



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA DELO,
DRUŽINO IN SOCIALNE ZADEVE



PRAKTIČNE SMERNICE ZA MEJNE VREDNOSTI ZA NEVARNE KEMIČNE SNOVI

Copyright © Ministrstvo za delo, družino in socialne zadeve

Vse pravice pridržane. Praktičnih smernic ni dovoljeno razmnoževati ali razpošiljati v kakršni koli obliki brez predhodnega pisnega dovoljenja Ministrstva za delo, družino in socialne zadeve.

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

620.26

PRAKTIČNE smernice za mejne vrednosti za nevarne kemične snovi.
- 1. natis. - Ljubljana : Ministrstvo za delo, družino in socialne zadeve, 2006

ISBN 961-6471-07-4

228161536

PRAKTIČNE SMERNICE

**ZA MEJNE VREDNOSTI
ZA NEVARNE KEMIČNE SNOVI**

KAZALO

Uvod	2
1. Mejne vrednosti nevarnih kemičnih snovi za poklicno izpostavljenost	4
1.1. Delovanje nevarnih kemičnih snovi na človeški organizem	4
1.2. Mejna vrednost (MV)	5
1.3. Kratkotrajna mejna vrednost (KTV)	7
1.4. Mejne vrednosti za prah	9
1.5. Biološka mejna vrednost - BAT	12
1.6. Tehnično dosegljiva koncentracija - TDK	13
1.8. Mejne vrednosti mešanic snovi	15
1.9. Kemične snovi, ki imajo lastnost lažjega prehajanja skozi kožo (K)	17
1.10. Mejne vrednosti in nosečnost (Y)	18
1.11. Kemične snovi, ki povzročajo preobčutljivost	19
1.12. Mejne vrednosti kovinskih spojin	20
1.13. Kemične snovi, ki niso zajete v seznamu mejnih vrednosti	21
1.14. Pomen kratic v Seznamu zavezujočih mejnih vrednosti za poklicno izpostavljenost	22
2. Biološke mejne vrednosti	23
2.1. Biološka mejna vrednost in biološki monitoring	23
3. Mejne vrednosti rakotvornih in mutagenih snovi ter snovi, strupenih za razmnoževanje	25
3.1. Rakotvorne snovi	25
3.1.1. Razvrščanje rakotvornih snovi po IARC	27
3.1.2. Razvrščanje rakotvornih snovi v EU	28
3.1.3. Kriteriji za razvrstitev rakotvornih snovi	29
3.2. Mutagene kemične snovi	30
3.2.1. Razvrščanje mutagenih snovi	32
3.2.2. Kriteriji za razvrstitev mutagenih snovi	33
3.3. Snovi, strupene za razmnoževanje	34
3.3.1. Razvrščanje snovi, strupenih za razmnoževanje	35
3.3.2. Kriteriji za razvrstitev snovi, strupenih za razmnoževanje	37
3.4. Rakotvorni ali mutageni procesi	38
3.5. Tehnično dosegljiva koncentracija - TDK vrednost	39
3.6. EKA vrednost	40
3.7. Pomen kratic v Seznamu zavezujočih mejnih vrednosti rakotvornih in/ali mutagenih snovi za poklicno izpostavljenost	41
4. Prepovedi in omejitve	42
Viri in literatura	46

UVOD

Mnogo kemičnih snovi, katerim so delavci izpostavljeni pri opravljanju njihovega vsakodnevnega dela, lahko ob neupoštevanju varnostnih ukrepov in seveda ob neupoštevanju mejnih vrednosti nevarnih kemičnih snovi za poklicno izpostavljenost ter drugih nevarnih lastnosti nevarnih kemičnih snovi, ki jih ponavadi spregledamo, saj so le te v tabelah mejnih vrednosti podane kot črkovni znaki v opombah, povzročijo negativne učinke na zdravje.

Temeljna predpisa, ki določata mejne vrednosti nevarnih kemičnih snovi za poklicno izpostavljenost v Republiki Sloveniji sta Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti nevarnim kemičnim snovem pri delu (Uradni list RS, št. 100/01 in 39/05) in Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti rakotvornim ali mutagenim snovem pri delu (Uradni list RS, št. 101/05), ki imata za osnovo direktive EU, mejne vrednosti, ki jih podajata pa temeljijo na najnovejših spoznanjih in odkritjih o negativnih učinkih kemičnih snovi na zdravje delavca.

Poznamo več vrst mejnih vrednosti. Delitev je odvisna od kriterijev, na podlagi katerih delimo mejne vrednosti v več skupin. Temeljna delitev mejnih vrednosti v evropskem prostoru je delitev mejnih vrednosti na zavezujoče in indikativne mejne vrednosti nevarnih kemičnih snovi za poklicno izpostavljenost. Glede na trajanje izpostavljenosti poznamo mejne vrednosti za poklicno izpostavljenost, ki so podane za osem urno izpostavljenost in kratkotrajne mejne vrednosti za poklicno izpostavljenost, ki so podane za krajša časovna obdobja. Glede na vrsto snovi delimo mejne vrednosti v skupino mejnih vrednosti za nevarne kemične snovi in skupino mejnih vrednosti za nekatere posebne skupine kemičnih snovi, kamor npr. prištevamo rakotvorne in mutagene snovi ter prah. Glede na to, kje ali v čem merimo koncentracijo pa poznamo mejne vrednosti za nevarne kemične snovi za poklicno izpostavljenost, ki jih merimo v zraku na delovnem mestu in pa biološke mejne vrednosti nevarnih kemičnih snovi, ki jih merimo v človeških tekočinah. Biološke mejne vrednosti (BAT) so pomembna novost v slovenskem prostoru, saj smo z zgoraj omenjenimi predpisi v Sloveniji dobili tudi prvi seznam bioloških mejnih vrednosti na območju Republike Slovenije.

Pojmi, ki se navezujejo na mejne vrednosti, so deloma razloženi že v Praktičnih smernicah za delo z nevarnimi kemičnimi snovmi (Uradni list RS, št. 50/03), medtem ko te praktične smernice, ki so namenjene le mejnim vrednostim, nudijo natančnejšo razlago vseh pojmov, povezanih z mejnimi vrednostmi.

Namen teh praktičnih smernic v strnjeni obliki in na preprost način podati nazorno razlago pojma »mejna vrednost«, opredeliti vse vrste mejnih vrednosti in pojasniti nekatere najpomembnejše pojme, povezane z mejnimi vrednostmi.

Namenjene so vsem, ki so odgovorni za zagotavljanje varnega in zdravega dela z nevarnimi kemičnimi snovmi, še posebej pa delodajalcem majhnih in srednje velikih podjetij ter samozaposlenim osebam, katerih podjetja so ponavadi premajhna, da bi lahko zaposlovala tudi eksperte za ravnanje z nevarnimi kemičnimi snovmi.

1. MEJNE VREDNOSTI NEVARNIH KEMIČNIH SNOVI ZA POKLICNO IZPOSTAVLJENOST

1.1. Delovanje nevarnih kemičnih snovi na človeški organizem

Kemične snovi lahko pridejo v stik s človeškim telesom na več načinov. Imenujemo jih tudi poti izpostavljenosti. Ti načini so:

- vdihavanje
- resorpcija (prehajanje preko kože ali sluznice)
- zaužitje
- prenos preko posteljice pri nosečnicah.

Najpogostejši način vnosa nevarne kemične snovi je vdihavanje. Pri vdihavanju v telo delavca vstopajo kemične snovi v obliki plinov, par, aerosolov, dima, megle, smoga ali prahu. Z dihanjem te snovi vstopajo po zgornjih dihalnih poteh v pljuča, od tod pa v krvni obtok in nadalje do človeških organov, pri čemer lahko poškodujejo funkcijo posameznih organov. Nekatere kemične snovi, kot npr. fibrogeni prah, pa se lahko v pljučih tudi kopičijo.

Škodljivo delovanje nevarne kemične snovi je odvisno od:

- vrste snovi,
- koncentracije,
- trajanja in pogostnosti izpostavljenosti,
- intenzitete dihanja (težko fizično delo, lahko fizično delo),
- zdravstvenega stanja človeka ter od
- drugih posebnih dejavnikov.

Med druge posebne dejavnike štejemo tako npr. dovzetnost posameznega človeka za določeno kemično snov. Nekateri, za določeno kemično snov bolj dovzetni ljudje, se lahko počutijo neugodno in imajo zdravstvene težave že pri koncentracijah nevarnih kemičnih snovi, ki naj ne bi povzročale negativnih učinkov na zdravje človeka – koncentracije nevarnih kemičnih snovi pod mejnimi vrednostmi. Vsi delavci torej ne bodo reagirali enako na negativne vplive določene kemične snovi. Ne glede na to velja, da daljša izpostavljenost (leta) in večji odmerek (višja koncentracija) pomenita večje tveganje za zdravje.

1.2. Mejna vrednost (MV)

Osnovni variabilni parameter, s katerim določamo množino nevarne kemične snovi v zraku na delovnem mestu, je koncentracija nevarne kemične snovi v zraku na delovnem mestu, ki je odvisna od delovnega postopka in razmer, v katerih delovni postopek poteka.

