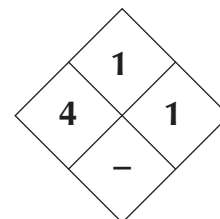


požarno opasne, toksične i reaktivne tvari

Uređuje: Branko Uhlík

298

SARIN (Sarin)



CAS: 107-44-8, 69648-38-0
 UN: 2810
 Sinonimi: GB, (RS)-propan-2-il-metilfosonofluoridat

KLASIFIKACIJA OPASNOSTI (NFPA*)

Stupanj škodljivosti 4:

Taj stupanj škodljivosti pripisuje se tvarima koje i pri vrlo kratkotrajnom djelovanju mogu izazvati smrt ili trajnu oštećenost organizma, čak iako se pruži brza medicinska pomoć. U taj stupanj škodljivosti ubrajaju se i one tvari kojima se može prići samo sa specijalnom zaštitnom opremom.

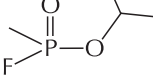
Stupanj zapaljivosti 1:

Taj stupanj zapaljivosti pripisuje se tvarima koje se moraju predgrijati da bi se zapalile.

Stupanj reaktivnosti 1:

Taj stupanj reaktivnosti pripisuje se tvarima koje su pri normalnim uvjetima stabilne, ali su nestabilne pri povišenoj temperaturi.

FIZIKALNO-KEMIJSKA SVOJSTVA

Kemijska formula: bruto: $C_4H_{10}FO_2P$
 strukturna formula: 

Relat. molekulska masa: 140,09
 Fizički oblik: bezbojna tekućina
 Miris: u čistom obliku bez mirisa
 Talište: $-56\text{ }^{\circ}\text{C}$
 Vrelište: $158\text{ }^{\circ}\text{C}$
 Gustoća ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$): $1,0887\text{ g cm}^{-3}$
 Tlak para ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$): 3,85 mbar (2,9 mm Hg)
 Gustoća para prema zraku: 4,86

Ostale značajke: u čistom stanju tvar je stabilna

Reagira s vodom i vodenom parom uz stvaranje toksičnih i korozivnih para. Inkompatibilne tvari: izjeda čelik obložen kositrom, magnezijem ili kadmijem; djeluje na neke spojeve aluminija, slabije na bakar, mjed i olovo. Otporni su čelik 1020, Inconel i K-monel.

GRANIČNA VRIJEDNOST IZLOŽENOSTI NA RADU (GVI; MDK)

Pravilnikom o maksimalno dopustivim koncentracijama štetnih tvari u atmosferi radnih prostorija i prostora te o biološkim graničnim vrijednostima (N.N. 92/1993) nije propisana najviša dopustiva koncentracija sarina.

Prema podacima "AR 40-8 Occupational Health Guidelines for the evaluation and Control of Occupational Exposure to Nerve Agents GA, GB, CD and VX", kao dopustiva izloženost (TWA za 8 sati) navodi se koncentracija od $0,0001\text{ mg m}^{-3}$.

ZAPALJIVOST I EKSPLOZIVNOST

Plamište: pri temperaturi $280\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($138\text{ }^{\circ}\text{C}$) sarin nije zapaljiv. Graniče eksplozivnosti para: nisu utvrđene.

POSTUPCI U SLUČAJU POŽARA

Iz područja zahvaćenog požarom treba hitno evakuirati sve osobe, širenje požara treba suzbijati prikladnim sredstvima za gašenje. Osoblje koje gasi požar mora upotrebljavati propisana osobna zaštitna sredstva (vidi "Zaštitna sredstva"). Treba pratiti kontaminaciju zraka parama sarina s pomoću uređaja za praćenje opasnih plinova/para; predlažu se, prema preporukama u relevantnoj literaturi, papirnati detektor K8/M9, oprema pod oznakom M256/M256A1 ispiralica plinova, detekcija sarina kemiluminiscencijom, automatski sustav za kontinuirano praćenje kontaminacije zraka (ACAMS) i dr.

GAŠENJE POŽARA

Prikladna sredstva za gašenje su vodena magla, pjena i ugljikov dioksid. Ne smiju se upotrebljavati sredstva koja bi mogla prouzročiti prskanje i širenje para sarina. Treba istaknuti da osoblje koje provodi evakuaciju uže ili šire okoline mora, kao i osoblje koje gasi požar, upotrebljavati odgovarajuća osobna zaštitna sredstva.

ŠKODLJIVOST ZA ZDRAVLJE

Sarin je izvanredno toksičan organofosforni spoj, koji djeluje u prvom redu kao živčani otrov. Ubraja se među najdjelotvornije sintetizirane otrove.

