

REVIEW
UDC 613.6:331.823

ZNAČENJE PROCJENE RIZIKA U MEDICINI RADA

ANA BOGADI-ŠARE I RAJKA TURK

*Institut za medicinska istraživanja i
medicinu rada, Zagreb*

Primitljeno 25. lipnja 1995.

U članku se iznose temeljna načela procjene rizika i mogućnosti njezine primjene u radnom okolišu. Zaštita zdravlja na radu složen je proces i obuhvaća procjenu rizika oštećenja zdravlja, provođenje zdravstvenog nadzora i konačno liječenje ireverzibilnih zdravstvenih učinaka. Procjena rizika sastoji se od četiri stupnja: prepoznavanja opasnosti, utvrđivanja odnosa doza-učinak, procjene izloženosti i označivanja rizika. Proces procjene rizika razvio se u svrhu zaštite zdravlja od štetnih utjecaja čimbenika iz čovjekova okoliša, a sve više se primjenjuje u procjeni opasnosti u radnim procesima i utvrđivanju prioriteta pri rješavanju problema zdravstvene zaštite djelatnika u gospodarstvu. Kod nas je takav pristup još nedovoljno razvijen. U članku je istaknuta uloga medicine rada u procjeni rizika oštećenja zdravlja i primjeni rezultata tog složenog postupka u svim radnim procesima.

Ključne riječi:
odnos doza-učinak, prepoznavanje opasnosti, procjena izloženosti, radna okolina, zaštita zdravlja radnika

Zaštita zdravlja u radnim procesima obuhvaća niz gledišta, od tehničkih i mehaničkih do bioloških, fizioloških, psiholoških i socijalnih značajki rada i radnog okoliša. Velik broj ozljeda na radu, oko 100.000 kemikalija, 50-ak različitih fizikalnih, više od 200 bioloških i 20-ak različitih psiholoških čimbenika predmet su rada i istraživanja svih sudionika u procesu zaštite zdravlja radnika, pa tako i medicine rada (1). Da bi se pravilno procijenila opasnost od oštećenja zdravlja i sagledala težina svakog pojedinačnog problema, nužno je poznavati sve korake u procesu zaštite zdravlja radnika. To su: procjena rizika oštećenja zdravlja, provođenje zdravstvenog nadzora i, konačno, liječenje ireverzibilnih učinaka na zdravlje, tj. bolesti. Medicina rada u nas dobro poznaje i djelatno sudjeluje u

zdravstvenom nadziranju i liječenju. Međutim, nedovoljno je uključena u sam proces procjene rizika oštećenja zdravlja u pojedinim tehnološkim cjelinama.

Metode procjene rizika bile su razvijene radi zaštite zdravlja od štetnih utjecaja čimbenika iz životnog okoliša (2). One se, međutim, sve više primjenjuju i u procjeni opasnosti za zdravlje u industrijskim djelatnostima. Određeni zakonski normativi u svezi s radnim procesima bili su utvrđeni upravo na temelju rezultata procjene rizika. Tako je, primjerice, smanjivanje maksimalno dopustive koncentracije za benzen temeljeno na procjeni rizika razvoja leukemija pri izloženosti niskim koncentracijama benzena (3).

Smrtnost, pobol i gubitak radnih dana zbog bolesti i smrti upućuju na prisutnost zdravstvenih teškoća u djelatnom pučanstvu. Izvori tih podataka jesu: bolnički registri, registri socijalnog osiguranja (invalidska mirovina, kratkotrajna i dugotrajna radna nesposobnost), podaci o uzrocima smrti, o ozljedama na radu, o urođenim nenormalnostima, registri za rak te rezultati mjerenja obilježja radnog okoliša i biološkog praćenja (4). Na temelju tih pokazatelja u gospodarstvu uočavaju se zdravstveni problemi, procjenjuje rizik i postavljaju prioriteta u rješavanju. Primjerice, povećani pobol od bolesti dišnog sustava u tekstilnoj industriji, povišeni krvni tlak pri izloženosti prekomjernoj buci, češća umirovljenja zbog bolesti kralježnice u šumarskoj proizvodnji ili pak česta odsutnost s posla zbog neurotskih smetnji u stresnim zanimanjima, upućuju na postojanje poremećaja zdravlja i na potrebu ocjenjivanja prioriteta u analiziranju njihovih uzroka i u njihovu rješavanju. Jednako tako u slučajevima povećanog broja spontanih pobačaja u proizvodnji i primjeni pesticida ili u nekoj kemijskoj industriji trebalo bi provesti procjenu rizika i na temelju dobivenih rezultata utvrditi povezanost oštećenja zdravlja i radnih uvjeta te preporučiti odgovarajuća rješenja.