Mejna vrednost (MV) za poklicno izpostavljenost pomeni povprečno koncentracijo nevarne kemične snovi v zraku na delovnem mestu, znotraj območja vdihavanja, ki načelno ne škoduje zdravju delavca, če zdrav delavec dela pri koncentraciji nevarnih kemičnih snovi v zraku na delovnem mestu, ki je manjša ali enaka mejni vrednosti nevarne kemične snovi, 8 ur na dan / 40 ur na teden polno delovno dobo, pri udobnih mikroklimatskih razmerah in pri fizično lahkem delu. Mejna vrednost velja za 8 urno izpostavljenost (28800s) in je podana pri temperaturi 20°C in tlaku 1,013·10⁵ Pa. Podaja se kot količina nevarne kemične snovi na enoto volumna.³

Izražamo jo v mg/m³ ali v ml/m³ (ppm). Koncentracijo plinov ali par v mg/m³ se lahko preračuna v ml/m³ (ppm) in obratno s sledečima enačbama:

$$c(\text{mg} / \text{m}^3) = c(\text{ppm}) \times \frac{M}{24,04} \quad (1.1.)$$

$$c(\text{ppm}) = c(\text{mg} / \text{m}^3) \times \frac{24,04}{M} \quad (1.2.)$$

c = koncentracija

M = molekulska masa snovi

Molski volumen znaša 24,04 l pri temperaturi 20°C in tlaku 1,013·10⁵ Pa.

Izjemo predstavljajo vlaknate snovi. Koncentracijo vlaknatih snovi izražamo v številu vlaken na enoto volumna (vl/m³). Vlakno mora zadostiti pogojem:

dolžina > 5μm, premer < 3μm pri razmerju dolžina: premer > 3:1.

Mejne vrednosti so vedno podane za čiste kemične snovi.

Mejne vrednosti so določene na osnovi trenutnih znanstvenih spoznanj medicinskih, toksikoloških in epidemioloških raziskav o kratkoročnih in dolgoročnih vplivih nevarnih kemičnih snovi na bolj ali manj omejenem

vzorcju populacije ljudi ali na osnovi poskusov na živalih, ob upoštevaju izvedljivosti.

Na delovnem mestu je treba koncentracije nevarnih kemičnih snovi vedno zniževati do najnižje možne stopnje **pod** mejno vrednostjo, oziroma zagotoviti, da je faktor prekoračitve I , ki je definiran kot razmerje med dejansko koncentracijo in mejno vrednostjo, vedno nižji od 1.

$$I = c/MV \quad (1.3.)$$

Zapomniti pa si velja, da vzdrževanje koncentracije nevarne kemične snovi pod mejno vrednostjo ne zagotavlja absolutne varnosti za delavca. Mejna vrednost je le orientacijska vrednost, ob upoštevaju katere, pri večini izpostavljenih delavcih naj ne bi prišlo do negativnih učinkov na zdravje, zato je ne moremo pojmovati kot ostro in absolutno mejo med »varnim« in »nevarnim«.

V evropskem prostoru je glede na obveznost uporabe temeljna delitev mejnih vrednosti za nevarne kemične snovi na »zavezujoče mejne vrednosti« in »indikativne mejne vrednosti«. Že kriterij obveznosti nam pove, da gre za razliko pri obveznosti uporabe. Zavezujoče mejne vrednosti so za razliko od indikativnih mejnih vrednosti strožje, zavezujoče in politično določene, medtem ko so indikativne mejne vrednosti orientacijske mejne vrednosti, določene na osnovi spoznanj stroke. Sistem mejnih vrednosti, ki ga uporablja posamezna država Evropske unije je odvisen od zgodovine na področju mejnih vrednosti in notranje politike države. V državah Evropske unije, kot so npr. Nemčija, Avstrija, Belgija, Luksemburg se uporablja sistem zavezujočih mejnih vrednosti, ki ga uporabljamo tudi v Sloveniji. Na ravni Evropske unije, kakor tudi v nekaterih drugih državah Evropske unije, kot so npr. Francija, Nizozemska, Španija, Finska, pa je uveljavljen t.i. dualni sistem, kjer se uporablja kombiniran sistem zavezujočih in indikativnih mejnih vrednosti.

1.3. **Kratkotrajna mejna vrednost (KTV)**

V praksi imamo redkokdaj v zraku na delovnem mestu ves čas konstantno koncentracijo določene nevarne kemične snovi. Koncentracije nevarnih kemičnih snovi v vdihnjenem zraku pogosto nihajo okrog mejne vrednosti. Za nekatere skupine snovi, kot npr. dražilne kemične snovi, ki lahko negativno učinkujejo na zdravje ljudi, tudi če mejna vrednost ni presežena, so poleg mejnih vrednosti vedno določene še posebne omejitve **kratkotrajnih koncentracij** v zraku na delovnem mestu. Težnja je, da bi se na podlagi toksikoloških raziskav določile te posebne omejitve za vse nevarne kemične snovi, zajete v seznamu mejnih vrednosti.

Kratkotrajna vrednost (KTV) pomeni koncentracijo nevarne kemične snovi v zraku na delovnem mestu znotraj območja vdihavanja, ki ji je delavec brez nevarnosti za zdravje lahko izpostavljen krajši čas. Izpostavljenost kratkotrajni vrednosti lahko traja največ 15 min in se ne sme ponoviti več kot štirikrat v delovni izmeni, med dvema izpostavljenostima tej koncentraciji pa mora preteči najmanj 60 minut. Kratkotrajna vrednost se izraža v mg/m^3 ali v ml/m^3 (ppm), podana pa je kot mnogokratnik dovoljene prekoračitve mejne vrednosti. Pri kratkotrajni mejni vrednosti gre torej za dve vrsti omejitev: koncentracije in časa.

Kljub dovoljenim odstopanjem koncentracij nekaterih kemičnih snovi od mejnih vrednosti za določena časovna obdobja, pa povprečna osem-urna koncentracija nevarne kemične snovi nikoli ne sme biti prekoračena. Višina dovoljenih odstopanj navzgor je odvisna predvsem od lastnosti kemičnih snovi in razpolovne dobe. V ta namen so v nemškem predpisu (TRGS 900 – Technische Regeln für Gefahrstoffe) kemične snovi razdeljene v pet kategorij:^{8,1}

Kategorija snovi		Dovoljene vrednosti pri kratkotrajni izpostavljenosti		Pogostost izpostavljenosti med delavnikom
		koncentracija	izpostavljenost	
I.	Dražilne snovi z lokalnim delovanjem	2 MV	5 min*	do 8-krat
II.	Snovi, ki se resorbirajo, začetek delovanja v času 2h			
II.1.	razpolovni čas < 2h	2 MV	30 min**	do 4-krat
II.2.	razpolovni čas od 2h do konca delavnika	5 MV	30 min**	do 2-krat
III.	Snovi, ki se resorbirajo, začetek delovanja po 2h, razpolovni čas daljši od delavnika (močno kumulativne snovi)	10 MV	30 min **	1-krat
IV.	Zelo šibko delujoče snovi MV > 500 ppm	2 MV	60 min*	do 3-krat
V.	snovi z močnim vonjem	2 MV	10 min*	do 4-krat

Opombe:

* Trenutna vrednost je vrednost, ki naj ne bi bila v nobenem primeru presežena. Pomeni torej predvideno vrednost za tehnične ukrepe na delovnem mestu. Analitična kontrola se nanaša na povprečno vrednost.

** Srednja vrednost.

1.4. Mejne vrednosti za prah

K suspendiranim snovem prištevamo disperzno porazdeljen prah, dim ali meglo.

Prah pomeni disperzno porazdeljene trdne snovi v zraku, ki nastanejo z mehanskimi postopki kot so npr. drobljenje, žaganje, brušenje ali mešanjem.

Značilni predstavniki so npr. prah apnenca v kamnolomih, prah moke v mlinih, lesni prah, ki nastaja pri obdelavi lesa z lesno obdelovalnimi stroji ali pri brušenju površin ipd. Delci prahu so po pravilu razmeroma veliki in sicer do 10 μm , izjemoma pa tudi zelo majhni, velikosti okrog 0,5 μm ali manj. Prah nastane z mehanskim trganjem molekularnih vezi prvotne snovi v kosu, za kar mora biti dovolj energije za drobljenje. Drobci ohranijo lastnosti in strukturo prvotne snovi. Z drobljenjem se celotna površina zdrobljene snovi bistveno poveča v primerjavi s površino nezdroljenega prvotnega kosa. Zaradi velike aktivnosti površine je prah praviloma tem bolj škodljiv, vnetljiv, nevaren za samovžig, eksploziven ipd., čim bolj je droban.¹

Dim pomeni disperzno porazdeljene trdne snovi v zraku, ki nastanejo s toplotnimi in/ali kemičnimi procesi/postopki.⁸

Odlikuje ga intenzivna barva in »optična gostota«. Delci dima so lahko različno veliki: največkrat so drobni, velikosti od 0,1 μm do 10 μm , izjemoma večji, npr. 50 μm in več. Značilna predstavnika sta npr. tobačni dim in saje. Kemična sestava dima se razlikuje od sestave izhodne snovi, ker se snov z gorenjem kemično spremeni.¹

Megla pomeni disperzno porazdeljeno tekočo snov v zraku - torej tekoči aerosol, ki nastane s kondenzacijo hlapov ali disperzijo.⁸

Kondenzacijo hlapov v meglo pospešujejo kondenzacijska jedra v zraku, kot so delci prahu, dima in ioni. Megla se razlikuje od prahu po tem, da se velikost kapljic megle lahko spreminja v odvisnosti od termodinamičnega stanja zraka (kapljice rastejo ali izhlapijo kot para). Kapljice so lahko izjemno majhne, npr. pod 0,1 μm , lahko pa tudi velike, npr. 100 μm in več (dež). Kapljice lahko preidejo tudi v trdno snov (toča, sneg).¹

Tveganje, ki ga povzročajo prah, dim in megla je odvisno od:

- lastnosti prahu, dima, megle (kemična sestava in posebne lastnosti snovi),
- koncentracije,
- izpostavljenosti (trajanje izpostavljenosti, intenziteta dihanja),
- velikostnega spektra delcev,
- oblike delcev in gostote delcev ter
- načina dela.