OBJAŠNENJE ZA

- sustavne oznake za klasifikaciju tvari s obzirom na opasnost u požaru
- označivanja otrova u prometu
- pločica za označivanje motornih vozila u međunarodnom prijevozu i
- označivanje nekih kratica objavljena su u *Kem. Ind.* **36** (1) 1987)

* National Fire and Protection Agency

Djelovanje na organizam

Osnovna značajka sarina je inhibiranje enzima kolinesteraze. U većini slučajeva udisanje koncentracija većih od dopustive granične vrijednosti ($0,0001 \text{ mg m}^{-3}$) uzrokuje smrt. U organizam može dospjeti udisanjem para i dodirnom tekućine ili para s kožom i očima.

Znaci izloženosti

Ovisno o načinu djelovanja na organizam, o koncentraciji i trajanju izloženosti, znaci djelovanja mogu biti sljedeći: suženje zjenica i poremećaji vida; glavobolja; iscjedak iz nosa i kongestija; salivacija (izlučivanje sline); mučnina; stezanje u prsima; gubitak ravnoteže; tjeskoba; povraćanje, ukočenost, ošamućenost; nesanica; stezanje mišića; drhtavica; grčevi u trbuhu; proljev; nekontrolirano mokrenje i ispražnjivanje crijeva. U slučaju udisanja para letalna koncentracija (LC_{50}) je $70 \text{ mg min}^{-1} \text{ m}^{-3}$. U slučaju dodira tekućine s kožom letalna doza (LD_{50}) je 1700 mg na 70 kg tjelesne mase.

PRVA POMOĆ

Osoba koja može doći u priliku da mora pružiti prvu pomoć osobi koja je bila izložena djelovanju sarina u obliku para ili tekućine mora dobro poznavati način pružanja te pomoći, u protivnom može pogoršati zdravstveno stanje te osobe i ubrzati njezinu smrt. Prvu pomoć mora pružiti liječnik ili osoba osposobljena za taj posao.

Udisanje para

Osoba kojoj se pruža prva pomoć treba suspregnuti disanje dok ne dobije respirator ili masku s filtrom za pročišćavanje zraka. Ako se pojave znaci jake izloženosti (suženje zjenica, pritisak u grudnom košu, nekontrolirani pokreti i sl.), treba odmah i uzastopce primiti injekcije tri antidota za suzbijanje djelovanja živčanih otrova (u literaturi spominje se oprema pod nazivom MARK I; ovaj podatak uzet je iz baze podataka "Material Safety Data Sheet – Lethal Nerve Agent Sarin (GB)").

Ako se kod izložene osobe znaci djelovanja sarina pojačavaju, aplikacija prije spomenutih injekcija može se ponavljati u vremenskim razmacima od 5 do 20 minuta, ukupno najviše tri puta, o čemu treba voditi evidenciju.

Ako osoba koja prima prvu pomoć prestane disati, treba odmah primijeniti umjetno disanje; u tu svrhu treba upotrijebiti medicinski uređaj (masku) za davanje kisika. Ako takav uređaj nije dostupan, može se primijeniti metoda "usta na usta", ali samo u slučaju da lice osobe nije kontaminirano. Kisik treba davati i u slučaju teškoća pri disanju.

Dodir s kožom

Osobi treba odmah staviti masku za zaštitu disanja, potom brzo skinuti kontaminiranu odjeću i odložiti je u obilježeni kontejner s hermetiziranim poklopcem. Mjesta dodira s kožom treba odmah prati, prvo s mnogo vode i sapunom, a potom s 10 %-tnom otopinom natrijeva karbonata. Ako se pojave znaci izloženosti (znojenje, trzanje mišića i dr.), osobi treba indicirati intravenozno antidot MARK I (vidi "Udisanje plina"). Kontaminiranu odjeću odloženu u kontejner treba dekontaminirati tako kako je predloženo u odjeljku "Detoksikacija i dekontaminacija".

Dodir s očima

Odmah ispirati s mnogo vode (10–15 minuta), potom na lice osobe staviti masku za zaštitu disanja. Ako se od znakova izloženosti pojavi samo suženje zjenica, ne davati injekcije antidota MARK I (vidi "Udisanje"), već osobu treba zbrinuti u zdravstvenoj ustanovi zbog promatranja i daljnjih postupaka.

