e. it does not dealing with investment and it's cost items. In the expression of **reliability** are included all the tools are used for estimation of safety, i.e. all the knowledge, instruments, software, cost of the experts, etc. i.e. this item includes all the cost items are invested into the structural integrity assessment of the systems. Against the investment we are able to consider the **risk** level of the operating systems, i.e. the probability of failure of the system (having no any unit) times of the consequences, which can be expressed in cost item, in money.

If we speaking about invested cost items (reliability) and operational risk in the last analysis we are speaking about the amount of money, which is invested and risked. To define some kind of optimum is the basic task which looking for in the owner's group. By this approach the “invest of minimum and the profit of maximum” principle is defined.

Relating to structural integrity assessment of engineering components it need to be considered the

- o damage process takes place in materials during a given operation conditions,
- o the existing discontinuities, flaws are in the structures and geometrical imperfections, and
- o the fields (stress-strain, temperature, magnetic, etc.) are raising in the structures during operation and simulated operation conditions.

This is shown in the Figure 1.

It is always very important question: who is responsible for the reliability, or the safety level of the system: the **economists**, or the **engineers**? During the last periods it can be observed that the role of the economists increased, i.e. in decision of the

Abordare bazată pe risc

timp se poate observa că rolul economiștilor a crescut, deci decizia fundamentată economic a siguranței, fiabilității, economiștii joacă un rol tot mai dominant. Această atitudine a

economical background of the safety, reliability the economists played more and more dominant role. This attitude has been strengthened in the privatisation process especially in the new

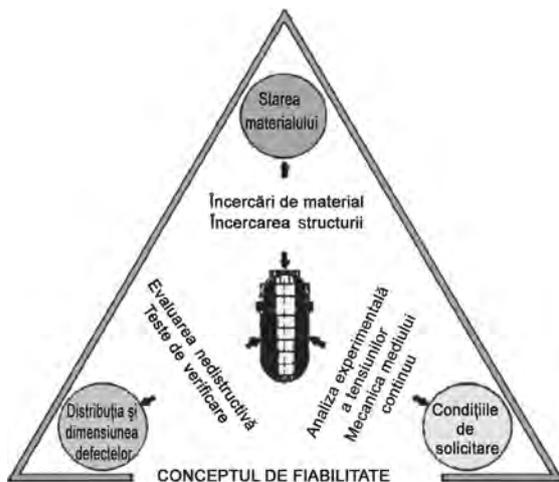


Figura 1. Obiectele conceptului de fiabilitate ale structurilor, sistemelor

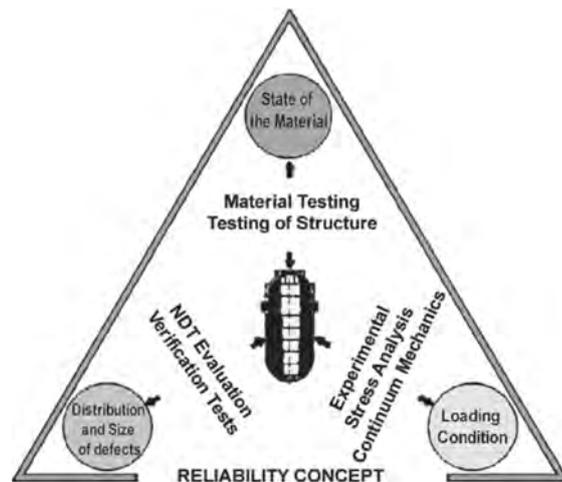


Figure 1. The items of the reliability concept of the structures, systems



Figura 2. Echilibrul dintre resursele necesare pentru determinarea nivelului de siguranță/fiabilitate și riscul de operare / Figure 2. Balance between the resources necessary for the determination of the level of safety/reliability and the operational risk

Abordare bazată pe risc

fost întărită în special în procesul de privatizare a noilor țări ale UE deoarece noii proprietari ar dori să obțină profit din investiții cât mai rapid posibil. În cazul bunurilor publice (guvernamentale) această ambiție are un fundament real deoarece la vechii proprietari s-a investit banul public în obiectele de evaluare a siguranței sistemelor. Banul public a fost întotdeauna „ban câștigat ușor”, deci eficiența sa a fost slabă. Aceasta se datorează faptului că costurile de mentenanță a diferitor instalații publice a fost în general supraestimat. Reducerea acestui obiect de cost stă la baza ambiției grupului de proprietari noi, privați. Principala problemă este: cum se poate face aceasta fără creșterea nivelului posibil de dezastru de mediu, care expun tot mai multe vieți omenești, etc. Poate fi folosită doar o soluție pentru găsirea și definirea căii cu eficiență de cost, aceasta fiind abordarea pe bază de risc! Aceasta este doar unealta pentru comunicarea economiștilor și inginerilor precum se arată în figura 2.

2. „Casa siguranței, fiabilității”

Toate instalațiile au diferite unități, echipamente, elemente, părți, precum se arată în figura 3.

Principala problemă este: cum se poate construi „casa evaluării siguranței, și fiabilității” pentru întregul sistem? Dacă am dori să o facem trebuie considerate anumite acțiuni, experiența de operare anterioară, și este necesară luarea deciziilor la diferite nivele. Aceasta se rezumă în figura 4.