Vrlo često rizik oštećenja zdravlja u radnim uvjetima procjenjuje se utvrđivanjem rizika smrtnosti od bolesti ciljnih organa. Te procjene, međutim, ne daju pravi uvid u stvarni rizik jer često neka štetnost na radu ne mora uzrokovati smrt, već samo veće ili manje oštećenje zdravlja i ograničenje radne sposobnosti. Zato se sve više obraća pozornost na rizik obolijevanja od bolesti ciljnih organa i računa se gubitak godina rada i zbog bolesti i zbog smrti. Tako je npr. kod obolijevanja od azbestoze rizik mnogo manji ako se izražava samo kao rizik smrtnosti od mezotelioma plućnice u odnosu na rizik koji se izražava kao gubitak radnih dana zbog obolijevanja od azbestoze, posljedične plućne insuficijencije i malignoma pluća i plućnice.

PROCJENA RIZIKA OŠTEĆENJA ZDRAVLJA

Procjena rizika složen je proces utvrđivanja oštećenja zdravlja kao posljedice djelovanja štetnosti i opasnosti, pri čemu se upotrebljavaju rezultati znanstvenih istraživanja. Radi se o relativno novom pristupu praćenju onečišćenja okoliša i zaštite zdravlja pučanstva koji je od sedamdesetih godina razvijala Američka agen-

cija za zaštitu okoliša (United States Environmental Protection Agency, dalje U.S. EPA). Američka Nacionalna akademija znanosti (National Academy of Sciences) godine 1983. utvrdila je načela procjene rizika i njihove primjene (2).

Prema definiciji, rizik je vjerojatnost nastanka ozljede, bolesti ili smrti u određenim okolnostima. Praktički je nemoguće utvrditi obilježja izloženosti nekoj štetnoj tvari ili opasnim radnim uvjetima pri kojima zasigurno nema rizika za oštećenje zdravlja. Međutim, moguće je utvrditi radne uvjete pri kojima je rizik tako nizak da praktički nema posljedica za zdravlje u izloženoj skupini ljudi. Ti radni uvjeti smatraju se bezopasnim i znače sigurne ili dopustive granice izloženosti nekoj štetnosti i/ili opasnosti. Primjerice, nemoguće je izbjeći stvaranje vibracija pri mnogim proizvodnim djelatnostima. Stoga je Međunarodna organizacija za standardizaciju (International Organization for Standardization - ISO) utvrdila osobine vibracija (frekvencija, amplituda, brzina, akceleracija) pri kojima se ne očekuju značajna oštećenja zdravlja (5). Na istom načelu utvrđene su maksimalno dopustive koncentracije štetnih tvari u atmosferi radnih prostora za koje se smatra da tijekom svakodnevne osmosatne izloženosti neće izazvati oštećenja zdravlja (6).

Proces procjene rizika sastoji se od četiri stupnja (2, 7):

1. prepoznavanje opasnosti (hazard identification),
2. procjena odnosa doza-činak (risk estimation, dose response assessment),
3. procjena izloženosti (exposure assessment),
4. označivanje rizika (risk characterization).

PREPOZNAVANJE OPASNOSTI

Opasnost se definira kao izvor mogućeg oštećenja zdravlja i predstavlja mogućnost da određeni radni uvjeti fizikalne, kemijske, biološke, ergonomske ili psihološke prirode oštete zdravlje. Pojmovi opasnosti i rizika katkad se poistovjećuju. Međutim, opasnost je kvalitativan pojam, a rizik je kvantitativno izražena mogućnost da nakon izloženosti dođe do oštećenja zdravlja. Tako je u obućarskoj industriji opasnost za zdravlje, između ostalog, izloženost benzenu, a rizik se izražava kao mogućnost oštećenja krvotvornih organa djelovanjem određenih koncentracija benzena. Primjerice, pri desetogodišnjoj izloženosti koncentraciji benzena od 50 ppm, u 75% izloženih može se očekivati pojava jedne ili više krvnih citopenija (3).

Identifikacijom ili prepoznavanjem opasnosti utvrđuje se biološka priroda štetne tvari, tj. tip oštećenja zdravlja koje neka štetna tvar može izazvati i uvjeti pod kojima to oštećenje može nastati. Temelji se na *in vivo* pokusima na životinjama, *in vitro* pokusima, spoznajama o povezanosti molekularne strukture i biokemijske aktivnosti, epidemiološkim istraživanjima izloženih skupina ljudi i, rjeđe, prikazima pojedinačnih slučajeva klinički izraženih bolesti.