Kje se glavnina prahu v dihalnem sistemu usede, je odvisno od aerodinamičnih lastnosti (velikostnega spektra, oblike in gostote) delcev prahu. V splošnem ločimo dve frakciji: inhalabilno in alveolarno.

Inhalabilna (inspirabilna ali groba) frakcija **(I)**, pomeni del celotne suspendirane snovi, ki jo delavec vdihne skozi nos ali usta, iz območja vdihavanja. Količina vdihnjene dela inhalabilne frakcije je odvisna od hitrosti vdihov (nos, usta) in pretoka suspendirane snovi okrog glave delavca.³

Inhalabilna frakcija se nalaga v zgornjih dihalnih poteh in se zelo lahko izloča iz organizma, npr. z dihanjem, izkašljevanjem ali sluzjo.

Alveolarna (respirabilna ali fina) frakcija **(A)**, pomeni del vdihnjene suspendirane snovi, ki jo delavec vdihne skozi nos ali usta, iz območja vdihavanja in, ki vsebuje dovolj majhne delce, da pridejo v alveole (pljučne mešičke).³

Ta frakcija je tako fina, da uide obrambnemu sistemu gornjih dihalnih poti in bronhijev in doseže alveole (pljučne mešičke).

Glede na način in mesto škodljivega delovanja prahu moramo pri ocenjevanju obremenitve delovnega mesta meriti koncentracijo inhalabilne ali alveolarne frakcije.

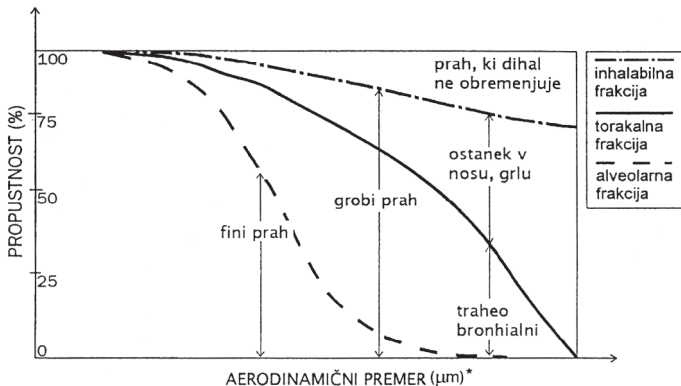
Splošna mejna vrednost za prah je 6 mg/m³ (alveolarna frakcija), v primeru, da prah nima mutagenih, rakotvornih, teratogenih, fibrogenih, strupenih ali alergičnih učinkov. V primeru, da ima prah katerokoli od naštetih lastnosti, je potrebno za prah upoštevati mejno vrednost posamezne nevarne snovi.

Mejne vrednosti prahu in dima so praviloma podane za osem ur, razen mejnih vrednosti naslednjih vrst prahu:

- kremena,
- aluminija in njegovih oksidov (brez vlaken),
- grafita (vsebnost kremena < 1%),
- železovih oksidov,
- magnezijevega oksida,
- titanovega dioksida,
- PVC in
- silicijevega karbida (brez vlaken),

ki se vrednotijo v daljšem obdobju.

Mejne vrednosti za naštetе vrste prahov in splošno mejno vrednost za prah se vrednoti v obdobju enega leta, za alveolarno frakcijo kremena v obdobju dveh let. V tem obdobju je lahko koncentracija dima in prahu občasno višja od mejne vrednosti, nikakor pa ne sme preseči kratkotrajne vrednosti (KTV).³



Slika 1: Odnos posameznih frakcij prahu, podan v odvisnosti od aerodinamičnega premera delca prahu¹

* Aerodinamični premer delca je premer, ki bi ga imel idealno okrogel delec z gostoto vode, ki bi padal v sredstvu (zrak, voda) z enako hitrostjo kot delec, ki ga opazujemo.

1.5. Biološka mejna vrednost - BAT

Biološka mejna vrednost pomeni opozorilno raven nevarne kemične snovi in njenih metabolitov v tkivih, telesnih tekočinah ali izdihanem zraku, ne glede na to, ali je nevarna kemična snov vnesena v organizem z vdihavanjem, zaužitjem ali skozi kožo (glej tudi poglavje 2).

1.6. Tehnično dosegljiva koncentracija - TDK

Tehnično dosegljiva koncentracija je koncentracija snovi v zraku na delovnem mestu, ki je dosegljiva s stanjem tehnike. TDK se ponavadi podaja za rakotvorne in mutagene snovi iz skupine 1 ali 2 (glej tudi poglavje 3).

1.7. EKA vrednost

EKA vrednost pomeni zvezo med koncentracijo rakotvornih snovi v zraku na delovnem mestu in količino snovi in/ali njenih metabolitov v organizmu (glej tudi poglavje 3).

1.8. Mejne vrednosti mešanic snovi

Mejne vrednosti nevarnih kemičnih snovi se vedno podajajo le za čiste kemične snovi. V praksi pa so delavci le malokdaj izpostavljeni le eni kemični snovi, pač pa več kemičnim snovem hkrati - mešanicam kemičnih snovi (npr. barve, laki, lepila, topila ipd.).

Z vidika obremenjenosti delavca, lahko istočasna izpostavljenost delavca več kemičnim snovem negativne učinke na zdravje tako bistveno poveča, v določenih primerih pa tudi zmanjša. Če je v zraku več kemičnih snovi hkrati, ki podobno učinkujejo na organizem, je treba oceniti obremenitev delavca v skladu z najboljšo prakso. Pri izpostavljenosti več kemičnim snovem z različnimi učinki na organizem je ponavadi zelo težko ali pa celo nemogoče oceniti skupno obremenitev na delavca, vsekakor pa takšna izpostavljenost pomeni večje tveganje za zdravje delavcev. V takšnem primeru je smotrno pridobiti nasvet pooblaščenega zdravnika.

Kemične snovi lahko med seboj delujejo:

- neodvisno,
- aditivno - učinki se seštevajo,
- potencialno - učinki se potencirajo ali
- antagonistično - učinki si med seboj nasprotujejo.

Pravimo, da snovi delujejo med seboj neodvisno, če je dokazano, da delujejo na različne organe ali tkiva in po različnih mehanizmih. To velja npr. za istočasno delovanje kremenovega prahu, spojin svınca in hlapov organskih topil. V tem primeru se zahteva, da nobena od koncentracij posameznih snovi v zraku ne preseže mejne vrednosti za tisto snov:²

$$c_1/MV_1, c_2/MV_2, \dots, c_n/MV_n \leq 1 \quad (I.4.)$$

c_1, c_2, \dots, c_n - povprečne 8-urne koncentracije nevarnih kemičnih snovi v zraku na delovnem mestu snovi $l = 1, 2, \dots, n$

MV_1, MV_2, \dots, MV_n - mejne vrednosti snovi $l = 1, 2, \dots, n$

Če za snovi nimamo posebnih podatkov o načinu delovanja, ali vemo, da delujejo na iste organe, tkiva ali sisteme po enakih ali podobnih mehanizmih, se zahteva, da vsota I_l za posamezne snovi ne presega vrednosti 1. V takih primerih se za oceno ogroženosti delavca uporablja sumacijski obrazec:^{2,7}

$$c_1/MV_1 + c_2/MV_2 + \dots + c_n/MV_n = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{MVi} = \sum_{i=1}^n I_i \leq 1 \quad (1.5.)$$

Takšne snovi so lahko npr. različni ogljikovodiki, npr. ksilen, butanol, trikloroetilen ipd., CO₂, N₂ in Ar in druge.

Včasih lahko vpliv ene snovi potencira (sinergizem) vpliv druge pri istočasnem delovanju, ali pa omili škodljivi vpliv druge snovi. Takrat izrazimo skupno delovanje dveh snovi z enačbo:²

$$c_1 \pm f(c_2)/MV_1 \leq 1 \quad (1.6.)$$

f(c) - eksperimentalno določena funkcija.

