

# ISKUSTVA ZDRAVSTVENOG ZBRINJAVANJA OZLIJEĐENIH U KEMIJSKIM NESREĆAMA U HRVATSKOJ

UDK 613.63:614.77(497.5)

PRIMLJENO: 12.5.2008.

PRIHVAĆENO: 7.1.2009.

*SAŽETAK: Kemijske nesreće i kemijske katastrofe neminovna su posljedica tehnološkog razvoja i globalne industrijalizacije. Planovi kontrole rizika, pripravnosti i obrane su zakonski regulirani i organizirani u većini razvijenih zemalja, a nužno ih je što je moguće učinkovitije primijeniti i u Hrvatskoj. U ovom preglednom radu istaknute su spoznaje prikupljene temeljem analiza prethodnih incidenata opisanih u novijoj medicinskoj literaturi, kao i iskustva stečena nakon nedavnih kemijskih nesreća u Hrvatskoj.*

**Ključne riječi:** kemijske nesreće, planovi za hitne intervencije, opasne kemikalije, amonijak, ugljični dioksid

## UVOD

Kemijska industrija proizvodi mnogobrojne korisne proizvode bez kojih ne možemo zamisliti funkcioniranje i razvoj suvremenog društva. Nažalost, cijeli "životni ciklus" kemijskih proizvoda od početne proizvodnje, skladištenja, transporta, uporabe i konačno do otpada prate ozbiljni rizici koji mogu dovesti i do kemijskih nesreća velikih razmjera. Eksplozija u kemijskoj tvornici može ugroziti stanovništvo čitavog naselja, havarija tankera prijete onečišćenjem velikih područja obale, a cijele regije mogu biti ugrožene nekontroliranim ispuštanjem opasnih kemikalija iz kemijskih instalacija. U posljednjih pedesetak godina bili smo svjedoci nekoliko velikih nesreća na globalnoj razini: u katastrofi u Bhopalu 1984. godine zabilježen je najveći broj ljudskih žrtava; veliki požar u skladištu tvornice Sandoz u Baselu 1986. godine uzrokovao je masivno onečišćenje rijeke Rajne; izlivanje cijanida i teških metala

u zapadnoj Rumunjskoj 2000. godine ozbiljno je ugrozilo Dunav i izvore pitke vode nekoliko milijuna ljudi, a eksplozije u kemijskim postrojenjima ugrozile su stanovništvo grada Enschede u Nizozemskoj 2000. godine i Toulousea u Francuskoj 2001. godine. Nažalost, i u Hrvatskoj se svake godine bilježi nekoliko incidenata u kojima prijete kemijska kontaminacija ili ugroza zdravlja ljudi i okoliša nekontroliranim ispuštanjem iz industrijskih pogona. Na primjeru iskustava iz kemijskih nesreća koje su se dogodile u Hrvatskoj tijekom 2007. godine moramo konstatirati da unatoč postojećem sustavu prevencije, planiranja i odgovora u slučaju kemijskih nesreća nije bilo zadovoljavajuće planski koordinirane akcije svih dijelova tog sustava. Također nedostaje ključni dio na koji upućuju smjernice Organizacije za ekonomsku suradnju i razvoj (OECD), a to je pomna analiza djelovanja svih dijelova sustava u prethodnim kemijskim nesrećama koje za tu svrhu moraju biti vrlo dobro dokumentirane i kasnija primjena tako stečenih iskustava na poboljšanje funkcioniranja svih dijelova sustava (OECD, 2003.). Cilj je izbjeći ponavljanje pogrešnih postupaka koji mogu znatno utjecati na ishod i posljedice takvih događaja.

\*Mr. sc. Rajka Turk, mr. pharm., Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Centar za kontrolu otrovanja, Ksaverska cesta 2, 10000 Zagreb.

Svrha ovog preglednog članka je izdvojiti i analizirati najvažnije momente u dvije veće, ili točnije rečeno, medijski najbolje popraćene kemijske nesreće zabilježene u Hrvatskoj u prethodnoj godini i usporediti s iskustvima o zbrinjavanju kemijskih katastrofa u svijetu, u pokušaju da se stečene spoznaje prenesu široj stručnoj javnosti.