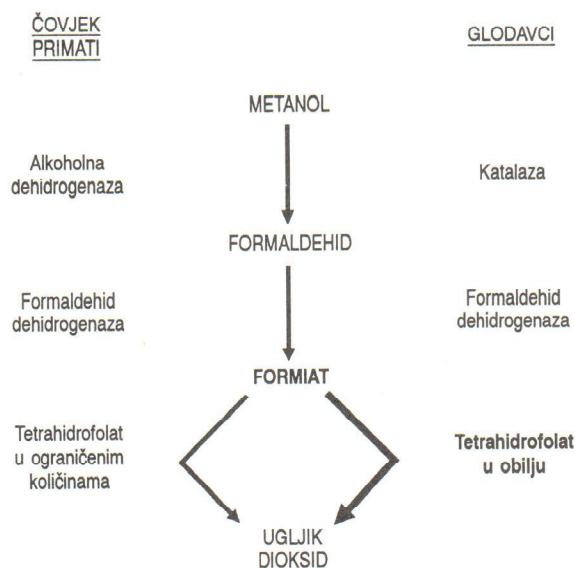
Pokusima na životinjama utvrđuju se ciljni organi štetnog djelovanja i količina ili koncentracija štetne tvari koja izaziva oštećenje ciljnih organa ili ugibanje životinje. Kod kemijskih štetnosti utvrđuje se akutna toksičnost, i tzv. LD₅₀ ili LC₅₀ vrijednost, tj. smrtonosna doza ili koncentracija za 50% izloženih životinja. Nizom pokusa utvrđuju se tzv. LOAEL (lowest observed adverse effect level) ili najniža doza koja izaziva patološke promjene, NOAEL (no observed adverse effect level)

ili doza koja ne izaziva patološke promjene i NOEL (no observed effect level) ili doza koja ne izaziva nikakve promjene. Broj toksikoloških testova na životinjama je velik: akutna oralna toksičnost (LD_{50}), akutna dermalna toksičnost, akutna inhalacijska toksičnost (LC_{50}), primarna iritacija kože, primarna iritacija očiju, senzibilizacija kože, supkronična i kronična toksičnost, testovi fertiliteta i reprodukcije (utjecaj na rasplodivanje tijekom više generacija), teratogenost, perinatalna toksičnost, mutagenost i karcinogenost (8). Prednosti ispitivanja na pokusnim životinjama jesu: mogućnost prospektivnog i retrospektivnog praćenja i točne procjene razine izloženosti, dobra pozitivna korelacija s humanim karcinogenima, jasno uočljivi toksični i karcinogeni učinci, relativna kratkoća pokusa i mogućnosti kvalitativne usporedbe pojedinih skupina kemikalija. Nedostaci takvih ispitivanja jesu: različitost metabolizma i osjetljivosti pojedinih životinjskih vrsta u odnosu prema čovjeku, slaba reproducibilnost pojedinačnih pokusa zbog uporabe velikog broja različitih vrsta/sojeva životinja i različitih uvjeta izloženosti u pokusima, značajni troškovi i/ili tehnički zahtjevi te vremenska ograničenost za stjecanje znanstvenih iskustava, posebice kod odgođenih štetnih učinaka (7).

U čovjeka se podaci o toksičnim učincima pojedinih tvari mogu dobiti iz nekoliko izvora: smetnje uočene u izloženih osoba, prikazi kliničkih slučajeva i epidemiološka ispitivanja. U tzv. "case control" epidemiološkim istraživanjima u skupini osoba s određenim oštećenjima zdravlja istražuje se zajednička izloženost nekoj štetnosti ili opasnosti. U tzv. "cohort" istraživanjima u skupini čija je izloženost nekoj štetnoj tvari poznata i utvrđena promatraju se odstupanja u zdravstvenom stanju (8). Prilikom ispitivanja u ljudi nije moguće ispitati sve oblike toksičnosti kao u istraživanjima na životinjama jer u čovjeka nije moguće provesti jednako planirani pokus. Iako epidemiološka ispitivanja obilježavaju neki nedostaci, kao što su dužina i skupoća provedbe, teškoće pri izboru odgovarajuće skupine zbog vrlo čestih "miješanih" izloženosti, neosjetljivost, česta retrospektivna ispitivanja, njihova je uporaba obvezatna jer ispituju osjetljive i rizične skupine u pučanstvu. Rezultati ispitivanja u ljudi su nužni u postavljanju zaključaka o štetnosti određene tvari (7). Rezultati epidemioloških ispitivanja, koja su dobro isplanirana, praćena i izvršena na dovoljnom broju ispitanika, imaju određenih prednosti pred rezultatima pokusa na životinjama (2, 8). Međutim, ni ispitivanja na životinjama, ni epidemiološka istraživanja sama za sebe nisu dovoljna za postavljanje zaključka o štetnosti ispitivane tvari. Tek se zajedničkim procjenjivanjem rezultata kliničkih, epidemioloških i laboratorijskih ispitivanja mogu donijeti konačni zaključci (8).

