

**NEVARNOST POŽARA ZARADI
PRISOTNOSTI KISIKA IN ATMOSFER,
OBOGATENIH S KSIKOM**



Brošura št. 23 / 2018

	Kazalo	stran
1	Uvod	4
2	Področje in namen uporabe	4
3	Opredelitve	4
3.1	Terminologija, uporabljena v publikaciji	4
3.1.1	Se mora	4
3.1.2	Naj se (je treba).....	4
3.1.3	Sme se	4
3.1.4	Bo	4
3.1.5	Lahko.....	4
3.2	Tehnične opredelitve	4
3.2.1	Atmosfera, obogatena s kisikom	4
3.2.2	Tlak.....	4
4	Splošne lastnosti	5
4.1	Kisik podpira in pospešuje izgorevanje	5
4.2	Kisik ne daje opozorilnih znakov	5
4.3	Kisik je težji od zraka	5
5	Požarne nevarnosti, povezane s kisikom	5
5.1	Pogoji, potrebni za nastanek požara	5
5.2	Kisik	6
5.2.1	Obogatitev atmosfere s kisikom	6
5.2.2	Nepravilna uporaba kisika	7
5.2.3	Zasnova sistemov za kisik.....	7
5.2.4	Nepravilno upravljanje in vzdrževanje opreme za kisik.....	8
5.2.5	Uporaba nepravilnih materialov.....	8
5.3	Gorljivi material.....	9
5.3.1	V atmosferah, obogatenih s kisikom.....	9
5.3.2	V sistemih s kisikom pod tlakom.....	10
5.4	Viri vžiga	10
5.4.1	V atmosferah, obogatenih s kisikom.....	10
5.4.2	V sistemih s kisikom pod tlakom.....	10
6	Preprečevanje požarov v sistemu za kisik	11
6.1	Informacije/usposabljanje.....	11
6.2	Zasnova	11
6.3	Preprečevanje obogatitve s kisikom	12
6.3.1	Preverjanje tesnosti	12
6.3.2	Upravljanje in praksa	12
6.3.3	Prezračevanje.....	12
6.3.4	Postopek vstopa v rezervoar/izolacije	12
6.3.5	Izolacijska oprema	13
6.4	Čistoča opreme pri uporabi s kisikom	13
6.5	Nadzor vročih del	13
7	Načini detektiranja kisika	13
8	Zaščita osebja	13
8.1	Oblačila.....	13

8.2	Analiza	14
8.3	Oprema za gašenje požarov	14
8.4	Kajenje.....	14
8.5	Ukrepanje in reševanje v primeru nesreče	14
9	Povzetek priporočil	15
10	Reference	15
11	Dodatne reference	17
B	Primeri nevarnosti kisika in atmosfer, obogatenih s kisikom.....	30
B1	Primeri nesreč zaradi obogatitve s kisikom.....	30
B2	Primeri nepravilne uporabe kisika	31
B3	Primeri nepravilne zasnove sistema za kisik	31
B4	Primeri nepravilnega upravljanja in vzdrževanja opreme za kisik	32
B5	Primeri uporabe nepravilnih materialov s kisikom	33

1 Uvod

V tej publikaciji so pojasnjene požarne nevarnosti, do katerih lahko pride pri ravnanju s kisikom, in ustrezni zaščitni ukrepi, ki jih je treba izvajati.

2 Področje in namen uporabe

Namen te publikacije je zagotoviti visoko stopnjo ozaveščenosti osebja, ki dela s kisikom oziroma v morebitnih s kisikom obogatenih atmosferah ali v njihovi bližini, o nevarnostih požara ali eksplozij, povezanih s temi pogoji. Atmosfere, kjer je koncentracija kisika nižja od 19,5 %, predstavljajo atmosfere, osiromašene s kisikom, zato je vstop dovoljen samo ob upoštevanju posebnih previdnostnih ukrepov. Glej CGA SB-2, Atmosfere, osiromašene s kisikom, ali EIGA dok. 44, Nevarnosti inertnih plinov in pomanjkanja kisika [1, 2].

1

Dodatek A je povzetek informacij, objavljenih v tej publikaciji, ki jih je mogoče objaviti v obliki brošure, ki jo je nato mogoče razdeliti med osebe, ki dnevno dela s kisikom, ali jo uporabiti kot dodatek pri prezentacijah o varnosti.

V dodatku B je navedenih nekaj nesreč, ki so se zgodile v zadnjih letih in ki lahko služijo kot primeri, ki izkazujejo nevarnosti kisika in atmosfer, obogatenih s kisikom.

3 Opredelitve

Za namene tega dokumenta se uporabljajo naslednja določila in opredelitve.

3.1 Terminologija, uporabljena v publikaciji

3.1.1 Se mora

Nakazuje, da je postopek obvezen. Uporabi se, kadar je upoštevanje določenega priporočila obvezno brez izjem

3.1.2 Naj se (je treba)

Nakazuje, da je postopek priporočen.

3.1.3 Sme se

Nakazuje, da je postopek izbiren.

3.1.4 Bo

Uporablja se zgolj zato, da se nakaže prihodnost, in ne izkazuje ravni zahtevanosti.

3.1.5 Lahko

Nakazuje možnost ali zmožnost.

3.2 Tehnične opredelitve

3.2.1 Atmosfera, obogatena s kisikom

Zrak in mešanice plinov, v katerih koncentracija kisika po volumnu presega 23,5 % na nivoju morske gladine ali delni tlak kisika presega 175 torov (mm Hg) [3].

3.2.2 Tlak

Če ni drugače navedeno, »bar« v tej publikaciji pomeni izmerjeni tlak – oznaka »bar, abs.« na primer pomeni absolutni tlak in »bar, dif.« diferenčni tlak.

4 Splošne lastnosti

Kisik – ključen plin za življenje – sam po sebi ni vnetljiv, vendar podpira in pospešuje izgorjevanje. Normalna koncentracija kisika v atmosferskem zraku je približno 21 % po volumnu.

4.1 Kisik podpira in pospešuje izgorjevanje

Večina materialov ob prisotnosti kisika burno gori; reakcija je lahko celo eksplozivna.

Ko se koncentracija kisika v zraku poveča, se poveča tudi morebitna nevarnost požara, pospeši pa se tudi izgorjevanje.

4.2 Kisik ne daje opozorilnih znakov

Kisik je brez barve, brez vonja in nima okusa – človek s svojimi čutili zato ne more zaznati atmosfere, obogatene s kisikom. Kisik prav tako ne povzroča očitnih fizioloških učinkov, ki bi lahko osebe opozorili na prisotnost atmosfere, obogatene s kisikom.

Povišanje koncentracije kisika v zraku pri atmosferskem tlaku ne predstavlja posebne nevarnosti za zdravje.

4.3 Kisik je težji od zraka

Kisik se lahko zbira v nižje ležečih območjih, kot so jaški, jarki ali podzemni prostori, ker je težji od zraka. To je še posebej pomembno v primerih razlitja utekočinjenega kisika. V teh primerih je ustvarjeni mrzel plinasti kisik trikrat težji od zraka.

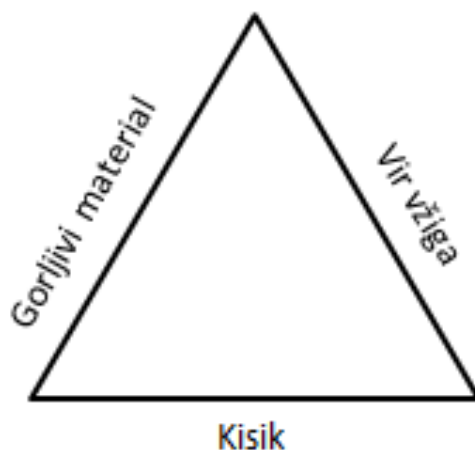
5 Požarne nevarnosti, povezane s kisikom

5.1 Pogoji, potrebni za nastanek požara

Na splošno so za nastanek požara ali eksplozije potrebni trije elementi: gorljivi material, kisik in vir vžiga.

Požarni trikotnik, kot je prikazan pod Sliko 1, je običajen način predstavitve teh treh pogojev:

Če kateri koli od teh treh elementov manjka, požar ne more nastati.



Slika 1: Požarni trikotnik

5.2 Kisik

Kisik reagira z večino materialov. Višja kot je koncentracija kisika in tlak v ozračju ali v sistemu s kisikom, potem:

- bo reakcija izgorevanja ali požar burnejši;
- bosta temperatura in energija vžiga, potrebni za spodbujanje reakcije izgorevanja, precej nižji;
- bo temperatura plamena višja in posledično uničujoča zmogljivost plamena večja.

Večino požarov zaradi prisotnosti kisika je mogoče kategorizirati v naslednje kategorije:

- obogatitev atmosfere s kisikom;
- nepravilna uporaba kisika;
- nepravilna zasnova sistemov za kisik;
- nepravilno upravljanje in vzdrževanje sistemov kisika;
- uporaba materialov, nezdržljivih s storitvijo oskrbe s kisikom.

Požare zaradi prisotnosti kisika lahko povzroči eden ali več od zgornjih pogojev.