EU-countries because of the new owners would like to receive the profit of the investments as quickly as possible. In the case of public (governmental) goods this ambition has a real background because at the earlier owners the public money had been invested into the assessment safety items of the systems. The public money was always „soft money”, i.e. it's effectivity was always weak. This is why the maintenance costs of different public plants were overestimated in general. Reduction of this cost item is the basic ambition of the new, private owners group. The main question is: how can it be done without increasing the level of possible environmental disasters, to expose more and more the human lives, etc. Only one solution can be used to find and define the cost effective way, i.e the risk based approach! This is only the tool for the communication of the economists and engineers as it is reflected on Figure 2.

2. The “house of the safety, reliability”

All the plants have different unites, equipments, elements, parts, as it is illustrated in Figure 3.

The main question is: how can be built up the „house of the safety, reliability assessment” of the whole system? If we would like to do it, it has to be considered some actions, the earlier operating experiences and it needs to be done decisions at different levels. These are summarized in Figure 4.

Prima etapă, deterministă în luarea deciziei este selectarea strategiei, deoarece ea depinde de nivelul tehnic real, ținta supravegherii. Aceasta este deoarece strategia depinde de timp, precum se arată în figura 5.

Din figura 5 se poate vedea exact că strategia modernă este riscul informatizat în armonia celor cu „eficiență de cost” precum

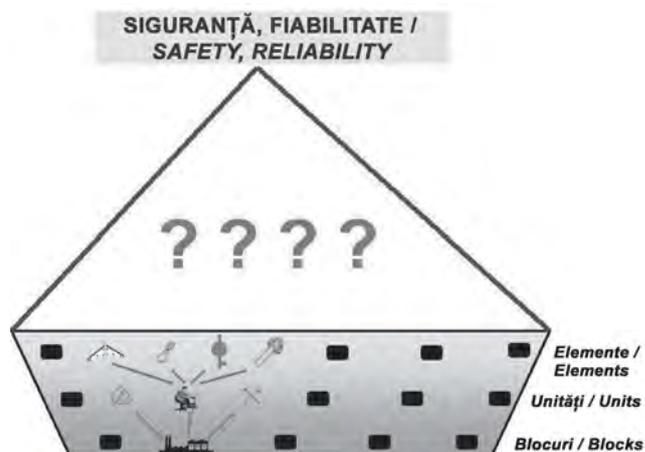


Figura 3. Structura de bază a instalațiilor ingineresti /
Figure 3. The basic structure of the engineering plants

The first and deterministic step in decisions is the selection of the strategy, because it depends on the actual technical level, the goal of the supervision. That is why the strategies are depending on time, as it is illustrated in Figure 5.



Figura 4. Nivelele de luare a deciziei în construcția
„casei siguranței și fiabilității” /
Figure 4. The decision-making levels in building up the
„house of the safety and reliability”



Figura 5. Dezvoltarea strategiilor de mentenanță /
Figure 5. Development of the maintenance strategies

s-a văzut în figura 1, deci conform cu interfața dintre punctele de vedere „ingineresc” și „economic”.

Selectarea strategiei, cea de-a doua etapă constă în analiza sistemului corespunzător funcțiilor și stărilor elementelor componente. Principala sarcină a elementelor este pe de o parte **de a fi sigure** și pe de alta de **a-și efectua funcția**. Nivelul de siguranță poate fi controlat de metodele de încercare selectate, controlul în timpul inspecțiilor periodice care consideră procesele de degradare care au loc în diferitele părți ale echipamentelor selectate. În acest caz trebuie să se răspundă la următoarele întrebări:

- Ce fel de proces de degradare poate fi realizat în echipamentul supravegheat?
- În care parte a echipamentului are el loc?
- Ce fel de procedeu de încercare este capabil să îl detecteze?
- Ce fel de calificare este necesară din partea specialiștilor?
- Cât de des se va controla? etc.

Aceste probleme sunt rezumate în figura 6.

Prin selectarea procedurilor de încercare, la efectuarea controlului ar putea fi detectate unele defecte, imperfecțiuni. Efectul lor asupra fiabilității echipamentului trebuie să fie evaluat.

It can exactly be seen in the Figure 5, that up to date strategy is the risk informed in harmony of the „cost effective” ones as it has been illustrated in Figure 1, i.e. according to the interface between the „engineering” and „economists” point of views.

Selecting the strategy, the second step is to analyse the system according to the functions and conditions of the consisting elements. The main task of the elements is on the one hand **to be safe**, and the other hand to **carry out its function**. The level of safety can be controlled by selected testing methods, control during periodical inspection considering the damage processes takes place in different parts of the selected equipments. In this case the following question needs to be answered:

- What kind of damage process can be realised in the supervised equipment?
- In which part of the equipment takes it place?
- What kind of testing procedure able to detect it?
- What kind of qualification is required from the specialists?
- How often needs to be controlled? etc.

These questions are summarized in Figure 6.

Selecting the testing procedures, performing the control some defects, imperfections could be detected. Their effects on

Abordare bazată pe risc

Pentru aceasta se poate folosi fie specialiști (experți) fie sistemele expert, precum se rată în figura 7.

Pentru a avea o imagine reală privind experiența în operare a sistemului, este evident că trebuie să fie considerate degradările și cedările anterioare și situațiile neprevăzute ale structurii. Acestea sunt disponibile fie sub format de hârtie fie electronic, precum se arată în figura 8.

Prin selectarea strategiei, efectuarea celor mai adecvate proceduri de încercare, detectarea imperfecțiunilor, evaluarea lor, analiza importanței echipamentelor selectate, estimarea probabilității lor de cedare, echipamentul poate fi pus într-o

reliability of the equipment have to be evaluated. For this either specialists or expert systems can be used, as the Figure 7 illustrates it.

