



INŠTALACIJE ZA PLINASTI VODIK

EIGA dok. 15/21

Revizija dok. 15/06

EVROPSKO ZDRUŽENJE ZA INDUSTRIJSKE PLINE AISBL

AVENUE DE L'ASTRONOMIE 30 • B – 1210 BRUSELJ

Tel.: +32 2 217 70 98

E-pošta: info@eiga.eu • Internet: www.eiga.eu



INŠTALACIJE PLINASTEGA VODIKA

Pripravlil: AHG-I.23 Sveta za industrijske pline

Zavrnitev odgovornosti

Vse tehnične publikacije, objavljene s strani združenja EIGA ali v njegovem imenu, vključno s kodeksi prakse, varnostnimi postopki in katerimi koli drugimi tehničnimi informacijami, ki jih vsebujejo te publikacije, so bile pridobljene od virov, ki so bili ocenjeni kot zanesljivi, ter temeljijo na tehničnih informacijah in izkušnjah, ki so bile na voljo od članic združenja EIGA in drugih v času njihove izdaje.

Čeprav EIGA svojim članicam priporoča, da uporabljajo njene publikacije oz. se nanje sklicujejo, pa je sklicevanje nanje ali uporaba publikacij združenja EIGA s strani njenih članic ali tretjih oseb popolnoma prostovoljna in nezavezujoča.

EIGA in njene članice zato ne jamčijo nobenih rezultatov in ne prevzemajo nobene odgovornosti v povezavi s sklicevanjem na ali uporabo informacij ali predlogov, ki jih vsebujejo publikacije združenja EIGA.

EIGA nima popolnoma nobenega nadzora nad izvajanjem oz. neizvajanjem, napačnim tolmačenjem, pravilno ali nepravilno uporabo katerih koli informacij ali predlogov, ki jih vsebujejo publikacije združenja EIGA, s strani katere koli osebe ali pravnega subjekta (vključno s članicami združenja EIGA) in izrecno zavrača kakršno koli s tem povezano odgovornost.

Publikacije združenja EIGA se redno posodablajo, zato uporabnike opozarjamo, da pridobijo najnovjšo izdajo.

© EIGA dovoli reproduciranje te publikacije pod pogojem, da je združenje priznано kot vir.



Kazalo

1	Uvod.....	1
2	Področje.....	1
3	Opredelitve.....	1
4	Lastnosti vodika	2
5	Splošne značilnosti zasnove.....	2
	5.1 Zasnova	2
	5.2 Območja s potencialno eksplozivno atmosfero	2
	5.3 Lokacija.....	3
	5.4 Postavitev	3
	5.5 Stavbe.....	3
	5.6 Cevovodi in naprave za praznjenje	6
	5.7 Materiali	6
	5.8 Tlačne posode	7
	5.9 Priključki.....	7
	5.10 Merilni inštrumenti	8
	5.11 Kontrolni in varnostni sistemi	8
6	Območja nevarnosti.....	9
	6.1 Varnostne razdalje.....	9
	6.2 Opredelitev območij nevarnosti in dostop do njih	10
7	Stiskanje	10
	7.1 Opis diagrama toka.....	11
	7.2 Vzdrževanje	11
	7.3 Oprema za nadzor in spremljanje.....	13
8	Prečiščevanje	13
	8.1 Opis diagrama toka.....	14
	8.2 Delovanje.....	14
	8.3 Oprema za nadzor in spremljanje.....	15
9	Polnilne postaje	15
	9.1 Opis diagrama toka.....	15
	9.2 Navodila za upravljanje	17
10	Skladiščne inštalacije na lokacijah odjemalcev	18
	10.1 Opis diagrama toka.....	18
	10.2 Navodila za upravljanje	19
	10.3 Dodatni premisleki	20
11	Električna oprema in inštalacije	20
	11.1 Splošno	20
	11.2 Električna inštalacija	20
	11.3 Ozemljitev sistema	21
	11.4 Navodila	21
	11.5 Pregled.....	21
	11.6 Statična elektrika.....	21
	11.7 Zaščita pred strelami.....	22
12	Požarna zaščita.....	22
	12.1 Splošno	22
	12.2 Oprema za gašenje požarov.....	23
	12.3 Ukrepi v primeru požara.....	23

13	Osebjje.....	24
	13.1 Osebna varovalna oprema.....	24
	13.2 Usposabljanje osebja.....	24
14	Uvedba v obratovanje.....	25
	14.1 Preizkušanje.....	25
	14.2 Prepihovanje.....	25
	14.3 Zagon.....	26
	14.4 Delovanje.....	26
15	Vzdrževanje in popravila.....	26
	15.1 Dokumentacija.....	26
	15.2 Dokumenti.....	27
	15.3 Redni pregledi.....	27
16	Reference.....	28
	Dodatek 1: Diagram toka tipičnega sistema za stiskanje vodika.....	30
	Dodatek 2: Diagram toka tipičnega sistema za prepihovanje vodika.....	31
	Dodatek 3: Diagram toka tipičnega sistema za polnjenje vodika.....	32
	Dodatek 4: Diagram toka tipične skladiščne inštalacije na lokaciji odjemalca.....	33
	Preglednica 1 – Tipične najmanjše horizontalne varnostne razdalje za vodikove postaje.....	10

Spremembe v primerjavi z različico 15/06

Poglavje	Sprememba
1, 2	Uredniške posodobitve in posodobitve referenc
3	Dodane opredelitve standardov
4	Posodobitve in dodatek lastnosti vodika in varnostnih informacij
5.1, 5.2	Posodobljene reference
5.3–5.11	Obširne posodobitve vseh razdelkov, da se odrazijo trenutne prakse
6.1	Posodobitev uporabe in referenc pri varnostnih razdaljah
7–15	Obširne posodobitve vseh razdelkov, da se odrazijo trenutne prakse, in posodobljene reference

OPOMBA Tehnične spremembe glede na prejšnjo izdajo so podčrtane.

1 Uvod

Podjetja za proizvodnjo industrijskih plinov v Evropi vsako leto proizvedejo velike količine vodika. Obstajajo tako nacionalni kot tudi korporativni standardi, ki urejajo varnost pri proizvodnji, distribuciji in uporabi vodika.

Ta publikacija je bila pripravljena za usmerjanje projektantov in upravljavcev postaj za plinasti vodik. Velja, da odraža najboljše prakse, ki so trenutno na voljo. Z njeno uporabo bo dosežen glavni cilj ohranjanja in povečanja varnosti obratovanja postaj za plinasti vodik.

2 Področje

Publikacija zajema stiskanje plinastega vodika, prečiščevanje, polnjenje v posode in nadzemne skladiščne inštalacije na industrijskih odjemnih mestih. Ne vključuje proizvodnje, prevoza, distribucije ali podzemnega skladiščenja vodika niti ne zajema varnostnih vidikov pri uporabi in rabi plina v tehničnih ali kemičnih procesih. Ta publikacija ne zajema vodikovih polnilnic, ki so lahko zajete v drugih publikacijah, kot je ISO 19880-1 *Plinasti vodik – Polnilne postaje – 1.del: Splošne zahteve ali kodeks ravnanja TUV/Smernica 514, Zahteve za vodikove polnilne postaje* [1, 2].¹

V tej publikaciji so opisane zahteve za nove inštalacije, zasnovane in zgrajene po datumu objave, ki se uporabljajo kot inštalacije za plinasti vodik. Ta publikacija se lahko uporablja za obstoječe inštalacije, vendar lahko njena uporaba koristi obstoječim inštalacijam ali tistim, ki so v fazi projektiranja. Nadalje lahko nacionalna zakonodaja, če obstaja, nadomešča prakse, vključene v to publikacijo. Vsi lokalni predpisi, preskusi, varnostni postopki ali metode niso vključeni v to publikacijo, neobičajne ali nenavadne okoliščine pa lahko zahtevajo dodatne zahteve.

3 Opredelitve

V tej publikaciji se uporabljajo naslednje opredelitve pojmov.

3.1 Terminologija, uporabljena v publikaciji

3.1.1 Se mora/je treba

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

3.1.2 Naj se

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.

¹ Reference so prikazane v oglatih oklepajih in so navedene v vrstnem redu pojavljanja v referenčnem poglavju.

4 Lastnosti vodika

Vodik je najlažji znani plin (specifična teža 0,0695, zrak = 1) in se v zraku hitro širi. Vodik je brez barve, vonja in okusa. Ni strupen, ne podpira življenja in lahko deluje zadušljivo, saj nadomesti vsebnost kisika v zaprtem prostoru.

Vodik je na zraku izredno vnetljiv (meje vnetljivosti 4 % do 75 % prostornine). Potrebna energija za vžig je zelo majhna, na primer statična elektrika ali trenje v toku.

Vodik v zraku gori z zelo vročim in skoraj nevidnim plamenom, ki oddaja zelo malo sevalne toplote in zato omejeno opozarja na svojo prisotnost.

Vodik lahko hitro prodre skozi materiale in sisteme, ki so neprepustni za zrak ali druge običajne pline. Prehajanje je izrazitejše pri višjih temperaturah.

Do vžiga vnetljivih mešanic vodika in zraka pride z zelo majhnim vložkom energije, približno desetino tistega, ki ga ima mešanica bencina in zraka. Vžig lahko povzroči nevidna iskra in/ali statični naboj.