## OSNOVNE ZADAĆE SUSTAVA PRIPRAVNOSTI I ODGOVORA NA KEMIJSKE NESREĆE

U skladu s OECD smjericama dobro organizirani sustav mora obuhvatiti:

1. prevenciju nastanka nesreća i prijetećih nesreća koje uključuju opasne kemikalije (npr. eksplozije, požari, nekontrolirano ispuštanje u okoliš itd.)
2. pripravnost za odgovor na nesreće i ublažavanje posljedica u smislu izrade i provjere učinkovitosti akcijskih planova i sustava uzbunjivanja i obavještanja javnosti
3. odgovor na kemijske nesreće s primarnim ciljem spečavanja štetnih učinaka na zdravlje stanovništva, zaštite okoliša i općeg dobra
4. praćenje posljedica nesreća, uključujući dekontaminaciju, izvješćivanje o nesreći i istragu o uzrocima i naknadnim posljedicama nesreće.

Vidljivo je da djelotvoran sustav mora uključiti brojne službe i institucije, pa je za uspješnu koordinaciju svih uključenih i u slučaju kemijskih nesreća u Hrvatskoj ključno dobro funkcioniranje Državne uprave za zaštitu i spašavanje, odnosno da svaki segment sustava ima točno propisane postupke intervencije kojih se treba striktno držati. Budući da je Centar za kontrolu otrovanja informacijska služba koja prvenstveno služi potrebama zdravstvenog sustava, možemo kompetentno govoriti samo o dijelu sustava koji se odnosi na medicinske intervencije u kemijskim nesrećama.

Medicinski pristup kemijskim nesrećama obuhvaća prvenstveno hitno zbrinjavanje žrtava

na mjestu događaja (uključujući i dekontaminaciju), trijažu i transport u zdravstvene ustanove, bolničko liječenje i rehabilitaciju (*Murray, 1990.*). Dosadašnje iskustvo nam govori da su zdravstvene službe u Hrvatskoj, prvenstveno služba hitne medicinske pomoći, educirane i sposobne za provedbu ovih zadaća. Međutim, osim ovih tradicionalnih postupaka, kemijski incidenti postavljaju zdravstvenim djelatnicima mnogo veće zahtjeve: 1. procjenu opasnosti od nastanka akutnih ili kroničnih toksičnih učinaka (ako su uzroci otrovanja/zagađenja poznati), odnosno postavljanje dijagnoze otrovanja (uzrok nepoznat) uz isključenje drugih etioloških čimbenika (na primjer, masovna psihogena bolest); 2. preventivne mjere u svrhu prekida i ublažavanja posljedica izloženosti opasnim kemikalijama (primarna i sekundarna prevencija); 3. koordinacija sa svim drugim službama uključenim u sustav, posebno u području obavještanja i davanja uputa ugroženom stanovništvu.

## KONTAMINACIJA ZRAKA I OKOLIŠA KAO POSLJEDICA KEMIJSKIH NESREĆA

Kemijske nesreće koje mogu poprimiti i razmjere katastrofe dijele se na prirodne (vulkani), provocirane (naftne i plinske bušotine), industrijske (eksplozije, požari, nekontrolirane reakcije itd.), prometne (sudari, požari, iskliznuća itd.) i požarne (sintetski polimerni građevinski materijali). U sedamdesetim godinama prošlog stoljeća najpoznatija takva katastrofa bila je ispuštanje dioksina u Sevesu u Italiji 1976., a osamdesete je obilježila tragedija indijskog grada Bhopala s više od 2500 mrtvih zbog ispuštanja metil izocijanata iz ICI pogona 1984. godine. Posljednje desetljeće prošlog stoljeća bilo je obilježeno terorističkim napadom u Japanu, u Tokijskoj podzemnoj željeznici 1995. godine, kada je otrovanje bojnim otrovom sarinom pretrpjelo više od 5000 ljudi uz 11 smrtnih slučajeva (*Bowler i sur., 2001.*). Iskustva medicinskih djelatnika u zbrinjavanju žrtava potvrđuju da je kod incidenata kojima je osnovno obilježje masovnost i naglost najvažnije osigurati brzo i točno obavještanje i protok informacija. O tokijskom incidentu bolnice su bile obaviještene unutar 15 minuta, ali je kao