In order to have a real picture about operating experiences of the system, structure it is obvious that the earlier damages, failures, unexpected situations have to be considered. These are available either in paper- or electronic forms, as it illustrates in Figure 8.

Selecting the strategy, performing the most suitable testing procedures, detecting imperfections, evaluating them, analysing the importance of the selected equipments,



Figura 6. Probleme de bază în proiectarea supravegheților periodice /
Figure 6. The basic questions in design of the periodical supervisions



Figura 7. Uneltele de evaluare a defectelor, imperfecțiunilor detectate /
Figure 7. The tools for evaluation of the detected flaws, imperfections



Figura 8. Experiența de operare anterioară, degradări, cedări anterioare ale sistemelor, echipamentelor /
Figure 8. The earlier operating experiences, damages, failures of the systems, equipments

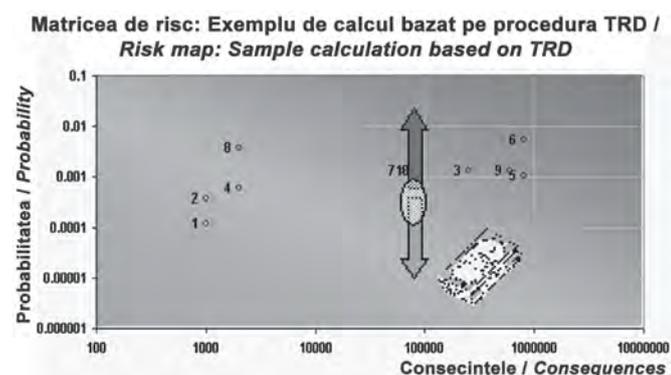


Figura 9. Decizii privind acceptabilitatea riscului /
Figure 9. Decisions about the acceptability of the risk

matrice de risc. Aceasta se arată în figura 9. Având poziția sa se poate decide dacă riscul este acceptabil sau nu. Dacă este acceptabil nu este necesar să se facă ceva, dar dacă răspunsul este că riscul nu este acceptabil valoarea sa va trebui să fie redusă, decât să fie necesară o investiție în continuare.

3. Implementarea inspecției și mentenanței bazate pe risc la compania de țigări și gaze din Ungaria

Metodologia de inspecție și mentenanță bazată pe risc este capabilă să răspundă provocărilor descrise mai sus. Principiile inspecției și mentenanței bazate pe risc sunt cunoscute și folosite de mai mulți ani, dar implementarea este în derulare chiar recent în țările Uniunii Europene. Aplicarea sa practică a pornit în SUA. Primul standard a fost publicat în anul 2000 de către API (Institutul de Petrol American) pentru industria petrochimică [1]. În Europa este un proiect European recent (RIMAP) care țintește la dezvoltarea unei metodologii unificate de inspecție și mentenanță bazată pe risc care poate fi folosită în diferite sectoare industriale (precum industria termoenergetică, chimică, a oțelului, etc.).

Institutul BAY-LOGI a implementat recent această metodologie la Rafinăria MOL din Ungaria ca și contractor

estimating it's probability of failure the equipment can be put into the risk-matrix. It is illustrated in Figure 9. Having it's position it can be decided that the risk is acceptable or not. If yes, that it is not necessary to do anything, but if the answer is „yes”, i.e. the risk value has to be decreased, than further investment is needed.

3. The implementation of the risk based inspection and maintenance at the Hungarian oli and gas company

The risk based inspection and maintenance methodology is capable to answer the challenges described above. The principles of risk based inspection and maintenance has been known and used for several years, but its implementation is going on recently even in the Western-European countries. Its practical application started in the USA. The first standard was published in 2000 by API (American Petroleum Industry) for petrochemical industry [1]. In Europe there is a recent European project (RIMAP) which aims to develop a unified methodology of risk based inspection and maintenance that can be used in

principal. În acest proiect s-a dezvoltat un **sistem complex** ce folosește mijloacele IT (software, hardware) adecvate, implementarea metodologiei RCM (Mentenanța Centrală pe Fiabilitate), și RBI (Inspecția pe Bază de Risc). Cu acest sistem pot fi realizate următoarele obiective pe termen scurt și lung:

- Reducerea numărului și a perioadei de opriri neplanificate;
- Creșterea raportului lucrărilor de mentenanță planificate și neplanificate;
- Extinderea intervalelor între opriri;
- Furnizarea accesului rapid și precis la datele sistemului pentru dezvoltarea sarcinilor de inspecție și mentenanță;
- Optimizarea (minimizarea) costurilor de mentenanță prin considerarea nivelului prevăzut al fiabilității sistemului.

3.1. Structura de bază a sistemului de monitorizare a stării echipamentului

Pentru obținerea obiectivelor mai sus menționate a trebuit să se dezvolte un SISTEM COMPLEX. Ca exemplu structura sistemului instalată curent la Rafinăria MOL se arată în figura 10. Oricum acest sistem ar putea fi adoptat la fel de bine și altor industrii (de exemplu, pentru instalații chimice, termocentrale, etc.) prin implementarea metodologiei de inspecție bazate pe riscul relevant (precum s-a dezvoltat în cadrul proiectului RIMAP).