Najmanjša energija vžiga iskre v zraku 0,000019 joula (19 µJ)

Najmanjša energija vžiga iskre v kisiku 0,000017 joula (17 µJ)

Vodik lahko gori na dva načina. Eden od načinov gorenja se imenuje deflagracija, pri kateri plamen potuje skozi zmes s podzvočno hitrostjo. Drugi način gorenja se imenuje detonacija, pri kateri plamen in spremljajoči udarni val potujeta skozi zmes z nadzvočno hitrostjo.

Do deflagracije pride, ko se vžge neomejena mešanica vodika in zraka. Neomejeno stanje pomeni stanje na prostem na dobro prezračevanem območju, kjer ni ovir, kot so stavbe ali zidovi. Hitrost plamena se lahko z omejevanjem močno poveča. Detonacija lahko nastane iz običajne deflagracije, ki se je vnela v zaprti ali delno zaprti zmesi.

5 Splošne značilnosti zasnove

5.1 Zasnova

Vodikovi sistemi morajo biti zasnovani, izdelani in preskušeni v skladu s priznanimi kodeksi za tlačne posode in cevovode ter po potrebi v skladu z zakonskimi zahtevami, na primer z Direktivo o tlačni opremi (PED) 2014/68/EU ali Direktivo o premični tlačni opremi (TPED) 2010/35/EU [3, 4].

Predvidene so naprave za razbremenitev tlaka, ki preprečujejo previsoki tlak, kadar do njega lahko pride.

Oprema in sistemi morajo biti ozemljeni in po potrebi povezani, da se zaščitijo pred nevarnostmi blodečih električnih tokov, strele in statične elektrike.

5.2 Območja s potencialno eksplozivno atmosfero

Minimalne zahteve za zaščito delavcev, ki so potencialno ogroženi zaradi eksplozivne atmosfere, so določene v Direktivi EU 1999/92/ES o minimalnih zahtevah za izboljšanje varnosti in varovanja zdravja delavcev, ki so potencialno ogroženi zaradi eksplozivnih atmosfer (ATEX 137), in ustrezni nacionalni zakonodaji [5]. Od delodajalca zahteva, da izvede oceno tveganja eksplozije pri delu in uporabljeni opremi, vključno z razvrstitvijo/razmejitevjo območij »Ex«, ter zagotovi, da so uporabljena mehanska in električna oprema ter zaščitni sistemi varni za uporabo. Poleg tega direktiva od zaposlenih zahteva usposabljanje osebja, uvedbo sistema delovnih dovoljenj, označitev območij »Ex« z znakom itd. Več informacij o posledicah za člane združenja EIGA je na voljo v dokumentu EIGA dok. 134, EU direktiva o potencialno eksplozivni atmosferi 1999/92/ES [6].

5.3 Lokacija

Pri izbiri lokacije obrata in razporeditvi opreme obrata je treba upoštevati industrijske objekte, stanovanja v okolici in uporabo vnetljivih materialov na kraju samem. Pri razmiku med opremo se upoštevajo omejitve, povezane s sistemom protipožarne zaščite v obratu, zahteve glede vzdrževanja in klasifikacija nevarnosti električne opreme.

Vodikovi sistemi se lahko namestijo z ustreznimi varnostnimi sistemi na prostem, pod nadstreški ali v stavbah in morajo biti nameščeni tako, da so lahko dostopni distribucijskim vozilom in gasilskim službam ter da omogočajo enostaven umik osebja v primeru nesreče.

Ne smejo se nahajati pod visokonapetostnimi daljnovodi.

Paziti je treba na njihovo lokacijo glede na vire goriva, kot so cevovodi ali skladišča za hrambo v velikem obsegu, ki vsebujejo druge vnetljive pline ali tekočine ali druge morebitne nevarne snovi, ki bi lahko ogrozile celovitost naprave.

Za tipične varnostne razdalje glej Preglednico 1.

Upoštevati je treba bližino drugih procesov ali stavb s procesno opremo, kjer obstaja potencialna nevarnost požara ali eksplozije. V takih primerih bodo morda potrebni ustrezni varnostni ukrepi, kot so večje ločilne razdalje ali ustrezno oblikovani zaščitni zidovi. Varnostne razdalje je mogoče zmanjšati, na primer z uporabo ustrezno zasnovanih požarnih sten. Požarne stene ne smejo omejevati prezračevanja inštalacije (na primer samo na dveh straneh inštalacije).

Sprejeti se morajo previdnostni ukrepi, kot je postavitve varnostnih pregrad ali ograj, za zaščito pred poškodbami med manevriranjem katere koli enote za oskrbo z vodikom in nepooblaščenimi posegi.

Na območju, ki je oddaljeno 3 metre od vodikove inštalacije, ne sme biti plevela in vegetacije. Če se uporabljajo sredstva za uničevanje plevela, se ne smejo uporabljati kemikalije, ki so potencialni vir požarne nevarnosti.

5.4 Postavitev

Pri postavitvi je treba upoštevati vsaj:

- funkcionalnost za uporabnika,
- vzdrževanje,
- lokacijo prezračevalnih odprtin,
- dostop za vozila in varen dostop za osebje ter
- varnostne razdalje in območja nevarnosti.

Uhajanje vodika iz cevi, posod in opreme lahko povzroči goreči curek, če se vodik vžge (na primer zaradi trenja ali statične energije). Dolžina gorečega curka je odvisna od tlaka vodika in velikosti odprtine puščanja.

Pri postavitvi opreme je treba upoštevati evakuacijske poti in izhode v sili, tako da nanje ne vplivajo morebitni požari zaradi curka. To lahko po potrebi dosežete na primer s požarnimi stenami.

Pri razporeditvi opreme je treba upoštevati tudi možnost, da lahko goreči curki zaradi morebitnega uhajanja vplivajo na drugo opremo, da se prepreči stopnjevanje incidenta.

5.5 Stavbe

Oprema mora biti po možnosti nameščena na prostem, da se zagotovi dobro prezračevanje in omogoči razpršitev vodika v primeru uhajanja. Zaradi zmanjšanja hrupa ali zaščite električne ali

občutljive opreme, na primer kompresorjev ali nadzornih plošč/analizatorjev, je pogosto treba določeno opremo namestiti v stavbe.

Pri nameščanju opreme v zaprtih prostorih je treba upoštevati prezračevanje, razpršitev uhajane plina in tveganja za omejitve vodika.

Za pomoč pri umeščanju stavb v prostor ter določanju nevarnosti zaradi eksplozij in požarov je treba izvesti študijo o lokaciji objekta.

5.5.1 Zasnova in stavbe

5.5.1.1 Zmanjšanje škode zaradi eksplozije

Obstajata dva pristopa k načrtovanju stavb za zmanjšanje tveganja eksplozije:

- da izvedete eksplozijo (ne omejite tlačnega vala in ga usmerite na varno mesto, običajno na streho), ali
- da omejite eksplozijo (pristop »bunker«).

Nacionalna zakonodaja lahko določa zahtevan pristop k načrtovanju.

Najprimernejša možnost zasnove je, da se z uporabo lahkih negorljivih materialov morebitni tlačni val zaradi eksplozije odvede na želeno območje, kjer je tveganje čim manjše. Eksplozijska razbremenitev mora biti predvidena le v zunanjih stenah ali v strehi in mora biti zasnovana tako, da se v primeru eksplozije tlak razbremeni, ne da bi pri tem nastali izstrelki.

Stavbe, v katerih so nameščeni vodikovi sistemi, morajo biti enonadstropne, načrtovane za ta namen in dobro prezračevane, zlasti na visokih točkah.

To skupno razbremenilno območje je lahko sestavljeno iz enega ali kombinacije naslednjih elementov:

- območja, odprtega navzven,
- sten iz lahkega negorljivega materiala,
- navzven odpirajočih se vrat v zunanjih stenah,
- rahlo pritrjenih pokrovov loput in
- lahke zasnove strehe.

Za več informacij glejte NFPA 68, *Standard o zaščiti pred eksplozijo z deflagracijskim odzračevanjem*, ali EN14491, *Zaščitni sistemi za odzračevanje ob eksploziji prahu* [7, 8].

Konzervativen pristop je lahko uporaba skupne razbremenilne površine, ki ni manjša od površine strehe ali površine ene od najdaljših stranic.

5.5.1.2 Zmanjševanje širjenja požara

Če se v stavbah uporabljajo požarni zidovi za preprečevanje morebitnih požarov zaradi vodikovih sistemov, ne smejo biti konstrukcijski ali nosilni, razen če so posebej zasnovani za ta namen.

Stavbe, ki se uporabljajo za obratovanje z vodikom, morajo imeti požarno odporno konstrukcijo, kot določajo nacionalni kodeksi ali predpisi. Zagotavljanje izhodov v sili mora biti v skladu z 11. poglavjem.

Vrata, ki nimajo neposrednega dostopa do zunanosti, morajo biti ognjevarne in samozapirajoče.

Stopnja zaprtosti mora biti najmanjša, ki je skladna z zagotavljanjem primerne delovnega okolja glede

na lokalne vremenske razmere in lokalne omejitve, kot so omejitve hrupa.

Sprejeti je treba ustrezne ukrepe za zagotovitev, da vodik ne more prodreti v servisne kanale, cevi, stopnišča in prehode, ki so povezani z lokacijami, označenimi kot varna območja, tj. zunaj območja nevarnosti (glej 5. poglavje).

