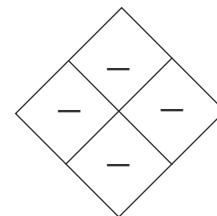


# požarno opasne, toksične i reaktivne tvari

Uređuje: Branko Uhlík

## 205 SUMPOROV HEKSAFLUORID (Sulfur Hexafluoride)



CAS: 2551-62-4  
UN: 1080  
Kemler: 20

### KLASIFIKACIJA OPASNOSTI U POŽARU

**Stupanj škodljivosti:** nije procijenjen

**Stupanj zapaljivosti:** nije procijenjen

**Stupanj reaktivnosti:** nije procijenjen

### FIZIČKO-KEMIJSKA SVOJSTVA

Kemijska formula: SF<sub>6</sub>  
Relat. molna masa: 146,05  
Fizički oblik: bezbojan plin  
Miris: bez mirisa  
Relat. gustoća plina (zraka = 1): 5,1 (20 °C)  
Temperatura taljenja: -64 °C (sublimira)  
Topljivost u vodi: slaba

Topljivost u drugim otapalima: topljiv u alkoholu  
Inkompatibilne tvari: tvari koje djeluju oksidirajuće (peroksidi, perklorati, klorati, permanganati, nitrati, klor, brom, ...), jake lužine (Na- i K-hidroksid); ako dođe u dodir s disilanom, može doći do eksplozije.

### MAKSIMALNO DOPUSTIVA KONCENTRACIJA U ZRAKU (MDK)

Prma Pravilniku o maksimalno dopustivim koncentracijama štetnih stvari u atmosferi radnih prostorija i prostora i o biološkim graničnim vrijednostima (NN br. 92/1993) maksimalno dopustiva koncentracija sumporovog heksafluorida je

ppm ..... 1000  
mg.m<sup>-3</sup> ..... 6000

### ZAPALJIVOST I EKSPLOZIVNOST

Sumporov heksafluorid je nezapaljiv plin koji sa zrakom ne stvara zapaljive eksplozivne smjese.

### POŽARNA OPASNOST I ZAŠTITA OD POŽARA

#### Požarna svojstva sumporovog heksafluorida

Sumporov heksafluorid ne gori, a pri visokim temperaturama razgrađuje se na vrlo otrovan plin fluorovodik i okside sumpora (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>) koji jako nadražuju.

### Postupci u slučaju požara

Spremnike koji sadrže sumporov heksafluorid treba na vrijeme ukloniti iz zone opasnosti, ako je to bez rizika; ako to iz bilo kojeg razloga nije moguće, treba ih hladiti raspršenom vodom, u protivnom mogu eksplodirati. Budući da sumporov heksafluorid ne gori, požar u okolini spremnika treba gasiti ovisno o prirodi gorivog materijala koji okružuje spremnike.

Osobe koje gase požar trebaju taj posao obavljati iz sigurne udaljenosti zbog opasnosti od eksplozije spremnika; pri tom treba upotrebljavati potpunu osobnu zaštitnu opremu u koju je uključen i izolacijski aparat s potpunom zaštitom lica.

### ŠKODLJIVOST ZA ZDRAVLJE

Sumporov heksafluorid nalazi najveću primjenu u oblasti električne energije, kao plinoviti dielektrik ili izolator. Najširu primjenu ima u visokotlačnim transformatorima, ali se upotrebljava i drugdje: u linearnim ekceleratorima, u Van den Graaffovim generatorima, u prekidačima struje, nekim tipovima lasera itd. Vjeruje se da bi mogao odigrati važnu ulogu u kirurgiji očne retine.

**Mogući putovi ulaska u organizam:** dišni putovi; apsorpcija kroz kožu.

### Djelovanje na organizam

Smatra se da je sumporov heksafluorid u čistom stanju fiziološki praktički inertan, ali u velikoj koncentraciji može djelovati kao zagušljivac zbog istjerivanja kisika iz zraka. Međutim, taj plin obično sadrži i druge fluorida sumpora koji se djelovanjem vode hidroliziraju u spojeve kao što su fluorovodik, trifluorid i sulfuril-klorid koji su škodljivi za zdravlje.