Tako su, primjerice, 1,4-diklorbenzen, heksakloreten, izoforon i tetrakloretilen smatrani karcinogenima za ljude jer je utvrđeno da dovode do karcinoma bubrega u mužjaka štakora. Nađeno je da su ti karcinomi posljedica vezivanja navedenih spojeva s proteinom α_2 -globulinom koji je specifičan za mužjake štakora, što dovodi do stvaranja kompleksnog spoja koji je bio uzrokom oštećivanja bubrega i razvoja karcinoma (9). Međutim, ovi učinci nisu potvrđeni na drugim vrstama životinja ni u ljudi. Slično tomu, sudbina metanola različita je u organizmu glodavca, u majmuna i u ljudi. Zbog velike količine tetrahidrofolata koji razgrađuje toksični metabolit metanola, formiat, do ugljik dioksida, u glodavaca su toksični učinci metanola značajno slabiji negoli u primata i u ljudi (10) (slika 1).

Za razliku od stanja u zaštiti okoliša, u zaštiti zdravlja pri radnim procesima još nema sustavno oblikovanog pristupa prepoznavanju i uočavanju opasnosti. Najčešće se upotrebljavaju rezultati epidemioloških ispitivanja, pri čemu su



Slika 1 Metabolizam metanola u glodavaca u odnosu prema čovjeku (10)
Figure 1 The metabolism of methanol in rodents compared to humans (10)

moгуće određene pogreške. Tako se ograničavanjem na male i vrlo rizične skupine rizik može precijeniti. S druge strane, pri uporabi sveobuhvatnih registara, podaci mogu biti veoma površni. Teško je utvrditi i samu rizičnu skupinu, jer ni profesije nisu registrirane na odgovarajući način. Osim toga, teško je pratiti utjecaj nekih štetnosti u radnim procesima pri izraženoj fluktuaciji radne snage ili pri dugoj vremenskoj latenciji od djelovanja štetnosti do pojave bolesti. Dok pokuse na životinjama provode znanstvenici različitih profila, u epidemiološkim ispitivanjima uz znanstvene radnike nužno moraju sudjelovati i liječnici. Važna zadaća liječnika u medicini rada trebala bi biti kritički primijeniti rezultate epidemioloških ispitivanja i pokusa na životinjama na konkretne radne uvjete.

Utvrđivanje odnosa doza-učinak

Sljedeći korak u procjeni rizika za oštećenje zdravlja jest utvrđivanje odnosa razine izloženosti štetnoj tvari i intenziteta patoloških promjena i/ili bolesti. Ta procjena se zbog nedostatnih podataka iz istraživanja u ljudi često temelji na rezultatima pokusa na životinjama. Pritom se nužno javljaju problemi prenošenja zaključaka i spoznaja sa životinje na čovjeka. Osim prije spomenute različite osjetljivosti na djelovanje neke štetne tvari s obzirom na razlike u metabolizmu u ljudi i životinja, treba imati na umu i različitu interindividualnu osjetljivost. Da bi se postigao

učinak koji se želi ispitati, životinje se obično izlažu visokim dozama. Učinci niskih doza u čovjeka najčešće se moraju procijeniti matematičkim modelom za procjenu odnosa doze i učinka. Postoji nekoliko matematičkih modela (one-hit, multistage, multihit, Weibull, probit) i primjenom svakog od njih dobiju se različite vrijednosti rizika. Zasad nije moguće razlučiti koji je od tih rezultata najbliži istini. Najvjerojatnije je da stvarni rizik nije viši ni od jedne vrijednosti dobivene različitim modelima (8).

Kod kemijskih štetnosti općenito je prihvaćen stav da se biološki učinak nekarcinogenih tvari javlja tek kad se dostigne određena granična doza ili koncentracija štetne tvari (threshold dose - threshold effect). U pokusu na životinjama toj graničnoj vrijednosti odgovara NOAEL. Međutim, u čovjeka postoji mnogo širi raspon reakcija na djelovanje štetne tvari negoli u dobro kontroliranoj, genetski homogenoj skupini životinja u pokusnom modelu. Da bi se procijenila izloženost u ljudi koja neće uzrokovati štetne učinke na zdravlje, pokusna NOAEL vrijednost osigurava se tzv. sigurnosnim čimbenikom. Vrijednosti sigurnosnog čimbenika kreću se od 10 do 10.000 i ovise o kvaliteti podataka na temelju kojih je utvrđena NOAEL vrijednost, o značajkama štetnih učinaka, o mogućnosti zaštite i značajkama izložene skupine u pučanstvu (11). Iz NOAEL vrijednosti utvrđuje se tzv. referentna doza, RfD (reference dose), koja je prije još nazivana i dopuštenim dnevnim unosom (acceptable daily intake, ADI), tj. količinom štetne tvari koja se smije dnevno unijeti u ljudski organizam. Ovaj postupak zaštite zdravlja upotrebljava se najviše za utvrđivanje dopustivog unosa štetnih tvari u ljudski organizam oralnim putem iz životnog okoliša (npr. pesticidi, veterinarski lijekovi, razni dodaci u hrani).