Za vse stavbe in delovna območja se zagotovi dovolj močna razsvetljava, da se lahko dejavnosti ves čas izvajajo varno. Svetlobna oprema mora biti primerna za uporabo na območjih z vodikom (glej 10. poglavje).

Zasnova stropa ne sme dopuščati kopičenja vodika. Spuščeni stropi se ne priporočajo.

Strešni prostori stavb morajo biti zasnovani tako, da so odstranjeni vsi žepi, v katerih se lahko zbira vodik, razen če so posebej nameščeni sistemi za odkrivanje puščanja na spodnji meji eksplozivnosti (LEL).

5.5.2 Gretje, hlajenje in prezračevanje

Zagotovljeno mora biti prezračevanje stavb, da se v primeru manjših uhajanj ohrani ozračje pod LEL. Najprimernejše je naravno prezračevanje, ki mora biti zasnovano tako, da doseže določeno število izmenjav zraka na uro (običajno od 6 do 12 izmenjav zraka v prostoru na uro, odvisno od velikosti prostora). Pri načrtovanju prezračevanja je treba upoštevati:

- površino odprtih za naravno prezračevanje (na primer m² na m³) in
- kadar izračunanega prezračevanja ni mogoče doseči z naravnim prezračevanjem, se mora uporabiti prisilno prezračevanje.

Pri načrtovanju prezračevanja je treba upoštevati morebitne omejene prostore, ki jih povzroča oprema.

Za dodatne informacije o načrtovanju prezračevanja glejte ASHRAE 62.1, *Prezračevanje za sprejemljivo kakovost zraka v prostoru*, BS 5925, *Kodeks ravnanja za načela prezračevanja in načrtovanje naravnega prezračevanja*, API RP500, *Priporočena praksa za razvrščanje lokacij za električne inštalacije v naftnih objektih, razvrščenih v razred I, oddelek 1 in oddelek 2*, API RP505, *Priporočena praksa za razvrščanje lokacij za električne inštalacije v naftnih objektih, razvrščenih v razred I, cono 0, cono 1 in cono 2* [9, 10, 11, 12].

Stavba mora imeti dobro nizko in visoko stopnjo naravnega prezračevanja na prosto. Odprtina za prezračevanje mora biti v najvišji točki prostora na zunanji steni ali v strehi.

Kadar je mogoče, je zaželeno naravno prezračevanje. Na območjih z omejitvami ali pri občutljivih inštrumentih je lahko potrebno prisilno prezračevanje, na primer zaradi odvajanja toplote, ki običajno deluje neprekinjeno.

Prisilno prezračevanje se lahko vgradi kot odziv na izredne razmere, kot so velika puščanja. Prisilno prezračevanje običajno sproži sistem za nadzor ozračja (na primer pri 25 % LEL). Izvajati se mora redno vzdrževanje in preskušanje prezračevanja, vključno z umerjanjem vseh merilnikov ozračja.

Prezračevanje stavbe mora poleti odvajati toplotno obremenitev opreme.

Kjer se za ogrevanje ali hlajenje uporablja zrak, je bolje uporabiti enkratni sistem, pri katerem se zrak pretaka skozi stavbo in po potrebi ogreva ali hladi. Upoštevajte lokacijo dovodnih in odvodnih prezračevalnih odprtih ter jih namestite stran od potencialnih nevarnosti. Za spremljanje tveganja kontaminacije je treba razmisliti o spremljanju atmosfere na vstopu in/ali izstopu zraka iz prezračevalne odprtine.

Kjer je potrebno ogrevanje ali klimatizacija, naj se po možnosti izvaja s posrednimi sredstvi, kot so para, vroča/hladna voda ali topel/hladen zrak. Pri uporabi recirkulacijskih sistemov je treba upoštevati možnost kontaminacije z vodikom in sprejeti ustrezne previdnostne ukrepe. Viri toplote, kot so kotli na zemeljski plin ali utekočinjeni naftni plin, morajo biti oddaljeni od stavb, pri čemer se upoštevajo

razdalje iz Preglednice 1. Če se za ogrevanje uporablja električni vir, mora izpolnjevati zahteve za električno opremo iz 10. poglavja.

Električno ogrevanje se lahko uporablja, vendar mora biti v skladu s klasifikacijo električnega območja, glej 10. poglavje. Neposredni grelniki stavb z odprtim plamenom se ne smejo uporabljati.

5.6 Cevovodi in naprave za praznjenje

Cevovodi za vodik morajo biti jasno označeni z barvnimi oznakami in/ali nalepkami.

Zagotoviti se morajo izolacijski ventili, da se lahko vir vodika v primeru izrednega dogodka varno zapre. Cevovode z vnetljivim plinom, ki vstopajo v procesno stavbo ali izstopajo iz nje, mora biti mogoče izolirati zunaj stavbe, na primer s sistemom za blokiranje in izpuščanje.

Pri načrtovanju vodikovih odzračevalnih vodov je treba zmanjšati tveganje, povezano z morebitnim vžigom (detonacija ali deflagracija), ob upoštevanju razmerja med dolžino in premerom. Mehanska zasnova mora biti odporna na vžig znotraj odzračevalnega voda, razen če je vžig znotraj odzračevalnega voda preprečen, na primer s prepihanjem z dušikom ali plamensko zaporo.

Izpusti iz oddušnikov in opreme za varnostno razbremenitev morajo biti speljani na varno mesto, kjer ne predstavljajo nevarnosti za ljudi ali sosednje objekte, stran od območij za osebje, električnih vodov in drugih virov vžiga, dovodov zraka, gradbenih odprtih in previsov. Najprimernejši materiali so bakrove zlitine ali nerjavno jeklo, da se zmanjša možnost vžiga zaradi atmosferskih korozijskih delcev.

Oddušniki so običajno speljani s posameznimi cevmi. Če so oddušniki združeni v kolektorje, je treba pri načrtovanju upoštevati možnost napačno usmerjenega pretoka, mrtvih koncev in hkratnega delovanja več oddušnikov. Oddušniki ne smejo odvajati na mesta, kjer se lahko nabira vodik, na primer pod ostrejšem stavb. Ocenijo se nevarna območja okoli oddušnikov in bližina drugih oddušnikov (na primer kisikovih).

Pri zasnovi in lokaciji oddušnikov je treba upoštevati možnost nenamernega vžiga (sevalna toplota, velikost plamena, prepihanje z inertnim plinom).

Sistemi z odvodniki plina se lahko uporabljajo, če so načrtovani kot taki.

Če je treba vodikove cevovode speljati po istem kanalu ali jarku, ki se uporablja za električne kable, morajo biti vsi spoji vodikovih cevovodov v kanalu/jarku varjeni ali spajkani. Najmanjša razdalja do električnih kablov in drugih cevovodov se določi na podlagi ocene tveganja ali lokalnih standardov/predpisov. Vodikov cevovod mora potekati na višji nadmorski višini kot drugi cevovodi.

5.7 Materiali

Vsi uporabljeni materiali morajo biti primerni za uporabo z vodikom ter za ustrezne tlake in temperature.

Mehanizmi odpovedi, kot so vodikova krhkost, visokotemperaturni napad in napetostno korozijsko razpokanje, običajno niso prisotni na postajah s plinastim vodikom, vendar jih je morda treba upoštevati glede na delovne temperature, tlake in okolja. Izbiri materialov za uporabo z vodikom je treba nameniti veliko pozornost.

Litoželezne cevi in fittingi se ne smejo uporabljati. Zaradi prepustnosti vodika in možnosti poroznosti v ulitku ni priporočljiva uporaba kakršnega koli ulitka.

Cevi in fittingi morajo biti načrtovani v skladu s PED skupaj s priznanimi standardi, kot so EN13480, Kovinski industrijski cevovodi, ASME B31.3, Procesni cevovodi ali ASME B31.12, Vodikovi cevovodi in napeljave [3, 13, 14, 15].

Kjer je amoniak verjetno prisoten kot nečistoča ali kot onesnaževalec ozračja, se baker in zlitine na osnovi bakra, kositra in cinka ne smejo uporabljati za cevi ali fittinge, ker so ti materiali dovzetni za napad amoniaka. Upoštevati je treba tudi možnost prisotnosti drugih onesnaževalcev in sprejeti

ustrezne previdnostne ukrepe.

Pri izbiri in načrtovanju materiala je treba upoštevati (kjer je to potrebno) mehanizme utrujanja, kot sta premikanje (zlasti pri gibkih povezavah) in ciklično delovanje pod tlakom.

5.8 Tlačne posode

Posode za shranjevanje vodika morajo biti zasnovane, izdelane in pregledane v skladu s prizanim kodeksom za tlačne posode.

Posode, ki se uporabljajo pri predelavi vodika in so izpostavljene cikličnim tlakom, kot so vodikovi adsorberji na osnovi nihanja tlaka (PSA), so podvržene utrujenosti zaradi cikličnih tlakov. Takšne posode morajo biti zasnovane in izdelane v skladu s prizanimi kodeksi za tlačne posode in pravili za načrtovanje zaradi utrujenosti. Glej EIGA dok. 210, *Zahteve za mehansko celovitost vodikovega adsorberja na osnovi tlačnega nihanja (PSA) za nadaljnje smernice glede načrtovanja in izdelave, mehanizmov okvar ter pregledov med obratovanjem in cikličnega spremljanja* [16].