5.2.1 Obogatitev atmosfere s kisikom

Obogatitev atmosfere s kisikom je lahko rezultat:

- puščanja pri priključkih ali prirobnicah na ceveh. To je lahko še posebej nevarno na območjih, kjer ni ustreznega prezračevanja, saj se lahko poveča koncentracija kisika.
- odprtja sistemov za kisik pod tlakom. Nenaden izpust kisika pod tlakom lahko povzroči relativno velik tok uhajajočega kisika. Rezultat je lahko plinski plamen in izstrelitev staljenega materiala.
- kisika, ki se uporablja v postopkih rezanja in varjenja. V postopkih rezanja, žlebljenja, termičnega perforiranja in podobnih postopkih se kisik uporablja v količinah, ki presegajo tiste, ki so potrebne za postopek gorenja. Neuporabljeni kisik ostane v atmosferi. Če prezračevanje ni zadostno, lahko postane zrak obogaten s kisikom.
- kisika, ki se uporablja v metalurških postopkih. Nepravilna uporaba varilnega gorilnika lahko povzroči obogatitev s kisikom, zlasti v utesjenih prostorih.
- desorpcije. Kisik se lahko sprošča v znatnih količinah, kadar se hladni materiali, ki so absorbirali kisik, kot so absorbenti (molekularno sito, silikagel itd.) ali izolacijski material, ogrejejo na sobno temperaturo.
- razlitja kriogenega utekočinjenega kisika. Razlit utekočinjeni kisik pri izparevanju ustvari gost oblak zraka, obogatene s kisikom. V odprtem prostoru nevarne koncentracije kisika običajno obstajajo samo znotraj vidnega oblaka, ki nastane pri razlitju. Hladni plin se lahko zbira v bližnjih nižje ležečih prostorih, npr. jaških in odtočnih kanalih, ki niso dobro prezračevani; po razlitju je v vseh takih bližnjih prostorih treba izvesti atmosferska preverjanja.
- utekočinjanja zraka. Pri uporabi kriogenih plinov z vrelišči, ki so nižji od vrelišča kisika, na primer dušika, vodika in helija, lahko prav tako pride do obogatitve s kisikom. Okoliški zrak kondenzira na neizolirani opremi, kjer je temperatura nižja od temperature utekočinjanja zraka (pribl. -193 °C). To se lahko zgodi pri cevovodu, ki je izoliran z odprto izolacijo celične pene. Utekočinjeni zrak lahko vsebuje do 50 % kisika in če ta tekočina začne uhajati in izpari, je lahko koncentracija kisika v

preostalem delu večja od 80 %.

- oddušnikov kisika. Območja v bližini oddušnikov kisika so lahko še posebej nevarna. Brez opozorila lahko pride do nenadnega izpusta kisika. Nekriogenska proizvodnja kisika ali dušika lahko vključuje občasno ali nenehno odzračevanje kisika. Glej EIGA dok. 154, *Varna lokacija oddušnikov kisika in inertnih plinov* [4].

5.2.2 Nepravilna uporaba kisika

Uporaba kisika za druge namene, kot tiste, za katere je bil namenjen, je povzročila resne nesreče.

Primeri nepravilne uporabe kisika so:

- poganjanje pnevmatskega orodja,
- napihovanje pnevmatik vozil in gumijastih čolnov,
- vzpostavljanje tlaka v sistemih in njihovo prepihanje,
- zamenjava zraka ali inertnega plina,
- hlajenje ali osveževanje zraka v utesnjenih prostorih,
- vpihovanje kisika v oblačila (primer: varilec se tako na primer poskuša ohladiti),
- odstranjevanje prahu s klopi, strojev in oblačil,
- zagon dizelskih strojev,
- čiščenje in
- prezračevanje.

V vsakem primeru je tveganje za požar ali eksplozijo enako in je rezultat izpostavljenosti gorljivih materialov, kot so vnetljivi plini, vnetljive trde snovi, gumijasti in tekstilni izdelki ter olja in masti, kisiku.

5.2.3 Zasnova sistemov za kisik

Pravilna zasnova inštalacij za kisik je kritičnega pomena. Neustrezne zasnove lahko vodijo do resnih nesreč in je v preteklosti temu že bilo tako.

Primeri neustrezne zasnove so:

- uporaba hitro odpirajočih se (krogličnih) ventilov. To lahko privede do vžiga, ki ga povzroči toplota, ki jo ustvari plin z veliko hitrostjo ali adiabatna kompresija (glej naslednjo točko).
- dovoljevanje previsoke hitrosti plina, ki lahko povzroči vžig nezdružljivih materialov v sistemu zaradi trčenja delcev;
- odpiranje glavnega zapornega ventila v cevovodu za oskrbo s kisikom, ne da se prej izenači tlak;
- plin pod visokim tlakom, ki teče prek odprtih z ostrim robom, hitro širjenje ali hitro krčenje;
- slabo postavljeni oddušniki, ki povzročijo zbiranje kisika;
- uporaba kakršnih koli sestavnih delov ali maziv, ki niso bili odobreni za uporabo s kisikom pri pogojih zasnove.

5.2.4 Nepravilno upravljanje in vzdrževanje opreme za kisik

Nepravilno upravljanje in vzdrževanje opreme za kisik je eden najpogostejših vzrokov za požare v sistemih za kisik.

Primeri nepravilnega upravljanja so:

- nenastavitev regulatorjev tlaka v zaprti položaj po zaprtju ventila na kisikovi jeklenki. To vodi do izredno visokih hitrosti kisika pri vzpostavljanju tlaka v regulatorju pri naslednji uporabi.
- hitro odpiranje ventilov, ki lahko vodi do velikih trenutnih hitrosti kisika, ki so dovolj velike, da izstrelijo tujke, prisotne v sistemu, skozi sistem z zvočno hitrostjo, kar povzroči torno vročino ali iskre.
- hitro odprtje ventila glede na zaprt ventil (ali regulator tlaka) nizvodno v sistemu lahko vodi do ustvaritve visoke vročine z adiabatno kompresijo kisika, kar lahko povzroči požar.
- napačen zagon kisikovega kompresorja s kisikom. To nepravilno upravljanje je ustrezno samo v posebnih primerih [5, 6].

Primeri nepravilnega vzdrževanja:

- delo na sistemih pod tlakom;
- odzračevanje kisika v omejene, zaprte ali utesnjene prostore;
- omogočitev, da se sistem kontaminira. Kontaminacija z delci, prahom, peskom, olji, mastmi ali splošnimi tujki iz zraka lahko ustvari nevarnost požara. Prenosljiva oprema je še posebej dovzetna za kontaminacijo, zato je treba izvesti previdnostne ukrepe, da se prepreči vstop umazanije ali olja.
- nepopolna odstranitev topila za čiščenje s sestavnih delov, ki se bodo uporabljali s kisikom. Ostanki topila niso združljivi z atmosfero, obogateno s kisikom.

5.2.5 Uporaba nepravilnih materialov

Zasnova opreme za kisik je zelo kompleksna; »zakaj in kako« stvari delujejo, ni vedno očitno. V bistvu so skoraj vsi materiali gorljivi ob prisotnosti kisika. Varnost opreme za uporabo s kisikom se doseže s previdno izbiro ustreznih materialov ali kombinacijo materialov in njihovo uporabo na določen način.

Kakršne koli spremembe zasnove morajo biti pooblaščen, da se prepreči uporaba nezdržljivih materialov.

Zabeležene so bile številne nesreče, katerih vzrok je bila uporaba nezdržljivih nadomestnih delov. V številnih od nesreč so bili uporabljeni sestavni deli, ki so bili po videzu podobni izvirnemu delu. Nadomeščanje materialov s takšnimi, ki so zgolj videti enako, je izjemno nevarno. Primeri tovrstne prakse:

- zamenjava o-tesnil in drugih tesnil s tesnili podobnega videza. Na voljo je več sto različnih elastomerov in večina od njih ni združljiva s kisikom.
- zamenjava kovinske zlitine s podobno vrsto zlitine. Kompozicija zlitin ima pomemben vpliv na njihove mehanske lastnosti in združljivost s kisikom. Bron, s katerim so prevlečene številne zlitine, ima več različic, ki so združljive s kisikom, vendar je še več takšnih, ki niso. Baker s kositrom se na primer uporablja pri črpalkah za utekočinjeni kisik, medtem ko aluminijev bron velja za nevarnega.
- zamenjava lepilnega traka iz politetrafluoretilena (PTFE) s podobnim belim lepilnim trakom. Vsi beli lepilni trakovi niso iz PTFE-ja in vse znamke lepilnih trakov iz PTFE-ja niso varne za uporabo s kisikom. Glej EIGA dok. 138, *PTFE, uporabljen kot tesnilno sredstvo pri priključkih na jeklenkah/ventilih* [7].
- zamenjava delov/sestavnih delov z neodobreno opremo. Geometrija določenih sestavnih delov je včasih ključnega pomena, zato se morajo pri vzdrževanju opreme, ki se uporablja s kisikom, vedno uporabiti deli odobrenih proizvajalcev.

- zamenjava ali namestitvev gorljivih materialov, kot so plastika, papir ali lepila, v filtrih. Filtri v sistemih za kisik so zelo občutljivi na vžig zaradi prisotnosti delcev in zapletenih pogojev toka. Filtri naj bodo zato izdelani iz materialov, ki zahtevajo zelo visoko vžigalno energijo, kot je Monel®.
- uporaba maziv, ki niso bila odobrena za uporabo s kisikom pri pogojih zasnove.
- uporaba nepravilne tekočine za odkrivanje uhajanj. Glej EIGA dok. 78, Paketi tekočin za preverjanje tesnosti za jeklenke [8].