Takšne snovi so npr. CO in NO_x. Zgledi pri katerih bi poznali funkcijo f(c) za potencirano ali antagonistično delovanje so v praksi izjeme.

Če razvrstimo škodljive snovi po načinu delovanja po shemi:

- (a) narkotiki,
- (b) respiratorni strupi in iritansi ter
- (c) sistemski strupi,

imajo zmesi iste skupine aditivni učinek in v praksi uporabimo obrazec (1.5.), snovi posameznih skupin pa neodvisno delujejo in se tveganje ocenjuje po obrazcu (1.4.), razen če izjemoma ne poznamo za dve snovi antagonističnega ali sinergičnega delovanja (1.6.).

Pri oceni tveganja po obrazcu (1.5.) velja iz praktičnih razlogov dogovor, da v vsoti upoštevamo samo tiste snovi, pri katerih je $c_i/MV_i \leq 0,1$, ostale pa zanemarimo.^{2,7}

1.9. Kemične snovi, ki imajo lastnost lažjega prehajanja skozi kožo (K)

Vstop nevarne kemične snovi skozi kožo je redkejši kot prek dihal in je odvisen od:

- anatomskih in fizioloških lastnosti kože ter od njene nepoškodovanosti (pH kože);
- lastnosti kemičnih snovi, ki prihajajo v stik s kožo;
- lastnosti medija, v katerem se kemična snov nahaja (topila).¹

Skozi zdravo, nepoškodovano kožo nevarne kemične snovi ponavadi ne vdirajo v človeški organizem. Kljub temu pa lahko nekatere kemične snovi pridejo v telo tudi skozi zdravo kožo: alkaloidi, nekateri alkoholi, aldehidi, ketoni in druga organska topila, fenol, nitro- in amino- spojine benzena (anilin, nitrobenzen); v manjši meri pa prodirajo skozi zdravo kožo tudi soli svinca, živega srebra, arzena, antimona, bizmuta ipd.¹

Za takšne snovi velja, da upoštevanje mejnih vrednosti še ne zagotavlja zadostne zaščite zdravja delavcev. Pri izpostavljenosti takšnim snovem, lahko pride pogosto do hudih zastrupitev tudi brez opozorilnih simptomov. Te snovi so označene z R21, R24 in R27 ali s kombiniranimi R stavki (npr. R21/22 ali R48/21). V seznamu mejnih vrednosti so te snovi označene s simbolom »K«. Pri delu s takšnimi snovmi je potrebno z organizacijskimi in higienskimi ukrepi (čistoča las, kože in oblačil) preprečiti stik takšne snovi s kožo. Oznaka »K« še ne pomeni, da je snov tudi dražilna.

1.10. Mejne vrednosti in nosečnost (Y)

Snovi, pri katerih ni nevarnosti za zarodek ob upoštevanju mejnih vrednosti nevarnih kemičnih snovi za poklicno izpostavljenost in bioloških mejnih vrednosti so v seznamu mejnih vrednosti označene s simbolom »Y«.

1.11. Kemične snovi, ki povzročajo preobčutljivost

Kemične snovi, ki lahko povzročajo preobčutljivost, so snovi, ki lahko ob stiku s kožo ali sluznico delavca privedejo do preobčutljivostne reakcije. Te snovi so označene z R42 – vdihavanje lahko povzroči preobčutljivost in/ali R43 – stik s kožo lahko povzroči preobčutljivost. Po daljši izpostavljenosti taki snovi lahko pride pri delavcu do hude alergijske reakcije. Za takšne snovi velja, da tudi vzdrževanje koncentracij nevarnih kemičnih snovi pod mejnimi vrednostmi, ne zagotavlja, da do preobčutljivostne reakcije ne bo prišlo, pač pa je to najbolj odvisno od dozornosti posameznega človeka za določeno kemično snov. Snovi, ki povzročajo preobčutljivost v seznamu mejnih vrednosti niso posebej označene.

1.12. Mejne vrednosti kovinskih spojin

V seznamu mejnih vrednosti niso navedene mejne vrednosti vseh kovinskih spojin, pač pa je podana ena mejna vrednost za vse spojine določene kovine, razen če ni drugače določeno. Mejna vrednost za kovinske spojine se tako vedno nanaša na samo kovino v spojini, katere vsebnost se določi računsko.

Dokler ni določenih mejnih vrednosti za določene kovinske spojine, je potrebno za kovinske spojine upoštevati iste mejne vrednosti kot za čiste kovine, upoštevajoč računsko določeno vsebnost čiste kovine v določeni spojini.

Negativni učinki kovin na zdravje delavcev, so odvisni predvsem od vrste vezi. Razlike v topnosti v vodi lahko vplivajo tako na akutno, kot kronično strupenost. Pri nekaterih kovinskih spojinah z lastnostjo manjše topnosti v vodi je tako opaziti močnejše rakotvorno učinkovanje. Po drugi strani pa manjša topnost v telesnih tekočinah lahko izključi sprejem in transport kovinske spojine k ciljnemu organu. Če se na osnovi poskusov za živalih in na osnovi spremljanja učinkov pri ljudeh to tudi dokaže, se lahko za posamezne kovinske spojine ovrže sum na rakotvornost. V praksi je določenih le malo mejnih vrednosti za kovinske spojine, čeprav naj bi se v prihodnosti za vsako kovinsko spojino naredile raziskave in določile specifične mejne vrednosti za posamezno kovinsko spojino.

1.13. Kemične snovi, ki niso zajete v seznamu mejnih vrednosti

Število novo nastalih kemičnih snovi narašča iz dneva v dan in mnogo hitreje, kot se zbirajo podatki o njihovih negativnih učinkih na zdravje ljudi, zato v nobenem seznamu mejnih vrednosti za poklicno izpostavljenost niso zajete vse kemične snovi, katerim so delavci lahko izpostavljeni. Odsotnost določene nevarne kemične snovi v seznamu mejnih vrednosti za poklicno izpostavljenost, torej še ne pomeni, da kemična snov ni nevarna.

V primeru, da ni možno preprečiti dela s takšnimi kemičnimi snovmi, je potrebno proučiti varnostni list ter upoštevati priporočene mejne vrednosti za določeno kemično snov, oziroma na osnovi ocene tveganja določiti ustrezne varnostne ukrepe. Vsekakor moramo z vsemi možnimi ukrepi poskušati izpostavljenost delavcev čimbolj zmanjšati in tako zmanjšati verjetnost nastanka okvar zdravja.

1.14. Pomen kratic v Seznamu zavezujočih mejnih vrednosti za poklicno izpostavljenost

Oznake v tabeli zavezujočih mejnih vrednosti za poklicno izpostavljenost, ki so podane v Prilogi I Pravidnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti kemičnim snovem pri delu (Uradni list RS, št. 100/01 in 39/05) pomenijo:

CAS št.	karakteristična številka snovi po Chemical Abstracts Service
EC št.	EINECS, ELINCS številka snovi
	EINECS- European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances - je seznam snovi, ki so bile v prometu v EU do 18.09.1981 in je bil objavljen v uradnem listu EU št.OJ No C146A dne 15.06.1990; snovem je dodeljeno število EINECS tipa XXX - XXX - X, ki se začne z 200 - 001 - 8
	ELINCS - European List of Notified Chemical Substances - je seznam na novo prijavljenih snovi po direktivi 67/548 in s dopolnjuje od leta 1981; snovem je dodeljeno število ELINCS tipa XXX - XXX - X, ki se začne s 400 - 010 - 9
R	Rakotvorno – lahko povzroči raka.
M	Mutageno – lahko povzroči dedne genetske okvare.
R _F	Strupeno za razmnoževanje – lahko škoduje plodnosti.
R _E	Strupeno za razmnoževanje – lahko škoduje nerojenemu otroku.
1-3	Številke 1, 2 in 3 pomenijo skupino rakotvornosti ali mutagenosti po EU razvrstitvi rakotvornih ali mutagenih snovi. Rakotvorne ali mutagene snovi se v EU razvrščajo v posamezne skupine, glede na izpolnjevanje kriterijev, določenih v EU direktivi 67/548/EEC
MV	Mejna vrednost
KTV	Kratkotrajna vrednost
A	Alveolarna frakcija – del vdihnjene suspendirane snovi, ki doseže alveole.
I	Inhalabilna frakcija – del celotne suspendirane snovi, ki jo delavec vdihne.
I*	Inhalabilna frakcija lesnega prahu – če sp prahovi trdih lesov pomešani z drugimi lesnimi prahovi, se mejna vrednost uporablja za vse lesne prahove v mešanici.
op.	opombe
K	Lastnost lažjega prehajanja snovi v organizem skozi kožo.
Y	Snovi, pri katerih ni nevarnosti za zarodek ob upoštevanju mejnih vrednosti in BAT vrednosti.
EU	European Union – mejna vrednost določena na ravni Evropske unije
TDK	Tehnično dosegljiva koncentracija
BAT	Biološka mejna vrednost
EKA	Zveza med koncentracijo rakotvornih snovi v zraku na delovnem mestu in količino snovi in/ali njenih metabolitov v organizmu – podana za rakotvorne snovi (rakotvorne snovi)

