

Meritve kemičnih škodljivosti v delovnem okolju

Zahteve merilnih metod

V Evropski uniji je vsako leto zabeleženih 167.000 smrti, povezanih z delom. Približno 159.000 se jih pripisuje boleznim v zvezi z delom, izmed teh pa jih je 74.000 mogoče povezati z izpostavljenostjo nevarnim kemičnim snovem na delovnem mestu. Ljudje pogosto menijo, da je uporaba kemičnih snovi in zato z njimi povezana tveganja omejena na kemično in z njo povezano industrijo, kot sta farmacevtska ali naftna industrija, ki proizvajata kemične snovi. To mnenje je napačno.

Kemične snovi se danes uporabljajo resnično na vseh področjih; ne le pri delu, ampak tudi pri gospodinjskih, izobraževalnih in rekreativnih dejavnostih v obliki čistil, lepil, kozmetike itd. Zato lahko tveganja zaradi uporabe kemičnih snovi obstajajo na veliko delovnih mestih v industriji in tudi kmetijstvu ali storitvah. V vseh teh primerih je tudi smiselno izvajati meritve kemičnih škodljivosti na delovnih mestih, s katerimi dobimo tudi prve in včasih tudi najpomembnejše informacije glede ocene nevarnosti za delavčevo zdravje.

ZAKONODAJNI OKVIRI ZA MERITVE

Minimalne zahteve za zagotavljanje varnosti in varovanja zdravja delavcev pred tveganji zaradi vpliva kemičnih snovi, ki se nahajajo v delovnem okolju ali so rezultat katere koli dejavnosti, ki vključuje kemične snovi, so v Sloveniji določene v Pravilniku o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti kemičnim snovem pri delu (Uradni list RS, št. 100/01, 39/05, 53/07, 102/10 in 43/11 - ZVZD-1). V njem je podana tudi ena od mnogih definicij za nevarne kemične snovi, ki pa jo enostavneje lahko opredelimo kot snov, ki lahko kakorkoli škoduje zdravju ljudi ali okolja, ne glede na obliko in način delovanja.

» Kdaj in kako pogosto se opravlja meritve kemičnih škodljivosti?

Na podlagi 17. člena Zakona o varnosti in zdravju pri delu (Uradni list RS, št. 43/11) je delodajalec dolžan izdelati in sprejeti izjavo o varnosti z oceno tveganja v pisni obliki, kjer mora identificirati tudi kemijske nevarnosti oziroma ugotoviti, kdo od delavcev bi bil lahko izpostavljen identificiranim nevarnostim, oceniti tveganja, v kateri sta upoštevana verjetnost nastanka nezgod pri delu, poklicnih bolezni oziroma bolezni v zvezi z delom in resnost njihovih posledic, odločiti

o tem, ali je tveganje sprejemljivo, in odločiti o uvedbi ukrepov za zmanjšanje nesprejemljivega tveganja. Delodajalec mora na podlagi ocene tveganja tudi določiti roke za izvajanje obdobjnih preiskav kemijskih škodljivosti na delovnem mestu. Ti roki morajo biti torej zapisani v izjavi o varnosti z oceno tveganja.

» Kdo lahko opravlja meritve?

Meritve nevarnih kemijskih snovi na delovnem mestu lahko opravljajo pravne osebe ali samostojni podjetniki posamezniki, ki morajo pridobiti dovoljenje za opravljanje strokovnih nalog varnosti pri delu. Pogoji za pridobitev so navedeni v Pravilniku o dovoljenjih za opravljanje strokovnih nalog na področju varnosti pri delu (Uradni list RS, št. 109/2011, 36/14).

Natančneje so v tretjem odstavku 5. člena opredeljeni tudi pogoji, kdo lahko izvaja analize kemijskih snovi: »Pravna oseba ali samostojni podjetnik posameznik, ki opravlja obdobjne preiskave nevarnih kemijskih snovi v zraku na delovnem mestu, mora zagotoviti, da analizo nevarnih kemijskih snovi v zraku na delovnem mestu izvede organ, ki je akreditiran za metode, ki omogočajo analize vzorčenih nevarnih kemijskih snovi.«

ZAKAJ SO MERITVE POTREBNE?