Za shranjevanje in prevoz vodika se uporabljajo tudi jeklenke. Uporabljajo se lahko štirje tipi jeklenk:

- Tip 1: v celoti iz kovine.

Tradicionalna popolnoma kovinska jeklenka, primerna za tlake do 200 ali 300 barov.

- Tip 2: kovinska obloga, ovita v obroč.

Kovinska obloga jeklenke (običajno iz aluminija), ki je ovita okrog valjastega dela jeklenke z ogljikovimi vlakni (in smolo iz steklenih vlaken).

- Tip 3: kovinska obloga za delitev tovora, v celoti ovita.

Kovinska obloga jeklenke, ki je po celotni površini jeklenke, vključno s končnim pokrovom jeklenke, v celoti ovita z ogljikovimi vlakni. Te jeklenke se lahko uporabljajo za zelo visoke tlake, na primer 700 ali 1000 barov.

- Tip 4: v celoti ovita plastična obloga, ki ne deli obremenitve.

Plastična obloga jeklenke, ki je po celotni površini jeklenke, vključno s končnim pokrovom jeklenke, v celoti ovita z ogljikovimi vlakni. Te jeklenke so najlažje in se pogosto uporabljajo tam, kjer je majhna teža prednost.

5.9 Priključki

Če je mogoče, je priporočljiva uporaba varjenih ali spajkanih spojev (mehka spajka ni priporočljiva). Če so potrebni lomljivi spoji (z navojem, prirobnico itd.), jih je treba zmanjšati na minimum, saj so potencialni vir puščanja. Upoštevati je treba možnost puščanja na priključkih zaradi prepustnosti vodika pri vseh tlakih.

Kompresijski priključki zaradi možnosti puščanja niso priporočljivi na procesnih vodih. Lahko pa se uporabljajo za instrumentalne in vzorčne cevi/ventile z majhnimi odprtini ter tudi tam, kjer je izdelava (varjenje) problematična, na primer pri visokem tlaku in velikih debelinah sten. Če se uporabljajo kompresijski fittingi, morajo ti biti primerni za tekočino/tlak in nameščeni v skladu z navodili proizvajalca, vključno z upoštevanjem postopkov za zategovanje.

Električna neprekinjenost mora biti ohranjena v celotnem sistemu (glej 10.3).

Če so potrebni fleksibilni priključki, se lahko uporabijo gibke cevi ali zavite cevi (t. i. pig tail cevi), ki morajo biti skladne s PED [3]. Kadar je to praktično, je najprimernejša rešitev t. i. zavita cev pig tail.

Prosti konec priključkov cevi za polnjenje in zavutih cevi pig tail mora imeti levi navoj. Polnilne cevi morajo biti električno neprekinjene. V nasprotnem primeru je treba zagotoviti zadostno ozemljitev v

smeri proti toku in za polnilnimi cevmi. Gradbeni material mora zagotavljati najboljšo možno odpornost proti pronicanju. Če so nameščeni zunanji rokavi, morajo biti ti ustrezno preluknjani, da se prepreči napihovanje. Proizvajalec mora opraviti preskus trdnosti vsake cevi in o tem izdati potrdilo. Na cevi morajo biti navedeni datum izdelave, konstrukcijski tlak in konstrukcijska temperatura. Vgrajene morajo biti varnostne naprave za zadrževanje cevi v primeru okvare (žica/vrv proti udarcu). Cevi je treba redno pregledovati na podlagi ocene tveganja (in nacionalne zakonodaje, kjer je to primerno). Cevi je treba umakniti iz uporabe, če se ugotovijo znaki obrabe, ki vplivajo na celovitost, ali po določenem času. Voditi je treba evidenco o pregledih in ustrezno prilagoditi pogostost pregledov, tj. skrajšati ali podaljšati razmake med njimi.

5.10 Merilni instrumenti

Merilni instrumenti in merilniki morajo biti načrtovani in nameščeni tako, da je v primeru puščanja ali pretrganja in morebitnega naknadnega požara tveganje za osebe čim manjše. Na manometrih se priporoča uporaba varnostnega stekla in varoval pred izpuhom.

Nekateri instrumenti lahko uporabljajo sisteme za odkrivanje, ki običajno niso združljivi z varnostnimi ukrepi glede vodika, na primer plinski kromatografi, plamenski ionizacijski detektorji. V teh primerih je treba sprejeti ustrezne previdnostne ukrepe za omejitev količine vodika v analiznih instrumentih na sprejemljive meje, na primer z napravami za omejevanje pretoka, kot so ventili za prekomerni pretok ali zaslonke, ter z izpihovanjem in odzračevanjem inertnega plina na prosto.

Vsi avtomatski ventili morajo ob izgubi električne energije ali instrumentalnega zraka/plina zavzeti varnostni položaj, ki vodi proces v varno smer.

Vsi upravljalni elementi, ki zahtevajo redno pozornost upravljavca, morajo biti ergonomsko dostopni.

5.11 Kontrolni in varnostni sistemi

Kontrolni sistemi in instrumenti ne smejo predstavljati nevarnosti, ki sicer ne obstaja, niti za objekt niti za osebe.

Električna krmilna oprema in sistemi, nameščeni na nevarnih razvrščenih območjih (glej 10. poglavje), ter električni upravljavci ali položajni regulatorji, ki se uporabljajo z avtomatskimi ventili za vnetljive pline, morajo izpolnjevati zahteve Direktive ATEX 2014/34/EU [15]. Pri napajalnih sistemih (sistemi z napetostjo nad 24 V) je treba uporabljati prepihana ali protieksplzijska ohišja.

Centri za zbiranje podatkov in druge podobne zmožljivosti za računalniško ali napredno elektronsko krmiljenje naj bodo, če je le mogoče, zunaj nevarnih območij.

Zasnove morajo vključevati opozarjanje upravljalnega osebja na neželene dogodke in zagotavljati sredstva za izvajanje korektivnih ukrepov. Alarmni sistemi za varnost osebja in požarno zaščito lahko vključujejo:

- ročno aktivirane požarne postaje in postaje za opozarjanje na nevarnost;
- sprinklerske in zalivalne sisteme;
- merilnike ozračja za stavbe in ograjene prostore, ki opozarjajo na morebitni požar in eksplozivno ozračje;

OPOMBA Spremljanje kisika se lahko zahteva, kadar se v zaprtem prostoru uporablja inertni plin (na primer dušik) za prepihanje ali kot zrak za instrumente.

- alarme za odkrivanje požara in dima ter
- samodejno zaustavitev dovoda vodika.

Poleg funkcije regulacije procesnega sistema, poročanja in beleženja podatkov mora kontrolni sistem zagotavljati varnostne funkcije, kot so funkcije alarma, zaustavitve, izolacije in razbremenitve, ki zagotavljajo celovitost objekta in njegovo varno delovanje v vseh predvidljivih pogojih.

Varnostni sistemi morajo biti ocenjeni in načrtovani v skladu z ustreznim standardom. Funkcionalne zahteve in zahteve glede varnostne celovitosti se lahko določijo na podlagi študij, kot so študije nevarnosti in operativnosti (HAZOP), analize ravni zaščite (LOPA) ali diagramov tveganja. Takšne ocene lahko zahtevajo uvedbo varnostnega instrumentacijskega sistema. Varnostni instrumentalni sistem (SIS) izvaja posebne nadzorne funkcije za zaščito pred okvarami ali ohranjanje varnega delovanja procesa, kadar se pojavijo nesprejemljivi ali nevarni pogoji.

Uporaba sistema SIS se lahko doseže z uporabo standardov:

- ISO 13849-1, *Varnost strojev – Z varnostjo povezani deli krmilnih sistemov – 1. del: Splošna načela zasnov* [17]; ali
- EN 61511, *Funkcionalna varnost – Varnostni sistemi za procesno industrijo* [18].

Standard EN 61511 je povezan s serijo standardov EN 61508 o *Funkcionalni varnosti* [18, 19].

6 Območja nevarnosti

Vodikovi sistemi morajo biti obdani z nevarnimi območji, kjer so potrebni dodatni posebni previdnostni ukrepi za zmanjšanje tveganj. Velikost nevarnih območij se določi z upoštevanjem varnostnih razdalj, ki določajo velikost območij potencialnega tveganja v primeru uhajanja ali izpusta vodika.

6.1 Varnostne razdalje

Dodatne informacije o varnostnih razdaljah in metodologiji za njihov izračun so navedene v dokumentu EIGA dok. 75, *Določevanje varnostnih razdalj* [20]. Razdalje se merijo od tistih točk v načrtu, v katerih lahko med delovanjem pride do uhajanja vodika. Če je oprema nameščena v stavbah, se razdalje do zunanjih vrst izpostavljenosti merijo od odprtih, na primer oken, vrat itd. Zgodovinsko priporočene varnostne razdalje so v informativne namene navedene v Preglednici 1. Če nacionalni kodeksi ali predpisi določajo večje razdalje, se uporabijo te.

Cevovodi, ki vsebujejo ventile, prirobnice, odstranljive priključke itd., se štejejo za vir uhajanja vodika samo na mestih, kjer so taki priključki. Razdalje se izračunajo od točke izpusta in upoštevajo tudi smer izpusta iz oddušnikov ali razbremenilnih naprav.