2. BILOŠKE MEJNE VREDNOSTI

2.1. Biološka mejna vrednost in biološki monitoring

Biološka mejna vrednost pomeni opozorilno raven nevarne kemične snovi in njenih metabolitov v tkivih, telesnih tekočinah ali izdihanem zraku, ne glede na to, ali je nevarna kemična snov vnesena v organizem z vdihavanjem, zaužitjem ali skozi kožo. Je torej mejna vrednost nevarnih kemičnih snovi in/ali njenih metabolitov oziroma bioloških učinkov, nastalih zaradi delovanja te snovi v organizmu. Določamo jo v biološkem vzorcu delavca, ki je poklicno izpostavljen nevarnim kemičnim snovem polni delovni čas in v določenem referenčnem obdobju.³

Biološki monitoring oziroma spremljanje je ugotavljanje prisotnosti nevarne kemične snovi in/ali njenih metabolitov oziroma bioloških učinkov, nastalih zaradi delovanja te snovi v organizmu.³

Biološka mejna vrednost predstavlja vsebnost nevarne kemične snovi ali njenega metabolita v biološkem materialu in:

- omogoča oceno notranje doze izpostavljenosti in tveganje pri posamezniku ali skupini,
- upošteva inter- in intraindividualne razlike v privzemu, razdelitvi, izločanju,
- omogoča oceno celotne zunanje izpostavljenosti (zrak, hrana itd.) – integralna doza (odmerek),
- upošteva fizične obremenitve pri delu,
- ima prednost pri oceni učinkov na zdravje,
- upošteva individualno obnašanje posameznega delavca pri delu.¹

Oceno tveganja podamo na osnovi informacij o:

- poteku vnosa in privzema (biotransformacija),
- kritičnem organu, kritični koncentraciji in kritičnih učinkih,
- akumulaciji (razpolovna doba – $t/2$),
- metabolnem modelu, ki omogoča oceno vsebnosti v biološkem materialu in kritičnem organu.¹

Razpolovna doba razgradnje/izločanja snovi v organizmu je pomembna zato, da vemo, kdaj moramo odvzeti biološki material, npr.:

- takoj po izpostavljenosti – hitra razpolovna doba (trikloroetilen itd.),
- konec delovnega dne (toluen, ksilen, stiren, benzen, trikloroetan, CO, CS₂ itd.),
- konec delovnega tedna (Cu, Mn, As, Hg, Pb, Cd itd.).¹

Zgodnji biološki učinki ali prizadetosti funkcije in klinična simptomatika so povezani z biološkimi mejnimi vrednostmi le občasno. Biološka mejna vrednost je lahko v razkoraku s prizadetostjo zdravlja.

Biološki monitoring in biološka mejna vrednost se uporablja kot dopolnilo analizi delovnega okolja (določitev koncentracije nevarne kemične snovi v zraku na delovnem mestu).

Biološki monitoring in biološka mejna vrednost ne izključujeta analize zraka v delovnem prostoru, s katero potrdimo izpostavljenost kemičnim škodljivostim na delovnem mestu, kot tudi učinkovitost tehničnih ukrepov, da bi zmanjšali onesnaženje delovnega mesta. Samo z biološkim monitoringom lahko ocenimo notranjo dozo kemične škodljivosti, do katere je prišlo prek vseh možnih načinov vnosov v organizem in ob upoštevanju individualnih razlik, in ki so jim direktno sorazmerni škodljivi učinki na zdravje izpostavljenih delavcev.

V biološkem monitoringu se ocenjuje specifični kazalnik za nevarno kemično snov, ki je povzročila neželen učinek, zdravstvena analiza pa potrjuje motnje in izražene učinke na zdravje z biokemičnimi, hematološkimi ali drugimi analizami, ki večinoma niso specifične za nevarno kemično snov, ampak so le odraz obstoječega zdravstvenega stanja.

Seznam bioloških mejnih vrednosti za poklicno izpostavljenost je podan v prilogi II Pravilnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti kemičnim snovem pri delu (Uradni list RS, št. 100/01 in 39/05).

3. MEJNE VREDNOSTI RAKOTVORNIH IN MUTAGENIH SNOVI TER SNOVI, STRUPENIH ZA RAZMNOŽEVANJE

3.1. Rakotvorne snovi

Rakotvorne snovi so:

- (a) snovi, ki ustrezajo kriterijem za razvrščanje snovi v 1. ali 2. skupino rakotvornosti, v skladu s prilogo VI Direktive Sveta 67/548/EGS z dne 27.junija 1967 o približevanju zakonov in drugih predpisov v zvezi z razvrščanjem, pakiranjem in označevanjem nevarnih snovi (UL L št.196 z dne 16.8.1967, z vsemi spremembami do Direktive Komisije 2004/73/ES z dne 30.4.2004 o devetindvajseti prilagoditvi tehničnemu napredku Direktive Sveta 67/548/EGS o približevanju zakonov in drugih predpisov v zvezi z razvrščanjem, pakiranjem in označevanjem nevarnih snovi (UL L št.152 z dne 30.4.2004); v nadaljnjem besedilu: Direktiva 67/548/EGS),
- (b) pripravki, ki se sestojijo iz ene ali več snovi iz točke (a), pri čemer koncentracija ene ali več posameznih snovi izpolnjuje kriterije za koncentracijske meje za razvrščanje pripravkov v 1. ali 2. skupino rakotvornosti in sicer v skladu s:
- Prilogo I Direktive 67/548/EGS ali
 - Prilogo II - B Direktive 1999/45/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 31.maja 1999 o približevanju zakonov in drugih predpisov v zvezi z razvrščanjem, pakiranjem in označevanjem nevarnih pripravkov (UL L št. 200 z dne 30.7.1999, z vsemi spremembami do Direktive Komisije 2001/60/ES z dne 7.avgusta 2001 o prilagoditvi tehničnemu napredku Direktive 1999/45/ES Evropskega parlamenta in Sveta o približevanju zakonov in drugih predpisov v zvezi z razvrščanjem, pakiranjem in označevanjem nevarnih pripravkov (UL L št.226 z dne 22.8.2001); v nadaljnjem besedilu: Direktiva 99/45/ES)) za snov ali snovi, ki niso navedene v Prilogi I Direktive 67/548/EGS ali so v tej prilogi sicer navedene, vendar brez koncentracijskih mej;
- (c) snovi, pripravki ali procesi iz Priloge I Pravilnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti rakotvornim ali mutegenim snovem

(Uradni list RS, št. 101/05), kakor tudi snovi ali pripravki, sproščeni pri procesih iz Priloge I tega pravilnika.

Med rakotvorne snovi torej prištevamo snovi, pripravke in procese.

V splošnem razumemo pod pojmom snovi, čiste kemične snovi, ki so označene s standardnima opozorilnima stavkoma R45 – lahko povzroči raka in/ali R 49 – pri vdihavanju lahko povzroči raka ter prah bukovega in hrastovega lesa, azobarvila z rakotvornimi amino komponentami, produkti pirolize organskih materialov in izpušni plini diesel motorjev.

Rakotvorni pripravki so na splošno pripravki, ki vsebujejo najmanj 0,1 masnega odstotka posamezne rakotvorne snovi ter pripravki, ki vsebujejo masne odstotke rakotvornih snovi, določene s posebnimi predpisi.

Med rakotvorne procese pa prištevamo:

- proizvodnjo auramina;
- delo, ki vključuje izpostavljenost policikličnim aromatskim ogljikovodikom, prisotnim v premogovih sajah, katranu ali smoli;
- delo, ki vključuje izpostavljenost prahu, dimu, hlapom ali aerosolom, ki nastajajo pri praženju in elektrolitski rafinaciji baker-nikljevih spojin;
- močno kisli postopek proizvodnje izopropil alkohola;
- delo, ki vključuje izpostavljenosti prahu trdih lesov.

Obstajata dva sistema razvrščanja rakotvornih snovi. Prvi sistem je razvrščanje rakotvornih snovi po IARC-u, ki ga je izdelala International Agency for Research on Cancer, in ki se ga radi poslužujejo predvsem zdravniki, drug sistem pa je razvrščanje rakotvornih snovi, ki ga je določila Evropska unija in ga uporabljamo v Republiki Sloveniji.

3.1.1. Razvrščanje rakotvornih snovi po IARC

Po IARC vrednotenju se rakotvorne snovi razvrščajo v sledeče kategorije:⁴

Skupina 1: snov (pripravek) je rakotvorna za človeka; okoliščina izpostavljenosti ima za posledico, da so izpostavljenosti rakotvorne za človeka.

Skupina 2A: snov (pripravek) je verjetno rakotvorna za človeka; okoliščina izpostavljenosti ima za posledico, da so izpostavljenosti verjetno rakotvorne za človeka.

Skupina 2B: snov (pripravek) je morda (verjetnost je manjša kot pri 2A) rakotvorna za človeka; okoliščina izpostavljenosti ima za posledico, da so izpostavljenosti morda rakotvorne za človeka.