### Mogući akutni učinci

Neposredan dodir sa strujom ekspandirajućeg plina može prouzročiti smrzavanje tkiva na mjestu dodira. Udisanje plina nadražuje sluznice nosa i grla te pluća uzrokujući kašalj i/ili kratak dah. Jače izlaganje može prouzročiti plućni edem, stanje koje zahtijeva hitnu liječničku pomoć.

### OBJAŠNJENJA ZA

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

Dodir sumporovog heksafluorida s očima može prouzročiti trajno oštećenje vida.

Znaci izlaganja većim koncentracijama plina mogu biti glavobolja, vrtoglavica, smetenost, grčevi i gušenje, u teškim slučajevima nesvijest i koma.

### Kronični učinci

Nema podataka o mogućim kancerogenom djelovanju sumporovog heksafluorida ili o njegovom djelovanju na reprodukciju. Od mogućih dugoročnih učinaka čestog izlaganja povećanim koncentracijama tog plina navode se oštećenja jetre i bubrega. Stalno izlaganje povećanim koncentracijama sumporova heksafluorida može prouzročiti taloženje fluorida u kostima i zubima ("fluoroza") uz pojavu bolova i stvaranja pjega na zubima.

### PRVA POMOĆ

Štetne posljedice od nezgoda pri radu sa sumporovim heksafluoridom mogu se pojaviti ako se pravodobno ne poduzmu mjere za njihovo sprečavanje.

U blizini mjesta gdje se radi sa sumporovim heksafluoridom, treba na vidljivo mjesto staviti uputu prve pomoći u slučaju nezgode. Prikladna je ova uputa:

#### SUMPOROV HEKSAFLUORID

##### PRVA POMOĆ U SLUČAJU NEZGODE NA RADU

**Udisanje:** osobu odmah izvedite na čisti zrak; ako teško diše ili je prestala disati, odmah primijenite umjetno disanje (npr. metodu "usta na usta"), a ako je prestao rad srca, treba primijeniti kardio-pulmonalnu reanimaciju (stručna osoba!). U slučaju jakog izlaganja plinu i s time u vezi otpremanja unesrećenog u bolnicu, osoba treba biti pod stalnim nadzorom prvih 24-28. sati jer se pulmonalni edem može razviti naknadno.

**Preporuke liječniku:** ako se pojave znaci akutnog izlaganja plinu, preporučuju se:

- kontrola mokraćne: koncentracija fluorida veća od 4 mg L<sup>-1</sup> ukazuje na jako izlaganje plinu,
- rentgenski pregled pluća,
- provjera funkcioniranja jetre i bubrega.

**Dodir s kožom:** mlaz stlačenog/ukapljenog plina može prouzročiti smrzavanje i pojavu opekline na koži. Dio dijela koji dođe u dodir s mlazom plina treba odmah oprati vodom i sapunom, u težem slučaju dotično mjesto na desetak minuta uroniti u mlaku/toplu vodu; nakon toga treba zatražiti savjet liječnika, osobito ako se na koži pojavi crvenilo. Odjeću kontaminiranu ukapljenim plinom treba odmah skinuti, osobito ako je od propusnog materijala.

**Dodir s očima:** ako dođu u dodir s mlazom plina, treba ih odmah ispirati blagim mlazom mlake vode barem tridesetak minuta(!); pri tom treba povremeno čistim prstima rastvoriti vjeđe i kružiti očima, tako da voda dospije u sve dijelove oka. Nakon ispiranja treba zatražiti savjet/pomoć liječnika oftalmologa.

**VAŽNO!** U slučaju teže nezgode treba pružiti prvu pomoć što brže i istodobno pozvati liječnika. Ako se primjenjuje umjetno disanje prvo treba provjeriti da unesrećeni u ustima nema neko strano tijelo (zubnu portezu, ostatke hrane i sl.) koje treba prije izvaditi.