Baza întregului sistem este o bază de date comună care este încărcată cu toate datele relevante ale echipamentului (desen, istoria inspecției, datele inspecției, date de procesare, date privind fluidul, etc.) care trebuie colectate din diferite surse. Software-ul CADMATIC este vizualizarea grafică (2D sau 3D) a sistemului des tocarea a datelor geometrice corelate la obiecte inteligente. Unealta de integrare pentru modulele software RCM și RBI, precum și celelalte module suplimentare ale sistemului expert este Sistemul Expert Shell. Sistemul este conectat la alte sisteme existente precum SAP prin interfețe specifice.

Întregul sistem software este bazat pe web, astfel poate fi folosit prin Internet. Întregul sistem (inclusiv baza de date) s-a proiectat astfel încât să poată fi adoptat ușor (modificat sau extins) la cerința altui client, sau la necesitatea specifică a sectorului industrial.

different industrial sectors (like power generation, chemical industry, steel production, etc.).

The BAY-LOGI institute is just currently implementing this methodology at MOL Refinery in Hungary as main contractor. Within this project a **complex system** has been developed using appropriate IT means (software, hardware), implementing the RCM (Reliability Centred Maintenance) and the RBI (Risk Based Inspection) methodology. With this system the following objectives can be achieved in short and in long term:

- To reduce the number and period of the non planned shut downs,
- To increase the ratio of the planned and unplanned maintenance work,
- To extend the intervals between shut downs,
- To provide fast and accurate access to system data for development, inspection and maintenance tasks,
- To optimise (minimise) the maintenance costs taking into account the expected level of system reliability.

3.1. Basic structure of the condition monitoring system

In order to obtain the above-mentioned objectives, a COMPLEX SYTEM should be developed. As an example, the structure of the system currently installed at MOL Refinery is shown in Figure 10. However this system could be adopted for

other industries as well (e.g. for chemical plants, power plants, etc.) implementing the relevant risk based inspection methodology (e.g. developed in the framework of the RIMAP project).

The base of the whole system is a common database which is uploaded with all the relevant data of the equipment (drawings, inspection history, inspection data, process data, fluid data, etc.) that have to be collected from different sources. The CADMATIC software is for the graphical visualisation (in 2D or 3D) of the system and for storing the geometrical data correlated to the intelligent objects. The

integration tool for the RCM and RBI software modules, as well as for the other additional expert system modules is the Expert System Shell. The system is connected to other existing systems like SAP through specific interfaces.

The whole software system is web based, thus can be used through the Internet. The whole system - including the database - has been designed in a way that could be easily adopted (modified or extended) to the need of another customer, or the specific need of the industrial sector.

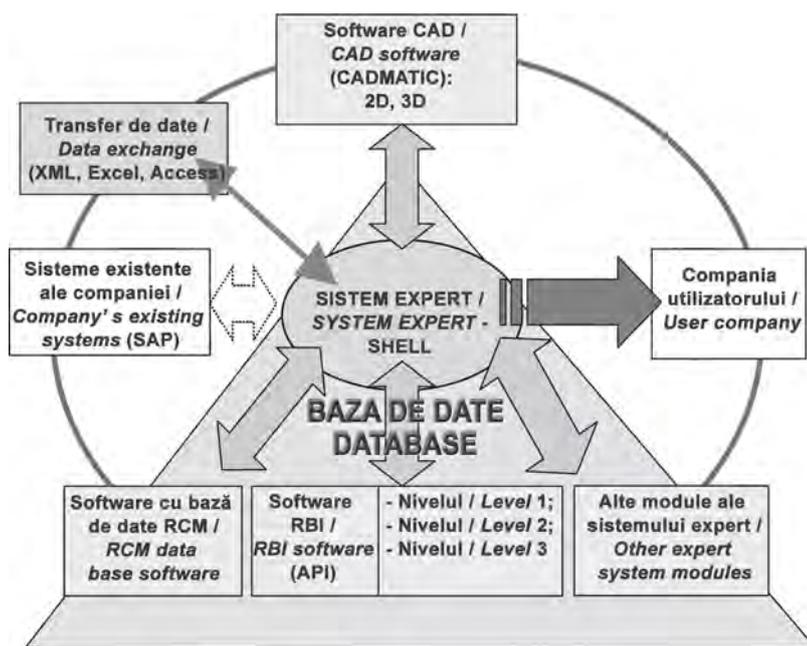


Figura 10. Structura sistemului complex de monitorizare a stării echipamentului (instalată la rafinăria MOL) /
Figure 10. The structure of the complex condition monitoring system (installed at MOL Refinery)

Abordare bazată pe risc

Funcțiile de bază ale sistemului expert

Sistemul combină două metodologii:

- Planificarea inspecției pe baza strategiei RBI (Inspecția pe Bază de Risc). Metodologia RBI este bazată pe standardul API 581.
- Planificarea programului de mentenanță bazat pe strategia RCM (Mentenanța Centrată pe Fiabilitate). Mai multe detalii vezi în lucrările [2-13].

În figura 11 se artă cum sunt legate metodologiile în sistem, și ce module software suplimentare sprijină lucrul experților.

The basic functions of the expert system

The system combines two methodologies:

- Inspection planning on the basis of RBI (Risk Based Inspection) strategy. The RBI methodology is based on API (American Petroleum Institute) 581 standard.
- Maintenance program planning based on RCM (Reliability Centred Maintenance) strategy. More detailed see in the references [2-13].

Figure 11. shows how the two methodologies are linked in the system, and what additional software modules support the work of the experts.