Skupina 3: snov (pripravek ali okoliščina pripravljenosti) ni razvrstljiva kot rakotvorna za človeka.

Skupina 4: snov (pripravek) verjetno ni rakotvorna za človeka.

Razvrstitev snovi, pripravkov ali okoliščin izpostavljenosti je stvar znanstvene preudarnosti, ki odraža moč razvidnosti, ki izhaja iz študij na ljudeh, preizkusih na živalih in ostalih koristnih podatkih.

3.1.2. Razvrščanje rakotvornih snovi v EU

Na podlagi predpisov Evropske unije se rakotvorne snovi razvrščajo v tri skupine. Takšno razvrstitev uporabljamo tudi v Republiki Sloveniji. V skladu z EU direktivo 67/548/ EEC se rakotvorne snovi delijo v sledeče skupine:⁴

Skupina 1: snovi, ki so dokazano rakotvorne za človeka; obstajajo zadostni dokazi za vzročno povezavo med izpostavljenostjo človeka kateri izmed teh snovi in nastankom raka.

Skupina 2: snovi, ki se jih šteje med rakotvorne za človeka, ker se na podlagi zadostnih dokazov iz primernih dolgotrajnih poskusov na živalih in drugih pomembnih podatkih utemeljeno sklepa, da izpostavljenost človeka tem snovem lahko povzroči nastanek raka.

Skupina 3: snovi, za katere se domneva, da povzročajo nastanek raka pri človeku. Obstajajo izsledki poskusov na živalih, ki kažejo na to možnost, vendar zbrane informacije še ne zadoščajo za zanesljivo razvrstitev v skupino 2.

Rakotvorne snovi iz skupine 1 in 2 so označene z znakom za opozarjanje na nevarnost T - strupeno in R45 – lahko povzroči raka. Če snov ali pripravek pomeni tveganje za nastanek raka le pri vdihavanju (npr. hlapov, plinov ali delcev), ne pa tudi pri zaužitju ali stiku s kožo, se rakotvorne snovi iz teh dveh skupin označijo z znakom za opozarjanje na nevarnost T - strupeno in R49 – pri vdihavanju lahko povzroči raka.

Rakotvorne snovi iz skupine 3 so označene z znakom za opozarjanje na nevarnost Xn – zdravju škodljivo in R40 – možen rakotvoren učinek.

Za rakotvorne smatramo snovi iz skupin 1 in 2.

3.1.3. Kriteriji za razvrstitev rakotvornih snovi⁵

Razvrstitev v skupino 1 temelji na epidemioloških podatkih, v skupino 2 ali 3 pa v prvi vrsti na izsledkih preizkusov na živalih.

Za razvrstitev v skupino 2 morajo biti opaženi rakotvorni učinki vsaj pri dveh različnih živalskih vrstah ali pa jasen pozitiven dokaz pri eni živalski vrsti skupaj z drugimi podatki, ki govorijo v prid taki razvrstitvi (npr. podatki o genotoksičnosti, izsledki presnovnih in biokemičnih raziskav, povzročanje nastanka benignih tumorjev, strukturna podobnost z drugimi, dokazano rakotvornimi snovmi ali podatki na podlagi epidemioloških raziskav, ki kažejo na to možnost).

Skupina 3 zajema dve podskupini:

- (a) snovi, ki so dobro raziskane, vendar za razvrstitev v skupino 2 ni dovolj podatkov o povzročanju nastajanja novotvorb, ki bi govorili v prid razvrščanju v skupino 2. Ni pričakovati dodatnih raziskav za pridobitev nadaljnjih ustreznih podatkov.
- (b) snovi, ki niso dovolj raziskane. Obstoječi podatki so nezadostni, vendar so za človeka zaskrbljujoči. Razvrstitev je v tem primeru začasna. Za končno odločitev so nujne nadaljnje raziskave.

Za razločevanje med skupinama 2 in 3, kakor tudi za razločevanje med skupino 3 in opustitvijo razvrščanja se uporabljajo posebna merila, ki zmanjšujejo pomembnost s preizkusi dokazanega pojavljanja novotvorb glede na verjetno izpostavljenost človeka.

3.2. Mutagene kemične snovi

Mutacija je trajna sprememba v količini ali strukturi genetskega materiala organizma, ki se izraža kot sprememba njegovih fenotipskih značilnosti. Spremembe lahko zajemajo posamezen gen, zaporedje genov ali cel kromosom. Učinki na posamezne gene so lahko učinki na posamezne DNK baze (točkaste mutacije) ali velike spremembe gena vključno z izgubami dednine znotraj gena. Učinki na celotne kromosome lahko zajemajo strukturne ali številčne spremembe. Mutacija v zarodnih celicah organizmov, ki se spolno razmnožujejo, se lahko prenese na potomce.⁵

Mutagen pa je tisti dejavnik, ki povzroči povečanje pogostnosti pojavljanja mutacij.

Snovi so razvrščene med mutagene, kadar povzročajo dedne genetske okvare. Če je snov razvrščena v 3. skupino mutagenosti zaradi »povzročanja genetsko pomembnih sprememb v somatskih celicah«, se to ponavlja šteje kot znak za močno rakotvorno delovanje.

Po definiciji, ki izhaja iz Pravilnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti rakotvornim ali mutagenim snovem (Uradni list RS, št. 101/05) so mutagene snovi:

- (a) snovi, ki ustrezajo kriterijem za razvrščanje snovi v 1. ali 2. skupino mutagenosti, v skladu s prilogo VI Direktive 67/548/EGS;
- (b) pripravki, ki se sestojijo iz ene ali več snovi iz točke (a), pri čemer koncentracija ene ali več posameznih snovi izpolnjuje kriterije za koncentracijske meje za razvrščanje pripravkov v 1. ali 2. skupino mutagenosti in sicer v skladu s:
 - Prilogo I Direktive 67/548/EGS ali
 - Prilogo II - B Direktive 1999/45/ES za snov ali snovi, ki niso navedene v Prilogi I Direktive 67/548/EGS ali so v tej prilogi sicer navedene, vendar brez koncentracijskih mej.

Pojem »mutagenih snovi« zajema tako snovi kot pripravke.

V splošnem prištevamo med mutagene snovi snovi, ki so na podlagi posebnih predpisov, označene s standardnim opozorilnim stavkom R 46 – lahko povzroči dedne genetske okvare.⁴

Kot mutagene pripravke pa v splošnem razumemo pripravke, ki vsebujejo najmanj 0,1 masnega odstotka mutagene snovi.⁴

3.2.1. Razvrščanje mutagenih snovi

V skladu z EU direktivo 67/548/ EEC se mutagene snovi delijo v tri skupine:

Skupina 1: snovi, ki so dokazano mutagene za človeka. Obstajajo zadostni dokazi za vzročno povezavo med izpostavljenostjo človeka tem snovem in nastankom dednih genetskih sprememb.

Skupina 2: snovi, ki se jih šteje med mutagene za človeka, ker se na podlagi primernih dolgotrajnih poskusov na živalih in drugih pomembnih podatkov utemeljeno sklepa, da izpostavljenost človeka tem snovem lahko povzroči nastanek dednih genetskih okvar.

Skupina 3: snovi, za katere se domneva, da povzročajo nastanek mutagenih okvar pri človeku. Obstajajo izsledki ustreznih preizkusov na mutagenost, ki kažejo na to možnost, vendar dostopne informacije še ne zadoščajo za zanesljivo razvrstitev v skupino 2.

Mutagene snovi iz skupne 1 in 2 so označene z znakom za opozarjanje na nevarnost T - strupeno in R46 - lahko povzroči dedne genetske okvare. Mutagene snovi iz skupine 3 so označene z znakom za opozarjanje na nevarnost Xn - zdravju škodljivo in R68 - možna nevarnost trajnih okvar zdravja.⁵

Za mutagene snovi smatramo snovi iz skupin 1 in 2.

3.2.2. Kriteriji za razvrstitev mutagenih snovi⁵

- Skupina 1:** Za razvrstitev snovi v 1. skupino mutagenosti so potrebni pozitivni izsledki epidemioloških raziskav na mutagenost pri človeku. Primeri takih snovi trenutno še niso znani, ker je bilo ugotovljeno, da je na podlagi epidemioloških raziskav pojavljanja mutacij ali mogočega povečanja pogostnosti le teh pri človeku izredno težko pridobiti zanesljive podatke o mutagenosti.
- Skupina 2:** Uvrstitev snovi v 2. skupino mutagenosti je utemeljena s pozitivnimi izsledki analiz, ki kažejo na mutagene učinke; druge vplive na celico, ki so v povezavi z mutagenostjo v zarodnih celicah sesalcev *in vivo*; mutagene učinke v somatskih celicah sesalcev *in vivo* v kombinaciji z očitnimi znaki, da snov ali njen ustrezeni presnovek doseže zarodne celice.
- Skupina 3:** Za uvrstitev snovi v 3. skupino, so potrebni pozitivni izsledki, ki kažejo mutagene učinke; druge vplive na celico, ki so v povezavi z mutagenostjo v preizkusih *in vivo* na somatskih celicah sesalcev. Te se največkrat potrdijo še s preizkusi *in vitro* na mutagenost.