uzrok navedena eksplozija u podzemnoj željeznici te su provedene pripreme za zbrinjavanje opekline kože i dišnog sustava i otrovanja ugljikovim monoksidom. Slijedi aktiviranje bolničkih planova za krizna stanja i zatim adekvatna trijaža i liječenje prema kategorijama hitnosti. Kao osnovni nedostatak bolničkog sustava u većini u literaturi opisanih nesreća utvrđena je nemogućnost adekvatne dekontaminacije velikog broja žrtava, neadekvatna zaštita osoblja uključujući i lošu ventilaciju u prijemnom odjelu, te kasna primjena postupaka uznapredovalog održavanja života (Advanced Life Support) koji ako se primijene na mjestu incidenta mogu znatno smanjiti smrtnost. S obzirom na karakteristični toksindrom koji uzrokuju otrovi iz skupine inhibitora kolinesteraze i prethodna iskustva, uz analitičku potporu u Tokiju je relativno brzo otkriven pravi uzrok otrovanja, ali se zbog broja ozlijeđenih količina dostupnih specifičnih antidota pokazala nedostatna.

Od industrijskih katastrofa dvije su iznimno dobro dokumentirane i mogu poslužiti kao predložak za stjecanje znanja o kemijskim nesrećama. U požaru tvornice plastičnih masa u Thetfordu u Velikoj Britaniji 1991. godine se gorenjem oko 1000 tona PVC-a tijekom 72 sata iznad naseljenog područja stvorio golemi oblak dima, ali je zahvaljujući dobroj organiziranosti službi za hitne intervencije bilo samo 46 lakše ozlijeđenih vatrogasaca, dok je lokalno stanovništvo evakuirano bez žrtava (*Baxter i sur., 1995.*). Greškom u tehnološkom postupku iz tvornice Hoechst AG u Frankfurtu (Njemačka) 1993. godine ispušteno je 11,8 tona kemijske smjese kloriranih nitroaromata (uglavnom nitroanisola), uzrokujući jaku kontaminaciju jednog od stambenih predgrađa Frankfurta koje je bilo prekriveno debelim slojem žute prašine (*Heudorf i sur., 1994.*). Nije bilo većih akutnih zdravstvenih posljedica osim iritativnih kožnih simptoma uglavnom kod izložene djece. I u ovom slučaju nije se uspjela spriječiti izloženost lokalnog stanovništva, što je potvrđeno tri puta višom koncentracijom reprezentativnog metabolita o-nitrofenola u urinu nego u kontrolnim uzorcima. Unutar mjesec dana na kompletnom području izvršena je dekontaminacija, uključujući iskopavanje kontaminirane ze-

mlje i vegetacije, sadnja novih biljaka, zamjena asfaltnog i betonskog pokrova svih ulica i dvorišta, čišćenje krovova itd.

## OPĆE PRETPOSTAVKE ZA ZBRINJAVANJE OZLIJEĐENIH U KEMIJSKIM NESREĆAMA

Za djelotvorno postupanje zdravstvene službe kod kemijskih nesreća vrlo je važna primjena empirijskih načela, odnosno prepoznavanje dva klinička sindroma („toksindroma“) koji su najvjerojatniji u slučaju kemijskih nesreća. Takvu kliničku sliku uzrokuju kemikalije koje djeluju kao zagušljivci (obični zagušljivci kao npr. ugljični dioksid ili kemijski zagušljivci kao ugljični monoksid ili cijanidi) ili kao nadražljivci dišnih puteva, očiju i kože (npr. amonijak, klor); (Tablica 1. - *Kales i sur., 2004.*). Kod požara i eksplozija moguća je naravno istovremena izloženost različitim smjesama kemikalija i posljedična kombinirana klinička slika koja je još dodatno komplicirana termičkim i mehaničkim ozljedama. Naravno da spojevi koji uzrokuju isti toksindrom zahtijevaju i jednaki terapijski pristup, pa poznavanje ovih jednostavnih pravila znatno olakšava liječenje.