Meritve kemičnih škodljivosti so orodje, ki pomaga sprejeti odločitev, ali je delavčevo delovno okolje varno in delavčevo zdravje ni v nevarnosti. Za lažjo in objektivnejšo odločitev o tem morajo biti meritve delovnega okolja izvedene kakovostno, s primerno metodo in čim bolj realno prikazati pogoje, ki jim je delavec izpostavljen na delovnem mestu. Vendar kljub dobro opredeljenim metodam in postopkom merjenja ter zahtevam za merilne instrumente in pazljivi meritvi ni vedno lahko zanesljivo presoditi ogroženosti oz. varnosti delavca.

Avtor:

dr. Boštjan Podkrajšek, univ. dipl. kem.
ZVD Zavod za varstvo pri delu

Ravno zaradi navedenega bomo v nadaljevanju predstavili kompleksnost, težave in načine izvajanja meritev kemičnih škodljivosti v delovnem okolju, ki so eden najpomembnejših faktorjev pri celotni oceni tveganja izpostavljenosti delavca. Zaradi obsega in kompleksnosti se ne bomo lotili opisa postopka kvantitativnega vrednotenja izpostavljenosti in posledično ocene tveganja delavcev nevarnim kemičnim snovem, ampak bomo podrobneje pregledali osnovne zahteve glede merilnih metod.



Meritve morajo biti izvedene kakovostno s primerno metodo in čim bolj realno prikazati pogoje, ki jim je delavec izpostavljen na delovnem mestu. Kako to doseči?

STANDARDA, KI POMAGATA PRI IZBIRI USTREZNE MERILNE TEHNIKE IN NJENI KAKOVOSTNI IZVEDBI

Za pridobitev zanesljivih rezultatov pri merjenju kemičnih snovi, za katere obstaja mejna vrednost (MV) za poklicno izpostavljenost, je treba uporabiti metode, ki imajo ustrezne značilnosti, v skladu z navodili in vključenimi priporočili ter ustrezno spremljati vse stopnje izvajanja metode. Osnovna evropska standarda, ki jih je izdelal tehnični odbor CEN 137 – »Ocena izpostavljenosti na delovnem mestu«, sta **SIST EN 689:1998** – »Zrak na delovnem mestu - Navodilo za oceno izpostavljenosti pri vdihavanju kemičnih snovi za primerjavo z mejnimi vrednostmi in načrtovanje meritev« in **SIST EN 482:2012** – »Zrak na delovnem mestu - Splošne zahteve za izvajanje meritev kemičnih snovi«.

» SIST EN 689:1998

podaja navodilo za oceno izpostavljenosti kemičnim snovem v zraku na delovnem mestu. Opisuje tudi način primerjave delavčeve izpostavljenosti kemičnim snovem pri vdihavanju z relevantnimi mejnimi vrednostmi, ki veljajo za delovno okolje, in načrt izvajanja meritev.

» SIST EN 482:2012

določa najmanjše zahteve merilnih metod, ki določajo njihovo primernost za ugotavljanje koncentracij kemičnih snovi v zraku na delovnem mestu, kot to zahteva t.i. »kemijska direktiva 98/24/EC«. Te zahteve se nanašajo na vse merilne metode, ne glede na agregatno stanje kemične snovi (plin, hlapi, trdni delci), način vzorčenja ali uporabljeno analizno metodo. Standard je možno uporabljati za vse stopnje merilnega postopka in tudi za merilne metode, ki vključujejo ločeno vzorčenje in analizo, ter za direktne metode oziroma instrumente, kjer rezultat dobimo v realnem času, istočasno ob izvajanju meritev.