Uporaba sredstev na osnovi ogljikovodikov, kot so olja, masti, nekatera mila, maziva, razmaščevalci in organske kemikalije, je še posebej nevarna v atmosferah, obogatenih s kisikom, saj lahko ti burno reagirajo s kisikom ter povzročijo požar ali eksplozijo. Na splošno se olja in masti na osnovi ogljikovodikov nikoli ne smejo uporabljati za mazanje opreme, ki bo v stiku s kisikom ali zrakom, obogatenim s kisikom. Za uporabo v atmosferah, obogatenih s kisikom, so na voljo posebna maziva, kot so odobrena perfluorirana maziva. Merilnikov tlaka za kisik se ne sme testirati ali umeriti v stiku z oljem.

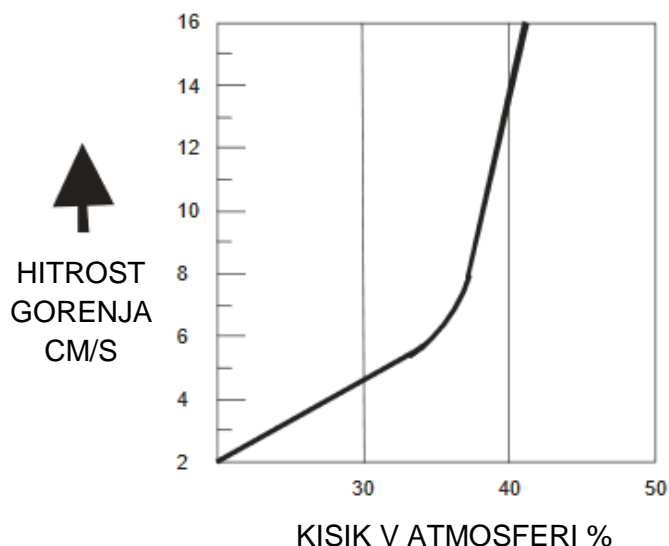
5.3 Gorljivi material

5.3.1 V atmosferah, obogatenih s kisikom

Materiali, ki ne gorijo v zraku, vključno z ognjeodpornimi materiali, lahko burno gorijo v zraku, obogatenem s kisikom, ali v čistem kisiku.

V atmosferah, obogatenih s kisikom, so najobičajnejši gorljivi material, ki najbolj neposredno vpliva na varnost osebja, oblačila. Vsi materiali za oblačila burno gorijo v atmosferah, obogatenih s kisikom. Enako velja za plastiko in elastomere.

Primer povečane reaktivnosti je prikazan na Sliki 2, in sicer za bombažni material za zaščitno obleko, izpostavljen požaru v atmosferah, ki vsebujejo povečane koncentracije kisika [5].



Slika 2: Reaktivnost požaru izpostavljenega bombaža pri rastočih stopnjah koncentracije kisika

Podobne krivulje nakazujejo, da bi lahko za druge materiale, zlasti za plastiko in elastomere, pričakovali enake vrste vedenja.

5.3.2 V sistemih s kisikom pod tlakom

Načeloma ob prisotnosti kisika gorijo vsi organski materiali, prav tako večina kovin in kovinskih zlitin. Tlak vpliva na vedenje materialov, na primer z znižanjem temperatur vžiga in povečanjem hitrosti gorenja. Iz teh razlogov so lahko sistemi za kisik izdelani samo iz materialov in opreme, ki so bili zasnovani in odobreni za ustrezne delovne pogoje.

Še posebej nevarna je uporaba olj in masti ob prisotnosti kisika, saj se izjemno preprosto vnamejo in eksplozivno gorijo. Pri opremi za kisik olja in masti pogosto povzročijo verižno reakcijo, ki se konča z gorenjem in taljenjem kovine. V takih primerih staljeno oziroma gorečo kovino izstreli stran od opreme, čemur lahko sledi izpust kisika. To lahko povzroči silovit požar, ki hitro zajame kakršen koli bližnji gorljivi material, ki ni del opreme. Za mazanje opreme, ki bo v stiku s kisikom, se nikoli ne sme uporabljati olj in masti na osnovi hidroogljikov, prav tako morajo biti vsa maziva odobrena za uporabo.

Zaprti sistemi za hlajenje so pogosto napolnjeni z vodo, ki vsebuje do 50 % etilen ali propilen glikola. Tako etilen kot propilen glikol sta vnetljiva ter se v primeru, da vstopita v sistem za kisik in voda izhlapi, skoncentrirata. Čeprav obstajajo dobre industrijske izkušnje z zaprtimi sistemi za hlajenje, ki uporabljajo 50-odstotni glikol, kadar se v teh sistemih preverja tesnost na nizko ležečih točkah, pa je že bilo zabeleženih nekaj nesreč, do katerih je prišlo zaradi nezaznanega uhajanja v sistemu.

5.4 Viri vžiga

5.4.1 V atmosferah, obogatenih s kisikom

Viri vžiga v pogojih obogatitve s kisikom so:

- odprti požari ali ogenj (npr. cigarete, varjenje ali druga vroča dela, stroj na bencin ali peči);
- elektronske cigarete;
- električne iskre in
- iskre, ki nastanejo pri brušenju ali trenju.

5.4.2 V sistemih s kisikom pod tlakom

V sistemih, ki vsebujejo kisik pod tlakom, morebitni viri vžiga niso tako očitni kot pri odprtem ognju in vročih površinah.

Naslednji viri vžiga so povzročili požar v sistemih s kisikom:

- segrevanje z adiabatno kompresijo;
- trenje;
- mehanski udarec;
- električne iskre ali
- visoka hitrost plina s prisotnostjo delcev.

6 Preprečevanje požarov v sistemu za kisik

6.1 Informacije/usposabljanje

Kakršno koli osebje, ki uporablja opremo za kisik, se mora informirati o nevarnostih, lastnostih in tveganjih, povezanih s kisikom. Ta so pokrita v varnostnem listu za kisik.

Če želite nadaljnje informacije o nevarnostih kisika z drugimi materiali, se priporočajo tudi naslednje publikacije:

- EIGA dok. 10, *Batni kompresorji za kisik. Kodeks ravnanja* [9];
- EIGA dok. 13, *Cevovod in cevovodni sistemi za kisik* ali CGA G-4.4, *Cevovod in cevovodni sistemi za kisik* [10];
- EIGA dok. 27, *Centrifugalni kompresorji za kisik* [11];
- EIGA dok. 33, *Čiščenje opreme za kisik. Smernica* [12];
- CGA G-4.1, *Čiščenje opreme za kisik* [13];
- EIGA dok. 42, *Gibljivi priključki v sistemih s plinom pod visokim tlakom* [14];
- EIGA dok. 136, *Izbira osebne varovalne opreme* [15];
- EIGA dok. 148, *Namestitveni vodič za stacionarne centrifugalne črpalke za utekočinjeni kisik s pogonom na električni motor* [16];
- EIGA Varnostne informacije 15, *Varnostna načela v sistemih s kisikom pod visokim tlakom* [17];
- *Vnetljivost in občutljivost materialov v atmosferah, obogatenih s kisikom* – simpozijška serija Ameriškega združenja za testiranje in materiale (ASTM) [18].

Vsa vzdrževalna dela in popravila mora izvesti izurjeno in usposobljeno osebje.

Vse osebe, ki delajo na območjih, kjer lahko pride do obogatitve s kisikom, morajo prejeti navodila o tveganjih. Poudariti se mora narava tveganj in skoraj takojšnje posledice. Usposabljanje mora vključevati ukrepe za zmanjšanje tveganj, pri čemer je treba poudariti pomembnost prepoznavanja virov obogatitve s kisikom in njihovo osamitvijo.

Pri številnih uporabah na medicinskem področju se kisik in zrak, obogaten s kisikom, uporabljata pri zdravljenju z opremo, kot so kisikovi šotori, inkubatorji in hiperbarične komore. Ta s kisikom obogateni zrak močno povečuje nevarnost požara. Publikacije, ki naslavljajo to težavo, so NFPA 99, *Standard za zdravstvene ustanove*, EIGA dok. 89, *Sistemi z medicinskim kisikom za oskrbo na domu* in ISO 15001: *Anestezijska in respiratorna oprema – Združljivost s kisikom* [19, 20, 21].

6.2 Zasnova

V sistemih za kisik se mora uporabljati le oprema, ki je bila posebej zasnovana za uporabo s kisikom; regulatorji dušika se na primer ne smejo uporabljati s kisikom. Zasnova opreme, namenjene za uporabo s kisikom, upošteva uporabljene materiale in njihovo konfiguracijo, da se zmanjša tveganje za vžig. Razlogi za določeno zasnovo in izbiro materiala niso vedno očitni, zato se morate pred zamenjavo materialov posvetovati s strokovnjakom.

Oprema za uporabo s kisikom se sme mazati samo z mazivi, posebej odobrenimi za uporabo s kisikom in njegovo oskrbo. Vedno se posvetujte pri strokovnjaku, npr. pri dobavitelju ali preskuševalnem laboratoriju.