Gutanje

Prvi znak izloženosti bit će, vjerojatno, poremećaj u probavnom sustavu. Ne poticati na povraćanje. Odmah dati intravenozno

injekcije antidota MARK I (vidi "Udisanje") potom osobu podvrgnuti medicinskoj brzi

VAŽNO! Prvu pomoć treba pružiti što brže, a nesrećenu osobu odmah potom zbrinuti u zdravstvenoj ustanovi. Osobi koja je u nesvijesti ne smije se ništa stavljati u usta! Ako se primjenjuje umjetno disanje, prvo treba provjeriti da osoba u ustima nema neko strano tijelo (zubnu protezu, ostatke hrane i sl.), koje treba prije izvaditi.

SIGURNOST I ZAŠTITA NA RADU

Osobe koje rade na poslovima na kojima dolaze ili mogu doći u dodir sa sarinom moraju dobro poznavati značajke tog živčanog otrova kao i načine i mjere u vezi s osobnom i općom zaštitom. Prostorije i drugi prostori (digestori, haube) u kojima se obavljaju poslovi s tim spojem treba dobro ventilirati uz odgovarajuću kontrolu/provjeravanje njegove koncentracije u atmosferi radnog prostora. Treba isključiti svaku mogućnost širenja zraka iz radnog prostora u druge prostorije. Ventilirani zrak ne smije se ispuštati izravno u vanjsku atmosferu, već ga prije toga treba dekontaminirati pomoću ispiralice koja sadrži 10 %-tnu otopinu natrijeva hidroksida; pH te otopine ne smije ni u jednom trenutku pasti ispod pH 10. Opremu i sredstva za dekontaminaciju treba držati na prikladnom i brzo dostupnom mjestu. Treba se pridržavati sljedećih upozorenja:

SARIN

UPOZORENJE!

Tekućina i pare mogu već i pri kratkotrajnom dodiru s organizmom prouzročiti najteže posljedice!

Ne udisati zrak koji sadrži više od $0,0001 \text{ mg m}^{-3}$ sarina bez odgovarajućeg uređaja za zaštitu disanja.

– Tekućina i pare ne smiju doći u dodir s kožom i očima.

– Prikladno označene i dobro hermetizirane spremnike sa sarinom držati podalje od izvora topline i zapaljivanja.

PROUČITE UPUTE O PRUŽANJU PRVE POMOĆI I O PONAŠANJU U IZVANREDNIM SITUACIJAMA.

Ventilacija radnog prostora

Sve operacije sa sarinom treba obavljati ispod zaštitne kape (haube) odnosno u dobro ventiliranom digestoru. U plinovitom obliku sarin je skoro pet puta teži od zraka. Ulazna brzina zraka u haubu, odnosno u digestor treba biti oko $3000 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$ ($\pm 10 \%$).

Operacije koje se obavljaju u digestoru treba provoditi oko 20 cm od ulaznog otvora. Ventilacijski sustav ne smije se priključivati na druge sustave provjetravanja.

SIGURNI RADNI POSTUPCI

Osobe koje rade, rukuju ili dolaze u dodir sa sarinom moraju voditi računa osobito o zaštiti na radu. Ovisno o prirodi posla i uvjetima rada moraju upotrebljavati propisana osobna zaštitna sredstva. Bližu radnog mjesta treba držati opremu i sredstva za pružanje prve pomoći i dekontaminaciju radnog prostora. Treba voditi računa o sljedećem:

– Dnevnu odjeću/obuču treba držati odvojeno od radne odjeće.

– Kontaminiranu odjeću/obuču treba odmah skinuti i odložiti u prikladno obilježen hermetizirani kontejner; takvu odjeću treba u prikladno vrijeme i na prikladnom mjestu podvrgnuti postupku dekontaminacije (vidi "Detoksikacija i dekontaminacija"); taj posao treba povjeriti u tu svrhu osposobljenoj osobi.

– Nakon rada/rukovanja sarinom te prije jela ruke i lice treba dobro

oprati vodom i sapunom, a prije odlaska s posla oprati pod tušem i cijelo tijelo.

– U prostoriji/prostoru gdje se radi/rukuje sarinom ne smije se jesti, piti ni pušiti.

– Ako u radnom prostoru dođe do prolijevanja, odnosno propuštanja spremnika sa sarinom, treba prolivenu tekućinu odmah i na siguran način ukloniti i dekontaminirati i na taj način učiniti neškodljivom; pri tom poslu treba upotrebljavati potpunu osobnu zaštitnu opremu.

ZAŠTITNA SREDSTVA

VAŽNO! Zaštitna sredstva nisu zamjena za dobre uvjete rada, propisno rukovanje opasnim tvarima i razumno ponašanje na radnom mjestu. Preventivne tehničko-tehnološke i druge mjere djelotvornija su zaštita. Pri radu/rukovanju sarinom treba, uz te mjere, upotrebljavati i prikladna osobna zaštitna sredstva.