## SIGURNOST I ZAŠTITA NA RADU

### Upozorenja

Osobe koje rade/rukiju sumporovim heksafluoridom moraju poznavati osnovna svojstva tog plina i rizike kojima se izlažu ako se ne pridržavaju propisa i uputa o zaštiti na radu s tvarima koje mogu djelovati štetno na zdravlje. Za upozorenje izrađuju se posebne ploče, natpisi i kartice kojima se ukazuje na prirodu opasnosti i daju preporuke o ponašanju u slučaju nezgode na radu i u izvanrednim situacijama. Istu namjenu imaju i naljepnice za spremnike u kojima se drži stlačeni sumporov heksafluorid prikladna je naljepnica s ovim upozorenjima:

#### SUMPOROV HEKSAFLUORID

##### OPREZ! PLIN POD TLAKOM!

- Pri radu s plinom osigurajte dobru ventilaciju.
- Spremnik ne izlažite povišenim temperaturama.
- Mlaz ekspaniranog plina ne smije doći u dodir s očima i kožom!

PROUČITE UPUTE O PRVOJ POMOĆI I O PONAŠANJU U IZVANREDNIM SITUACIJAMA!

### Ventilacija radnih prostorija

U ograničenom prostoru gdje se radi/rukiju sumporovim heksafluoridom osigurajte dobru opću ventilaciju a na mjestima mogućeg propuštanja plina i lokalni odsis. Budući da se radi o plinu koji nema mirisa, treba voditi računa da koncentracija kisika u atmosferi radnog prostora bude najmanje 18 vol. % (vidi također odjeljak "Škodljivost za zdravlje - Djelovanje na organizam").

### SIGURNI RADNI POSTUPCI

– Sa spremnicima koji sadrže sumporov heksafluorid pod tlakom treba rukovati oprezno, u skladu s propisima o baratanju s komprimiranim plinovima.

– Spremnici/cilindri sa stlačenim sumporovim heksafluoridom ne smiju se izlagati povišenim temperaturama.

– Procesu u kojima se upotrebljava sumporov heksafluorid moraju se provoditi u zatvorenim (hermetiziranim) sustavima.

– Kad god je to moguće treba automatizirati sprovođenje plina iz cilindara/spremnika u procesne posude/uređaje.

– Ako se u radnom prostoru ne može osigurati da koncentracija sumporovog heksafluorida bude manje od maksimalno dopuštene, treba pri boravku u takvom prostoru upotrebljavati prikladan uređaj za zaštitu disanja.

– Za vrijeme dok nije u upotrebi, treba ventil na cilindru sa stlačenim plinom dobro zatvoriti i zaštititi ga od slučajnih udaraca.

– Spremnik sa stlačenim sumporovim heksafluoridom ne smije se prenositi ručno ili hvatati masnim rukama; ako se želi premjestiti, treba ga prevoziti kolicima.

– Ako se cilindar sa stlačenim sumporovim heksafluoridom spaja sa sustavom koji je pod nižim tlakom, treba između spremnika i tog sustava uključiti reduktor tlaka. Također, u cjevovod za sprovođenje stlačenog plina treba uključiti kontrolni ventil kako bi se onemogućio obratni protok plina.

– Na radnim mjestima gdje postoji mogućnost dodira s dijelovima uređenja/cjevovoda niskih temperatura kroz koje protječe sumporov heksafluorid, treba upotrebljavati rukavice koje zaštićuju do hladnoće.

— U radnom prostoru gdje se upotrebljava sumporov heksafluorid, ne smije se jesti, piti ni pušiti. Prije jela, pušenja i sl. treba ruke i lice oprati, a nakon svršetka posla treba oprati sve dijelove tijela koji su tijekom rada mogli doći u dodir s plinom.

### ZAŠTITNA SREDSTVA

VAŽNO! Osobna zaštitna sredstva **nisu** zamjena za dobre uvjete rada, propisno baratanje opasnim tvarima i razumno ponašanje na radnom mjestu.

Preventivne tehničko-tehnološke mjere djelotvornija su zaštita od opasnih tvari nego osobna zaštitna sredstva. Međutim, pri obavljanju nekih poslova i u nekim situacijama upotreba zaštitnih sredstava može biti nužna.