Sistemi za kisik morajo biti zasnovani tako, da je hitrost toka čim nižja. Če se hitrost podvoji, se bo energija delca v plinskem toku povečala za štirikrat. Glej EIGA dok. 13 [10].

Sistemi za kisik naj bodo postavljeni v dobro prezračevanih prostorih, stran od primarnih virov vžiga, kot so kotli. Sistemi z utekočinjenimi plini morajo biti locirani stran od kabelskih jaškov, jarkov in odtočnih kanalov

6.3 Preprečevanje obogatitve s kisikom

6.3.1 Preverjanje tesnosti

Tesnost novosestavljene opreme, ki se bo uporabljala s kisikom, se mora temeljito preveriti, in sicer z uporabo zraka ali dušika bodisi s časovnim testom padca tlaka plina, testom tesnosti z odobrenim pršilom ali na drug ustrezen način. Glej EIGA dok. 78 [8].

Priporočajo se redna preverjanja tesnosti.

6.3.2 Upravljanje in praksa

Po končani delovni izmeni se mora glavni ventil za oskrbo s kisikom zapreti, da se izogne morebitnemu uhajanju kisika med nedelovanjem opreme.

Če so nameščeni filtri, se ti ne smejo odstraniti, da se omogoči višji pretok. Filtri se naj pogosto preverjajo in z njih odstranijo vse nečistoče.

Gibke cevi za rezanje in varjenje morajo biti tesne in se morajo redno preverjati.

Izogibajte se čakanju pri vžiganju gorilnikov za rezanje ali varjenje, zlasti v utesjenih prostorih. Pri plamenskem rezanju je za postopek rezanja potrebnega od pet- do desetkrat več kisika kot za segrevanje, kar je odvisno od debeline rezane plošče. Ta količina kisika se le delno porabi pri žganju kovine. Pomembno je, da izberete šobo pravilne velikosti in pravilni tlak za delo, ki se izvaja, da se zmanjša količina odvečnega kisika.

6.3.3 Prezračevanje

Prostori, kjer je tveganje za obogatitev atmosfere s kisikom, morajo biti dobro prezračevani. Primeri teh prostorov:

- polnilne postaje;
- prostori, v katerih se skladiščijo kisikovi rezervoarji ali jeklenke oz. se tam z njimi rokuje ali se jih vzdržuje;
- prostori, v katerih se kisik uporablja ali analizira, in
- prostori, v katerih se izvaja zdravljenje s kisikom, kot so takšni prostori v bolnišnicah in drugih zdravstvenih ustanovah.

V številnih primerih je lahko naravno prezračevanje dovolj; na primer v dvoranah ali prostorih s prezračevalnimi odprtinami. Površina pretoka odprtini naj bo večja od 1/100 tlorisne površine prostora, odprtine naj bodo umeščene diagonalno druga nasproti druge in naj omogočajo neovirano kroženje zraka. Kjer naravno prezračevanje ni mogoče, mora biti nameščena prezračevalna enota s kapaciteto približno 6 zamenjav zraka/uro. Razmisliti je treba tudi o prezračevanju podzemnih prostorov, rezervoarjev, jaškov, odtočnih kanalov in jarkov.

V primeru nedelovanja prezračevalne enote se mora izobesiti varnostno opozorilo.

6.3.4 Postopek vstopa v rezervoar/izolacije

Pred vstopom v kakršen koli rezervoar, ki je povezan z virom plina, se mora rezervoar izprazniti in izolirati od vira. Izolacijo je mogoče doseči na primer z odstranitvijo sklopa cevi, z uporabo povezovalne plošče (angl. spectacle plate), z vstavitvijo slepih prirobnic ali z ventili DBB (double block and bleed). Prostor se mora temeljito prezračiti, da se ohrani atmosfera, v kateri koncentracija kisika ni višja od 23,5 %. Upoštevati se

morajo ustrezni zakonodajni postopki o vstopu v utesnjeni prostor.

6.3.5 Izolacijska oprema

Ko kisikov cevovod vstopi v stavbo, se mora zunaj stavbe, na dostopnem mestu, zagotoviti izolacijski ventil. Ventil in njegova lokacija morata biti jasno označena in identificirana. Namen je omogočiti upravljanje ventila z varne lokacije v primeru izpusta/izlitja kisika znotraj stavbe.

Kisikove vode, ki niso več v rabi, je treba bodisi razstaviti bodisi popolnoma odrezati ali izolirati od sistema za oskrbo s kisikom.

6.4 Čistoča opreme pri uporabi s kisikom

Eden od ključnih varnostnih postopkov pri preprečevanju požarov zaradi prisotnosti kisika je zagotovitev, da je vsa oprema očiščena, preden se vzame v uporabo v sistem oskrbe s kisikom oziroma se znova vrne v uporabo. Oprema, ki se uporablja s kisikom, se lahko čisti na več načinov. Glej EIGA dok. 33 ali CGA G-4.1 za dodatne informacije [12, 13].

Oprema za kisik ne sme vsebovati trdih delcev. Delci se odstranijo tako, da se oprema za kisik pred zagonom prepiha z zrakom brez olj ali z dušikom.

6.5 Nadzor vročih del

Vsa vroča dela, ki se morajo izvajati v bližini opreme za kisik ali na območju, kjer bi lahko prišlo do obogatitve s kisikom, morajo biti nadzorovana z dovoljenjem za delo. Vroča dela vključujejo operacije, kot so varjenje, trdo spajkanje, vrtanje ali brušenje.

7 Načini detektiranja kisika

Izbrani način detektiranja kisika mora nuditi visoko stopnjo zanesljivosti delovanja in biti dovolj občutljiv, da izda opozorilo, preden je dosežena nevarna koncentracija kisika. Običajno se uporabi odobren instrument za spremljanje atmosfere, s katerim se potrdi učinkovitost postopkov izolacije in prepihanja pred vstopom na območje in s katerim se tudi med obratovanjem redno preverja stanje, da se zagotovi, da ni prišlo do sprememb.

Po potrebi se lahko instrumenti za merjenje koncentracije kisika uporabijo tudi samo kot opozorilne naprave in se ne smejo obravnavati kot zaščita pred tveganji obogatitve atmosfere s kisikom. Obravnavati jih je treba kot dodatno dobro prakso pri odpravljanju vzrokov obogatitve. Ustrezni merilni instrumenti za določitev koncentracije kisika kažejo tako zvišanje kot tudi znižanje koncentracije kisika v okoliški atmosferi.

Uporabljajo se različne merilne tehnike, ki dajejo vidna, slišna in/ali čutna opozorila (v obliki vibracij), ter jih je mogoče uporabljati stalno ali občasno. Pri uporabi in vzdrževanju merilnega instrumenta se morajo natančno upoštevati proizvajalčeva navodila.

8 Zaščita osebja

8.1 Oblačila

Uporaba zgolj zaščitnih oblačil ni dovolj, da se izognete nevarnosti požara zaradi prisotnosti kisika. Številni tekstilni materiali, na katerih je navedeno, da so nevenljivi, v okolju, obogatenim s kisikom, burno gorijo.

Na območjih, kjer se zahteva uporaba ognjeodpornih oblačil (FRC), se smejo nositi samo spodnja oblačila oz. spodnje perilo iz ognjeodpornih materialov in naravnih vlaken. Drugi sintetični materiali, tudi kadar se nosijo zgolj kot notranje oblačilo ali spodnje perilo, se lahko stopijo in prilepijo na kožo, ko so izpostavljeni požaru (glej EIGA dok. 136) [15,]. S pranjem se lahko ognjeodpornost nekaterih materialov zmanjša. Pri pranju zato upoštevajte navodila proizvajalca. Na območjih, kjer se oblačila FRC ne zahtevajo, oblačila iz naravnih vlaken veljajo kot najboljši material za delovna oblačila, ker jih je mogoče hitro pogasiti, ko so odstranjena iz atmosfere, obogatene s kisikom, v okoliško atmosfero.

Oblačila naj se dobro prilagodijo, hkrati pa naj bo njihova odstranitev preprosta. Prav tako morajo biti brez olj in masti.

Osebe, ki so bile izpostavljene atmosferi, obogateni s kisikom, ne smejo kaditi ali se približati odprtemu ognju, vročim mestom ali iskram, dokler ustrezno ne prezračijo svojih oblačil v običajni atmosferi. Priporoča se prezračevanje, ki traja vsaj 15 minut, pri čemer oseba premika roke in noge ter si sleče morebiten plašč.

8.2 Analiza

Preden oseba vstopi v prostor, kjer bi lahko prišlo do obogatitve s kisikom, se mora v atmosferi analizirati koncentracija kisika z zanesljivim in natančnim analizatorjem (glej Poglavje 7). Če je koncentracija kisika višja od 23,5 %, se vstop ne sme dovoliti. Koncentracija kisika, višja od 23,5 %, je lahko nevarna. Za opozarjanje o morebitnih nihanjih koncentracije naj se prostor spremlja s stalnim avtomatskim analizatorjem koncentracij kisika, ki da zvočni, vizualni in/ali čutni alarm (vibracije), ko koncentracija kisika v atmosferi preseže 23,5 % ali pade pod 19,5 %.