Abordare bazată pe risc

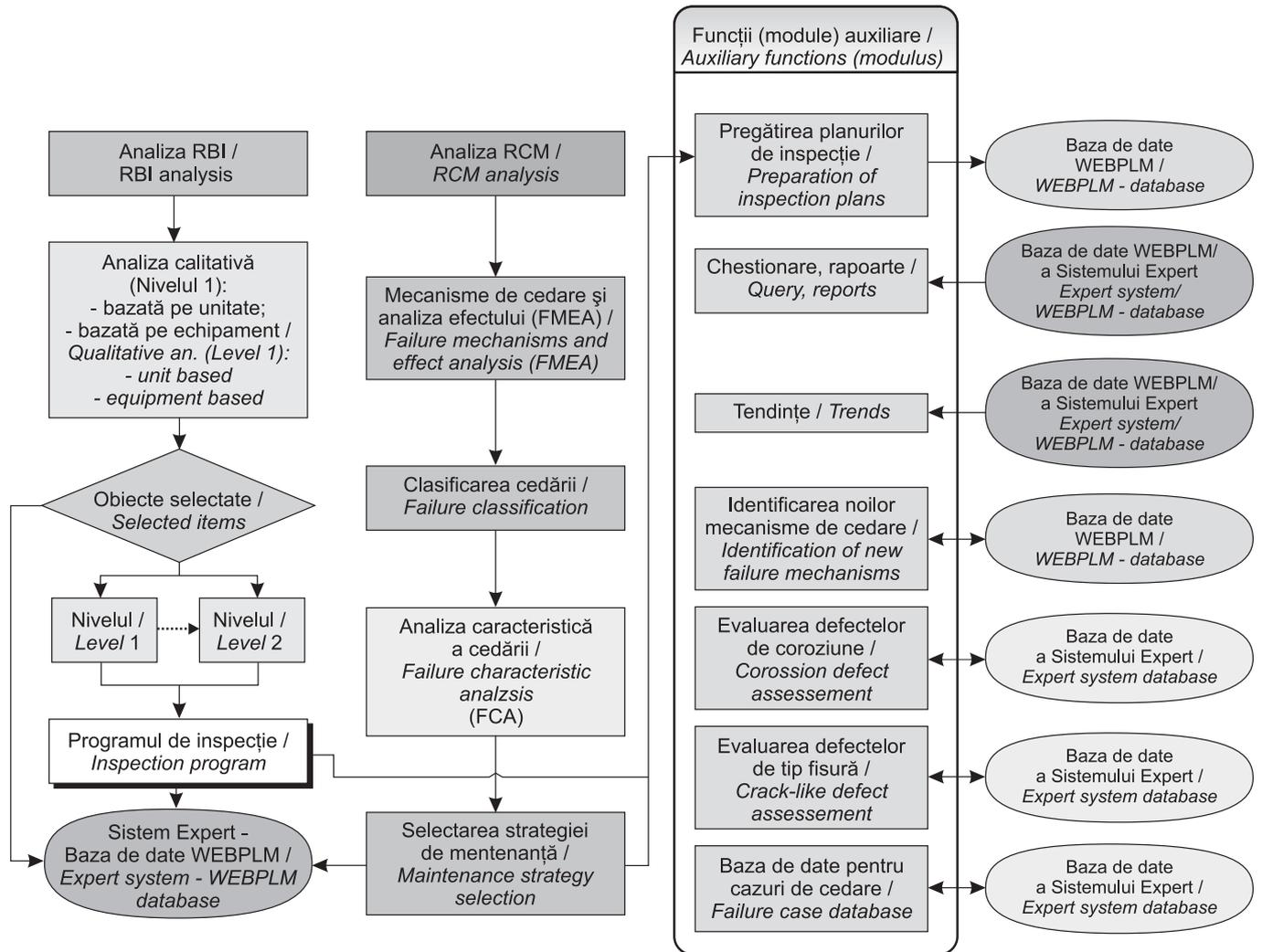


Figura 11. Structura sistemului expert /
Figure 11. Structure of the expert system

3.2. Principiile de bază ale inspecției pe bază de risc

Obiectivul RBI este de a îmbunătăți eficacitatea proceselor de inspecție și mentenanță pe baza analizei tuturor datelor disponibile privind echipamentul unei unități. Aplicarea metodologiei RBI furnizează o bază bună de implementare a mecanismului de luare a deciziei rațională și cu eficiență de cost care în același timp să asigure un nivel de siguranță cerut, deoarece:

- Este posibilă identificarea sistemelor sau elementelor sistemului cu riscul cel mai scăzut și cel mai ridicat;
- Face posibilă dezvoltarea strategiei de reducere a riscului;

3.2. Basic principles of Risk Based Inspection

The objective of RBI is to improve the effectiveness of the inspection and maintenance processes on the basis of the analysis of all the data available about the equipment of a unit. The application of the RBI methodology provides a good basis for implementing a rational and cost-effective decision making mechanism that assure a required level of safety at the same time, since:

- It is possible to identify the most and least risky systems or system elements;
- It makes possible to develop a strategy for decreasing the risk;

- Se poate determina ce, unde, când și cum să se facă inspecția;
- Ar putea fi definite cerințele de bază pentru metodele de inspecție.