U profesionalnim uvjetima kao zaštitne granice služe maksimalno dopustive koncentracije (MDK) štetnih tvari u radnoj atmosferi, tj. najviše koncentracije štetnih plinova, para i aerosola koje ne uzrokuju oštećenje zdravlja pri svakodnevnoj osmosatnoj izloženosti (6). Dok se kod zaštite zdravlja onečišćenjima okoliša utvrđuje kao zaštitna granica količina tvari koja ne izaziva nikakve štetne učinke (ADI ili RfD), maksimalno dopustive koncentracije štetnih tvari u radnim procesima štite većinu, ali ne i sve izložene osobe. To se opravdava ograničenim mogućnostima tehnoloških procesa i vrlo različitom pojedinačnom osjetljivošću čovjeka. Zbog toga se u radnim uvjetima koji zadovoljavaju kriterije maksimalno dopustivih koncentracija mogu očekivati reverzibilne promjene zdravlja. Tako, primjerice, količina pesticida u brašnu ne smije uzrokovati ni u ovoj ni u više sljedećih generacija nikakva oštećenja zdravlja. Za razliku od toga dopustiva koncentracija olova u krvi u profesionalno izloženih može uzrokovati određene promjene, kao što je reverzibilno snižavanje aktivnosti enzima dehidrataze delta-aminolevulinske kiseline. Promjene u kriterijima maksimalno dopustivih koncentracija temelje se na rezultatima epidemioloških ispitivanja. Tako su se te vrijednosti za određene kemijske tvari značajno smanjivale: za benzen od 100 ppm na 10 pa čak u nekim zemljama i 1 ppm, za vinil klorid od 500 na 5 ppm te za metil klorid od 20.000 na 1.000 ppm (12).

Neki istraživači smatraju da kod karcinogenog učinka nema granične sigurne razine pri kojoj ne bi bilo rizika za nastanak malignoma, pa već pri djelovanju nekoliko molekula karcinogena može doći do razvoja malignoma. S druge strane, postoji i mišljenje da pri niskim koncentracijama ili dozama neke tvari ne pokazuju

karcinogeni potencijal koji pokazuju pri višim koncentracijama (8, 13). Smatra se da prema potonjem mehanizmu djeluju tzv. epigenetski karcinogeni, koji nisu genotoksični, tj. ne utječu izravno na deoksiribonukleinsku kiselinu. U tim slučajevima maligni rast najvjerojatnije je posljedica stalnog podražaja stanica, što rezultira nekontroliranim množenjem i rastom stanica. Smatra se da malignomi jetre zbog utjecaja organoklornih pesticida (DDT, heksaklorocikloheksan) nastaju upravo ovim mehanizmom (14). Za utvrđivanje karcinogenosti neke kemijske tvari nužni, tj. primarni dokazi jesu: spoznaje dobivene ispitivanjima u ljudi (mortalitet izloženih rizičnih skupina, povezanost izloženosti u životnom okolišu i učestalosti karcinoma u pučanstvu, ispitivanje kliničkih slučajeva) i rezultati pokusa na životinjama, provedenih tijekom cijelog života životinje. Testovi mutagenosti, ispitivanja oštećenja kromosoma i stanične transformacije, "screening" testovi (test inicijacije i promocije na koži miša), testovi korelacije molekularne strukture i biokemijske aktivnosti te prisutnost karcinogenih metabolita imaju značenje nalaza koji upućuju na moguću karcinogenost, ali se na temelju njih ne može zaključiti o karcinogenim svojstvima neke tvari (7).

Procjena rizika je i u zaštiti okoliša i u zaštiti zdravlja radnika, prvotno bila primjenjivana upravo na primjerima karcinogenih tvari. Na temelju rezultata procjene rizika bitno su bile smanjene maksimalno dopustive koncentracije nekih karcinogena. Budući da se pri izloženosti koncentraciji benzena od 10 ppm tijekom cijelog radnog vijeka od 45 godina, procijenila vjerojatnost nastanka 44 do 152 leukemije na 1.000 izloženih radnika više nego u općem pučanstvu, maksimalno dopustiva koncentracija za benzen je u gotovo svim zemljama razvijenog svijeta snižena na 1 ppm, pa i niže (15).