8.3 Oprema za gašenje požarov

Edini učinkoviti način ravnanja v primeru požarov zaradi prisotnosti kisika je, da se izolira dovod kisika. V pogojih, kjer pride do obogatitve s kisikom, so ustrezna sredstva za gašenje požarov voda, suhe kemikalije (prašek) ali ogljikov dioksid. Pri izbiri moramo upoštevati naravo požara, na primer ali gre za električni požar. Goreča oblačila se morajo pogasiti z vodo, saj oblačila, obogatena s kisikom, pod ognjeodporno odejo še vedno gorijo.

Oprema za gašenje se mora ustrezno vzdrževati, osebje, ki jo upravlja, pa mora vedeti, kje je nameščena, kako se z njo upravlja in katero opremo uporabiti za določeno vrsto požara.

8.4 Kajenje

Vso osebje morate obvestiti o nevarnostih kajenja pri delu s kisikom ali na območju, kjer lahko pride do obogatitve s kisikom. Številne nenamerne požare in opekline je povzročil vžig cigarete, zato je nujno poudariti nevarnost kajenja v atmosferah, obogatenih s kisikom, oziroma na območjih, kjer bi lahko prišlo do obogatitve s kisikom. Na takih območjih se mora kajenje prepovedati.

8.5 Ukrepanje in reševanje v primeru nesreče

Postopki za ukrepanje v primeru nesreče na lokaciji naj vsebujejo tudi določbe o vstopu na območja, ki so morebiti obogatena s kisikom. Reševanje žrtev ali vstop v prostor za namen ustavitve obratovanja sistema se ne sme začeti izvajati, dokler koncentracija kisika ne pade pod 23,5 % in je mogoče varno vstopiti na območje. Materiali oblačil, vključno z ognjeodpornimi ali tretiranimi materiali, so lahko dovzetni za gorenje v atmosferi, obogateni s kisikom. Postopki ukrepanja v primeru nesreče lahko vključujejo uporabo vodnih razpršilcev za zaščito morebitnih žrtev, če je to mogoče storiti z varne razdalje, dokler ni mogoče potrditi varnega vstopa.

Učinkoviti postopki ukrepanja v primeru nesreče omogočajo prepoznavanje primerov, kjer je obogatitev s kisikom tveganje, kot tudi usposabljanje osebja, izvajanje vaj in zagotovitev preproste dostopnosti številnih gasilske in zdravstvene službe za klic v sili.

Če pride do večjega izpusta oziroma razlitja s kisikom obogatenih plinov v tekoči ali plinski obliki, so vse električne naprave in sistemi osvetljave na prizadetem območju potencialni viri zanetenja iskre in vžiga. Vir s kisikom obogatenih plinov se mora čim prej izolirati. Izkušnje kažejo, da v primeru razlitja utekočinjenih s kisikom obogatenih plinov na prostem nevarne koncentracije kisika običajno obstajajo zgolj znotraj vidnega oblaka megle, povezanega z razlitjem. Osebje ne sme nikoli vstopiti v vidni oblak megle. Nevarne koncentracije kisika lahko obstajajo tudi zunaj oblaka. Pri vstopu na območje v bližini razlitja morate uporabiti prenosni analizator kisika.

9 Povzetek priporočil

Spodaj je povzetek ključnih točk, kako se izogniti nesrečam zaradi obogatitve s kisikom:

- Zagotovite, da bo osebje, ki bo delalo s kisikom, ustrezno usposobljeno in seznanjeno s tveganji, ki jih lahko povzroči previsoka koncentracija kisika.
- Zagotovite, da bo uporabljena pravilna oprema, ki tesni in je v dobrem operativnem stanju.
- Uporabljajte samo materiale in opremo, ki so odobreni za uporabo s kisikom. Nikoli ne uporabljajte nadomestnih delov, ki niso bili posebej odobreni za uporabo s kisikom.
- Uporabljajte ustrezna, čista oblačila, ki so brez olj, masti in lahko gorljivih onesnaževalcev.
- Nikoli ne uporabljajte olja ali masti za mazanje opreme, ki se uporablja s kisikom.
- Zagotovite, da je vsa oprema za gašenje požarov v dobrem stanju in pripravljena za uporabo.
- Pri delu v utesnjenem prostoru, kjer se kisik običajno uporablja, izolirajte opremo, zagotovite dobro prezračevanje in uporabite analizator kisika. Vstop dovolite zgolj tistim z dovoljenjem, ki ga izda usposobljena in sposobna oseba.
- Prepovejte kajenje povsod, kjer je kakršno koli tveganje za obogatitev atmosfere s kisikom.
- Oseb, ki zagorijo v atmosferah, obogatenih s kisikom, ne more rešiti reševalec, ki vstopi na območje, saj bo najverjetneje zagorel tudi sam.
- Osebam, ki so bile izpostavljene atmosferam, obogatenim s kisikom, se ne sme dovoliti, da se približajo odprtemu ognju, gorečim cigaretam idr., dokler ustrezno ne prezračijo svojih oblačil.
- Zagotovite, da bodo vsi aparati in oprema za kisik ustrezno identificirani.
- Zagotovite, da bodo varne poti in izhodi v sili ves čas prosti.

10 Reference

Če ni navedeno drugače, velja zadnja izdaja.

- [1] EIGA dok. 44, *Nevarnosti inertnih plinov in pomanjkanja kisika*, www.eiga.eu
- [2] CGA SB-2, *Atmosfere, osiromašene s kisikom*, www.cganet.com
- [3] CGA P-39, *Atmosfere, obogatene s kisikom*, www.cganet.com
- [4] EIGA dok. 154, *Varna lokacija oddušnikov kisika in inertnih plinov*, www.eiga.eu
- [5] EIGA Varnostne informacije 16, *Požar pri regulatorjih na jeklenkah v storitvi oskrbe z industrijskim kisikom*, www.eiga.eu
- [6] EIGA Varnostno glasilo NL 79, *Nevarnosti atmosfere, obogatene s kisikom/EIGA kampanja, ki izpostavlja nevarnosti atmosfer, obogatenih s kisikom*; EIGA Varnostna brošura SL 02, *Nevarnost obogatitve s kisikom*, www.eiga.eu

- [7] EIGA dok. 138, *PTFE, uporabljen kot tesnilno sredstvo pri priključkih na jeklenkah/ventilih*, www.eiga.eu
- [8] EIGA dok. 78, *Paketi tekočin za preverjanje tesnosti za jeklenke*, www.eiga.eu
OPOMBA – ta publikacija je del nacionalnega programa za industrijske standarde. Tehnična vsebina posameznega regionalnega dokumenta je popolnoma enaka; razlikuje se le v regionalnih zakonodajnih zahtevah. Glej uvod
- [9] EIGA dok. 10, *Batni kompresorji za kisik. Kodeks ravnanja*, www.eiga.eu
OPOMBA – ta publikacija je del nacionalnega programa za industrijske standarde. Tehnična vsebina posameznega regionalnega dokumenta je popolnoma enaka; razlikuje se le v regionalnih zakonodajnih zahtevah. Glej uvod referenčnega dokumenta za seznam harmoniziranih regionalnih referenc.
- [10] EIGA dok. 13, *Cevovod in cevovodni sistemi za kisik*, www.eiga.eu
OPOMBA – ta publikacija je del nacionalnega programa za industrijske standarde. Tehnična vsebina posameznega regionalnega dokumenta je popolnoma enaka; razlikuje se le v regionalnih zakonodajnih zahtevah. Glej uvod referenčnega dokumenta za seznam harmoniziranih regionalnih referenc.
- [11] EIGA dok. 27, *Centrifugalni kompresorji za kisik*, www.eiga.eu
OPOMBA – ta publikacija je del nacionalnega programa za industrijske standarde. Tehnična vsebina posameznega regionalnega dokumenta je popolnoma enaka; razlikuje se le v regionalnih zakonodajnih zahtevah. Glej uvod referenčnega dokumenta za seznam harmoniziranih regionalnih referenc.
- [12] EIGA dok. 33, *Čiščenje opreme za uporabo s kisikom. Smernica*, www.eiga.eu
- [13] CGA G-4.1, *Čiščenje opreme za kisik*, www.cganet.com
- [14] EIGA dok. 42, *Gibljivi priključki v sistemih s plinom pod visokim tlakom*, www.eiga.eu
- [15] EIGA dok. 136, *Izbira osebne varovalne opreme*, www.eiga.eu
OPOMBA – ta publikacija je del nacionalnega programa za industrijske standarde. Tehnična vsebina posameznega regionalnega dokumenta je popolnoma enaka; razlikuje se le v regionalnih zakonodajnih zahtevah. Glej uvod referenčnega dokumenta za seznam harmoniziranih regionalnih referenc.
- [16] EIGA dok. 148, *Namestitveni vodič za stacionarne centrifugalne črpalke za utekočinjeni kisik s pogonom na električni motor*, www.eiga.eu
OPOMBA – ta publikacija je del nacionalnega programa za industrijske standarde. Tehnična vsebina posameznega regionalnega dokumenta je popolnoma enaka; razlikuje se le v regionalnih zakonodajnih zahtevah. Glej uvod referenčnega dokumenta za seznam harmoniziranih regionalnih referenc.
- [17] EIGA Varnostne informacije 15, *Varnostne informacije*, www.eiga.eu
- [18] *Vnetljivost in občutljivost materialov v atmosferah, obogatenih s kisikom*, serija mednarodnega simpozija ASTM, www.astm.org
- [19] NFPA 99, *Standard za zdravstvene ustanove*, www.nfpa.org
- [20] EIGA dok. 89, *Sistemi z medicinskim kisikom za oskrbo na domu*, www.eiga.eu
- [21] ISO 15001: *Anestezijska in respiratorna oprema – Združljivost s kisikom*, www.iso.org

11 Dodatne reference

BCGA TR2, *Verjetnost smrtnih žrtev v atmosferah, obogatenih s kisikom, zaradi razlitja utekočinjenega kisika*, www.bcgga.co.uk

BCGA TR1, *Način ocenjevanja tveganj zunaj lokacije zaradi skladiščenja velikih količin utekočinjenega kisika*, www.bcgga.co.uk

EIGA dok. 911, *Odišavljenje kisika v aplikacijah zgorevanja*, www.eiga.eu

DODATEK A – Brošura za dnevna dela s kisikom

Lastnosti kisika

Kisik pospešuje izgorevanje

Lastnosti kisika

Kisik ne daje opozorilnih znakov.