Principiul de bază al metodologiei RBI este că ea consideră probabilitatea de cedare (PoF) și consecința cedării (CoF) pentru fiecare parte de echipament și riscul este definit ca produsul acestora două (riscul = PoF x CoF). CoF include consecința unei posibile cedări privind sănătatea, mediul, siguranța și producția, și ar putea fi exprimată de exemplu în bani. Astfel, prin folosirea metodologiei RBI poate fi dezvoltată strategia optimă de inspecție și mentenanță, care pe lângă reducerea riscului sub un nivel acceptabil, permite și optimizarea costurilor pentru sarcinile de inspecție și mentenanță.

Pentru analiza condițiilor de operare ale echipamentului ar trebui considerate și mecanismele posibile de cedare. Această analiză are trăsături specific industriale, deci ar putea fi diferită pentru industriile petrochimică, chimică, farmaceutică și termoenergetică. În API 581 (Inspecția pe Baza Riscului, Documentul Sursă de Bază) este descrisă una dintre cele mai bine stabilite metodologii pentru industria petrochimică. Analiza poate fi efectuată la diferite nivele, considerând detalii și cantități de date diferite.

Analiza de risc în sistem se face în două etape:

- O fază calitativă prin clasificare: care include o cantitate mare de echipamente cu țelul de a identifica pe cele mai critice. Această clasificare calitativă este bazată pe nivelul 1 al RBI.
- O fază cantitativă, limitată la obiectele selectate anterior.

Procedurile **RBI calitativ** au trei funcții:

- Clasificarea unităților din teren pentru selectarea nivelului de analiză necesar și pentru a asigura avantajul analizelor ulterioare (RBI cantitativă sau alte tehnici);
- Evaluarea gradului de risc din unități și desemnarea lor la o poziție într-o matrice de risc;
- Identificarea ariilor de preocupare potențiale la instalație, care pot merita programe de inspecție sporite.

Procedurile **RBI cantitative** sunt abordări privind evaluarea riscului la nivelul echipamentului care permit calcularea riscului asociat pentru fiecare parte a echipamentului ce operează într-o unitate de proces. Această metodă integrează procesul de inspecție în definirea probabilității de cedare prin noțiunea de PoD (probabilitate de detectare). Astfel, probabilitatea de cedare cu numărul și eficacitatea inspecției efectuate.

RBI cantitativă este bazată pe o serie de calcule pentru evaluarea probabilității de cedare și a consecinței cedării limitei de presiune a fiecărei părți a echipamentului analizat. Produsul numerelor probabilității și consecinței dă o măsură a riscului asociat cu echipamentul corespunzător. Bazat pe riscul calculat, lista cu echipamentul prioritizat poate fi o măsură a riscului asociat cu echipamentul corespunzător. Bazat pe riscul calculat lista cu echipamentul prioritizat poate fi folosită la focalizarea programului de inspecție.

Pentru implementarea acestor principii generale trebuie să ne punem următoarele patru întrebări:

- Ce tip de defect să căutăm?
- Unde să privim acest defect?
- Care este cea mai bună tehnică de inspecție?
- Când este cel mai bun moment pentru inspecție?
- Ce tip de defect să căutăm?

- It can be determined what, where, when and how to inspect;
- The basic requirements for the inspection methods could be defined.

The basic principle of the RBI methodology is that it takes into account the probability (PoF) and the consequence of failure (CoF) of each piece of equipment, and the risk is defined as the product of these two (risk = PoF x CoF). The CoF includes the consequence of a possible failure on health, environment, safety and production, and could be expressed in money as well. Thus using the RBI methodology an optimal inspections and maintenance strategy can be developed which besides decreasing the risk below an acceptable level, also optimises the costs of the inspection and maintenance tasks.

For the analysis the operational conditions of the equipment and the characteristics of the possible failure mechanisms should be considered. This analysis has industrial specific features, i.e. could be different for petrochemical, chemical, pharmaceutical and power industry. One of the most well established methodology is described in the API581 (Risk-Based Inspection. Base Resource Document) for the petrochemical industry. The analysis can be performed at different levels, considering different details and amount of data.

The risk analysis in the system is done in 2 steps:

- A qualitative screening phase: including a large amount of equipments with the aim of identifying the most critical ones. This qualitative screening is based on a RBI level 1.
- A quantitative phase limited to previously selected items.

Qualitative RBI procedures have three functions:

- Screening the units within the site to select the level of analysis needed and to ascertain the benefit of further analyses (quantitative RBI or some other techniques),
- Rating the degree of risk within the units and assigning them to a position within a risk matrix,
- Identifying areas of potential concern at the plant, which may merit enhanced inspection programs.

Quantitative RBI is equipment-level risk assessment approaches that permit to calculate the risk associated with each piece of operating equipment in a process unit. This method integrates the inspection process in the probability of failure definition through the notion of PoD (probability of detection). Thus, the likelihood of failure with the number & effectiveness of the performed inspection.

The quantitative RBI is based on a series of calculations to assess the likelihood and consequence of failure of the pressure boundary of each piece of analyzed equipment. The product of the likelihood and consequence numbers provides a measure of the risk associated with the corresponding equipment. Based on calculated risk, the prioritized equipment list can then be used to focus the inspection program.

In order to implement these general principles, the 4 following questions have to be addressed:

- What type of defect to look for?
- Where to look for this defect?
- Which is the best technique?
- When is the best moment to inspect?
- What type of defect to look for?

To answer these questions, the detailed analysis of general equipment data, previous inspections' data, material and process data is needed, as it is shown in Figure 12.

Abordare bazată pe risc

Pentru a răspunde la aceste întrebări este necesară analiza detaliată a datelor generale ale echipamentului, date ale inspecțiilor anterioare și datele de procesare, precum se arată în figura 12.