3.3. Snovi, strupene za razmnoževanje

Strupenost za razmnoževanje zajema zmanjšanje razmnoževalnih funkcij ali sposobnosti pri moških in ženskah in nastajanje nedednih učinkov na potomstvo. Deli se na dva glavna dela:⁵

1. Učinki na plodnost moških ali žensk – to so neugodni vplivi na spolno slo, spolno vedenje, spermatogenezo, oogenezo, hormonsko aktivnost ali fiziološke funkcije, ki lahko vplivajo na razmnoževalno sposobnost, samo plodnost ali razvoj oplojenega jajčeca vključno do njegovega vgnezdenja.
2. Strupenost za razvoj plodu - v svojem najširšem pomenu zajema vse učinke, ki vplivajo na normalen razvoj, bodisi pred rojstvom ali po njem: embriotoksični/fetotoksični učinki (zmanjšana telesna teža, zaostanek v rasti in razvoju, poškodba organov, smrt, splav, telesne napake ipd.)

Snovi, ki dokazano slabijo plodnost človeka iz skupin 1 in 2 so označene z znakom za opozarjanje na nevarnost T - strupeno in R60 – lahko škoduje plodnosti.

Snovi, ki dokazano povzročajo razvojne napake pri človeku iz skupin 1 in 2 so označene z znakom za opozarjanje na nevarnost T - strupeno in R61 – lahko škoduje nerojenemu otroku.

Snovi, strupene za razmnoževanje iz 3. skupine pa so označene z znakom za opozarjanje na nevarnost Xn – zdravju škodljivo in R62 – možna nevarnost oslabitve plodnosti oziroma R63 – možna nevarnost škodovanja nerojenemu otroku.

Kot snovi, strupene za razmnoževanje smatramo snovi iz skupin 1 in 2.

3.3.1. Razvrščanje snovi, strupenih za razmnoževanje⁵

V skladu z EU direktivo 67/548/ EEC se snovi, strupene za razmnoževanje delijo v tri skupine:

Skupina 1

- (a) snovi, ki dokazano slabijo plodnost človeka. Obstajajo zadostni dokazi za vzorčno povezavo med izpostavljenostjo človeka tem snovem in njegovo zmanjšano plodnostjo.
- (b) snovi, ki dokazano povzročajo razvojne napake pri človeku. Obstajajo zadostni dokazi za vzorčno povezavo med izpostavljenostjo človeka tej snovi in pojavljanjem razvojnih napak pri potomcih.

Skupina 2

- (a) snovi, ki se jih šteje, kot da slabijo plodnost človeka, ker se utemeljeno sklepa, da izpostavljenost človeka tem snovem lahko zmanjša plodnost na podlagi:
 - jasno razvidne zmanjšane plodnosti v preizkusih na živalih v odsotnosti drugih toksičnih učinkov ali vidno zmanjšane plodnosti pri približno enakih odmerkih kot nastanejo drugi toksični učinki, razen če to ni le sekundarna specifična posledica drugih toksičnih učinkov,
 - drugih pomembnih podatkov.
- (b) snovi, ki se jih šteje kot da povzročajo razvojne napake pri človeku, ker se utemeljeno sumi, da izpostavljenost človeka tem snovem lahko povzroča razvojne napake na potomcih v splošnem na podlagi jasnih izsledkov primernih preizkusov na živalih in drugih pomembnih podatkov.

Skupina 3

- (a) snovi, za katere se domneva, da zmanjšujejo plodnost človeka predvsem na podlagi izsledkov preizkusov na živalih, ki kažejo na možnost, da snov

zelo verjetno zmanjšuje plodnost človeka in drugih pomembnih podatkov.

(b) snovi, za katere se domneva, da povzročajo razvojne napake pri človeku predvsem na podlagi izsledkov primernih preizkusov na živalih, kjer so bili taki učinki opaženi v odsotnosti znakov strupenosti pri materi.

Za snovi, strupene za razmnoževanje smatramo snovi iz skupin 1 in 2.

3.3.2. Kriteriji za razvrstitev snovi, strupenih za razmnoževanje⁵

Razvrstitev snovi v skupino 1 zaradi učinkov na plodnost in/ali zaradi razvojne strupenosti se izvede na podlagi epidemioloških podatkov, razvrstitev v kategoriji 2 in 3 pa na podlagi izsledkov preizkusov na živalih.

3.4. Rakotvorni ali mutageni procesi

Poleg rakotvornih in mutagenih snovi poznamo tudi procese, ki jih razvrščamo me t.i. rakotvorne ali mutagene procese. Med procese, ki so spoznani za rakotvorne oziroma mutagene prištevamo:

- proizvodnjo auramina;
- delo, ki vključuje izpostavljenost policikličnim aromatskim ogljikovodikom, prisotnim v premogovih sajah, katranu ali smoli;
- delo, ki vključuje izpostavljenost prahu, dimu, hlapom ali aerosolom, ki nastajajo pri praženju in elektrolitski rafinaciji baker-nikljevih spojin;
- močno kisli postopek proizvodnje izopropil alkohola;
- delo, ki vključuje izpostavljenosti prahu trdih lesov.

3.5. Tehnično dosegljiva koncentracija - TDK vrednost

Za rakotvorne snovi ni možno določiti mejne vrednosti, ker zanje do sedaj ni bilo možno določiti tiste najnižje koncentracije, pod katero ne bi bilo tveganja za nastanek raka. Zato za rakotvorne snovi ne navajamo mejnih vrednosti, pač pa tehnično dosegljive koncentracije – TDK, ki je po dogovoru najnižja koncentracija, ki jo je v praksi še mogoče doseči, ki pa vendarle popolnoma ne izključuje tveganje za nastanek raka.²

Po definiciji je tehnično dosegljiva koncentracija:⁴

TDK – je koncentracija snovi v zraku na delovnem mestu (plini, pare, aerosoli), ki jo je glede na stanje tehnike mogoče doseči in še mogoče tolerirati in ki jo je treba upoštevati kot kriterij za primerne varnostne ukrepe in mersko tehnično kontrolo na delovnem mestu. TDK se nanaša le na rakotvorne snovi, kjer ne bo mogoče postaviti utemeljenih mejnih vrednosti na delovnem mestu. TDK naj bi zmanjševala nevarnost zdravstvenih okvar, vendar jih ne more popolnoma izključiti.

Tako tehnično dosegljiva koncentracija pomeni le neko zgornjo mejo, do katere je še mogoče tolerirati onesnaženost delovnega okolja. TDK je torej administrativna meja in ne zagotavlja popolne varnosti za delavca, kot predpostavljamo za mejne vrednosti. Meja se torej nanaša na tehnično izvedbo določene tehnologije, s katero lahko dosežemo čim nižjo obremenitev delovnega okolja z rakotvorno snovjo. Tveganje za nastanek raka tako nikakor ni izključeno. Vedno se moramo ravnati po principu ALARA (as low as reasonably achievable).

3.6. EKA vrednost

Za nekatere rakotvorne snovi so podane tudi t.i. EKA vrednosti, ki so bile zasnovane na podlagi epidemioloških raziskav. EKA vrednost pomeni zvezo med koncentracijo rakotvornih snovi v zraku na delovnem mestu in količino snovi in/ali njenih metabolitov v organizmu.⁴

3.7. Pomen kratic v Seznamu zavezujočih mejnih vrednosti rakotvornih in/ali mutagenih snovi za poklicno izpostavljenost

Oznake v tabeli zavezujočih mejnih vrednosti rakotvornih in/ali mutagenih snovi za poklicno izpostavljenost, ki so podane v prilogi III Pravilnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti rakotvornim ali mutagenim snovem pri delu (Uradni list RS, št. 101/05) pomenijo:

CAS št.	karakteristična številka snovi po Chemical Abstracts Service
EC št.	EINECS, ELINCS številka snovi EINECS- European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances - je seznam snovi, ki so bile v prometu v EU do 18.09.1981 in je bil objavljen v uradnem listu EU št.OJ No C146A dne 15.06.1990; snovem je dodeljeno število EINECS tipa XXX - XXX - X, ki se začne z 200 - 001 - 8 ELINCS - European List of Notified Chemical Substances - je seznam na novo prijavljenih snovi po direktivi 67/548 in s dopolnjuje od leta 1981; snovem je dodeljeno število ELINCS tipa XXX - XXX - X, ki se začne s 400 - 010 - 9
R	Rakotvorno - lahko povzroči raka.
M	Mutageno – lahko povzroči dedne genetske okvare.
R _F	Teratogeno- lahko škoduje plodnosti
R _E	Teratogeno -lahko škoduje nerojenemu otroku
1-3	Številke 1, 2 in 3 pomenijo skupino rakotvornosti ali mutagenosti po EU razvrstitvi rakotvornih ali mutagenih snovi. Rakotvorne ali mutagene snovi se v EU razvršča v posamezne skupine, glede na izpolnjevanje kriterijev, določenih v EU direktivi 67/548/EEC.
IARC	International Agency for Research on Cancer
1, 2 _a , 2 _b	Številke 1, 2 _a , 2 _b pomenijo skupino rakotvornosti na podlagi IARC razvrstitve rakotvornih snovi. Rakotvorne snovi se razvršča v posamezne skupine, glede na izpolnjevanje kriterijev, ki jih je določila IARC.
MV	Mejna vrednost
KTV	Kratkotrajna vrednost
A	Alveolarna frakcija – del vdihnjene suspendirane snovi, ki doseže alveole.
I	Inhalabilna frakcija – del celotne suspendirane snovi, ki jo delavec vdihne.
I*	Inhalabilna frakcija lesnega prahu – če so prahovi trdih lesov pomešani z drugimi lesnimi prahovi, se mejna vrednost uporablja za vse lesne prahove v mešanici.
op.	opombe

4. PREPOVEDI IN OMEJITVE

V Slovenskem prostoru imamo vrsto predpisov, ki prepovedujejo ali omejujejo proizvodnjo ali uporabo ali promet z nevarnimi kemičnimi snovmi.