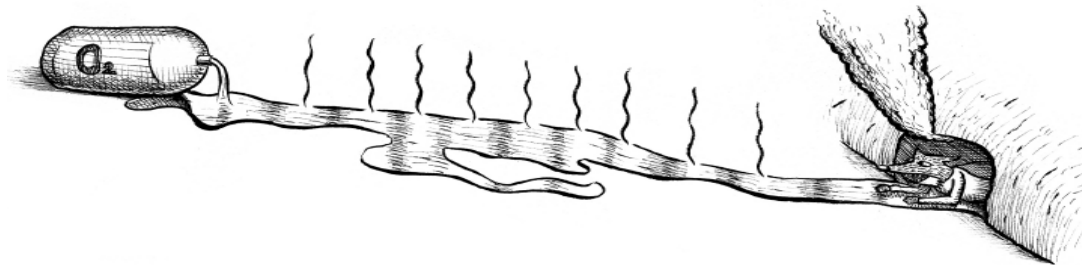
- Ker je kisik brez barve, brez vonja in nima okusa, človek obogatitve s kisikom ne more zaznati s svojimi čutili.



Lastnosti kisika

Kisik je težji od zraka.

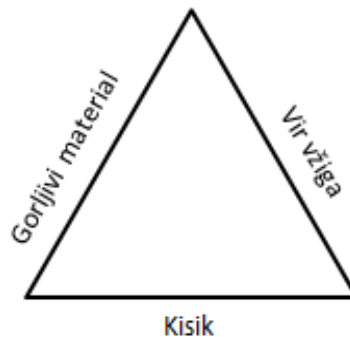
- Kisik se lahko zbira v nižje ležečih območjih, kot so jaški ali podzemni prostori, zlasti med razlitjem utekočinjenega kisika ali po njem, saj je težji od zraka.



Pogoji, potrebni za nastanek požara

Na splošno so za nastanek požara ali eksplozije potrebni trije elementi: gorljivi material, kisik in vir vžiga.

Požarni trikotnik je običajen način predstavitve teh treh pogojev:



Če kateri koli od teh treh elementov manjka, požar ne more nastati.

Vzroki požara zaradi kisika

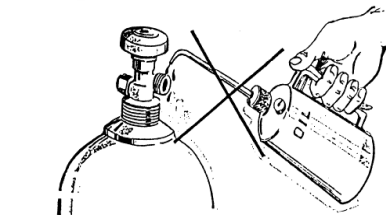
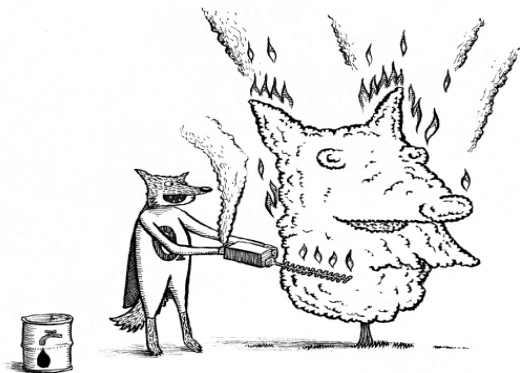
- Obogatitev atmosfere s kisikom
- Nepravilna uporaba kisika
- Nepravilna zasnova sistemov za kisik
- Nepravilno upravljanje in vzdrževanje opreme za kisik
- Uporaba materialov, nezdržljivih s storitvijo oskrbe s kisikom

Združljivost materialov

- Za uporabo s kisikom so primerni samo določeni materiali.
- Večina materialov v čistem kisiku gori, tudi če ne zagorijo v zraku.
- Ob prisotnosti kisika so še posebej nevarna olja, masti in materiali, onesnaženi s temi snovmi, saj se izjemno preprosto vnamejo in eksplozivno gorijo.

Opreme za kisik nikoli ne mažite z oljem ali mastjo!

- Oprema, onesnažena z oljem in mastjo, se mora očistiti z odobrenimi čistilnimi sredstvi.



- Preverite pri svojem nadrejenemu, ali je kateri koli material/del ali sredstvo, ki ga nameravate uporabiti, odobren za uporabo s kisikom.

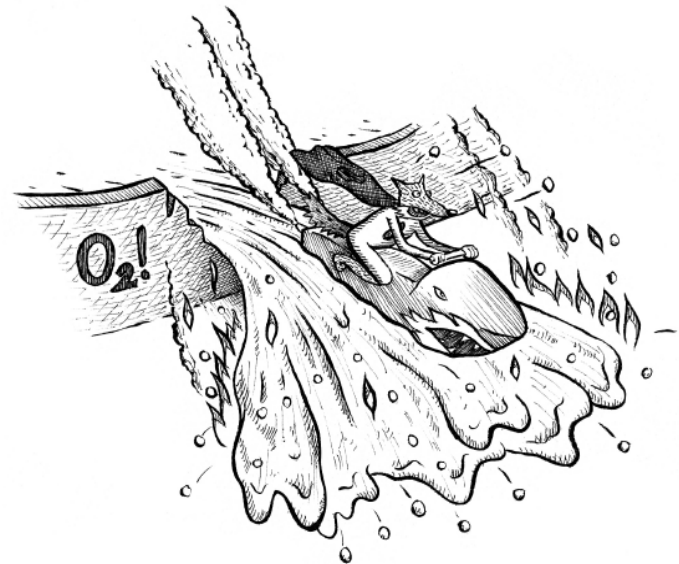
Oprema, ki ne tesni, je zelo nevarna

- Puščanje lahko vodi do obogatitve s kisikom in s tem na primer do povečane nevarnosti za požar.
- Puščanje na priključkih, prirobnicah, fittingih je nevarno, saj lahko pride do zvišanja koncentracije kisika, zlasti tam, kjer ni zadostnega prezračevanja.
- Preverite tesnost sestavljene opreme.



Razlitje utekočinjenega kisika

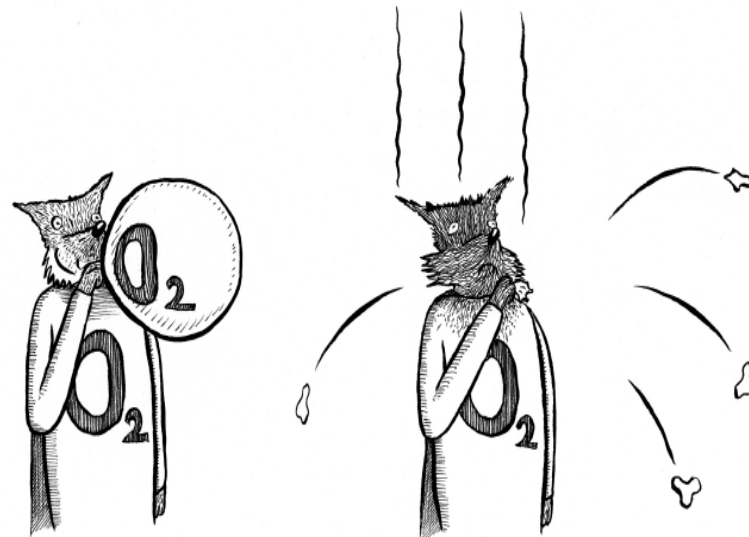
- Razlit utekočinjeni kisik pri izparevanju ustvari gost oblak zraka, obogatenega s kisikom.
- Oblačila, osebja, ki vstopi v oblak, postanejo obogatena s kisikom.
- Ko utekočinjeni kisik impregnira tla, ki vsebujejo organski material, kot je les ali asfalt, obstaja nevarnost, da ta organski material eksplodira, če pride do trka.



Ne uporabljajte kisika za aplikacije, za katere ni bil namenjen!

Ne uporabljajte kisika kot nadomestek za zrak, na primer pri:

- poganjanju pnevmatskega orodja;
- napihovanju pnevmatik;
- zaganjanju dizelskih strojev;
- odpihanju prahu s klopi, strojev ali oblačil.