Procjena izloženosti

Procjena izloženosti čovjeka štetnoj tvari pretpostavlja procjenu broja izloženih i razinu, trajanje i vrijeme izloženosti. Najjednostavnija metoda je izravno mjerenje štetne tvari, što je i metoda izbora u procjeni profesionalne izloženosti. Rezultati mjerenja neke štetne tvari u radnom okolišu uspoređuju se sa zakonski određenom maksimalno dopustivom koncentracijom određene kemijske tvari (16) ili gornjim vrijednostima za druge štetne radne uvjete. Međutim, za procjenu izloženosti nužno je poznavati i druge okolnosti kao što su čimbenici koji utječu na otpuštanje štetne tvari u okoliš, količina, mjesto i vrijeme otpuštanja tvari, čimbenici koji utječu na sudbinu tvari u okolišu (njezino kretanje, postojanost i razgradnja), intenzitet dodira s ljudima, veličina zahvaćene skupine i količina unosa tvari u ljudski organizam. Tako je za neke tvari važnija dugotrajna izloženost velikog broja ljudi niskim koncentracijama ili dozama (kao što je slučaj s karcinogenima), a za druge je pak značajna kratkotrajna izloženost visokim koncentracijama (kao što je slučaj s iritansima) (11). Osim toga, treba voditi računa o posebno osjetljivim skupinama, kao što su djeca i stariji ljudi, a u profesionalnim uvjetima i osobe s kroničnim bolestima koje se pod utjecajem radnih uvjeta mogu pogoršati. Mjerenje štetnosti u radnim procesima obavljaju za to ovlašteni pojedinci i institucije, a zadaća je liječnika-specijalista medicine rada da dobivene rezultate primijeni u procjeni rizika za oštećenje zdravlja.

Označivanje rizika

Konačni korak u procjeni rizika oštećenja zdravlja je utvrđivanje značajki ili označivanje rizika konkretnim rezultatom koji odražava učestalost oštećenja zdravlja u različitim uvjetima izloženosti. To se postiže kombiniranjem rezultata ispitivanja odnosa doza-učinak i procjene izloženosti. Prihvaćen je stav da se rizik brojčano izražava samo kod mutagenih i karcinogenih tvari (slope values, unit risk, potency values). U.S. EPA je preporučila prihvatljivu granicu za rizik od razvoja karcinoma tijekom cijelog života od jedan na 10.000 za skupinu i jedan na milijun pri pojedinačnoj procjeni (9). Kod nekarcinogenih tvari rizik se izražava kao granična koncentracija tvari u zraku ili granična doza tvari pri unošenju u organizam kroz usta (referentna doza) ispod koje je rizik za oštećenje zdravlja zanemariv (2). Na tablici 1. prikazan je rizik smrtnosti od leukemije (15), a na tablici 2. rizik oštećenja koštane srži (3) pri različitim koncentracijama benzena i različitim vremenima izloženosti tim koncentracijama.

Rezultati dobiveni tijekom opisanih postupaka mogu se i moraju upotrebljavati i pri procjeni rizika za oštećenje zdravlja u radnim procesima. Prepoznavanje opasnosti, odnosno spoznaja o štetnom utjecaju određenog radnog uvjeta kemijske, fizikalne, biološke i ergonomske prirode uputit će djelatnike u medicini rada i u zaštiti na radu na mogućnost oštećenja zdravlja. Na temelju spoznaje o odnosu doza-učinak i rezultata mjerenja štetnosti radnih procesa, specijalist medicine rada mora procijeniti kvantitativnu mogućnost oštećenja zdravlja na konkretnom radnom mjestu i odrediti daljnji postupak u zaštiti zdravlja radnika.

Tablica 1. Procjena rizika smrtnosti od leukemije nastale djelovanjem benzena (15)*
Table 1 Risk assessment of benzene induced leukemia (15)*

Godine izloženosti Years of exposure	Razina izloženosti / Level of exposure			
	10 ppm		1 ppm	
	NIOSH	DOW	NIOSH	DOW
45	44-152	48-136	5-16	5-15
30	30-104	32-93	3-11	3-10
15	15-54	16-48	1,5-5	2-15
5	5-18	5-16	0,5-2	0,5-2
1	1-4	1-3	0,1-0,4	0,1-0,3

NIOSH – US National Institute for Occupational Safety and Health

DOW – Dow Chemical Company

* izražena kao broj smrti zbog leukemije koji se javlja na 1000 radnika izloženih benzenu više nego u općoj populaciji