#### Zaštita disanja

U atmosferi koja sadrži više od maksimalno dopustive koncentracije sumporovog heksafluorida (1 000 ppm) ili nepoznatu koncentraciju tog plina ili manje od 18 vol. % kisika treba za zaštitu disanja upotrebljavati ili cijevnu masku s dovodom čistog zraka pod pozitivnim tlakom ili izolacijski aparat, oba uređaja s potpunom zaštitom lica.

Osobe koje su zbog prirode posla ili uvjeta rada primorane upotrebljavati uređaje za zaštitu disanja moraju dobro poznavati način upotrebe, provjeravanja, čišćenja i održavanja takvih uređaja, u protivnom posljedice mogu biti vrlo teške.

#### Zaštita očiju

Zaštine kemijske naočale koje dobro prijanjaju uz lice. Ako se pri obavljanju posla upotrebljava uređaj za zaštitu disanja s potpunom zaštitom lica, naočale, naravno, nisu potrebne.

#### Zaštita ruku i tijela

Pri radu sa stlačenim sumporovim heksafluoridom ruke treba zaštititi, ovisno o prirodi posla, čvrstim gumenim rukavicama ili rukavicama koje štite od hladnoće, a tijelo zaštitnom odjećom od nepropusnog materijala. Nema specifičnih podataka o otpornosti pojedinih materijala prema tom plinu, pa je najbolje posavjetovati se s proizvođačem zaštitne opreme.

#### 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 treba postaviti što bliže mjestima gdje se radi s opasnim tvarima.

### USKLADIŠTENJE

Spremnike/cilindre sa stlačenim sumporovim heksafluoridom treba skladištiti u skladu s propisima o čuvanju plinova pod tlakom. Skladišna prostorija u kojoj se drže spremnici treba da je suha, hladna, dobro ventilirana i zaštićena od direktnog sunčevog svjetla. U toj prostoriji ne smiju se upotrebljavati izvori topline ni držati tvari s kojima bi sumporov heksafluorid mogao nepoželjno reagirati (vidi "Fizičko-kemijska svojstva - Inkompatibilne tvari").

Spremnike sa stlačenim plinom treba prikladno označiti, a ispusne ventile dobro zatvoriti i zaštititi do oštećivanja; treba ih držati u okomitom položaju, osigurati od prevrtanja i povremeno provjeravati ventile da ne propuštaju. Prazne spremnike treba držati odvojeno od punih i označiti.

Ako se spremnici sa sumporovim heksafluoridom drže na otvorenom, treba ih zaštititi od direktnog sunčevog svjetla i atmosferskih padalina. Prijem, izdavanje i rukovanje spremnicima sa stlačenim sumporovim heksafluoridom treba povjeriti samo ovlaštenim osobama.

### POSTUPCI U IZVANREDNIM SITUACIJAMA

Ako u ograničenom prostoru dođe do propuštanja sa stlačenim sumporovim heksafluoridom ili uređaja kroz koji cirkulira taj plin, predlaže se postupiti ovako:

1. Sve osobe neka odmah napuste taj prostor.
2. O incidentnoj situaciji treba odmah obavijestiti osobu, odnosno službu odgovornu za sprovođenje zaštite.
3. U prostor u kojem je došlo do propuštanja plinovitog sumporova heksafluorida smiju ući samo osobe opremljene izolacijskim aparatom za disanje s potpunom zaštitom lica. One trebaju otvoriti sve prozore i vrata i pojačanom ventilacijom provjetriti taj prostor. Treba voditi računa o tome da je sumporov heksafluorid plin bez boje i mirisa koji u zatvorenom prostoru može smanjiti koncentraciju kisika u zraku i djelovati kao plin zagušljivac.

Ako je propustio spremnik/cilindar sa stlačenim plinom, treba ga iznijeti na otvoreni prostor i pokušati zatvoriti ventil; ako to ne uspije, najbolje je pustiti da se cilindar isprazni u atmosferu.