Kod kemijskih nesreća vrlo često problem predstavlja nedostatak pouzdanih informacija o specifičnim kemikalijama koje su nekontrolirano ispuštene u okoliš, odnosno identifikacija tvari koje mogu ugroziti stanovništvo i okoliš. U pojedinim slučajevim čak postoji sumnja da li je uopće došlo do izloženosti, odnosno otrovanja ili postoji neki drugi uzrok zdravstvenih tegoba. Na otrovanje treba posumnjati ako je u skupini ljudi u kratkom vremenskom razmaku došlo do sličnih simptoma, a postoji mogućnost izloženosti opasnim kemikalijama (npr. blizina industrijskog postrojenja ili skladišta). Zbog brzog nastupa djelovanja otrovnih kemikalija potrebno je brzo započeti sa simptomatskim, a ako postoje indicije i sa specifičnim liječenjem, bez čekanja na rezultate kemijskih analiza uzoraka iz okoliša ili kliničko-toksikoloških analiza bioloških uzoraka (krv, mokraća itd.). Važno je napomenuti da postoji mogućnost da nekritička interpretacija rezultata dovede do pogrešne dijagnoze otrova-

nja, što se u kliničkoj toksikologiji obično naziva „toksikološkim problemom nastalim u laboratoriju“. Prema tome, ako laboratorijski nalazi ne odgovaraju kliničkoj slici odnosno simptomima, treba preispitati vrijednost svakog pojedinog rezultata i obvezno ponoviti analizu.

**Tablica 1. Karakteristike najčešćih skupina kemikalija koje mogu dovesti do otrovanja u kemijskim nesrećama**

**Table 1. Characteristics of the most common groups of chemicals which can lead to poisoning during chemical accidents**

Svojstvo	Zagušljivci	Nadražljivci dišnih puteva
Najčešći uzrok otrovanja u kemijskim nesrećama	Ugljični monoksid	Klor, amonijak
Mehanizam štetnog djelovanja	Tkivna hipoksija srčano-krvožilnog sustava i središnjeg živčanog sustava, nema znakovna nadraženosti dišnih puteva	Simptomi nadraženosti dišnih puteva, obično jače izraženi od očiju i kože
<b>Tipična klinička slika</b>		
Blaža otrovanja	Glavobolja, umor, razdražljivost, vrtoglavica, mučnina	Pečenje sluznice nosa i ždrijela, kašalj, stezanje u prsištu, pečenje i suženje očiju
Umjerena do teška otrovanja	Zaduha, poremećaji svijesti, srčana ishemija, sinkope, koma, konvulzije	Bronhospazam, otežano disanje, stridor, edem ždrijela, akutno oštećenje pluća
<b>Razvoj simptoma</b>		
Trenutni kolaps kod vrlo visokih koncentracija	Visoke koncentracije cijanida, sumporovodika i nedostatak kisika u zatvorenom prostoru	U većini slučajeva se ne očekuje
Akutni razvoj simptoma	Većina zagušljivaca i običnih i kemijskih	Nadražljivci dobro topljivi u vodi (amonijak, klorovodik, klor, suzavci)
Odgodena pojava simptoma – 4 do 6 sati nakon izloženosti	Izloženost niskim koncentracijama tvari koje se metabioliziraju u primarne zagušljivce: metilen klorid (u ugljični monoksid), akrilonitril (u cijanide)	Nadražljivci slabo topljivi u vodi (fozgen, dušikovi oksidi)

Liječenje zapravo započinje s prekidom izloženosti što uključuje evakuaciju s mjesta nesre-

će i mjere dekontaminacije, odnosno uklanjanja mogućeg otrova s kože i sluznica. Sustav obavještanja i informiranja treba djelovati tako da se potencijalno ugroženom stanovništvu daju jasne i jednostavne upute o što bržem udaljavanju od izvora onečišćenja ako se radi o vanjskoj izloženosti, odnosno ulasku u zatvorene objekte (zatlavanje vrata i prozora, isključivanje grijanja ili hlađenja) koji mogu unijeti vanjska onečišćenja te skidanju kontaminirane odjeće i spremanje u zatvorene plastične vreće, pranje kože vodom i sapunom. Isto vrijedi i za unesrećene koje zbrinjava služba hitne medicinske pomoći koja mjere dekontaminacije, ako je ikako moguće, treba provesti prije prijevoza. Jednostavno skidanje kontaminirane odjeće uklanja 85 do 90% kemikalija koje mogu doći u dodir s kožom (*Hall, 1995.*).