* expressed as estimated excess leukemia deaths per 1000 workers exposed to benzene

Tablica 2. Procjena rizika oštećenja krvotvornih organa djelovanjem benzena (3)*
Table 2 Risk assessment of benzene induced haematologic damage (3)*

Trajanje izloženosti Duration of exposure god. / yr	Intenzitet izloženosti Intensity of exposure mg/m ³ (ppm)	Depresija koštane srži Bone marrow depression %	Aplastična anemija Aplastic anaemia %
1	320 (100)	90	10
	160 (50)	50	5
	32 (10)	1	0**
	3,2 (1)	0**	0**
10	320 (100)	99	50
	160 (50)	75	10
	32 (10)	5	0**
	3,2 (1)	<1	0**

* izražena kao postotak izloženih osoba kod kojih bi moglo doći do depresije koštane srži ili aplastične anemije pri kroničnoj izloženosti benzenu

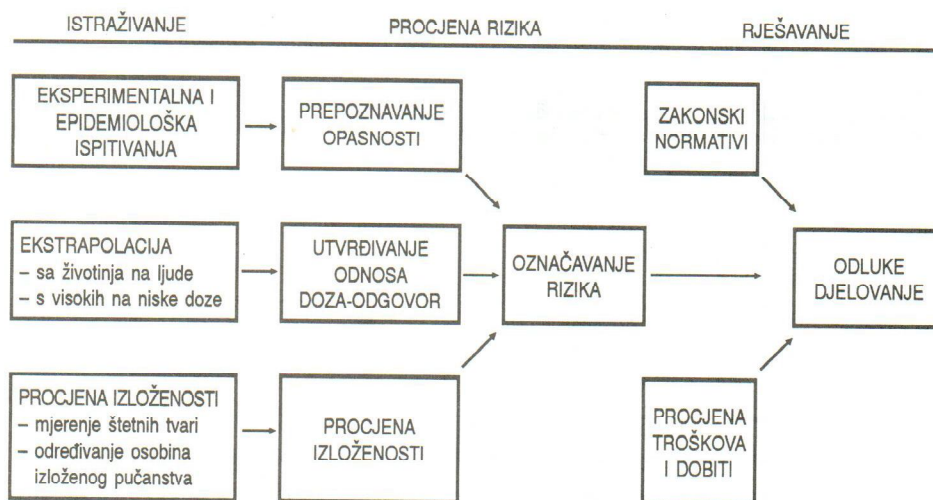
* expressed as estimated percentage of worker populations that might develop bone marrow depression or aplastic anaemia after chronic exposure to benzene

** moguća oštećenja u pojedinačnim slučajevima

** possible individual damages

RJEŠAVANJE RIZIKA

Sama procjena rizika ne znači poboljšanje ako se na temelju procjene ne poduzmu odgovarajuće mjere koje vode rješenju problema i uklanjanju ili bitnom smanjenju rizika. Taj je proces američka Nacionalna akademija znanosti označila kao sklop analiza i ocjena koje se koriste rezultatima procjene rizika u svrhu donošenja odluka o konkretnim djelovanjima (2) (slika 2). Zbog toga je nužno te rezultate staviti na ocjenjivanje i prihvaćanje određenim institucijama društva odgovornim za njihovo rješavanje, a poslodavca upoznati s rezultatima procjene rizika oštećenja zdravlja djelovanjem štetnih radnih uvjeta. Jedino uz stvarnu suradnju poslodavca mogu se ukloniti određeni zdravstveni problemi u gospodarstvenim djelatnostima. To uvijek uključuje procjenu odnosa troškova i dobiti (tzv. "cost-benefit" analizu). Ovakvu procjenu preventivnih zdravstvenih programa u medicini rada i sanacijskih postupaka u zaštiti na radu teško je provesti i često se troškovi preuveličavaju, a korist zanemaruje (11). Kao temelj za rješavanje zdravstvenih problema u radnom okolišu nužna je i zakonska regulativa, koja daje radniku, službi zaštite na radu i službi medicine rada mogućnost, a poslodavcu obvezu sudjelovati u složenom procesu zaštite zdravlja radnika.



Slika 2 Proces procjene rizika i rješavanje zdravstvenih problema (2)
Figure 1 Risk assessment and risk management (2)

ZAKLJUČNI KOMENTAR

U Republici Hrvatskoj procjena rizika oštećenja zdravlja u gospodarstvenim djelatnostima još nije ni prihvaćena niti se primjenjuje, iako je u djelatnom pučanstvu prisutan značajan broj zdravstvenih teškoća. Služba medicine rada je prema našem zakonskim odredbama odgovorna za preventivnu zaštitu zdravlja radnog pučanstva, što uključuje i procjenu mogućeg oštećenja zdravlja tijekom radnih procesa.