Ako je propustio uređaj kroz koji se provodi/cirkulira sumporov heksafluorid, treba odmah prekinuti protok plina.

Prije ponovnog ulaska zaposlenih u taj prostor preporučuje se provjeriti čistoću zraka, odnosno koncentraciju kisika u zraku.

#### Određivanje sumporova heksafluorida u zraku

U ograničenom prostoru u kojem se često ili stalno radi sa sumporovim heksafluoridom treba povremeno provjeravati čistoću zraka. Jedna od mogućih metoda je UV-spektrometrija; princip je ovaj: određeni volumen zraka siše se kroz impindjer i u alikvotnom dijelu apsorpcijske tekućine odredi SF<sub>6</sub> spektrometrijski. Ta metoda opisana je u *Hygiene Sampling and Analytical Guide for Airborne Health Hazards* (E. I. Du Pont de Nemours and Co., Wilmington, DE, Applied Technology Division, 1979.).

Određivanje sumporovog heksafluorida u atmosferi radnog prostora najbolje je povjeriti nekom od specijaliziranih analitičkih laboratorija koji raspolažu potrebnom opremom i iskustvom, kako u pogledu izbora analitičke metode tako i interpretacije rezultata mjerenja. Analitički laboratoriji, odnosno institucije koji se u Zagrebu bave određivanjem štetnih tvari u zraku i rješavanjem problema u vezi sa zaštitom na radu i zaštitom okoliša su npr. ANTLaboratorij za analitiku i toksikologiju, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Institut za sigurnost, Zavod za ispitivanje kvalitete, Zavod za istraživanje i razvoj sigurnosti i dr.

#### Zaštita okoliša

Sumporov heksafluorid se ne ubraja među plinove koji bi mogli ozbiljnije ugroziti životni okoliš. Nema kriterija o maksimalno dopustivoj koncentraciji tog spoja u vodi.

#### Prijevoz

Sumporov heksafluorid se prevozi i u transportu označava kao tvar klase 2 (komprimirani, ukapljeni i pod tlakom otopljeni plinovi).

U međunarodnom cestovnom prijevozu sumporov heksafluorid se prevozi na način i pod uvjetima navedenim u Europskom sporazumu o međunarodnom prijevozu opasne robe u cestovnom prometu.

U međunarodnom prijevozu željeznicama sumporov heksafluorid se prevozi na način i pod uvjetima navedenim u Međunarodnoj konvenciji o prijevozu robe željeznicama (CIM) - Pravilnik o prijevozu opasne robe željeznicama (RID).

**Havarija prilikom prijevoza**

Ako prilikom cestovnog prijevoza stlačenog sumporovog heksafluorida dođe do propuštanja spremnika, zaustavite vozilo po mogućnosti na mjestu koje je podalje od javnih putova. Osigurajte dovoljno veliku zaštitnu zonu i blokirajte prilazne putove. O havariji odmah obavijestite najbliže organe sigurnosti (policija, vatrogasci) kao i pošiljatelja pošiljke.

Ako na spremniku plina propušta ventil koji se ne može zatvoriti, najbolje je pustiti da se spremnik isprazni u atmosferu; kroz to vrijeme treba stati s onu stranu vozila/spremnika odakle puše vjetar. Za topla i mirna vremena plin se može širiti u razini tla jer je oko pet puta teži od zraka, pa o tome valja voditi računa.

Neki od izvora podataka za rubriku "Požarno opasne, toksične i reaktivne tvari": EG Sicherheitsdatenblatt; SIGEDA ID; Canadian Centre for Occupational Safety and Health (COOHS); Material Safety Data Sheet; CEMINFO; Hazardous substances Fact Sheet; National Fire Protection Association (NFPA); Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS, NIOSH); Treatment and Disposal for Waste Chemicals - IPTC File (UNEP); NIOSH Manual of Analytical Methods, 2nd Ed., 4 Volumes (NIOSH, Cincinnati, Ohio, 1997) i dr.

- - -

Ovaj prikaz o suporovom heksafluoridu izrađen je u suradnji s inž. Z. Habušom.