Varnostne razdalje se lahko zmanjšajo z namestitvijo ustreznih ognjevarnih pregrad. Vrsta in dimenzije pregrade ter doseženo zmanjšanje razdalje so odvisni od razmer na izvoru vodika in narave izpostavljenosti (na primer tlaka, velikosti cevi). Pri določanju lokacije stene je treba upoštevati tudi vpliv gorečega curka in možnost odboja ali odklona, ki lahko razširi požar.

Dejavnosti, ki niso neposredno povezane z uporabo vodika, morajo biti oddaljene ali ločene od opreme za vodik.

Preglednica 1 – Tipične najmanjše horizontalne varnostne razdalje za vodikove postaje

Tipična vrsta zunanje izpostavljenosti	Razdalja (v metrih) vodika od
1. Odprti plameni in drugi viri vžiga (vklj. z električnimi viri)	5
2. Meje območja in območja, kjer se ljudje lahko zbirajo, kot so parkirišča, menze itd.	8
3. Lesene stavbe ali strukture	8
4. Stenske odprtine pisarn, delavnic itd.	5
5. Nadzemna skladišča za vnetljive utekočinjene pline in utekočinjeni naftni plin v velikem obsegu v skladu z nacionalnimi predpisi za določeno snov, če obstajajo.	8
6. Skladišče za vnetljive utekočinjene pline in utekočinjeni naftni plin v velikem obsegu pod tlemi	3
6.1 Rezervoar (vodoravna oddaljenost od lupine)	5
6.2 Oddušniki ali priključki	
7. Skladišča jeklenk z vnetljivim plinom, razen vodika	5
8. Skladišče plinastega kisika (jeklenke)	5
9. Skladišče utekočinjenega kisika (prostornina rezervoarja ne presega 125.000 litrov) ²⁾	8 ¹⁾
10. Skladišče za nevnetljive utekočinjene pline, razen kisika, <u>na primer</u> argona, dušika ¹⁾	5 ¹⁾
11. Zaloga gorljivega materiala, <u>na primer</u> lesa	8
12. Zračni kompresor, dovodi za ventilatorje itd.	<u>15</u>
¹⁾ Če je zagotovljena zadovoljiva ureditev za odvajanje razlite tekočine stran od vodikovega sistema, se te razdalje lahko zmanjšajo. ²⁾ Za prostornine rezervoarjev, večje od 125.000 litrov, glej dokument <u>EIGA 127, Sistemi za skladiščenje utekočinjenega kisika, dušika in argona v velikem obsegu na proizvodnih lokacijah</u> [21].	

Pri naseljenih stavbah je treba dodatno paziti na tlačno energijo, ki lahko nastane pri vžigu vodika. Za informacije o posledicah glej dokument EIGA 187 Smernice za lokacijo naseljenih stavb v industrijskih plinskih obratih [22].

6.2 Opredelitev območij nevarnosti in dostop do njih

Obseg nevarnih območij je treba označiti s stalnimi obvestili v lokalnem jeziku, zlasti na dostopnih točkah, ali s posebnimi črtami, narisanimi na tleh. V obvestilih se navede vrsta nevarnosti, na primer:

VODIK – VNETLJIV PLIN PREPOVEDANO

KAJENJE – BREZ ODPRTEGA OGNJA

Na ta območja lahko vstopi samo pooblaščen osebje. Osebje mora biti seznanjeno z nevarnostmi, ki se lahko pojavijo, in ustreznimi ukrepi v sili.

Za vsa dela, ki niso neposredno povezana z upravljanjem postaje, velja sistem varnostnih delovnih dovoljenj, glej dokument EIGA 40, Sistem delovnih dovoljenj [23].

7 Stiskanje

Sprejemljivi so lahko različni tipi kompresorjev, če so bili zasnovani s posebnim poudarkom na uporabi z vodikom.

Paziti je treba, da se prepreči vdor zraka, na primer z izklopom nizkega sesalnega tlaka, ki izklopi kompresor in/ali analizator kisika na dovodu vodika.

7.1 Opis diagrama toka

V Dodatku 1 je prikazan diagram toka za tipičen sistem stiskanja vodika z večstopenjskim batnim strojem.

Vodik vstopi v sistem stiskanja skozi vstopni izolacijski ventil (1). Predviden mora biti ventil za prepihanje (2), opremljen s tesnilno napravo (3), ki omogoča prepihanje sistema z dušikom. Na voljo mora biti filter (4). Na sesalnem vodu mora biti nameščen indikator tlaka/alarm nizkega tlaka (5). Analizator kisika (6) mora biti nameščen v smeri toka (glej 6.3.2). Pri umeščanju vzorčnih vodov analizatorja je treba upoštevati odzivni čas analizatorja. Po potrebi se zagotovi tlačna zaščita analizatorja.

Na izhodu vsake stopnje kompresorja (7) morata biti nameščena indikator tlaka (8) in indikator temperature. Indikatorji temperature (9) so lahko nameščeni tudi za vsakim hladilnikom (10, 13).

OPOMBA Vključitev indikatorjev temperature (9) je odvisna od stanja vhodnega vodika in zahtev za stisnjeni proizvod.

Za vsako stopnjo je treba namestiti razbremenilne ventile s polnim pretokom (11). Za vsakim hladilnikom so lahko nameščeni tudi ventili za izpraznitev/odzračevanje (12).

Po zaključni fazi se lahko zagotovijo naslednji elementi:

- Naknadni hladilnik (13)
- Alarm za visoko temperaturo (14)
- Separator in izpust (15)

OPOMBA Vključitev naknadnega hladilnika ter ločilnika in odvodnika je odvisna od stanja vhodnega vodika in zahtev glede stisnjenega proizvoda.

Namestiti je treba indikator tlaka/alarm za visoki tlak (16), nepovratni ventil (17), ventil za odzračevanje/prepihanje (18) in izstopni izolacijski ventil (19).

Sistemi hladilne vode morajo biti opremljeni z alarmom nizkega tlaka (20) ali alarmom nizkega pretoka (21), ki je nameščen na vhodu ali izhodu hladilnega sistema kompresorja. Poleg tega so lahko na voljo vizualni kazalniki pretoka.

Če se uporablja vodno hlajenje v zaprtem krogu, mora biti vsak hladilnik zaščiten pred nadtlakom na vodni strani, ki bi nastal zaradi puščanja ali okvare na plinski strani.

Če je elektromotor (22) izpostavljen tlaku dušika ali zraka, mora biti opremljen z alarmom nizkega tlaka (23), ki spremlja tlak v ohišju motorja. Če se v ohišju kompresorja nahaja vodik ali inertni plin pod tlakom, mora biti na ohišju nameščen alarm za nizek tlak (24).

Točki 23 in 24 sta lahko tudi alarmni napravi za majhen pretok.

7.2 Vzdrževanje

Vsi vnetljivi plini se pred dovajanjem zraka prepihajo z dušikom. Vsi sistemi vnetljivih plinov morajo biti pred dovajanjem vodika ali vnetljivih plinov prepihani z inertnim plinom, kot je dušik. Izpust plina, ki se uporablja pri prepihanju, mora biti speljan na varno mesto. Zrak se v nobenem primeru ne sme prepihovati v aktivni oddušnik ali odvodnik izgorevalnega plina.

Medsebojne povezave med procesnim plinom in sistemi za prepihanje z inertnim plinom/dušikom morajo biti opremljene s sredstvi za preprečevanje pretoka procesnega plina v sistem za prepihanje z dušikom, glej dokument EIGA 238, *Preprečevanje navzkrižne kontaminacije naprav in plinskih sistemov* [24].

OPOMBA Če je tok namenjen nadaljnji kriogeni obdelavi ali če se plin stisne, je potrebna predhodna obdelava surovega vodika, da se odstrani kisik. V nasprotnem primeru je treba analizirati učinke kisika v toku, da se zagotovi, da pri nadaljnji obdelavi ne more nastati vnetljiva zmes.

OPOMBA Za odstranitev kloridov je potrebna predhodna obdelava surovega vodika. Mokri vodikovi plini s kloridi lahko povzročijo hudo korozijo. Že majhne količine kloridov lahko hitro deaktivirajo deokso enote.

7.2.1 Zagon

Pri zagonu vodikovega kompresorja je treba preprečiti vdor zraka, ki bi lahko povzročil nastanek eksplozivnih zmesi v stroju.

Zato je bistveno, da delujejo posebne varnostne naprave, navedene v točki 6.4. Če so ti pogoji izpolnjeni, se lahko vodikovi kompresorji zaženejo kot vsi drugi kompresorji v skladu z navodili proizvajalca in naslednjimi priporočenimi postopki za zagon.

7.2.2 Zagon novih kompresorjev ali kompresorjev po vzdrževalnih delih

Izolirajte kompresor z zaprtjem glavnih izolacijskih ventilov (1 in 19). Prepahajte zrak iz kompresorja tako, da odstranite tesnilno napravo (3) in na to točko priključite vir dušika. Odprite ventil za prepihanje (2), da stroj napolnite z dušikom. Uporabljeni tlak je odvisen od običajne uporabe stroja, običajno se priporoča najmanj polovica načrtovane vhodne vrednosti, zlasti pri strojih z nizkim sesalnim tlakom.

Odprite ventil za odzračevanje/prepihanje (18) in nastavite ustrezen pretok dušika za prepihanje. Preverite, ali varnostne naprave iz poglavja 6.3 delujejo. Zaženite kompresor in ga pustite delovati približno deset minut.