Osobna zaštitna sredstva

Zaštita disanja

Pri radu u atmosferi koja sadrži manje od 0,0001 mg m⁻³ sarina treba – za slučaj povećanja koncentracije sarina u zraku – držati u pripremi masku s potpunom zaštitom lica i kemijskim filtrom za pročišćavanje zraka.

U atmosferi koja sadrži između 0,0001 i 0,2 mg m⁻³ sarina treba upotrebljavati izolacijski aparat s potpunom zaštitom lica i dovodom čistog zraka pod pozitivnim tlakom. U slučaju potrebe brzog napuštanja prostora s kontaminiranom atmosferom može se upotrijebiti maska s potpunom zaštitom lica i kemijskim filtrom za pročišćavanje zraka. Kemijske zaštitne naočale i štitnik za lice služe za zaštitu od prskanja tekućine.

Zaštita tijela i ruku

Pri radu pod normalnim uvjetima dovoljni su laboratorijski ogrtač i zaštitne rukavice od butil-gume.

Zaštitna sredstva opće namjene

To su tuševi koji daju obilan mlaz vode umjerene temperature i tlaka i ispiralice za oči; najprikladnije su ispiralice koje rade na principu vodoskoka (fontane). Tuševi i ispiralice za oči trebaju biti što bliže mjestima gdje se radi/rukuje sarinom.

SKLADIŠTENJE

Skladišna prostorija/prostor u kojem se drže spremnici treba biti suh, hladan i dobro provjetran. U tom prostoru ne smiju se držati/koristiti izvori topline. Spremnik sa sarinom treba držati u drugom propisno označenom hermetiziranom spremniku nepropusnom za tekućinu i pare. Povremeno treba provjeravati nepropusnost spremnika, vizualno ili pomoću detektora para sarina u zraku (v. "Monitoring"). Pristup u skladišni prostor i rukovanje spremnicima treba dopustiti samo ovlaštenim osobama (istodobno po dvije osobe).

POSTUPCI U IZVANREDNIM SITUACIJAMA

Ako u prostoru u kojem se radi/rukuje spremnicima koji sadrže sarin dođe do prolijevanja tekućine ili do isparivanja para, predlaže se postupiti na sljedeći način:

(1) Sve osobe moraju hitno napustiti taj prostor koristeći se maskama s potpunom zaštitom lica i filtrom za pročišćavanje zraka koje treba držati u pripremi na lako dostupnom mjestu. Pri izlasku iz tog prostora treba izbjegavati dodir s prolivenom tekućinom.

(2) O incidentnoj situaciji odmah obavijestiti osobu ili službu zaduženu za provođenje zaštitnih mjera, odnosno za dekontaminaciju radnog i drugih ugroženih prostora.

(3) U kontaminirani prostor smiju ući samo osobe osposobljene za djelovanje u incidentnim situacijama opremljene potpunom osobnom zaštitnom opremom.

Osnovni podatci o načinu otkrivanja para sarina u zraku, o praćenju/nadzoru zagađenosti zraka te o načinu i sredstvima za dekontaminaciju prostora/opreme dani su u odjeljku "Detoksikacija i dekontaminacija".

DETOKSIKACIJA I DEKONTAMINACIJA

Osobe koje obavljaju poslove dekontaminacije i detoksikacije i uklanjaju dekontaminirani materijal moraju se koristiti potpunom osobnom zaštitnom opremom (v. "Osobna zaštitna sredstva"). Redoslijed postupaka detoksikacije i dekontaminacije je sljedeći:

(1) Prolivena tekućina koja sadrži sarin posipa se dijatomejskom zemljom ili suhim pijeskom ili prekrije papirnom ili ručnicima. Materijal se natopi otopinom natrijeva hidroksida (koncentracija najmanje 10 %-tna). Materijal se stavi na komad čvrstog polietilena i prenese u propisno označen kontejner s poklopcem koji se može potpuno odvojiti. Materijal u kontejneru natopi se još jedanput s 10 %-tnom otopinom NaOH i kontejner hermetizira poklopcem.

(2) Vanjska površina hermetiziranog kontejnera dekontaminira se 10 %-tnom otopinom NaOH.

(3) Materijal u hermetiziranom kontejneru ostavi se da stoji oko jedan sat uz povremeno protresanje.

