



SITUATION MANAGEMENT APPLICATION IN MAJOR INDUSTRIAL ACCIDENT PREVENTION

PRIMENA MODELA ZA UPRAVLJANJE U KRIZNIM SITUACIJAMA U PREVENCICI VELIKIH INDUSTRJSKIH HAVARIJA

Hana PAČAOVÁ¹⁾, Dušan MALINDŽÁK²⁾, Dušan MALINDŽÁK¹⁾

1) Technical University of Košice, Slovakia

2) Coventry University, England

Abstract: Major Industrial Accidents (MIA) comprise a term, which represents unwanted danger for the community, for the land as well as for the international societies. In the past these accidents were caused mainly due to the carelessness, incompetence or due to the false conviction that if anything happens "so it will not happen now, not in this company, not in this plant". As a consequence, this had led into major disasters (such as Chernobyl) resulting in an enormous number of human casualties and extensive damage to the property and the surrounding environment with an indefinitely long lasting effect.

Key words: major industrial accident, prevention, situation management

Apstrakt: Velika industrijska havarija (VIH) je termin koji obuhavata niz neželjenih događaja koji ugrožavaju životnu sredinu i društvenu zajednicu, a mogu imati i međunarodne razmere. Ovakve havarije često su imale razmere katastrofa i u prošlosti je do ovakvih katastrofa obično dolazilo usled nemara, nestručnosti, a često i zbog uvrežene zablude da, i ako se nešto desi, "neće se desiti sada, neće se desiti u našoj kompaniji ili u našoj fabrići". Ovakav stav je često uzrok katastrofa velikih razmara (na primer u Černobilu) koje za posledicu imaju ogromne ljudske žrtve, velike materijalne gubitke i imaju nesagledive štetne posledice po životnu sredinu.

ključne reči: velike industrijske havarije, prevencija, upravljanje situacijom

1 INTRODUCTION

Major Industrial Accidents (MIA) comprise a term, which represents unwanted danger for the community, for the land as well as for the international societies. In the past these accidents were caused mainly due to the carelessness, incompetence or due to the false conviction that if anything happens "so it will not happen now, not in this company, not in this plant". As a consequence, this had led into major disasters (such as Chernobyl) resulting in an enormous

1 UVOD

Velika industrijska havarija (VIH) je termin koji obuhavata niz neželjenih događaja koji ugrožavaju životnu sredinu i društvenu zajednicu, a mogu imati i međunarodne razmere. Ovakve havarije često su imale razmere katastrofa i u prošlosti je do ovakvih katastrofa obično dolazilo usled nemara, nestručnosti, a često i zbog uvrežene zablude da, i ako se nešto desi, "neće se desiti sada, neće se desiti u našoj kompaniji ili u našoj fabrići". Ovakav stav je često uzrok katastrofa velikih

number of human casualties and extensive damage to the property and the surrounding environment with an indefinitely long lasting effect.

The effort of the Slovak Republic to access to the European Union leads to the laws endorsement, which structure and directions are in accordance with the expectations of EU countries.

In the field of major industrial accidents prevention (MIA), the law number **261/2002** has been endorsed by the Slovak Republic government regarding the prevention of major industrial accident, regarding the change and the amendment of the existing laws as well as about two executive promulgations related to this law.

The law subject (according to §1) is “establishment of conditions and procedures for the prevention of MIA in companies with certain hazardous materials present, the readiness to deal with MIA and the reduction of the negative consequences inflicted upon people's life and health, the environment and the property in the case of such accident” [1].

The strict adherence to the law demands new requirements from the companies' management. The summary of these requirements can be declared as:

The task of the management is to provide high level of secure facility performance from the aspect of incident prevention leading to a major industrial accident!

2 LOGISTICS APPLICATION FOR MIA PREVENTION

From the cybernetics viewpoint the logistics is a mean of flow control, which combines the power of system approach, programme planning control, algorithmic approach and coordination of all sources in order to guarantee the goal – global optimisation [3].