Preverite vsebnost kisika v plinu, ki izstopa iz ventila za prepihanje/odzračevanje (18), in če je ta najmanj dve minuti manjša od 1 %, izklopite kompresor.

Zaprte vstopni ventil za prepihanje (2) in ventil za prepihanje/odzračevanje (18), odklopite dovod dušika in ponovno namestite slepo zapiralo (3). Kompresor je zdaj pripravljen za zagon z vodikom. Upoštevajte ta navodila:

1. Odprite glavni izolacijski ventil (1). Preverite, ali varnostne naprave iz poglavja 6.4 delujejo.
2. Zaženite kompresor.
3. Odprite ventil za prepihanje/odzračevanje (19) in analizirajte odzračevani plin.
4. Ko je analiza zadovoljiva, tj. ko se vsebnost dušika zmanjša na sprejemljivo vrednost.
5. Zaprite ventil za prepihanje/odzračevanje (18).
6. Odprite izstopni izolacijski ventil (19), da stroj začne obratovati.

7.2.3 Ponovni zagon kompresorjev, ki so že vključeni v sistem oskrbe z vodikom

Če je bil v kompresorju in njegovih cevovodnih sistemih v času zaustavitve vzdrževan pozitiven preostali tlak, je bil preprečen vdor zraka. Če dvomite, pred ponovnim zagonom preverite prisotnost kisika. Preverite, ali varnostne naprave iz poglavja 6.3 delujejo.

Zaženite kompresor.

7.2.4 Zaustavitev kompresorjev

Zaustavite kompresor.

Če bo kompresor še naprej deloval z vodikom, ga lahko pustite priključenega na sistem ali pa ga izolirate z zaprtjem glavnih izolacijskih ventilov (1 in 19). Preostali tlak lahko izpustite na varno mesto

z ventilom za prepihanje/odzračevanje (18). V času zaustavitve je treba paziti, da se v stroju vzdržuje pozitivni preostali tlak vodika, sicer se mora ob ponovnem zagonu izvesti postopek prepihanja, opisan v poglavju 6.2.1.

7.3 Oprema za nadzor in spremljanje

Poleg instrumentov in krmilnikov, ki so običajno zagotovljeni za sisteme za stiskanje plina, je treba upoštevati naslednje posebne zaščitne ukrepe za vodik.

7.3.1 Vhodni tlak

Vhodni tlak se nadzoruje z indikatorjem tlaka/preklopnikom, da se prepreči vakuum v vhodni cevi in posledično vdor zraka. To tlačno stikalo povzroči, da se kompresor izklopi, preden vstopni tlak doseže atmosferski tlak.

7.3.2 Analiza kisika

Če vodik prihaja iz nizekotlačnega vira ali obstaja možnost onesnaženja s kisikom, se mora vsebnost kisika v vodiku neprekinjeno meriti. Če vsebnost kisika doseže 1 %, se kompresor samodejno izklopi.

Pri izbiri lokacije analizatorja kisika se upošteva odzivni čas analizatorja. Priporočeno mesto vzorčenja je pred vstopom v kompresor s kratkimi, ustrezno velikimi vzorčnimi cevmi, ki so nameščene tako, da lahko analiza plina sproži zaustavitev, preden nevarne mešanice plinov dosežejo kompresor.

7.3.3 Temperatura izpusta

Temperatura po zadnji stopnji ali naknadnim hladilnikom, če je vgrajen, se spremlja z indikatorjem/alarmom, ki je lahko nastavljen tako, da izklopi kompresor pri vnaprej določeni najvišji temperaturi.

7.3.4 Tlak izpusta

Tlak po zadnji stopnji se spremlja z indikatorjem/alarmom, ki je lahko nastavljen za izklop kompresorja ali sprožitev alternativnih ukrepov, na primer recikliranje pri vnaprej določenem najvišjem tlaku, ki je nižji od tlaka v končni razbremenilni napravi.

7.3.5 Hladilna voda

V sistemu hladilne vode je treba zagotoviti alarm za vodni tlak/pretok, ki lahko izključi kompresor v primeru nizkega tlaka ali pretoka.

7.3.6 Prepihovalni plin na električni opremi

Če je v motorju in pomožni opremi tlak vzpostavljen z inertnim plinom, na primer z dušikom, mora na nizki tlak/pretok opozoriti alarm. To je mogoče urediti tako, da se motor in pomožne naprave izklopijo.

7.3.7 Bloki motorja pod tlakom

Če se v bloku motorja kompresorja tlak vzpostavlja z vodikom ali inertnim plinom, mora na nizek tlak/pretok opozarjati alarm. To je mogoče urediti tako, da se izklopi kompresor.

8 Prečiščevanje

Sistem prečiščevanja je sestavljen iz opreme za odstranjevanje kisika, vlage in drugih nečistoč iz vodika.

Sistem lahko vključuje posode za prečiščevanje, sušilnike, toplotne izmenjevalnike, nadzorno in analitično opremo.

8.1 Opis diagrama toka

V Dodatku 2 je prikazan diagram toka za tipičen sistem prečiščevanja vodika. Izbor sistema za prečiščevanje je odvisen od vira vodika in morebitnih nečistoč.

Skozi vstopni izolacijski ventil (1) v sistem vstopi nečisti vodik. Separator (2) odstrani proste kapljice vlage in olja. Odstranjevanje onesnaževal v parni fazi, na primer amoniaka ali živega srebra, se doseže v filtru z aktivnim ogljem (3). Filter za prah (4) preprečuje prenašanje prahu adsorbenta.

Po potrebi je vgrajen predgrelec (5) za segrevanje plinskega toka pred vstopom v deokso katalizator (6). Temperatura katalizatorja je prikazana (7). Naknadni hladilnik (8) in separator (9) zmanjšata vsebnost vode v plinskem toku, preden ta preide v adsorpcijske sušilnike (10). Tlak (11) in temperatura (12) sta prikazana. Filter za prah (13) odstrani morebitni prah, prenesen z adsorbenta. Analitični sistem (14) običajno spremlja vsebnost kisika in vlage. Dodatna analitična oprema se lahko namesti v skladu z zahtevano specifikacijo.

Plin zapusti sistem prek izstopnega izolacijskega ventila (15).

Če obstaja možnost prisotnosti živega srebra, je treba vgraditi naprave za odstranjevanje živega srebra.

Sušilniki se ponovno aktivirajo z ustreznim sistemom.

8.2 Upravljanje

8.2.1 Navodila za upravljanje

Za vsak sistem za prečiščevanje se pripravijo podrobna navodila za uporabo, v katerih se posebej navedejo ventili in krmilniki v tem sistemu.

8.2.2 Separator in filtri

Glavni vidiki upravljanja teh naprav so zagotavljanje, da se izpusti separatorja upravljajo tako pogosto, kot je potrebno, da se prepreči prenos prostih kapljic onesnaževal.

Bistveno je, da do filtra z aktivnim ogljem pridejo samo onesnaževala v parni fazi, sicer pride do hitrega preboja in posledično do zmanjšanja učinkovitosti deokso katalizatorja. To se lahko zgodi tudi v primeru prenosa praha iz oglja.

8.2.3 Deokso katalizator

Deokso katalizator odstrani kisik iz dovajanega plina tako, da ga združi z delom vhodnega vodika, pri čemer nastane voda. Reakcijo spodbuja katalizator na osnovi kovine, na primer platine, in je lahko močno eksotermna.

Delovna temperatura reakcije je odvisna od količine kisika v dovajanemu plinu. Pod določenimi pogoji, na primer pri nizki temperaturi plina ali odvečni vlagi, bo morda treba plin predhodno segreti, da se pospeši reakcija. Postopek je običajno zelo učinkovit in dosežene so preostale ravni kisika manj kot 1 ppm. Zaradi zgornje meje vnetljivosti in eksotermne reakcije mora biti vsebnost kisika v plinu pod 2 %. Visoka vsebnost kisika povzroči visoko temperaturo na katalizatorju in konstrukcijskih materialih posode.

Priporočljiva je indikacija temperature v katalizatorski plasti, pri visoki temperaturi pa je treba izklopiti kompresor in dovod plina v reaktor.

Katalizator je zelo trpežen in bo imel večletno življenjsko dobo, če v reaktorju ne bo prisotnih nečistoč, na primer v obliki olja: živega srebra, oglja itd.

Naknadni hladilnik in separator znižata temperaturo plina in vsebnost vode v vodik na raven, ki je sprejemljiva za sušilnike. Operativni postopki morajo upoštevati pretoke hladilne vode in pogostost odvajanja vode iz separatorja.

8.2.4 Sušilniki

Sušilniki vsebujejo adsorpcijsko sušilno sredstvo v obliki zrnč. Sušilno sredstvo zadržuje vlago in se pred dosego svoje zmogljivosti ponovno aktivira s toplotno in/ali tlačno nihajno metodo. Glavne točke upravljanja obeh sistemov so zagotavljanje, da ležišče ni preobremenjeno z vlago in da se ohrani načrtovani čas cikla.

Posebno pozornost je treba nameniti preprečevanju previsokega tlaka v reaktivacijskem sistemu. To je mogoče doseči z razbremenilnimi napravami ali drugimi konstrukcijskimi značilnostmi.

8.3 Oprema za nadzor in spremljanje

8.3.1 Indikator temperature deokso katalizatorja

Povečanje vsebnosti kisika povzroči dvig temperature zaradi povečane eksotermne reakcije; zato je treba temperaturo spremljati z merilnim instrumentom. Merilni instrument mora biti povezan z alarmnim sistemom in/ali sistemom za zaustavitev.