The result of the risk-based analysis is the risk category of the equipment or component, which can be presented in a risk matrix as it is shown in Figure 13. Then the optimisation of the inspection strategy is always an iterative process, which changes

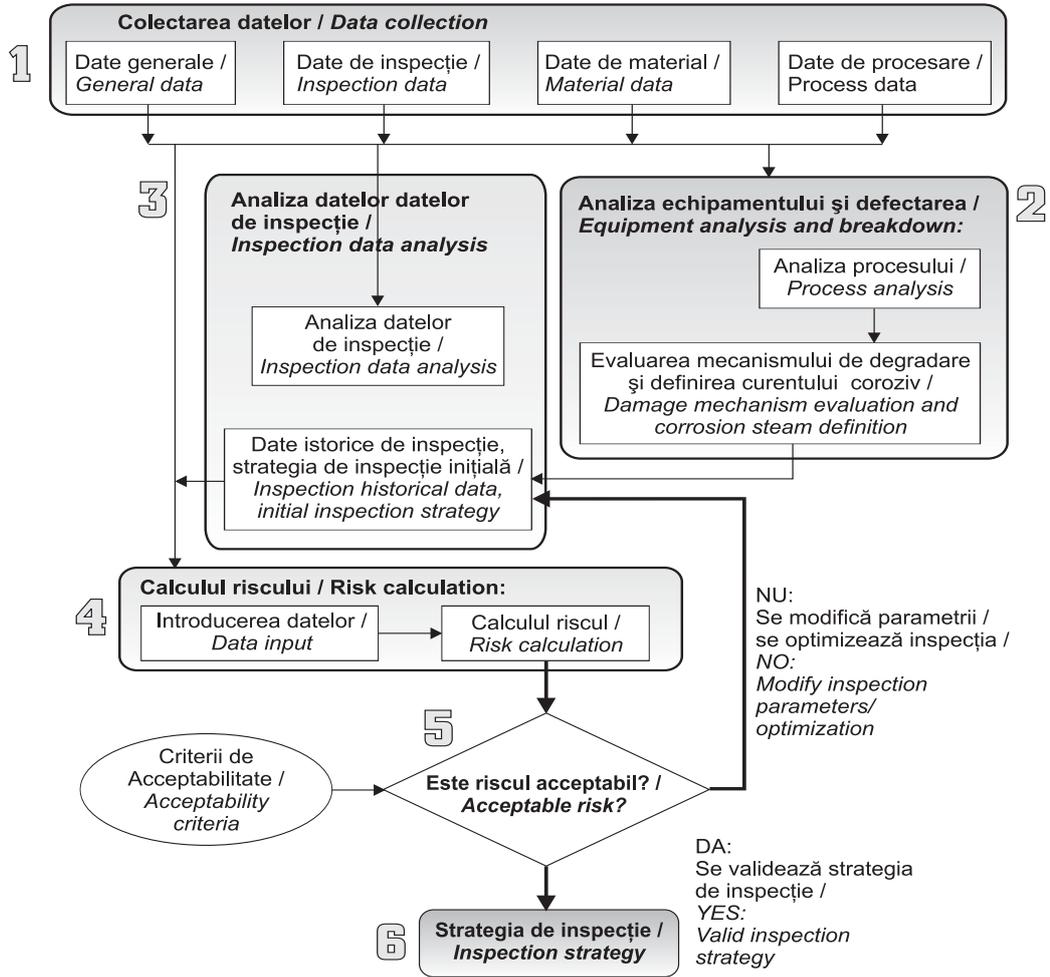


Figura 12. Schema bloc a procesului de analiză RBI / Figure 12. Flow chart of the process of RBI analysis

Categoria de probabilitate / Likelihood category	Categoria de consecință / Consequence category				
	A	B	C	D	E
4		2	1		
3	2	14	2	2	1
2		1	1	1	1
1					
	2	17	4	3	2

Figura 13. Prezentarea riscului echipamentului dintr-o unitate într-o matrice de risc (de la stânga la dreapta – ariile colorate diferit: nivelul scăzut – mediu - înalt – și numerele din fiecare căsuță înseamnă numărul de echipamente) /

Figure 13. Presentation of the risk of the equipment in a unit in a risk matrix (from left to right - different coloured areas: low – medium-high risk level – and the numbers in each box mean the number of equipment)

the adopted inspection interval and technique until all the criteria are met.

On the basis of the result of a risk based analysis one can make more well-founded decision about the following measures: the number, methods and extent of the necessary inspection tasks, about the interim inspections and the related costs, and as a consequence about the modification of the risk category of a given equipment in the future. So this kind of approach has its potential to develop cost-effective inspection and maintenance strategies.

The risk based methodology gives also the possibility to compare the risk level of the different units of a plant, as it is shown in Figure 14. As can be seen, the risk level in Unit 1 is much lower in general, therefore more resources and efforts should be concentrated for Unit 2, and also the length of the inspection period of Unit 1 should be reviewed and reconsidered.

4. Conclusions

On the basis of this paper the following conclusions can be drawn:

Rezultatul analizei pe bază de risc este categoria de risc a echipamentului sau a componentei, care poate fi prezentată într-o matrice de risc precum se arată în figura 13.