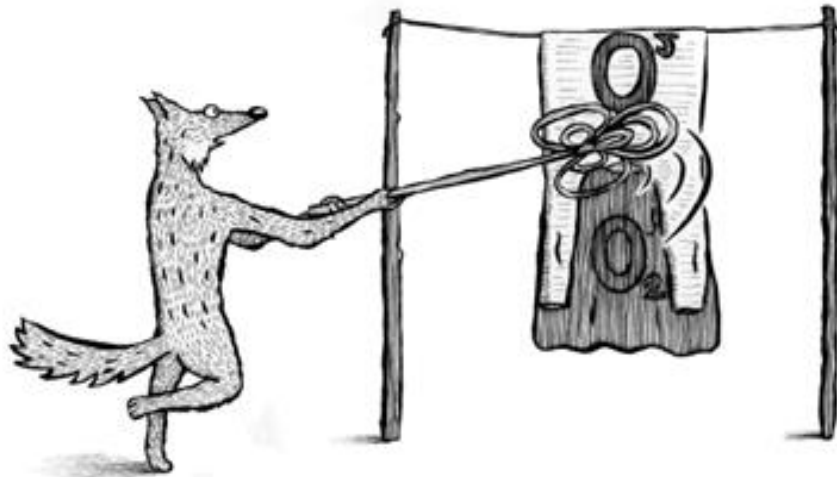


Na območjih, kjer lahko pride do obogatitve s kisikom, ne kadite ali uporabljajte odprtih plamenov.

Če je treba izvesti vroča dela, kot je varjenje, plamensko rezanje, spajkanje ali brušenje, zagotovite, da je bila atmosfera preverjena in potrjena kot varna in je bilo pridobljeno delovno dovoljenje.



Če ste bili v atmosferi, obogateni s kisikom, prezračujte oblačila na svežem zraku vsaj 15 minut, preden si prižgete cigareto ali greste v bližino vžiga.



B – Primeri nevarnosti kisika in atmosfer, obogatenih s kisikom

B1 Primeri nesreč zaradi obogatitve s kisikom

1. V tovarni je bil puščen odprt ventil na vodu za dovod kisika, ki je bil speljan v trgovino tovarne. Oblačila nekega moškega so se vnela, ko so prišla v stik z iskrami električnega varjenja. Moški je stekel na odprto in se začel valjati po travi, vendar je utrpel hude opekline. Lažje opekline je utrpelo tudi nekaj drugih oseb, ki so mu poskušale pomagati.
2. Delavec je poskušal zamenjati gorilnik, tako da je priščipnil gibko cev za kisik. Uhajajoči kisik je povzročil požar, v katerem je delavec utrpel hude opekline.
3. Možje so delali na strehi kisikove tovarne v bližini glavnega delujočega oddušnika kisika. Eden od njih si je prižgal cigareto. Njegova oblačila so se vnela in moški je do smrti zgorel.
4. Pogodbeni delavec bi moral odbrusiti del ograje na ploščadi enote za ločevanje zraka. Izdano je bilo delovno dovoljenje in opravljena razprava pred pričetkom dela. Okoliške temperature so bile hladne. Ko je moški čakal na svojega sodelavca, se je nagnil in se deloma usedel na oddušnik kisika, kjer se je grel z uhajajočim, relativno toplim kisikom, ki je uhajal skozi ventil. V trenutku, ko je začel z brušenjem, je preskočila iskra in njegova oblačila, obogatena s kisikom, so začela goreti. Delavec je utrpel opekline druge in tretje stopnje ter je bil hospitaliziran več mesecev.
5. Pri uporabi kisikovega kopja v kovinski livarni je operater ugotovil, da priklop med gibko cevjo in kopjem pušča, vendar ni ustavil puščanja, ker je to hladilo njegov trebuh. Proti operaterju je bila izstreljena iskra vroče kovine, zaradi katere je zagorela obleka na njegovem trebuhu. Delavec je utrpel hude opekline.
6. Kisik iz tovarne PVSA je bil odzračen v stranko. Lokacija odvoda oddušnika je povzročila atmosfero, obogateno s kisikom. Med brušenjem so se vnela delovna oblačila vzdrževalca in mu povzročila opekline.
7. Na lokaciji plinskega podjetja na proizvodnem območju obrata za ločevanje kriogenskega zraka sta delavca v jašku varila parni cevovod. Jašek je bil obogaten s kisikom. Oblačila serviserja so zagorela. Serviser je za posledicami umrl. Varilec je utrpel opekline, ko je poskušal pogasiti ogenj. Delovno dovoljenje je bilo izdano, vendar se ni upoštevalo, prav tako tveganja niso bila prepoznana.
8. Pri notranjem nadzoru kisikove jeklenke se je razbila svetilka, ki je zanetila vnetljivi plin ali material v jeklenki. Operater je utrpel opekline.
9. Pacient je kadil cigareto, medtem ko je prejemal kisikovo terapijo skozi nosno kanilo in kisik iz naprave za koncentriranje kisika na svojem domu. Cigareteta je povzročila vžig nosne kanile. Posledično gorenje plastike je povzročilo manjše oparine zgornjih dihalnih poti. Pacienta je pregledal zdravnik splošne nege in ga kmalu napotil nazaj v domačo nego. Pacient je priznal, da je kadil kljub opozorilom, navodilom in usposabljanju.
10. Pacientka je uporabljala napravo za koncentriranje kisika na domu. Pacientkina hčer je poročala, da si je njena mati prižgala cigareto, nakar se je vnela kanila in cevke, s čimer je prišlo do opeklin nosa. Kanila se je prilepila na pacientkin nos. Pacientko so odpeljali v bolnišnico z rešilcem.
11. Delavec vzdrževalne ekipe v polnilni postaji je brusil, ko je njegova obleka zagorela. Delavec je utrpel resne poškodbe. Delavec je v notranjost prinesel snop kisikovih jeklenk, da bi tam preveril puščanje s tekočino za preverjanje tesnosti, saj je bilo zunaj mrzlo. Po preverjanju tesnosti je odzračil snop znotraj delavnice, kar je bilo v nasprotju z navodili.

12. Krajevni gasilski častnik je obvestil podjetje, ki je član združenja EIGA, da je pacient, ki ga je podjetje oskrbovalo s plinom, umrl v požaru na svojem domu. Prvi elementi preiskave so nakazovali, da je morda kadil, medtem ko je prejemal kisik.
13. Pacient v domači oskrbi (z napravo za koncentriranje kisika) je zaspal z gorečo cigareto, zaradi česar je zagorela posteljnina.
14. Voznik je vozil vozilo za dostavljanje kisika v tekočem in plinastem stanju za nego na domu. Poskušal je prižgati cigareto, ki je takoj zgorela. Žareč pepel je prenesel požar v kabino. Voznik se je ustavil in poskušal zaman pogasiti ogenj, ki se je hitro razširil na celotno vozilo. Nekaj minut pozneje je eksplodirala aluminijeva kisikova jeklenka, pri čemer je izstrelilo ventila pin index dveh jeklenk.
15. Oseba, ki je nosila ustrezna oblačila, je delala v atmosferi, obogateni s kisikom. Odšla je na območje za kajenje in si takoj prižgala cigareto, nakar so se vnela njena oblačila.
16. Zabeleženih je bilo več primerov smrti v hiperbaričnih komorah zaradi kajenja ali elektrostaticnega iskrenja v pogojih obogatitve s kisikom. V enem primeru je umrlo 10 ljudi, ko je izbruhnil požar, ki ga je povzročila uporaba prenosnega grelnika rok.

B2 Primeri nepravilne uporabe kisika

1. Pnevmatiski rotacijski vrtalnik so prek adapterja povezali s kisikovim vodom. Po več urah je zrak v delovnem prostoru postal tako obogaten s kisikom, da se je ob prižgu cigarete enega od delavcev vnel, pri čemer so zagorela oblačila. Rezultat so bile štiri smrtne žrtve in pet poškodovancev.
2. Varilec je delal v vagonu cisterna. Po nekaj časa je prekinil svoje delo, da bi osvežil zrak v cisterni z dovodom kisika. Ko je nadaljeval delo, je iskra vnela njegovo obleko. Delavec je podlegel usodnim opeklinam.
3. Jeklar je poskušal popraviti svoj avto, ki je imel zamašeno cev za gorivo. Cev je odmašil s kisikom. Rezervoar za gorivo je eksplodiral, pri čemer je umrla ena oseba.

B3 Primeri nepravilne zasnove sistema za kisik

1. Za polnjene kisikovih mešanic je bila uporabljena začasna polnilna plošča s krogličnimi ventili, kar je v nasprotju s standardnim postopkom. Kroglični ventil se je vnel zaradi adiabatne kompresije. Operater je utrpel poškodbe.
2. Regulator tlaka kisika je zgorel. Uporabljajte samo regulatorje tlaka s kovinsko membrano, ki je zasnovana v skladu s sprejetim standardom.
3. Ko so v bolnišnici zaradi nizke vsebnosti utekočinjenega kisika v rezervoarju za LOX vklopili rezervni sistem s kisikovimi jeklenkami, je prišlo do vžiga poliklorotrifluoroetilenskega sedeža ventila in pacienti so bili izpostavljeni produktom izgorevanja. Ventil ni imel pravega sedeža za uporabo s kisikom.
4. Slaba zasnova spodnjega vretena ventila na kisikovi jeklenki je povzročila vžig, potem ko je bila jeklenka napolnjena na 200 bar.
5. Ekipa za namestitev strankine postaje in nekaj strankinih zaposlenih je utrpelo hude opekline, ko so poskušali zagnati inštalacijo za oskrbo s kisikom. Inštalacija za oskrbo s kisikom je bila vzpostavljena za zagotavljanje rezervne oskrbe s kisikom med načrtovanimi zaprtji zaradi vzdrževanja kisikovih PSA enot, ki so v lasti stranke in jih ta tudi upravlja. Sistem za oskrbo s kisikom je zasnovala, izdelala in sestavila ekipa za namestitev strankine postaje krajevnega trgovca brez ustreznega pregleda tehničnega projekta. Med zagonom sistema so v bližini sistema za oskrbo s kisikom stali štirje zaposleni in šest strankinih zaposlenih, saj so med postopkom zagona želeli izvesti še usposabljanje stranke. Izpust so povzročili delci, ki so z visoko hitrostjo potovali po cevovodu in se zaustavili pri mreži iz nerjavečega jekla na cedilu vrste Y. Ogenj, ki se je vnel, je prežgal cevovod in kontrolni ventil nizvodno od cedila. Ob nezgodi je bilo hudo poškodovanih osem ljudi.