Kod kemijskih nesreća u kojima je izložen veći broj ljudi može se pretpostaviti da će veći broj imati samo blaže simptome i da će bez pomoći hitnog medicinskog tima sami potražiti pomoć u najbližoj bolnici. Zbog toga gravitirajuće medicinske ustanove trebaju biti unaprijed obaviještene o mogućem većem broju bolesnika kako bi se pripremili za prihvata, trijažu i dekontaminaciju. Također treba računati da se u ovakvim slučajevima očekuje oko pet puta veći broj osoba koje će zatražiti medicinsku pomoć zbog akutne stresne reakcije, od broja stvarno fizički ozlijeđenih osoba, pa treba osigurati odgovarajuću psihološku podršku (*Bleich i sur., 1992.*).

Klinički znakovi otrovanja kemikalijama uključuju poremećaje svijesti, smetnje disanja, smetnje cirkulacije i rada srca, gubitak svijesti i konvulzije. Početne terapijske mjere su u svim slučajevima održavanje vitalnih funkcija, a samo u slučaju nekih sistemskih otrova može biti potrebno i davanje specifičnih protuotrova o čemu se pouzdane informacije mogu dobiti od Centra za kontrolu otrovanja. Najvažniji lijekovi koje je potrebno imati na raspolaganju kod kemijskih nesreća su diazepam, cijanidni antidoti, atropin i pralidoksim.

### Ugljični dioksid ili amonijak

Smrt Karlovčana koji je stradao u veljači 2007. godine za vrijeme šetnje sa psom uz potok u neposrednoj blizini pivovare je svakako

vrlo netipična nesreća, a za koju se zbog spleta okolnosti čak sa sigurnošću ne može niti utvrditi uzrok. Bez namjere da se donesu ikakvi zaključci o mogućim pravim uzrocima nesreće, komentirat će se neke pojedinosti tog slučaja, prvenstveno s medicinskog gledišta.

Ako je stvarni uzrok nesreće ispuštanje štetnih kemikalija iz pivovare, tada je stvarni prvi događaj koji je doveo do kasnijeg spleta nesretnih okolnosti svakako tehnološka preinaka u sustavu proizvodnje kojom su se otpadne tvari iz procesa usmjerile u obližnji potok, a da se nije provela procjena rizika za zdravlje ljudi i okoliš, bez obzira što otpadne tvari nisu sadržavale kemikalije koje se obično smatraju „otrovima“. Prema OECD smjernicama, promjene u tehnološkom procesu su jedan od vrlo čestih uzroka kemijskih nesreća.

Sljedeća značajna pojedinost je zanemari vanje dojava građana koji su se navodno dugo vremena ranije žalili na intenzivan miris koji se osjećao u blizini potoka, a koji su opisali kao miris amonijaka. Za pretpostaviti je da bi se provedbom nekoliko mjerenja onečišćenja zraka moglo otkriti da li povremeno postoje visoke razine nekih potencijalno otrovnih plinova.

Nažalost, kod intervencije hitne medicinske pomoći nije se prenijela možda tada trivijalna, ali zapravo vrlo značajna informacija da je istovremeno pronađen i uginuli pas (a navodno i druge manje životinje) što bi iskusnijem toksikologu odmah signaliziralo mogućnost otrovanja.

Lekciju koju treba zapamtiti je svakako slabi protok informacija koji je spriječio pravovremeno pokretanje sustava intervencije kod mogućih kemijskih nesreća. Posljedica toga je da su vatrogasne postrojbe koje su opremljene za detekciju plinova, nadležne inspekcijske i druge službe s velikim zakašnjenjem stigle na mjesto događaja i provele uzorkovanje, što je konačno rezultiralo činjenicom da nisu otkriveni tragovi niti amonijaka niti bilo kojeg drugog mogućeg onečišćenja na mjestu događaja.