U okviru organiziranja sustava zakonodavstva Republike Hrvatske, u tijeku su procesi donošenja zakona iz područja radnog prava, mirovinskog i invalidskog osiguranja i zaštite na radu. Oni uključuju i zakonske podatke kojima će se utvrditi obveza i načini organiziranja zaštite zdravlja radnika. Pritom će biti propisan i točan postupak procjene opasnosti za određene radne procese. Rezultat tog postupka je utvrđivanje onih procesa koji se prema našem zakonodavstvu ubrajaju u poslove s posebnim uvjetima rada (16) i kao takvi zahtijevaju posebno zalaganje poslodavca, službe zaštite na radu i medicine rada. Pritom je nužno sudjelovanje liječnika medicine rada, čija je zadaća primijeniti spoznaje procjene rizika za oštećenje zdravlja na određene radne uvjete. Budući da su zadaće djelatnosti medicine rada točno utvrđene Zakonom o zdravstvenoj zaštiti (17) i u skladu su s iznesenom ulogom u procjeni rizika, potrebno je zakonski postavljene mogućnosti provesti u djelo.

LITERATURA

1. *World Health Organization, WHO.* Concern for Europe's Tomorrow. Chapter 15: Occupational Health. Copenhagen; WHO, Regional Office for Europe 1994.
2. *Ris CH, Preuss PW.* Risk assessment and risk management: A process. Environmental Health Conference, Budapest 1991.
3. *World Health Organization.* Benzene. Environmental Health Criteria 150. Geneva 1993.
4. *Rantanen J.* Risk assessment and the setting of priorities in occupational health and safety. *Scand J Work Environ Health*, 1981;7(suppl 4):87-93.
5. *International Standards Organization, ISO.* Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 1: General requirements. Geneva, Switzerland: ISO, No 2631 1985.
6. Pravilnik o maksimalno dopustivim koncentracijama štetnih tvari u atmosferi radnih prostorija i prostora i o biološkim graničnim vrijednostima. N.N. 92/93.
7. *Hoel D, Damstra T, Huff J.* Hazard identification: Prospective and overview on the concepts and value of the initial phase in the risk assessment process. Environmental Health Conference, Budapest 1991.
8. Principles of risk assessment: A nontechnical review report prepared for U.S. EPA. Environ Corporation, Washington, 1986.
9. *McClellan RO.* An annotated review of the NAS/NRC Report: Science and judgment in risk assessment. *CIIT Activities* 1994;14:1-12.
10. *McClellan RO.* Occupational and environmental health: The importance of animal research. *CIIT Activities* 1993;13:1-7.
11. *Rantanen J.* Risk assessment and priority setting. International Congress: Safety together. Proceedings. Vienna. Allgemeine Unfallversicherungsanstalt. 1993:99-105.
12. *Roach SA, Rappaport SM.* But they are not threshold: A critical analysis of the documentation of threshold limit values. *Am J Ind Med* 1990;17:727-53.
13. *US Environmental Protection Agency.* Risk assessment and management: Framework for decision making. EPA 600/9-85-00, 1984.
14. *Berry CL.* Epigenetic carcinogenesis. U: Ballantyne B, Marrs T, Turner P, ur. *General & Applied Toxicology.* New York: Stockton Press, 1993:979-87.
15. *Infante PF, White MC.* Projections of leukemia risk associated with occupational exposure to benzene. *Am J Ind Med* 1985;7:403-13.
16. Pravilnik o poslovima s posebnim uvjetima rada. N.N. 5/84.
17. Zakon o zdravstvenoj zaštiti. N.N. 75/93.

*Summary***RISK ASSESSMENT IN OCCUPATIONAL HEALTH**

The principles of risk assessment and its relevance in the working environment are discussed. Occupational health protection is a complicated process comprising risk assessment, health monitoring and eventually treatment of irreversible health effects. Risk assessment consists of the following four steps: hazard identification, dose-response assessment, exposure assessment and risk characterization. Although established for environmental protection, risk assessment is also used in occupational hazard identification and determination of priorities and risk management in occupational health and safety. In Croatia, the methodology of risk assessment is still undeveloped. The paper emphasises the role of occupational health in risk assessment and in implementation of the results of this complex process in the working environment.

Key terms:

dose-response relationship, hazard identification, occupational health protection, risk assessment, working environment

Requests for reprints:

Dr. Ana Bogadi-Šare
Institut za medicinska istraživanja
i medicinu rada
Ksaverska cesta 2
10000 Zagreb