In relation to prevention it is possible to define the logistics as (Figure 1):

Scientific field, which subject is the planning, realisation, management and control of material, energy and information flows in order to guarantee the goal – the prevention of MIA or reduction of its consequences:

- **In a required quality** – to provide the means to deal with the consequences, or to prevent the causes of MIA, material and

razmera (na primer u Černobilu) koje za posledicu imaju ogromne ljudske žrtve, velike materijalne gubitke i imaju nesagleđive štetne posledice po životnu sredinu.

U svojim naporima da se pridruži Evropskoj uniji, Slovačka je primorana da uskladi svoju zakonsku regulativu sa okvirima koje određuju zemlje EU.

U oblasti prevencije velikih industrijskih havarija (VIH) Slovačka vlada je usvojila zakon broj **261/2002** koji reguliše ovu oblast, odnosno predstavlja izmene i amandmane postojećih zakona i obuhvata dva javna proglaša.

Predmet ovog zakona (shodno čl. 1) je utvrđivanje uslova i postupaka za prevenciju VIH u preduzećima koja rukuju opasnim materijama, određivanje njihove spremnosti da se izbore sa VIH i da u slučaju havarije ublaže negativne posledice po život i zdravlje, ljudi, životnu sredinu i materijalna dobra [1].

Ovaj zakon nameće nove zahteve pred rukovodeće strukture preduzeća, koji se mogu izraziti na sledeći način:

Zadatak rukovodstva je da obezvedi visok nivo bezbednosti rada postrojenja sa aspekta prevencije udesa koji mogu dovesti do velike industrijske havarije!

2 LOGISTIKA U FUNKCIJI PREVENCIJE VIH

Sa tačke gledišta kibernetike, logistika je sredstvo pomoću koga se upravlja nekim procesom, a koristi sistemski pristup, kontrolu planiranja programa, algoritme i koordinaciju resursa radi postizanja krajnjeg cilja – ukupne optimizacije [3].

U odnosu na prevenciju moguće je definisati logistiku kao (slika 1):

naučnu disciplinu čiji je predmet planiranje, realizacija, upravljanje i kontrola robom, energijom i informativnim tokovima u cilju postizanja krajnjeg rezultata – prevencije VIH ili ublažavanja njenih posledica:

- **u određenim razerama** – obezbediti sredstva za ublažavanje i eliminaciju posledica ili sprečiti pojavu VIH, obezbediti materijalna sredstva i ljudstvo u cilju prevencije (dobrovoljni spasioci, vatrogasci, organizovanje

- human (volunteer rescuers, firemen; from the aspect of preventions these are trainings and instruction courses for specialist, emergency technicians, etc.).
- **Within the designated time frame** – early MIA alarm and adequate countermeasures.
 - **At the right place** – quick identifications of MIA hazard source.
 - **For the appropriate price** – the invested assets for the preventions and dealing with MIA are adequately high for the threat.

obuke i specijalističkih kurseva, kriznih štabova itd.),

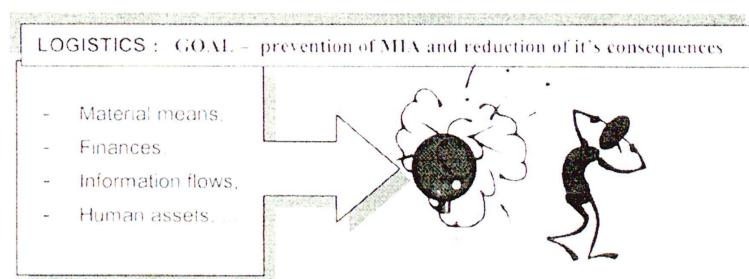


Figure 1 Logistics and MIA
slika 1 Logistika i VIH

The control of MIA prevention or the reduction of MIA consequences, from the logistics point of view represents so-called feed-forward management (Figure 2), which characterizes system, where managers in specific situation define all possible alternatives that may occur as well as prepare adequate solutions, where these are based on the existing accident scenarios.

The feed-forward management system enables to perform the measures before the critical state such as a major industrial failure occurs in any given object or process.

Upravljanje prevencijom VIH ili ublažavanje posledica VIH, sa aspekta logistike predstavlja takozvano prognozno ili preventivno upravljanje (slika 2), gde rukovodstvo u određenim okolnostima definije eventualne krizne situacije do kojih može doći i unapred priprema odgovarajuća rešenja, koja se zasnivaju na realnom iskustvu havarija i udesa, odnosno na već poznatom scenariju.