8.3.2 Analizatorji čistosti

Če je možno onesnaženje s kisikom, mora biti analizator vira povezan z alarmom in izklopom. Kakovost proizvoda je treba preveriti z ustreznimi analitičnimi instrumenti, da se zagotovi pravilno delovanje sistema prečiščevanja.

9 Polnilne postaje

Polnilna postaja za vodik je vsaka naprava, v kateri se plinasti vodik pod tlakom iz sistema za stiskanje in/ali skladiščenje vodika v velikem obsegu prenese v posamezne jeklenke, jeklenke, združene v svežnje, ali cevi/jeklenke, ki tvorijo fiksni tovor na cestnem ali železniškem vozilu (zabojnik z več elementi za plin [MEGC] po Evropskem sporazumu o mednarodnem cestnem prevozu nevarnega blaga (ADR) [25]). Glede na obseg te publikacije to ne zajema vodikovih točilnih postaj.

Polnilno postajo lahko sestavljajo fiksne skladiščne posode, povezovalni cevovodi, polnilni kolektorji, cevi, ventili, nadzorni sistem, oprema za analizo in vakuumske črpalke.

Polnilne postaje so lahko ročne (upravlja jih osebje) ali samodejne (brez osebja).

Na območjih polnjenja je treba razmisliti o namestitvi atmosferske analize (LEL) in pripadajočega alarma.

9.1 Opis diagrama toka

V Dodatku 3 je prikazan diagram toka za tipično polnilno postajo za vodik. Za namene vzdrževanja so na voljo priključki za prepihanje z inertnim plinom, običajno z dušikom, z naknadnim prepihanjem z vodikom. Pri priključkih za prepihanje je treba upoštevati navzkrižno kontaminacijo, glej dokument EIGA 238 [24].

9.1.1 Glavni dovajalni sistem

Vodik iz kompresorja/prečiščevalnega sistema vstopi v glavni zbiralnik polnilnega sistema.

Prehaja skozi nepovratni ventil (1) in glavni izolacijski ventil (2).

Lahko se zagotovi daljinsko upravljan zaporni ventil (3), da se v primeru nevarnega dogodka na polnilnem mestu pretok vodika lahko zapre z lokalnimi izklopi v sili (4). Druga možnost je, da se za izklop kompresorja namestijo daljinski izklopi v sili.

Če se analiza ne izvaja na kompresorju/prečiščevalnem sistemu, se lahko v glavnem zbiralniku vgradi analizator kisika (5).

Glavo se lahko nato razdeli na dele, ki se uporabljajo za različne vrste dejavnosti polnjenja. Vsaka veja mora biti opremljena z izolacijskim ventilom (6).

9.1.2 Polnjenje jeklenk

Diagram polnjenja jeklenk v Dodatku 3 je splošen pregled, podrobnejše informacije so na voljo v dokumentu EIGA 236, *Najboljše operativne prakse za polnilne obrate* [26]. Dokument EIGA 236 obsega splošne zahteve za polnjenje jeklenk, v tej publikaciji pa so obravnavane posebne nevarnosti, povezane z vodikom [26].

Na glavnem dovodu do območja za polnjenje jeklenk mora biti nameščen indikator ali oddajnik tlaka (7). Doda se lahko tudi alarm za visoki tlak (8). Namestiti je treba nepovratni ventil (9), ki v primeru predrtja na enem od drugih polnilnih območij preprečuje povratni tok.

Vsak posamezni polnilni kolektor mora biti opremljen z izolacijskim ventilom (10), izpustnim ventilom za odzračevanje/prepihovanje (11) in indikatorjem tlaka (12). Če se uporablja vakuumski sistem, je treba namestiti tudi izolacijski ventil vakuumskega sistema (13). Vgrajeni so lahko tudi posamezni izolacijski ventili za točke polnjenja (14).

Vakuumski sistem, če se uporablja, je lahko trajno vgrajen v cevovod ali kot premična enota. Opremljen mora biti z ustreznimi razbremenilnimi napravami (15) za zaščito sistema pred polnilnim tlakom kolektorja za polnjenje jeklenk. Zagotoviti je treba tudi sredstva za preprečevanje povratnega toka olja iz vakuumske črpalke v kolektor. Zagotoviti je treba merilnike vakuuma (16).

9.1.3 Prikolice s svežnji

Na glavnem dovodu do polnilnega območja mora biti nameščen indikator tlaka (17). Doda se lahko tudi alarm za visoki tlak (18).

Zagotoviti je treba nepovratni ventil (19), ki zagotavlja, da v primeru predrtja na katerem koli območju polnjenja ne pride do povratnega toka iz vsebnikov, ki se polnijo.

Vsak posamezni polnilni kolektor mora biti opremljen z izolacijskim ventilom (20), ventilom za odzračevanje/prepihovanje (21) in indikatorjem tlaka (22), če ga posamezne enote nimajo.

Na priključku cevi je treba namestiti nepovratni ventil (23), ki preprečuje povratni tok iz enote v primeru pretrganja cevi.

Med nepovratnim ventilom (23) in izolacijskim ventilom (24) je treba zagotoviti varen način za izpuščanje tlaka/prepihovanje odseka cevi. Med nepovratnim ventilom (23) in izolacijskim ventilom (24) je treba namestiti ventil za odzračevanje z majhno odprtino. Druga možnost je, da se v čep/loputo nepovratnega ventila (23) izvrti majhna luknja (premera največ 1,5 mm), pri čemer se oceni tveganje morebitnega povratnega toka skozi izvrtani nepovratni ventil.

Ta druga metoda bi omogočila tudi odvzem vzorcev za analizo iz enote, ki se polni, neposredno v vse instrumente za analizo, priključene na sistem.

Če je potreben vakuumski sistem, mora izpolnjevati zahteve iz poglavja 8.2.2.

Poskrbeti je treba za zadovoljivo ozemljitev polnjene enote. To je še posebej pomembno pri polnjenju svežnjev in prikolic (glej 10.6.2).

9.1.4 Analiza

Analiza izdelkov se lahko opravi s/z:

- premičnimi instrumenti;

- fiksnimi instrumenti na posamezni lokaciji za polnjene/kolektorju;
- v eni centralni sobi za analize ali
- v kombinaciji vseh zgoraj omenjenih možnosti.

Za vse vrste analize izdelkov morajo varnostni elementi vkjučevati:

- reducirni ventil (25) za znižanje polnilnega tlaka do sprejemljivega sistemskega tlaka instrumenta;
- varnostni razbremenilni ventil (26) za zaščito osebja in instrumentov v primeru okvare naprave za zmanjševanje tlaka in
- primerne analizne instrumente (27) in sisteme za uporabo z vodikom (glej 7.3).

Pri vhodnih prikolicah je treba razmisliti o analizi prikolic pred polnjenjem, saj lahko s tem preprečimo težave s čistostjo, če so prikolice onesnažene, in izboljšamo varnost s preprečevanjem nastajanja vnetljivih zmesi, če je prikolica onesnažena s kisikom.

9.2 Navodila za upravljanje

Za vsako polnilno postajo pripravijo podrobna navodila za uporabo, v katerih se posebej navedejo ventili in krmilniki v tem sistemu.

Pri pripravi podrobnih navodil za polnjenje je treba upoštevati naslednje smernice.

9.2.1 Polnjenje jeklenk in svežnjev

Podrobne informacije o polnjenju jeklenk in svežnjev so na voljo v dokumentu EIGA 236 [26].

Pred polnjenjem vodikovih jeklenk in svežnjev preverite ozemljitveno povezavo palete/svežnja.

9.2.2 Polnjenje prikolice

Priključite prikolico na polnilno mesto in zagotovite, da je ustrezno zavarovana ter da se izvajajo postopki proti premiku vozila.

Za dodatne informacije o postopkih proti premiku vozila glej dokument EIGA 63, Preprečevanje incidentov s premikom vozila [27].

Postavite prikolico za polnjenje. Na obeh straneh pustite dovolj prostora za prehod osebja in odpiranje vrat zadnjega prostora.

Po potrebi pregledajte prikolico in preverite obstoj morebitnih poškodb procesne opreme, vključno s cevmi, ventili, kolektorjem, razpočnimi membranami in merilniki.

Preverite, ali ima prikolica ustrezne oznake, nalepke in tablice ter ali je datum ponovnega preskusa aktualen.

Priključite ozemljitveni kabel na prikolico. Priključite cev oz. cevi za polnjenje.

Nekoliko odprite izolacijski ventil in odprite ventil za odzračevanje/prepihovanje, da očistite cev in omogočite analizo preostalega plina.

Zaprte ventil za odzračevanje/prepihovanje. Odprite glavni izolacijski ventil in napolnite vsebnike. Med polnjenjem preverite, ali ventili in priključki vsebnika morda puščajo.

OPOMBA Preverjanje puščanja se običajno izvede tako, da upravljavec posluša, če sliši zvoke puščanja.

Ko vsebniki dosežejo polnilni tlak (z upoštevanjem temperaturnega popravka), zaprite glavni izolacijski ventil in ventile na vsebnikih.

OPOMBA Da se prepreči zastoj kompresorja (če ni na voljo zalogovnik), bo morda treba pred zaprtjem izolacijskega ventila na vsebniku, ki se polni, vklopiti novo vrsto vsebnikov.