V skladu s standardom SIST EN 482:2012 so meritve, ki so namenjene za primerjavo z mejnimi vrednostmi poklicne izpostavljenosti, tiste, ki zagotavljajo točne in zanesljive informacije o časovno tehtani povprečni koncentraciji določene kemične snovi v zraku, ki jo je mogoče vdihavati, ali omogočajo napoved te koncentracije. Metode, ki običajno

izpolnjujejo zahteve, podane v SIST EN 482:2012, so metode z ločenimi stopnjami vzorčenja in analize. V zadnjem času pa je opazen tudi razvoj direktnih merilnih metod, kjer dobimo rezultat meritev v realnem času ob izvedbi meritev. Pri teh metodah gre predvsem za inštrumente, kjer analiza vzorca poteka na principu spektroskopskih metod (enostavni IR spektrometri, PID detektorji) in elektrokemijskih metod (elektrokemijski senzorji). Pri t. i. direktnih metodah so vse tri stopnje združene v en proces, ki se izvaja v enem inštrumentu in ga upravlja ena sama oseba. Njihova prednost je predvsem podajanje rezultatov v realnem času v primeru alarmiranja in meritve v kratkih intervalih (možnost zaznavanja kratkih povišanih koncentracij merjenih spojin). Njihove slabosti pa so mnogokrat neselektivnost, večja zahtevnost z instrumentalnega stališča (problem izvedljivosti), dražja in bolj zahtevna uporaba merilne tehnike,... Zaradi omenjenega tudi težje ustrezajo vsem zahtevam standarda SIST EN 482:2012.

Izbira ustrezne merilne tehnike je odvisna od podatkov, ki jih želimo pridobiti z izvedbo meritev. Vse metode imajo svoje prednosti in slabosti, ki se jih upošteva pri izbiri optimalne merilne tehnike. Sledi se pravilu, da se uporablja najenostavnejša tehnika, ki še zagotavlja ustrezne rezultate.

KRITERIJI ZA USTREZNOST MERILNE METODE

Osnovne, splošne zahteve merilnih metod za meritve kemičnih snovi na delovnem mestu, ki so namenjene za primerjavo z mejnimi vrednostmi (MV), navaja SIST EN 482:2012.

» Najmanjši določen merilni razpon (merilno območje).

Merilni razpon merilnega postopka mora upoštevati mejno vrednost ter biti med 0,1 MV in 2 MV. To pomeni, da mora biti celotna negotovost v tem celotnem razponu znotraj določenih mej (glej opredelitev splošne negotovosti v Tabeli 1).

» Čas povprečenja.

To je čas, za katerega merilni postopek da posamezen rezultat. Pri metodi z ločenimi stopnjami vzorčenja in analitskimi stopnjami je čas povprečenja enak času vzorčenja. Pri merilnih metodah, namenjenih primerjavi z mejnimi vrednostmi, mora biti čas vzorčenja krajši od referenčnega obdobja mejne vrednosti ali enak.

» Celotna negotovost merjenja.

Na splošno je merilna negotovost opredeljena kot ocena, ki označuje razpon vrednosti, znotraj katerega je, na splošno z veliko verjetnostjo, prava vrednost merjene velikosti. Pri merjenju kemične snovi se izraz splošna negotovost uporablja za opredelitev količine, uporabljene za označitev negotovosti rezultata, ki ga da merilni postopek ali naprava, v celoti. Predpisana merilna negotovost glede na koncentracijsko območje in sestavo je podana v Tabeli 1.

» Fizikalna in kemična popolnost vzorca.

Skladiščenje in prevoz morata potekati tako, da se ohrani fizikalna in kemična popolnost vzorca. Metoda mora vključevati pogoje prevoza in skladiščenja (temperatura, zaščita pred svetlobo, najdaljši čas skladiščenja itd.).

» Okoljske razmere.

Zgornje zahteve morajo biti izpolnjene v skladu z okoljskimi razmerami na delovnem mestu in morajo biti značilne za predvideno uporabo postopka. Običajno se upoštevajo informacije o vplivu temperature v razponu 5–40 °C, vlage v razponu 20–80 % relativne vlage, pritiska in drugih parametrov.

» Nedvoumen rezultat (angl. unambiguity).

Merilni postopek mora podati jasen nedvoumen rezultat meritve koncentracije kemijske snovi v definiranem merilnem območju. Npr. analizno določena vrednost ustreza le eni koncentraciji snovi.

» Selektivnost.