Preventivno upravljanje tako omogućava donošenje odgovarajućih mera pre nego što u bilo kom objektu ili procesu dođe do kritičnih situacija kao što su veliki industrijski kvarovi i havarije.

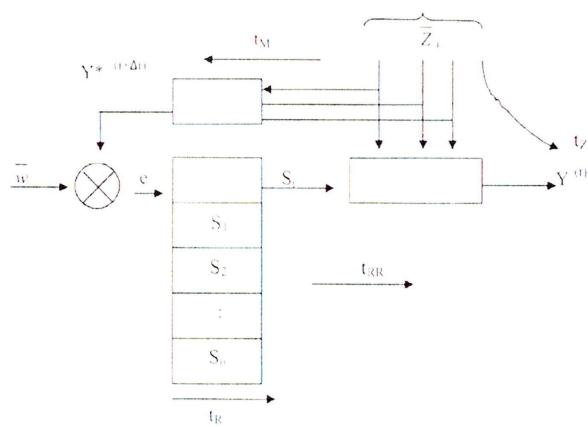


Figure 2 The structure of feed-forward management for MIA
slika 2 Struktura preventivnog upravljanja za potrebe VIH

- \bar{Z} - The vector of monitored variables, portraying the state of the object or of the process
 M - The behavioural model of the object
 Y^* - The feed-forward modelling – The predicted situation – The object behaviour
 w - The definition of 'standard' object behaviour
 \bar{e} - The deviation from standard operation regime
 RS - The management system based on the situation management
 S_1-S_n - The scenarios database
 S_i - The scenario providing the forth-fit management for the expected situation Y^* .

The feed-forward management using the double channel principle enables to create contra measures to prevent the major failure occurrence.

If we achieve the t_z time reduction.

$$t_z \angle t_I + t_M + t_R + t_{RR} = \tau_R \quad (1)$$

- t_z – The duration of one of the monitored values when the major failure may occur
 t_I – The duration of identification and monitoring
 t_M – The duration of the analysis and of the modelling
 t_R – The duration of the decision making and scenario preparation time
 t_{RR} - The duration of the decision making and scenario realisation
 τ_R - The regulation time, the time for preparation and the time necessary for the realisation of the management decision.

It is possible to reduce these durations by applying the situation management. The situation management is implemented into the prevention system MIA so that on the base of all the possible states Y^* we prepare the scenarios for their solution.

$$y_i \rightarrow M_o(\bar{Z}_i) \rightarrow S_i \quad (2)$$

The state y_i is calculated by the means of object model M_i on the base of the monitored input values vector \bar{Z}_i . For every state Y^* we prepare scenario to deal with the given situation, thus reducing the durations t_M , t_R , t_{RR} to minimum which also reduces the chances for MIA (Major Industrial Accident) occurrence.

- \bar{Z} - vektor posmatranih promenljivih veličina koje oslikavaju stanje nekog objekta ili procesa,
 M - bihevioristički model objekta / Model ponašanja objekta,
 Y^* - preventivno modeliranje – situacija koja se prognozira – ponašanje objekta,
 w - definicija "standardnog" ponašanja objekta,
 \bar{e} - odstupanje od standardnog radnog režima,
 RS - sistem upravljanja zasnovan na modelu upravljanja kriznom situacijom,
 S_1-S_n – baza podataka poznatih scenarija, odnosno dosadašnjih iskustava,
 S_i - scenario odnosno akcioni plan koji obezbeđuje sprovođenje prognoziranog upravljanje u očekivanoj situaciji Y^*

Metoda preventivnog upravljanja zasniva se na dvosmernom principu kojim se obezbeđuju odgovarajuće mere prevencije velikih kvarova i udesa.

Ukoliko se ostvari vremensko skraćenje t_z ,

$$t_z \angle t_I + t_M + t_R + t_{RR} = \tau_R, \quad (1)$$

- t_z – trajanje jedne od posmatranih vrednosti u vreme kada može doći do velikog kvara,
 t_I – trajanje procesa identifikacije i monitoringa,
 t_M – trajanje analiza i modeliranja,
 t_R – vreme potrebno za donošenje odluke i za pripremu akcionog plana,
 t_{RR} - vreme potrebno za odluku i realizaciju akcionog plana
 τ_R - vreme za organizaciju, odnosno vreme koje je potrebno za pripremu i za sprovođenje odluke rukovodstva.