Zdravstveno osoblje koje je zbrinjavalo nesrećenog nekoliko sati nakon nesreće nije imalo pravu informaciju o mogućim uzrocima teškog

stanja pacijenta, osim što su u kontaktu sa Centrom za kontrolu otrovanja dobili informaciju da klinička slika ne odgovara otrovanju amonijakom niti bilo kojim drugim nadražljivcem dišnih puteva.

Dodatnu pomutnju unijeli su rezultati laboratorijskog određivanja amonijaka u krvi nesrećenog koji su pokazali ekstremno visoke razine. Prema našim spoznajama nije utvrđeno što je pravi uzrok takvog rezultata, odnosno radi li se o lažno pozitivnom nalazu ili kontaminaciji uzorka (*Barsotti, 2001.*). Nakon toga su se javljali i brojni drugi građani od kojih je nekima također utvrđena nešto povišena razina amonijaka u krvi što je dalje pridonosilo nesigurnosti i nepovjerenju u sustav, posebno u zdravstvene djelatnike koji su podnijeli najteži teret događaja. Ova dodatna komplikacija se barem mogla izbjeći, jer prema toksikološki relevantnoj literaturi amonijak je prvenstveno lokalni otrov čiji se učinak na zdravlje temelji na korozivnom oštećenju sluznica, a nema značajno sustavno djelovanje, odnosno vrlo se malo resorbira iz dišnog sustava u sistemski krvotok (*BEST, 2002.*). Kod simptomatskih akutnih otrovanja amonijakom sustavni toksični učinci (na živčani sustav - gubitak svijesti, koma, konvulzije; na srce i krvožilni sustav - kolaps, aritmije, ishemijska miokarda; na druge organe - zatajenje jetre i bubrega) posljedica su hipoksemije, a ne specifičnog toksičnog učinka amonijaka na pojedine organske sustave. Ispitivanja na zdravim dobrovoljcima pokazala su da se kod izloženosti koncentracijama od oko 100 ppm tijekom nekoliko minuta preko 90% udahnutog amonijaka zadržava na nosnoj sluznici, dok je nakon 30 minuta izloženosti koncentraciji od 500 ppm na nosnoj sluznici zadržano samo oko 20% amonijaka. Nakon prestanka izloženosti za desetak minuta se u izdahnutom zraku koncentracija amonijaka spustila na razinu prije izloženosti. Također je utvrđeno da izloženost amonijaku nije dovela do povišenja razine amonijaka u krvi i urinu niti povišene koncentracije uree ili dušika u krvi, odnosno da je resorpcija u sistemsku cirkulaciju vrlo niska. Prema tome, mjerenje razine amonijaka u krvi nije relevantno za prognozu niti liječenje otrovanja.

Naredna nepovoljna okolnost je da su štetni učinci ugljičnog dioksida kao običnog zagušljivca sasvim nespecifični, odnosno teško se mogu prepoznati po karakterističnim simptomima, a jednako tako ne može se detektirati u tjelesnim tekućinama i tkivima, pa i forenzički nalazi u tom smislu nisu mnogo pridonijeli rasvjetljavanju slučaja.

### **Istjecanje amonijaka iz spremnika u mesnoj industriji**

Za razliku od upravo razmatranog slučaja, incident koji se dogodio u studenom 2007. godine u Samoboru, iako potencijalno čak i većih razmjera, saniran je brzo i organizirano, uz pokretanje sustava za zaštitu i spašavanje i koordiniranim djelovanjem svih dijelova sustava. Ovdje nije bilo problema oko identifikacije, jer je istjecanje amonijaka iz sustava za hlađenje vjerojatno jedan od najčešćih incidenata s opasnim kemikalijama koji se događaju u Hrvatskoj. Ispuštena količina, odnosno koncentracija amonijaka u okolišu bila je relativno niska, pa nije prijetila da zdravstveno ozbiljno ugrozi okolno stanovništvo. Zahvaljujući prethodnim iskustvima i bolje dostupnim informacijama o toksikološkim svojstvima tipičnih nadražljivaca dišnih puteva zdravstvene službe nisu imale većih problema u zbrinjavanju izloženih koji su se javljali s lakšim simptomima. Istjecanje amonijaka je kao i u većini slučajeva bilo posljedica pogreške u rukovanju, a samo je relativno niska razina kontaminacije spriječila ljudske žrtve, jer osobe koje su prve sanirale kvar nisu bile opremljene odgovarajućim zaštitnim sredstvima. Nažalost, prema medijskim izvješćima, u javnosti i dalje postoji izražen visoki stupanj nepovjerenja u sustav prevencije i odgovora na kemijske nesreće, što je vrlo nepovoljno, jer u slučaju potencijalne opasnosti koja bi zahtijevala evakuaciju i striktno poštovanje uputa nadležnih službi može se očekivati mali stupanj suradnje s posljedično većom opasnosti za zdravlje. Prema tome, u ovoj fazi izgradnje sustava za odgovor na kemijske nesreće trebalo bi početi raditi i na široj edukaciji stanovništva.