Selektivnost je opredeljena kot stopnja neodvisnosti metode od motenj. Opredeljena je tudi kot stopnja, s katero lahko metoda določi posamezen analit v kompleksni zmesi, ne da bi jo pri tem ovirale druge sestavine v zmesi. Merilni postopki morajo upoštevati mogoče motnje in zagotoviti informacije za zmanjšanje njihovih vplivov.

» Opis metode.

Opis metode bo po možnosti sledil smernicam v ISO 78/2. Opis mora vključevati vse informacije, potrebne za izvedbo postopka, poleg tega navedbo celotne negotovosti, ki jo je mogoče doseči, merilnega razpona, časa povprečenja, motenj in informacij o okoljskih in drugih razmerah, ki lahko vplivajo na izvedbo postopka.

» Izražanje rezultatov.

Končni rezultat, ki ga da merilna metoda, mora biti izražen v enakih enotah kot mejna vrednost.

V primeru, ko izvajamo samo informativne meritve delovnega okolja (angl. screening measurements), so lahko omenjene zahteve manj stroge in morajo izpolnjevati le zahteve glede selektivnega merjenja komponente, časa povprečenja in merilnega območja.

Tabela:
Predpisana največja razširjena merilna negotovost za meritve kemičnih snovi na delovnem mestu, ki so namenjene za primerjavo z mejnimi vrednostmi in občasne meritve.

REFERENČNO OBDOBJE	MERILNO OBMOČJE	RELATIVNA RAZŠIRJENA MERILNA NEGOTOVOST	RELATIVNA RAZŠIRJENA MERILNA NEGOTOVOST (meš. delcev, par in plinov)
Kratkotrajno (npr. 15min)	od 0,5 do 2 MV	≤ 50 %	≤ 50 %
Dolgotrajno (do 8 ur)	od 0,1 do 0,5 MV	≤ 50 %	≤ 50 %
	od 0,5 do 2 MV	≤ 30 %	≤ 50 %

SPLOŠNA PRIPOROČILA ZA MERILNE METODE

Merilno metodo (razen v primeru t. i. direktnih metod) sestavljajo tri stopnje: vzorčenje, prevoz in shranjevanje ter analiza, ki jih lahko izvajajo različne osebe. Postopek mora zagotavljati celovitost vzorca in njegove hrambe od začetka do konca procesa.



Uspeh meritve ni odvisen le od strokovnosti analize; ta je zadnji del postopka.

1

vzorčenje

Vzorčenje je prva stopnja merilne metode in je ločena od analize, tako zaradi specifičnih zahtev kot možnosti izvedbe. Izvaja se v izbranem (določenem) časovnem intervalu. V večini primerov ga izvajajo različni izvajalci. Vendar pa sta vzorčenje in analiza povezana in odvisna drug od drugega. Vzorčenje se mora izvajati v skladu z navodili za izbrano metodo merjenja (analizno metodo). Pri tem moramo zagotoviti, da je uporabljena oprema ustrezno umerjena, vzdrževana in primerna glede na zahteve metode, je bila skladiščena v skladu s priporočili proizvajalca ter ji v primerih, ko je le-ta predpisan, ni pretekel rok uporabe oz. kalibracije. Pomembno je, da so vzorci nedvoumno označeni ter da so zbrani vsi potrebni podatki in informacije o mestu, kjer so bili vzorci odvzeti. Potrebne so evidence o vzorcih, od katerih so nujni naslednji podatki: referenčna številka, kraj odvzema, uporabljena oprema, pogoji vzorčenja, ime osebe, ki je izvedla vzorčenje in ime laboratorija, v katerega se vzorci pošljejo.