(4) Ako se želi detoksicirati čista tekućina koja se drži u spremniku, tada na svaki gram GB treba dodati 56 g 10 %-tne otopine NaOH; dobivena smjesa tekućina miješa se povremeno oko jedan sat, a potom ostavi mirovati još tri sata. Tijekom tog vremena pH reakcijske smjese treba podesiti tako da bude veći od pH 10.

Uklanjanja otpadnog materijala nakon detoksikacije

Agencija EPA (*Environment Protection Agency*) preporučuje otpadni materijal (nakon detoksikacije) uništiti spaljivanjem u za tu svrhu odobrenom incineratoru; prije ispuštanja u atmosferu otpadni plinovi se podrgavaju procesu pročišćavanja. Ni u kojem slučaju se otpadni materijal ne smije zakapati u zemlju niti izbacivati u vodotoke!

Monitoring

U radnom prostoru gdje se radi/rukuje materijalom koji sadrži GB kao i u slučajevima dekontaminiranja takvog prostora, treba provjeravati čistoću zraka: koncentracija para tog spoja ne bi smjela biti veća od maksimalno dopustive (GVI i 0,0001 mg m⁻³). Za provjeravanje (monitoring) predlažu se razni postupci/metode koje, u okviru ovog prikaza, nije moguće opisivati detaljnije. Spomenut ćemo detektore u obliku papira, ispiralice, automatske kontinuirane sustave praćenja, plamenu fotometriju itd. Detaljnije informacije mogu se dobiti od relevantnih specijaliziranih institucija i baza podataka. S time u vezi spominju se npr. "Toxic Chemical Agent Safety Standards" i "Occupational Health Guidelines for the Evaluation and Control of Occupational Exposure to Nerve Gases"; "AR 385-61, The Array Toxic Chemical Agent Safety Program" "DA PAM 385-61".

ODREĐIVANJE SARINA U ZRAKU

Za određivanje koncentracije sarina u zraku mogu se upotrebljavati neki od uređaja spomenutih u odjeljku "Monitoring", npr. spektrometrijska metoda (*Hydrogen Flame Photometry*); jedna od kvalitativno/kvantitativnih metoda temelji se na fotoelektričnim mjerenjima jakosti kemiluminescencije izazvane oksidacijskom razgradnjom indola djelovanjem organofosfornog spoja (GB).

Određivanje koncentracije sarina u zraku mogu obavljati samo specijalizirani analitički laboratoriji/stručnjaci koji raspolažu potrebnom opremom i iskustvom.

ZAŠTITA OKOLIŠA

Zaštita se svodi na sprječavanje ispuštanja sarina u obliku tekućine ili pare u atmosferu i izbacivanja tvari dobivenih detoksikacijom i dekontaminacijom u okoliš (zabrana ispuštanja u vodotoke i zakapanje u zemlju). Sarin već u koncentracijama neznatno većim od ovih djeluje izvanredno toksično na sve žive organizme.

PRIJEVOZ

Sarin (tekućina) prevozi se i u transportu označava kao tvar klase 6.1 (otrovi).

Motorno vozilo kojim se prevoze spremnici sa sarinom treba prikladno označiti bez obzira na količinu koja se prevozi. Prijevoz se obavlja uz pratnju, a vozač mora znati što prevozi i kako postupiti u slučaju havarije.

Havarija prilikom prijevoza

Ako prilikom transporta dođe do prolijevanja tekućine/propuštanja spremnika u kojem se prevozi sarin, vozilo treba zaustaviti što dalje

od javnih putova, blokirati sve prilazne putove, osigurati dovoljno veliku zaštitnu zonu i spriječiti prilaz nepozvanim osobama. O havariji treba odmah obavijestiti najbliže institucije sigurnosti (policija, vatrogasci). Ako se havarija dogodi u neposrednoj blizini ili unutar naselja, treba odmah organizirati evakuaciju ugroženog stanovništva. Sve osobe koje djeluju/sudjeluju unutar zaštitne zone u poslovima u vezi s osiguranjem/detoksikacijom/dekontaminacijom moraju upotrebljavati propisana osobna zaštitna sredstva, u prvom redu uređaj za zaštitu disanja s potpunom zaštitom lica i gumene rukavice, čizme, zaštitni ogrtač. Dalje treba postupiti u skladu s uputama danim u odjeljcima "Postupci u izvanrednim situacijama" i "Detoksikacija i dekontaminacija".

– • –

U prikupljanju materijala za ovaj prikaz o sarinu posebnu zahvalnost za suradnju iskazujem dr. sc. Danku Škari, uredniku časopisa *Kemija u industriji*, i inž. Zvonku Habušu iz Laboratorija za analitiku i toksikologiju u Zagrebu.