Ova vremena je moguće skratiti primenom modela upravljanja u kriznim situacijama. Ovaj model je implementiran u preventivni sistem VIH, što omogućava da se na osnovu svih potencijalnih stanja Y^* pripremi odgovarajući akcioni plan za njihovo rešavanje.

$$y_i \rightarrow M_o(\bar{Z}_i) \rightarrow S_i \quad (2)$$

Stanje y_i se izračunava na osnovu modela objekta M_i na osnovu posmatranih ulaznih vrednosti vektora \bar{Z}_i . Za svako stanje Y^* priprema se akcioni plan za suočavanje sa datom situacijom i tako se minimalno skraćuje trajanje t_M , t_R , t_{RR} , čime se, takođe, smanjuju šanse da dođe do VIH (Velike Industrijske Havarije).

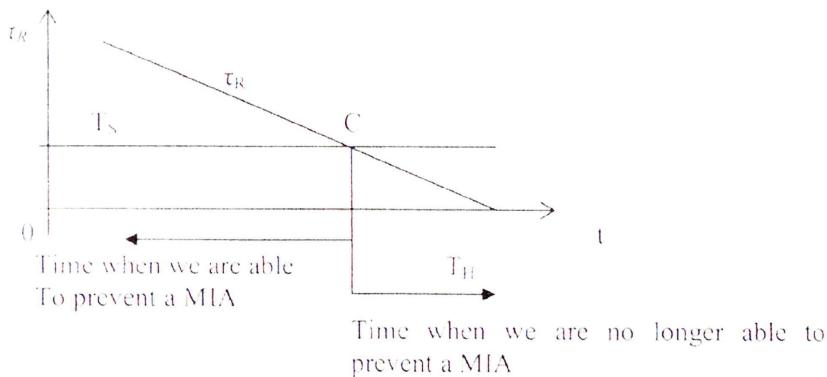


Figure 3 Relationship between T_R a T_S
slika 3 Međusobni odnos T_R a T_S

T_S – The middle statistical value for scenario realisation to prevent a MIA occurrence.

T_S – srednja statistička vrednost za realizaciju akcionog plana za prevenciju VIH

The task is to minimise the duration when we are not able to prevent the MIA. According to theory it means to move to right the intersection "C". These can be realised in two ways by increasing T_R :

- a) Extensively – by increasing the investments into MIA countermeasures and prevention control.
- b) Intensively – by reducing the duration of realisation of scenario T_S .

The reduction is possible to perform by means of feed-forward management system based on the situation management.

If we assume that logistics is management concept utilising, [3]:

- System approach,
- Coordination,
- Planning,
- Algorithmic approach,
- Global optimisation,

it is necessary to analyse thoroughly the applications of logistics approaches for MIA prevention control.

System approach: From the prevention aspect it is necessary to develop management system which would consider all elements (basic processes – in relation to potential hazards and their consequences) and the relationships among them. This system must be central-controlled with clearly defined hierarchy, where individual sub-systems must be independently manageable – responsibilities declaration, policies and communication forms specifications, etc. (Figure 4).

Ukoliko nije moguće sprečiti VIH, zadatak je svesti na minimum njeno trajanje. Teoretski to znači pomeriti u desno mesto preseka "C". Ovo se može realizovati na dva načina povećanjem vrednosti T_S :

- b) ekstenzivno – povećanjem investicija u kreiranje sistema protivmera i preventivne kontrole,
- c) intenzivno – skraćenjem vremena koje je potrebno za realizaciju akcionog plana T_S .

Ovo skraćenje je moguće postići primenom sistema preventivnog upravljanja koji se zasniva na modelu upravljanja u kriznim situacijama.

Ukoliko pretpostavimo da je logistika primena koncepta upravljanja [3]:

- sistemski pristup,
- koordinacija,
- planiranje,
- korišćenje algoritama i
- ukupna optimizacija

treba detaljno analizirati primenu logističkog pristupa u cilju preventivne kontrole VIH.