2

prevoz in shranjevanje vzorcev

Drugi del merilne metode, ki vključuje prevoz in skladiščenje ali shranjevanje vzorcev, je ključnega pomena, saj neustrezno obravnavanje vzorcev v tej fazi vpliva na njihovo celovitost in na celoten proces merjenja. Da bi se zagotovilo, da so vzorci ustrezni, moramo posebno pozornost posvetiti njihovem varnem shranjevanju. Merilna metoda določa pogoje za prevoz in skladiščenje vzorcev, med katerimi so pomembni zlasti naslednji: temperatura, zaščita pred svetlobo, priporočena vlažnost in najdaljši možni čas shranjevanja. Zaželeno je, da je čas med vzorčenjem in sprejemom v laboratorij, ki izvaja analizo, čim krajši. Glavna priporočila so: takoj po zbiranju je potrebno vzorce zapreti (zapečatiti), vzorci morajo biti shranjeni v primernih posodah za prevoz, vsaki seriji vzorcev je potrebno dodati t. i. slepi vzorec (vzorec, skozi katerega ni bil črpan zrak), v isti posodi ali zabojniku ne smemo shranjevati različnih okoljskih vzorcev v razsutem stanju, preprečiti moramo spremembo vzorcev zaradi čezmernega ogrevanja ali izpostavljenosti intenzivni sončni svetlobi, odvzete vzorce je potrebno čim prej poslati v laboratorij, shranjevanje vzorcev mora biti ustrezno.

3

analiza

Tretja stopnja je analiza, ki naj bi jo izvajal laboratorij, ki je skladen z zahtevami standarda SIST EN ISO/IEC 17025:2005 zlasti glede naslednjih zahtev: ima urejen sistem kakovosti, ima načrt za vzdrževanje in umerjanje opreme, pri delu uporablja standardne delovne postopke, uporablja validirane metode merjenja, ima usposobljeno osebje s potrebnimi izkušnjami in redno sodeluje v zunanjih evalvacijah kakovosti ali medlaboratorijskem preskušanju.

Na nivoju evropske unije (EU) so bile izbrane metode vzorčenja in analize metode na osnovi obstoječih objavljenih metod in so napisane v standardni obliki, z znanimi validacijskimi protokoli in dostopnimi validacijskimi poročili. V ta namen so bile v prvi fazi izbire upoštevane metode, ki so jih objavile pristojne institucije držav EU in so navedene v standardu SIST EN 14042:2012, uporabljene pa so tudi NIOSH in OSHA zbirke metod, ki so splošna referenca v večini EU držav, tudi če so na voljo druge objavljene metode.

IZVEDBA MERITEV V PRAKSI

Poleg predstavitev zahtev, ki jih merilne metode morajo izpolnjevati, bi na kratko rad predstavil sam postopek izvajanja meritev kemičnih škodljivosti na delovnih mestih, ki se naj bi izvajal tudi v praksi. Na sredini je shematsko prikazan postopek izvedbe meritev kemičnih škodljivosti na delovnem mestu, ki poteka preko predhodne seznaitve z vsemi dejstvi, morebitnim ogledom merilnega mesta, do izbire ustrezne metode, do dogovora o času in trajanju meritev, izvedbi meritev, analizi vzorcev, če je ta potrebna, izdelavi poročila z ustreznim vrednotenjem glede na mejne vrednosti, do morebitnih predlaganih ukrepov za izboljšavo pogojev dela.

Za kvalitetno izvedbo meritev kemičnih škodljivosti na delovnem mestu je poleg same izvedbe meritev, mnogokrat odločilen že čas mnogo pred samo izvedbo meritev. Že v času povpraševanja je potrebno pridobiti vse razpoložljive informacije o samem delovnem procesu, pričakovanih koncentracijah, merilnih mestih, času in namenu meritev, ... Na podlagi zbranih dejstev se lahko nato izda ustrezna ponudba, ki vsebuje izvedbo meritev z ustrezno merilno metodo, ki zadošča vsem zahtevam, ki jih naročnik želi z meritvijo pridobiti. V praksi je žal mnogokrat pri povpraševanju zadosten podatek le število merilnih mest in vrsta komponente, nobenih podatkov pa o načinu izvedbe, namenu meritev, merilni metodi, trajanju meritev... Velikokrat odloča torej le cena.