## **ZAKLJUČAK**

Troškovi saniranja kemijskih nesreća, ne računajući ljudske žrtve, uvijek višestruko prelaze troškove organizacije nacionalne i lokalne službe planiranja i obrane, a uz dobro obučene i opremljene ekipe za hitne intervencije zdravstveni i ekološki rizici mogu se značajno smanjiti. Hrvatska je, također, po uzoru na visokorazvijene zemlje zakonski regulirala i osmislila programe smanjenja rizika, pripravnosti i obrane od kemijskih nesreća, ali sudeći po dosadašnjim intervencijama još nedostaju bolja organizacijska iskustva.

## **LITERATURA**

Barsotti, R. J.: Measurement of ammonia in blood, *J. Pediatr*, 138, 2001., 11-20.

Baxter, P.J., Heap, B.J., Rowland, M.G.M., Murray, V.: Thetford plastics fire, October 1991: the role of a preventive medical team in chemical incidents, *Occup. Environ. Med.*, 52, 1995., 694-698.

Bleich, A., Dycian, A., Koslowsky, M., Solomon, Z., Wiener, M.: Psychiatric implications of missile attacks on a civilian population: Israeli lessons from the persian Gulf War, *JAMA*, 268, 1992., 613-615.

Bowler, R.M., Murai, K., True, R.H.: Update and long-term sequelae of the sarin attack in the Tokyo, Japan subway, *Chem. Health Safety*, 8, 2001., 53-55.

Hall, S.K.: Management of chemical disaster victims, *J. Toxicol. Clin. Toxicol.*, 33, 1995., 6, 609-16.

Health aspects of chemical accidents, *OECD Environment Monograph*, No. 81., OECD, Paris, 1994.

Heudorf, U., Peters, M.: The chemical accident of the Hoechst AG facility 22 February 1993-1. Extent of environmental pollution and clean-up, *Gesundheitswesen*, 56, 1994., 347-352.

Kales, N.S., Christiani, D.C.: Acute Chemical Emergencies, *N. Engl. J. Med.*, 350, 2004., 800-808.

*National Research Council. Board on Environmental Studies and Toxicology (BEST): Review of Submarine Escape Action Levels for Selected Chemicals*, Chapter 2. Ammonia, National Academy Press, Washington D.C., 2002.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). OECD Guiding Principles for Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response. 2nd edition. OECD Environment, Health and Safety Publications Series on Chemical Accidents, No. 10, 2003.

Murray, V.: *Major chemical disasters: medical aspects of management*, Royal Society of Medicine, London, 1990.

### **EXPERIENCES IN MEDICAL CARE OF PERSONS INJURED IN CHEMICAL ACCIDENTS IN CROATIA**

*SUMMARY: Chemical accidents and chemical disasters are an inevitable consequence of modern technology and global industrialization. Programmes for risk control, prevention and management are legally adopted and implemented in many developed countries and it is necessary to implement them more effectively in Croatia. Some of the lessons learned from analysis of previous major incidents reported in medical literature as well as recent experiences in dealing with chemical accidents in Croatia are highlighted in this paper.*

**Key words:** *chemical accidents, emergency planning, dangerous chemicals, ammonia, carbon dioxide*

*Subject review  
Received: 2008-05-12  
Accepted: 2009-01-07*