Sistemski pristup: Sa stanovišta prevencije neophodno je razviti sistem upravljanja koji će obuhvatiti sve elemente (osnovne procese – u odnosu na potencijalne rizike i njihove posledice) njihove međusobne odnose. Ovaj sistem mora biti kontrolisan iz jednog centra sa jasno definisanim hijerarhijskom strukturom, u kojoj mora biti omogućeno nezavisno upravljanje svakog posebnog podsistema – odgovornosti, politika, oblici komunikacije itd. (slika 4).

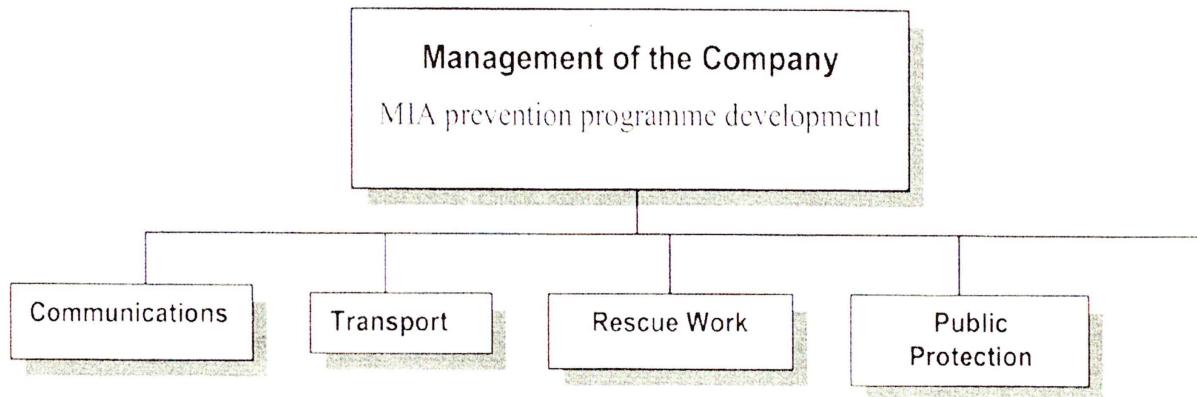


Figure 4 MIA prevention system classification into individual segments.
slika 4 Klasifikacija sistema za prevenciju VIH po pojedinačnim segmentima

Coordination principle: It is necessary to consider the coordination need between local objectives and the global objective. This principle is applicable in two forms, as the MIA prevention system and as the control of occurred MIA. All system elements whilst remaining under independent managements (for example the MIA emergency warning system, rescue works, the emergency scenarios creation, etc.) must aim towards the previously established goal.

Planning: is the integral part of managers' work as it helps the management to reduce the uncertainty associated with a specific plan creation [3]. This logistics principle finds good use for the emergency scenarios creation. On the basis of this MIA 'forecast' it is possible to specify the extend of the emergency (determine the danger zones), as well as to ascertain the most adequate procedures to contain the damage. As mentioned before, at this stage it is necessary to base the decisions on the risk assessment, on the previous experiences as well as on the knowledge regarding the behaviour of specific hazardous materials under specific conditions.

It is possible to describe a general scenario model of a representative MIA type as the function of following parameters:

$$SC_k = f(C_i, SR, t_{ij}, Z, KN_i) \quad (3)$$

Where:

- SC_k - is the kth representative MIA type (where k = 1,2,...,n) for SC scenario,
- C_i - comprises the set of activities necessary for scenario (i = 1,2,...,p) realisation,
- SR - defines the level of management control (depending on the declared responsibilities for individual scenario activities),

Princip koordinacije Neophodno je razmotriti neophodnost da se koordinira između lokalnih i globalnih ciljeva. Ovaj princip je primenljiv u dva oblika, kao što je sistem za prevenciju VIH i kao sistem za kontrolu VIH koje su se već odigrale. Svi sistemi kojima se pri tom upravlja nezavisno (na primer sistem za alarmiranje i obaveštavanje kod VIH, akcije spasavanja, koncipiranje križnih akcionih planova etc.) moraju težiti ka ostvarenju unapred postavljenog cilja.