Izbira merilne metode je odvisna od mnogo dejavnikov, ki so že opisani, natančneje pa bi predstavil še dilemo, ki se v praksi večkrat pojavlja. Ali izbrati validirano metodo, ki zadostuje zgoraj omenjenim evropskim standardom, ali metodo, ki je enostavnejša, kjer do rezultatov pridemo hitreje in hkrati še cenovno ugodnejša za naročnika? Odgovor je dokaj enostaven: uporablja se najenostavnejšo in po navadi tudi najcenejšo merilno metodo, ki še zagotavlja ustrezne rezultate. Za izbiro te metode pa je seveda potrebno poznavanje vseh podatkov, ki lahko vplivajo na izvedbo meritev in seveda ustrezno strokovno znanje za sprejetje odločitve. Za lažjo ponazoritev enostaven primer: v primeru, ko nas zanima informativna trenutna vrednost posamezne kemične substance, zadostuje meritev z indikativnimi cevkami (npr. Drager), kjer dobimo dokaj nenatančen rezultat trenutne vrednosti kemične substance v zelo kratkem časovnem intervalu merjenja, meritev pa je tudi

PREDHODNI SESTANEK.

(seznanitev s proizvodnim procesom, identificirati nevarne kemične snovi, določitev merilnih mest)

IZBIRA ANALIZNE METODE.

(glede na merjeno snov, pričakovano koncentracijo, moteče ostale komponente)

IZVEDBA MERITEV.

(ustrezen delovni proces, pomemben čas meritev)

ANALIZA IN IZDELAVA POROČILA.

(analiza vzorcev v laboratoriju, izračuni)

VREDNOTENJE.

primerjava rezultatov z mejnimi vrednostmi

PREDLOG MOREBITNIH UKREPOV.

(lokalno prezračevanje, uporaba varovalne opreme, ...)

cenovno zelo ugodna. Če pa želimo izmeriti na nekem delovnem mestu povprečno koncentracijo in jo primerjati z mejno vrednostjo, omenjene indikativne trenutne meritve ne zadostujejo, ampak moramo opraviti dolgotrajnejše meritve, ki so seveda tudi natančnejše in posledično dražje.

Pri sami izvedbi meritev sta mesto vzorčenja in način vzorčenja največkrat ključna dejavnika, ki največ prispevata k merilni negotovosti celotnega merilnega postopka. V večini primerov, kjer se izvaja osebno vzorčenje v višini dihal delavca, se zaradi dinamičnega delovnega procesa mikrolokacije mesta vzorčenja venomer spreminjajo in jih je nemogoče natančno ponoviti že pri istem delavcu, ki opravlja enako delo pet dni zaporedoma. Ponovljivost teh meritev je lahko tako tudi bistveno večja od 30 %, zato je za pridobitev realne vrednosti določene kemijske substance v delovnem okolju in s tem tudi podatek o dejanski izpostavljenosti delavca, potrebna dobra strategija meritev, ki bo upoštevala vse faktorje delovnega procesa (npr. vsaki dve uri 15-minutni odmor, ob sredah in ponedeljkih daljša prekinitve zaradi čiščenja, poleti dodaten prepri zaradi odprtih oken in vrat, ...). V praksi je skoraj nemogoče izvajati dolgotrajnejše in večkrat ponavljajoče meritve istega delovnega mesta, zato je pomembno, da se izvedejo meritve pri t. i. najslabših razmerah za delavca (npr. meritve potekajo 1 uro, ko ni odmora, v dneh, ko so vrata in okna zaprta in ni prekinitve zaradi čiščenja).

Ko se vzorci v skladu s predstavljenimi zahtevami dostavijo in analizirajo v laboratoriju, je potrebno izdelati še poročilo o meritvah. Poročilo o meritvah bi moralo vsebovati vsaj naslednje podatke: opis delovnega postopka, kjer so se meritve izvajale, opis metode meritev, pogoji v katerih so bile meritve izvedene (mikroklima, okoljski pogoji, ...), natančen opis, kje in kdaj so se meritve izvajale, rezultate meritev, vrednotenje z veljavnimi mejnimi vrednostmi (v večini primerov se za vrednotenje upošteva mejna vrednost za 8-urno izpostavljenost) in strokovni komentar s predlogom morebitnih ukrepov v primeru prekoračenih mejnih vrednostih oziroma ugotovljenih pomanjkljivosti med samim merjenjem. Na podlagi kakovostno izvedenih meritev kemičnih škodljivosti na delovnem mestu se lahko nato izvede tudi ocena tveganja za kemijske snovi za izpostavljene delavce. **DV**