Pe baza rezultatului unei analize pe bază de risc se poate lua o decizie mai bine fundamentată privind următoarele măsuri: numărul, metodele și gradul sarcinilor de inspecție necesare, privind inspecțiile interimare și legate de cost, precum și consecințele privind modificarea categoriei de risc a unui echipament dat în viitor. Astfel, acest fel de abordare are potențialul său de dezvoltare a strategiilor de inspecție și mentenanță cu eficiență de cost.

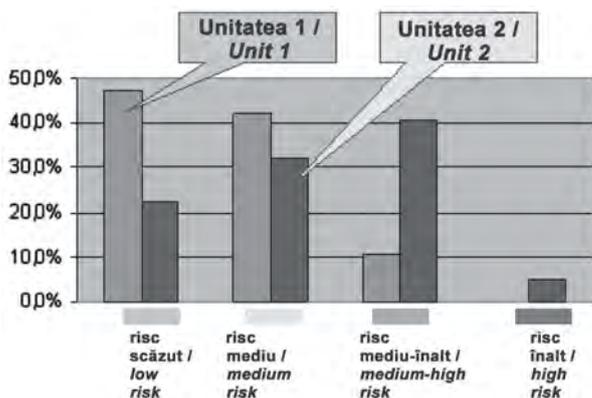


Figura 14. Compararea nivelurilor de risc ale echipamentului a două unități /

Figure 14. Comparison of the risk levels of the equipment of two units

Metodologia bazată pe risc dă și posibilitatea comparării nivelului diferitor unități ale unei instalații, precum se arată în figura 14. Precum se poate vedea nivelul de risc din Unitatea 1 este mult mai scăzut în general, astfel trebuie să îi fie alocate mai multe resurse și eforturi pentru Unitatea 2, și de asemenea lungimea perioadei de inspecție a Unității 1 ar trebui să fie reanalizată și reconsiderată.

4. Concluzii

Pe baza acestei lucrări pot fi trase următoarele concluzii:

1. „Cuvintele de bază” ale duratei de viață tehnico-economică sunt „siguranță – fiabilitate – risc”. Din acestea **siguranța** reflectă o stare prezentă a unei instalații; **fiabilitatea** include toate mijloacele care sunt disponibile la nivelul tehnic prezent; **riscul** poate fi exprimat în termen de „bani”, deoarece el este produsul dintre probabilitatea de cedare și consecința sa.
2. O strategie optimă „cu eficiență de cost” pentru planificarea sarcinilor de inspecție și mentenanță este metodologia **RBI** (Inspecția și Mentenanța Bazată pe Risc) care este doar unealta pentru interfața comună dintre economiști și ingineri.
3. Un sistem complex s-a dezvoltat pentru Rafinăria MOL din Ungaria, care implementează abordarea RBI (pentru prima oară în Ungaria). Faza pilot a proiectului ce include două unități tocmai s-a finalizat, dar primele rezultate privind eficiența de cost pot fi deja prevăzute. Un rezultat suplimentar al proiectului este colectarea și sistematizarea unei mari cantități de date și de documente.

Lucrare prezentat la „Primul Congres IIW sud-est european de sudare”, Timișoara, mai 2006

1. The „basic words” of the technical-economical life is „safety – reliability – risk”. From these the **safety** reflects a present state of a plant; the **reliability** includes all the means that are available at the present technical level; the **risk** can be expressed in term of „money”, since it is the product of the probability of failure and its consequence.

2. An optimal, „cost effective” strategy for planning the inspection and maintenance tasks is the **RBI** - Risk Based Inspection and Maintenance methodology which is only the tool for a common interface between the economists and engineers.

3. A complex system has been developed for MOL Refinery in Hungary, which implements the RBI approach (first time in Hungary). The pilot phase of the project including two units just has been finished, but the first results concerning cost effectiveness can already be foreseen. An additional outcome of the project is the collection and systematization of a large amount of data and documents.

5. Bibliografie / References

- [1] xxx: Risk Based Inspection, Base Resource Document. API Publication 581, first edition May 2000, American Petroleum Institute
- [2] D.J. Smith: Reliability Maintainability and Risk. Practical Methods for Engineers including Reliability Centred Maintenance Safety-related Systems. Butterworth. 2000.
- [3] T. Wireman: World Class Maintenance Management. Industrial Press Inc. 1990.
- [4] T. Wireman: Maintenance Management and Regulatory Compliance Strategies. Industrial Press. 2003.
- [5] J. D. Andrews, T R Moss: Reliability and Risk Assessment. Professional Engineering Publishing Limited. London.2002
- [6] A.M. Smith at all: RCM- Gateway to World Class Maintenance. Elsevier. 2004.
- [7] J. Levitt: Managing Maintenance Shutdowns and Outages. Industrial Press Inc. 2004.
- [8] R.B. Jones: Risk Management- A reliability-Centred Approach. Practical, cost-effective methods for managing and reducing risk. Golf Publishing Company. 1995.
- [9] R.E. Megill: An introduction to Risk Analysis. PenWell Company 1992.
- [10] Y.Y. Haimes: Risk Modelling, Assessment, and Management. John Wiley and Sons Inc.1998.
- [11] G.Y. Vajda: Risk and Safety (in Hungarian) Akadémia Kiadó.1998.
- [12] R.C. Hansen: Overall Equipment Effectiveness. Industrial Press Inc.2001.
- [13] V. Narayan: Effective Mintenance Management. Risk and Reliability Strategies for Optimizing Performance. Industrial Press Inc.2004.

Paper presented at The 1st IIW South-East European Welding Congress, Timisoara, May 2006