Planiranje predstavlja jednu od osnovnih delatnosti rukovodstva i pomaže rukovodećem kadru u kreiranju i koncipiranju specifičnih planova [3]. Principi logistike nalaze odličnu primenu u kreiranju križnih akcionih planova. Na osnovu ove prognoze VIH moguće je odrediti razmere havarije (ustanoviti zone opasnosti) i, takođe, pronaći najpogodniji način delovanja za suzbijanje štetnih posledica. Kao što je već naglašeno, u ovoj fazi odluke se donose na osnovu procene rizika, na osnovu prethodnih iskustava i poznavanja karakteristika opasnih materija i njihovog ponašanja u specifičnim uslovima.

Moguće je dati model tipskog akcionog plana koji bi poslužio kao uzorni obrazac za slučaj VIH, kao funkciju sledećih parametara:

$$SC_k = f(C_i, SR, t_{ij}, Z, KN_i), \quad (3)$$

gde je:

- SC_k - kth obrazac za tip VIH (gde k = 1,2,...,n) za akcioni plan SC,
- C_i - obuhvata niz aktivnosti koje su neophodne za realizaciju akcionog plana (i = 1,2,...,p),
- SR - određuje nivo upravljanja (zavisno od individualnih odgovornosti i zaduženja u okviru akcionog plana),

t_{ij} - the duration times of individual scenario activities. (i – time at the beginning a j – time at the end of an activity),
 Z - represents the random element factor (the error possibility occurring by scenario creation),
 KN_i - Capacity resources for the scenario operation (material, energy, human assets, internal-external, etc.)

Note:

In the case that a whole set of different MIA scenarios is being prepared based on a variety of representative MIA types, it is possible to describe the variable SC_k as SC_{ki} , where k stands for the representative MIA type and i stands for a set of scenarios for the specific type of MIA ($i=1,\dots,m$).

Algorithmic thinking principle: Uses the algorithmic programmes principle, where every program branch must be thoroughly realised and tied up, where nothing must be left unattended, or completed. From the global point of view the MIA preventions and restrictions, it is obvious that this principle must be strictly kept on every level of management hierarchy. The accident amount minimisation is essential for a successful overcome of unwanted accident occurrences.

Global aim definition in this case it is evident, that it is possible to generally define it as the maximum utilisation of all technical and organisational policies at the minimal costs in order to prevent the MIA occurrences, or the reduction of its consequences on human lives and health, the environment and the property! *The effort to successfully overcome the potential MIA danger coming from the utilisation of industrial installations, means to attempt to 'win the battle' on the field of MIA prevention.* The reasonable and logical management is one of the main keys to success.

3 CONCLUSION

From the logistics system point of view in the production process, the priority in the optimisation criteria sequence is the *global cost minimisation, whilst maintaining the product quality and price*.

However one of the main MIA control criteria is the hazard minimisation, which means an effort to prevent the very occurrence of such an event. As the opposite to the optimisation criteria sequence in the logistics system, the optimisation criteria sequence in MIA control can be described as *'inversed'* in the following steps:

t_{ij} - trajanje individualnih aktivnosti u okviru akcionog plana (i – vreme započinjanja aktivnosti, a j – vreme okončanja aktivnosti),
 Z - predstavlja faktor slučajnosti (mogućnost greške prilikom koncipiranja akcionog plana),
 KN_i - raspoloživi resursi za realizaciju akcionog plana (materijal, energija, ljudstvo, unutrašnji i spoljni resursi itd.).

Napomena:

U slučaju da je serija akcionih planova za slučaj VIH pripremljena na osnovu nekoliko uzornih tipova VIH, moguće je dati glavne karakteristike promenljivih SC_k kao SC_{ki} , gde k predstavlja uzorni tip VIH, a i predstavlja seriju akcionih planova za specifični tip VIH. ($i=1,\dots,m$).

Princip algoritama: Primjenjuje se princip algoritamskih programa gde je svaki ogranač do kraja izveden i povezan, bez zanemarivanja bilo kog segmenta. Sa globalne tačke gledišta jasno je da se ovaj princip mora strogo poštovati na svim nivoima rukovođenja kada su u pitanju preventivne i restriktivne mere vezane za VIH.