6. Slab zvar na LOX črpalki je povzročil razpoko zaradi utrujenosti, uhajanje utekočinjenega kisika in vžig črpalke. Izdelovalec črpalke je pozneje o tej vrsti črpalk obvestil vse stranke in priporočil izboljšave.
7. Med dostavo utekočinjenega kisika je voznik opazil žarenje v predelku za pogon hidravlične črpalke, ki ga je povzročila obraba in okvara gumijastega tesnila zaradi neporavnosti pogona črpalke. Zasnova ni vsebovala zatiča, ki bi pomagal pri poravnavi.
8. Načrtovano je bilo praznjenje rezervoarja za LOX s prostornino 50 m³, vendar je prišlo do okvare povezave do ejektorja. Odgovorna oseba je sprejela napačno odločitev, da namesto tega uporabi kamniti jašek in počasi izprazni rezervoar. Ko so izpraznili 5 ton produkta, se je zaslišala eksplozija in v bližini jaška so opazili požar. Priporoča se pregled zasnove novih in delujočih kamnitih jaškov.
9. Pri povezavi jeklenke z 1 % dušika v kisiku pod tlakom 150 bar z analizatorjem z igličnim ventilom iz nerjavečega jekla je prišlo do izgorevanja s kisikom. Uradno stališče laboratorija o materialu sedeža ventila je, da je neustrezen za dolgotrajno uporabo s kisikom in ga je treba zamenjati.

B4 Primeri nepravilnega upravljanja in vzdrževanja opreme za kisik

1. Delavec je varil zunanji del kisikovega cevovoda. Pred začetkom dela je izoliral cevovod, tako da je zaprl ventil, prepihal cevovod in preveril atmosfero. Nenadoma ga je zajel ogenj. Za posledicami opeklin je pozneje umrl. Pozneje je bilo ugotovljeno, da je ventil puščal, zaradi česar je kisik vstopil v izolirani cevovod.
2. Mehanična okvara turbo kisikovega kompresorja je povzročila drgnjenje in visoko lokalno temperaturo, kar je vodilo do popolnega sežiga kisikovega kompresorja. Kompresor je bil nameščen v ogradi, ki je bila poškodovana, vendar je preprečila nastanek škode in telesnih poškodb zunaj nje.
3. Na lokaciji stranke je zgorel regulator, ko je operater odprl ventil snopa pod tlakom 300 bar, ki je bil napolnjen s preostalim kisikom pod tlakom 280 bar. Zaradi nepravilnega postopka, da se regulator pred odprtjem ne zapre, je nenadni tok kisikovega plina povzročil sežig regulatorja in cevi na nizkotlačni strani. En zaposleni je utrpel manjše opekline na roki in obrazu.
4. Pri začetku polnjenja kisikovitih jeklenk je prišlo do bliskovitega požara na nadzorni plošči polnilne ploščadi.
5. V polnilni postaji je zgorel ventil na kisikovi jeklenki med postopkom izenačitve tlaka. Vzrok je bil železni prah v ventilu in jeklenki, ki se je vnel. Zgorel je tudi polnilni priključek. Operater je utrpel opekline roke in čela.
6. Ena oseba je utrpela resne opekline v požaru zaradi kisika, ki ga je povzročila sprememba regulatorja s strani stranke.
7. Vnel se je priključek kontrolnega ventila v visokotlačni kisikovi cevi. Puščalo je vitonsko o-tesnilo v radialnem utoru.
8. Požar na mazivnem sistemu kisikovega kompresorja je povzročil škodo na opremi.
9. Po končanem polnjenju kisikovitih jeklenk in zaprtju ventilov je operater odprl ventil za odzračevanje. Ta se je vnel, najverjetneje zaradi delcev, ki so ostali po nedavnem vzdrževanju.
10. Po končanem polnjenju kisikovitih jeklenk je operater zaprl vse ventile z RPV, razen enega. Ko je odprl odzračevalni ventil, se je vnel adapter, povezan z odprtim ventilom na jeklenki.
11. Vnela se je tretja stopnja kisikovega batnega kompresorja, izdelanega leta 1976. Pokrov kompresorja in zaustavitev v sili sta zelo učinkovito zaščitila okolico.

12. Operater je zaslišal hrup, ko je končal polnjenje 5-litrskih jeklenk (200 bar). Ko se je približal jeklenkam, je z vrha ene od jeklenk bliskovito švignil plamen, najverjetneje zaradi poškodovanega o-tesnila.
13. Prevrnil se je polpriklopnik z LOX. Cisterno so izpraznili. Ko so jo povezali s tovornjakom, je prišlo do eksplozije, v kateri so umrle tri osebe. Na cesto se je zlilo nekaj dizelskega olja in varnostni ventil, ki je bil obrnjen navzdol, je odzračeval GOX. Ko je bila pod prikolico vržena žica, je mešanica olja/kisika eksplodirala.
14. Visokotlačno črpalko za utekočinjeni kisik je zajel ogenj, najverjetneje zaradi puščanja hladnega utekočinjenega kisika v blok motorja. Blok motorja je raztrgalo in operaterja je v prst zadel kos kovine.
15. Med prevozom LOX-a je zagorela črpalka za LOX zaradi prevelike hitrosti; ta je znašala 7200 rpm namesto dovoljenih 6800 rpm. Poškodovana sta bila samo črpalka in menjalnik.
16. V neki točki je prišlo do vžiga v senzoru merilnika pretoka utekočinjenega kisika. Možni razlogi so slabo čiščenje za oskrbo s kisikom ob zagonu ali suho vretje, ki je privedlo do kopičenja ogljikovodikov v daljšem obdobju.
17. Osebe je začelo praznjenje rezervoarja za utekočinjeni kisik na postaji za polnjenje jeklenk v skladu z običajnim postopkom polnjenja jeklenk. Nenadoma se je črpalka vnela zaradi suhega teka. Sistem za zaščito pred suhim tekom ni bil pravilno zasnovan.
18. Črpalka za utekočinjeni kisik se je vnela med običajnim delovanjem. Črpalka je nekaj časa tekla na suho, ne da bi to zaznale varnostne naprave.
19. Med dovajanjem utekočinjenega kisika na strankini lokaciji je voznik opazil dim, ki je prihajal iz omarice za črpalko. Električno iskrenje znotraj vtiča črpalke je prežgalo izolacijo žic. Dodatna izolacija, ki se uporablja v tovrstnih primerih, ni bila uporabljena pri zadevni črpalki.
20. Po uhanju utekočinjenega kisika pri raztovarjanju prikolice z LOX v bolnišnici, je prikolico zajel požar. Paciente so evakuirali.

B5 Primeri uporabe nepravilnih materialov s kisikom

1. Varnostni ventil na dovajalnem vodu za plinasti kisik je bil med popravilom namazan z mastjo. Ko je bil varnostni ventil pozneje preverjen s kisikom pod tlakom, se je mast vnela in operater je bil hudo poškodovan.
2. Delavec je med preverjanjem tlaka v kisikovitih jeklenkah uporabil merilnik tlaka, napolnjen z glicerinom, ki ni primeren za uporabo s kisikom. Ko je odprl ventil, je merilnik tlaka eksplodiral. Delavec je v nezgodi skoraj popolnoma oslepel.
3. Montažer je izgubil PTFE tesnilo svojega regulatorja za kisik. Ko je prispel do kraja, kjer je izvajal popravilo, si je naredil gumijasto tesnilo iz notranje avtomobilske cevi. Regulator je priključil na odvod ventila na jeklenki. Ko je odprl jeklenko, je zaradi uporabe nezdržljivega tesnila iz nje bruhnil plamen, ki mu je opekel zgornji del roke in ramo.
4. Neko reševalno vozilo je bilo skoraj popolnoma uničeno v požaru, ki je zajel regulator kisikove jeklenke. Najverjetnejši vzrok požara je bila uporaba nezdržljivega tesnila v regulatorju.
5. Pri odprtju ventila na snopu kisikovih jeklenk se je visokotlačna gibka cev, ki je bila narejena iz gume ali plastike, vnela in zgorela.
6. Varnostni ventil v polnilni postaji za kisik je zgorel ob vklopu polnilne črpalke. Vzrok je bila napaka v delovanju in morda nezdržljivost varnostnega ventila s kisikom. Inštalacija in vrsta varnostnega ventila sta bili zamenjani.