Splošne prepovedi in omejitve

Temeljni predpis, ki določa omejitve glede dajanja določenih kemičnih snovi v promet ali uporabe je Pravilnik o omejitvi dajanja v promet ali uporabe določenih nevarnih snovi in pripravkov Uradni list RS, št. 73/99, 24/01, 71/02, 46/03, 74/04 in 3/05), ki določa nevarne kemične snovi in pripravke, katerih dajanje v promet ali uporaba sta omejena ali prepovedana.

Prepovedi, ki so posledica odkritij tako veliki negativnih učinkov kemičnih snovi na zdravje delavcev, kjer bi bilo tudi ob upoštevanju mejnih vrednosti za poklicno izpostavljenost ne možno zagotoviti varno in zdravo delo predpisuje Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti kemičnim snovem pri delu (Uradni list RS, št. 100/01 in 39/05). Tako je v skladu s tem pravilnikom prepovedana proizvodnja, izdelava ali uporaba kemičnih snovi in dejavnosti, ki vključujejo sledeče kemične snovi:

- 2-naftilamin in njegove soli;
- 4-amonibifenil in njegove soli;
- benzidin in njegove soli;
- 4-nitrodifenil.

Prepoved pa ne velja, če je kemična snov prisotna v drugi kemični snovi, ali če je sestavni del odpadkov, kolikor je vsebnost posamične kemične snovi nižja od določenega masnega odstotka, ki pa za zgoraj omenjene snovi znaša **0,1%**.

Poleg zgoraj navedenih predpisov, ki določajo posamezne prepovedi ali omejitve pa poznamo še predpise, ki prepovedujejo ali omejujejo uporabo oziroma izpostavljenost določenih skupin delavcev posameznim nevarnim kemičnim snovem. Prepovedi in omejitve izpostavljenosti določenih skupin delavcev so predpisane v Pravilniku o varovanju zdravja pri delu nosečih delavk, delavk, ki so pred kratkim rodile ter doječih delavk (Uradni list RS, št. 82/03) in v Pravilniku o varovanju zdravja pri delu otrok, mladostnikov in mladih oseb (Uradni list RS, št. 82/03).

Prepovedi in omejitve za noseče delavke, delavke, ki so pred kratkim rodile ter doječe delavke

Po Pravilniku o varovanju zdravja pri delu nosečih delavk, delavk, ki so pred kratkim rodile ter doječih delavk velja splošna prepoved izpostavljenosti nosečih delavk kemičnim snovem, ki lahko škodujejo nerojenemu otroku (kemične snovi, označene z R61), kemičnim snovem, pri izpostavljenosti katerim obstaja možnost škodovanja nerojenemu otroku (kemične snovi, označene z R63) ter svincu in njegovim spojinam, ki se lahko absorbirajo v telesu. Poleg navedenih omejitev, pa je prepovedana izpostavljenost nosečih delavk, delavk, ki so pred kratkim rodile ter doječih delavk glede na oceno tveganja in sicer sledečim kemičnim dejavnikom:

(a) kemičnim snovem, ki so označene z naslednjimi standardnimi opozorili:

- lahko povzroči dedne genetske okvare (R46),
- možen rakotvoren učinek (R40),
- lahko povzroči raka (R45),
- lahko povzroči dedne genetske okvare (R46),
- nevarnost hudih okvar zdravja pri dolgotrajnejši izpostavljenosti (R48),
- pri vdihavanju lahko povzroči raka (R49),

(b) proizvodnim procesom:

- proizvodnji auramina,
- ki vključujejo izpostavljenost aromatskim policikličnim ogljikovodikom, prisotnim v premogovih sajah, katranu, smoli, dimu ali prahu,
- ki vključujejo izpostavljenost prahu, dimu, hlapom ali aerosolom, ki nastajajo pri praženju in elektrolitski rafinaciji prečiščevanju baker-nikljevih spojin,
- močno kislemu postopku proizvodnje izopropil alkohola,

(c) živemu srebru in njegovim spojinam,

(d) zdravilom proti mitozii,

(e) ogljikovem monoksidu,

(f) kemičnim dejavnikom z znano in nevarno absorpcijo preko kože.

Prepovedi in omejitve za otroke, mladostnike in mlade osebe

Po Pravilniku o varovanju zdravja otrok, mladostnikov in mladih oseb velja splošna prepoved izpostavljenosti mladih oseb oziroma mladostnikov:

(a) kemičnim snovem in pripravkom, ki so razvrščeni kot zelo strupeni (T+), strupeni (T), jedki (C), ali eksplozivni (E) in so označeni s sledečimi standardnimi opozorili:

- nevarnost zelo hudih trajnih okvar zdravja (R39),
- lahko povzroči raka (R45),
- pri vdihavanju lahko povzroči raka (R49),
- lahko povzroči dedne genetske okvare (R46),
- lahko škoduje plodnosti (R60),
- lahko škoduje nerojenemu otroku (R61),

in sicer ne glede na izmerjene koncentracije nevarnih kemičnih snovi v zraku na delovnem mestu;

(b) azbestu.

Poleg navedenih omejitev, pa je mlada oseba oziroma mladostnik ne sme opravljati tudi drugih del, pri katerih iz ocene tveganja izhaja, da lahko škodljivo vplivajo na njegovo varnost, zdravje in razvoj. Zato mora delodajalec, ki zaposluje mlade osebe ali mladostnike še posebej skrbno oceniti tveganje za primere, če je možna:

(a) izpostavljenost snovem in pripravkom, ki so razvrščeni kot zdravju škodljivi (Xn) in označeni z enim ali več naslednjimi standardnimi opozorili:

- vdihavanje lahko povzroči preobčutljivost (R42),
- stik s kožo lahko povzroči preobčutljivost (R43),
- možen rakotvoren učinek (R40),
- nevarnost hudih okvar zdravja pri dolgotrajnejši izpostavljenosti (R48);

(b) izpostavljenost snovem in pripravkom, ki so razvrščeni kot dražilni (Xi) in tistim z enim ali več naslednjimi standardnimi opozorili:

- zelo lahko vnetljivo (R12),
- vdihavanje lahko povzroči preobčutljivost (R42),
- stik s kožo lahko povzroči preobčutljivost (R43);

(c) izpostavljenost svincu in njegovim spojinam.

VIRI IN LITERATURA

1. dr. Bilban Marjan, Medicina dela, ZVD, Ljubljana, 1999.
2. prof.dr. Gspan Primož, Ekologija dela – priročnik, Iskra telematika v sodelovanju z ZVD SRS, Ljubljana, 1984.
3. Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti kemičnim snovem pri delu, Uradni list RS, št. 100/01 in 39/05.
4. Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti rakotvornim ali mutagenim snovem, Uradni list RS, št. 101/05.
5. Pravilnik o razvrščanju, pakiranju in označevanju nevarnih snovi, Uradni list RS, št. 35/05.
6. Pravilnik o razvrščanju, pakiranju in označevanju nevarnih pripravkov, Uradni list RS, št. 67/05.
7. Pravilnik o omejitvi dajanja v promet ali uporabe določenih nevarnih snovi in pripravkov, Uradni list RS, št. 73/99, 24/01, 71/02, 46/03, 74/04, 3/05.
8. TRGS 403 - Technische Regeln für Gefahrstoffe – Bewertung von Stoffgemischen in der Luft am Arbeitsplatz, Ausgabe: Oktober 1989.
9. TRGS 900 – Technische Regeln für Gefahrstoffe – Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz „Luftgrenzwerte“, Ausgabe: Oktober 2000.
10. TRGS 903 - Technische Regeln für Gefahrstoffe – Biologische Arbeitsplatztoleranzwerte – BAT – Werte, Ausgabe: April 2001.
11. TRGS 905 - Technische Regeln für Gefahrstoffe – Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe, Ausgabe: März 2001.
12. Zakon o varnosti in zdravju pri delu, Uradni list RS, št. 56/99 in 64/01.

Založilo:

Ministrstvo za delo, družino in socialne zadeve

Tisk:

Present d.o.o., Ljubljana

Fotografija na naslovnici:

Foto Spring dia arhiv d.o.o., Maribor