Definisanje globalnog cilja: U glavnim crtama moguće je globalni cilj definisati kao maksimalno iskorišćenje svih tehničkih i organizacionih mogućnosti uz minimalne troškove radi sprečavanja VIH, ili ublažavanja posledica koje ima na život i zdravlje ljudi, na životnu sredinu i materijalna dobra. Nastojanje da se uspešno savlada potencijalna opasnost od VIH koja nastaje korišćenjem industrijskih postrojenja, predstavlja pokušaj da se "dobije bitka" na polju prevencije. Racionalan i logičan metod upravljanja je ključan za postizanje ovog cilja.

3 ZAKLJUČAK

Sa stanovišta logistike, u redosledu kriterijuma za optimizaciju proizvodnog procesa, prioritet se daje *minimizaciji opštih troškova uz održavanje kvaliteta i cene proizvoda*.

Međutim, jedan od najznačajnijih kriterijuma za kontrolu VIH je minimizacija rizika, odnosno nastojanje da se na sve moguće načine spreči pojava rizika. Nasuprot redosledu kriterijuma za optimizaciju procesa koji sugerise logistika, redosled kriterijuma za optimizaciju procesa kontrole VIH može se definisati kao "obrnut" i to u sledećem:

- a) The losses minimisation: human, environmental, material.
 - b) The minimisation of the situation rectification time,
 - c) The minimisation of organizational costs as well as of the material provision costs.
- a) minimizacija gubitaka: ljudskih, ekoloških, materijalnih,
 - b) minimizacija vremena potrebnog za sanaciju stanja,
 - c) minimizacija organizacionih troškova i troškova nabavke materijala.

As it is in other systems, also in MIA prevention and control systems it is useful to apply the network analysis methods in order to coordinate large amounts of mutually related activities. In this way these can be shown in a network diagram of a specific type, where the time demand, capacity and cost analysis can be calculated in order to find the minimal duration time needed to identify, announce and rectify the occurred MIA. In the effort to reduce the MIA consequences the time is the key element from the caused damages point of view.

The MIA prevention efforts are increased mainly due to the fact that almost 90% all the major accidents in the past were caused by a human error. The human as part of the "human – machine – environment", system is the weakest link of the chain. Therefore this element must be approached analytically and within the system management framework such a condition must be created to make this element as reliable as possible. The application of the logistics science principles and criteria makes also a significant contribution to the efforts in the MIA prevention and hazard minimisation field.

Kao i kod ostalih sistema, i kod sistema za prevenciju i kontrolu VIH, veoma je korisno primeniti metod analize mreže radi bolje koordinacije velikog broja međusobno povezanih aktivnosti. Na taj način biće moguće prikazati pomenute aktivnosti pomoću specifičnih hodograma ili algoritama kojima se mogu izračunati i vremenski zahtevi, kapacitet i dati analiza troškova kako bi se odredilo minimalno vreme potrebno za identifikaciju VIH, oglašavanje i sanaciju posledica. U nastojanju da se posledice VIH svedu na minimum, sa aspekta prouzrokovane štete vreme predstavlja ključni faktor

Stepen prevencije VIH je značajno povećan i to, uglavnom, zahvaljujući činjenici da je u proteklom periodu, uzrok gotovo 90% svih većih havarija bio ljudski faktor. U lancu "čovek – mašina – životna sredina" čovek je najslabija karika. Imajući to u vidu, treba pristupiti analitički i stvoriti takav okvir u kome će se obezbediti maksimalna pouzdanost ovog faktora. Primena naučnih i logističkih principa i kriterijuma daje, takođe, značajan doprinos u oblasti prevencije VIH i minimiziranja rizika.

REFERENCES / LITERATURA

- [1] Law num. 261/2002 regarding the prevention of major industrial accidences, regarding the change and the amendment of some of the existing laws. 2002.
- [2] Sinay, J.- Pačaiová, H.: *Maintenance – one of the possible tools of prevention of major industrial accidences*. In: International. conference: National maintenance forum 2003, High Tatras, s. 124- 129, ISBN 80-8070-071-0, 2003.
- [3] Malindžák, D.: *Production logistics I*. Printed by. Štroffek, Faculty BERG, Košice, ISBN 80-967325-1-x, 1996.

Reviewal / Recenzija: prof. dr Božo Kolonja