Po potrebi analizirajte čistost produkta. Po potrebi zabeležite podatke analize in tlak polnjenja. Odzračite polnilno cev. Odklopite polnilno cev in ozemljitveni kabel, če je pritrjen. Preverite, ali ventili in kolektor puščajo.

Zagotovite, da je prikolica pripravljena za premik v skladu s postopki za preprečevanje premika vozila.

10 Skladiščne inštalacije na lokacijah odjemalcev

Sistem za skladiščenje plinastega vodika je inštalacija, v kateri se vodik ali mešanice, ki vsebujejo vodik, skladiščijo in odvajajo v distribucijske cevovode odjemalcev. Sistem vključuje nepremične posode, regulatorje tlaka, varnostne razbremenilne naprave, kolektorje, povezovalne cevovode in krmilnike. Ne vključuje nujno skladiščnja, sistemov, sestavljenih iz svežnjevi ali posameznih jeklenk, ki se odnesejo za ponovno polnjenje.

Sistem za skladiščenje se konča na mestu, kjer vodik pri nazivnem obratovalnem tlaku vstopi v distribucijske cevovode.

10.1 Opis diagrama toka

Sistem za skladiščenje je lahko sestavljen iz visokotlačnih ali nizkotlačnih skladiščnih posod, ki so lahko fiksne ali premične ali kombinacija obeh.

Obstajata dve vrsti odjemnih sistemov:

- fiksni skladiščni sistem ali
- menjava prikolic/svežnjevi.

Pri fiksnih sistemih skladiščnja so posode pritrjene na inštalacijo in se polnijo na mestu. Pri sistemu menjave svežnjevi/prikolic se produkt dopolni na kraju samem z zamenjavo svežnjevi in prikolic na odjemnem mestu.

Kadar se nizkotlačno skladišče polni iz visokotlačnega vira, kot je prikolica z visokotlačnimi jeklenkami, je treba vgraditi sistem za zmanjšanje tlaka, nastavljen na tlak, ki ni višji od načrtovanega tlaka nizkotlačnih posod za skladiščenje. To velja poleg vseh naprav za razbremenitev tlaka, ki so nameščene za preprečevanje previsokega tlaka.

Diagram toka v Dodatku 4 in naslednji opis se uporabljata za stacionarni visokotlačni skladiščni sistem, ki se polni iz prikolic z visokotlačnimi jeklenkami.

Vodik iz fiksnih skladiščnih posod (1) vstopi v glavni vod. Skladiščni sistem mora biti opremljen z varnostnim ventilom (2), če je nazivni tlak skladiščnega sistema nižji od potencialnega dobavnega tlaka prikolic, z indikatorjem tlaka (3), ročnim izpustom (4) in izolacijskim ventilom za skladiščenje (5).

Vodik nato vstopi v postajo za zmanjševanje tlaka, ki jo sestavljajo izolacijski ventili (6) in regulator tlaka (7). To je lahko podvojen sistem, kot je prikazano na sliki, da se olajša vzdrževanje.

Za postajo za zmanjševanje tlaka je treba namestiti razbremenilni ventil (8) za zaščito odjemnega voda in opreme.

Na voljo mora biti indikator tlaka (9), ki kaže tlak v odjemnem vodu.

Vgrajen mora biti nepovratni ventil (10), ki preprečuje povratni tok iz odjemnega procesa. Vodik nato

vstopi v cevovod do odjemnega sistema.

Med postopkom vnovičnega polnjenja se vodik iz mobilne prikolice po gibki cevi dovaja v polnilni priključek (11).

Zagotovljen mora biti nepovratni ventil (12), ki preprečuje izpraznitev skladišča v primeru okvare cevi. To se lahko vključi v priključek za polnjenje.

Filter (13) je lahko vgrajen, kot je prikazano, lahko pa so filtri vgrajeni tudi v regulatorje tlaka (7), da jih zaščitijo pred trdnimi delci.

Zagotovljen mora biti ventil za odzračevanje (14), ki omogoča prepihanje sistema, od prikolice do vstopnega izolacijskega ventila (15), tako da je preprečen vstop zraka v skladiščni sistem.

Polnilna cev je lahko priključena neposredno na skladiščne posode/kolektor, kot je prikazano, ali pa je priključena na glavno cev med ventiloma (5) in (6).

10.2 Navodila za upravljanje

10.2.1 Oskrba odjemalca

Med dajanjem inštalacije v obratovanje se regulatorji (7) nastavijo tako, da na zahtevo odjemalca dobavljajo vodikov plin pod zahtevanim tlakom. Ta tlak kaže indikator tlaka (9).

Lahko se vgradi dvojni sistem skladiščenja in regulacije za samodejni preklop z izpraznjene na polno skladiščno posodo oz. posode.

10.2.2 Navodila za polnjenje

Za vsako odjemno mesto se pripravijo podrobna navodila za uporabo, v katerih se posebej navedejo ventili in krmilniki v tem polnilnem sistemu.

Pri pripravi podrobnih navodil za polnjenje je treba upoštevati naslednje smernice:

1. Priključite prikolico na polnilno mesto in zagotovite, da je ustrezno zavarovana ter da se izvajajo postopki proti premiku.
2. Priključite ozemljitveni kabel na prikolico.
3. Priključite cev oz. cevi za polnjenje.
4. Prepričajte se, da je ventil (15) zaprt in ventil (14) odprt, nekoliko odprite izolacijski ventil prikolice, da izpraznite cev.
5. Zaprite ventil (14).
6. Preskusite tesnost cevnih priključkov.
7. V celoti odprite izolacijski ventil na prikolici.
8. Odprite ventil (15), da se napolnijo posode.
9. Kadar ureditev prikolice to omogoča, se običajno uporablja kaskadno polnjenje, da se doseže največji možni prenos vodikovega plina v skladiščne posode. V tem primeru je potrebno zaporedno odpiranje in zapiranje dodatnih ventilov na prikolici.
10. Ko skladiščne posode dosežejo polnilni tlak ali je doseženo tlačno ravnovesje, zaprite glavni izolacijski ventil (15) in ventile na prikolici.
11. Odzračite polnilno cev prek ventila (14). Odklopite polnilno cev in ozemljitveni kabel, če je nameščen.

12. Zagotovite, da je prikolica pripravljena za premik v skladu s postopki za preprečevanje premika.

10.3 Dodatni premisleki

Poleg zahtev iz drugih delov te publikacije za inštalacije za skladiščenje na lokacijah odjemalcev veljajo tudi naslednje zahteve.

Če območje inštalacije za skladiščenje ni pod neposrednim nadzorom pooblaščenih oseb, mora biti v varnem, zaklenjenem prostoru, ključ pa mora imeti pooblaščen oseba.

Posode in vodikovi sistemi se morajo označiti v skladu z nacionalnimi ali lokalnimi standardi.

Trajno nameščene posode morajo biti opremljene z negorljivimi podporniki na trdnih negorljivih temeljih.

Inštalacija mora biti na prostem, če je potrebna namestitev v notranjosti, veljajo pogoji iz točke 4.3. Na poti za izhod v sili iz objekta ne sme biti nobenih omejitev.

Inštalacija mora biti zlahka dostopna dostavnim vozilom, hkrati pa mora biti zaščiten pred fizičnimi poškodbami. Če je potrebnih več dostavnih vozil, je treba zagotoviti zadostno razdaljo med prikolicami, da se omogoči izhod v sili in omeji stopnjevanje incidenta z enega vozila na sosednje vozilo.

Vse nadzorne naprave, potrebne za varen prenos vodika, morajo biti jasno vidne s položaja upravljavca.

11 Električna oprema in inštalacije

11.1 Splošno

Namestitev in delovanje električnih sistemov na vodikovih postajah morata biti v skladu s predpisi, standardi ali kodeksi ravnanja v posamezni državi.

V ta namen je treba upoštevati zlasti Direktivo ATEX 2014/34/EU (glej tudi EIGA dok. 134) [15, 6].

11.2 Električna inštalacija

Električna inštalacija mora biti takšna, da je pri normalnem obratovanju onemogočen nastanek isker, ki bi lahko povzročile vžig, električni oblok ali visoko temperaturo. To se lahko doseže z uporabo ene ali več specializiranih naprav, na primer z lastno varnostjo, ognjevarnimi ohišji itd.

Vrsta opreme, ki jo je treba uporabiti, je odvisna od razvrstitve območja (cona 0, cona 1 ali cona 2 v skladu z direktivo ATEX) [15]. Dejavniki, ki jih je treba upoštevati pri določanju razvrstitve območij, so:

- možnost izpusta vodika v zadostni količini za nastanek eksplozivnega ozračja;
- trajanje potencialno eksplozivnega ozračja in
- stopnja in učinkovitost naravnega prezračevanja (redčenje potencialno eksplozivne atmosfere).

Električna oprema mora biti ozemljena in po možnosti nameščena v nizkih delih objekta.

Če se za ločevanje različnih razvrščenih območij uporabljajo fizične ovire, zagotovite ustrezno ločevanje območij, na primer zatesnite kanale in pogonske jaške opreme ter zagotovite zatesnitev drugih možnih poti uhajanja (odtoki, kanali itd.). Tesnila je treba redno pregledovati in vzdrževati.

11.3 Ozemljitev sistema

Vsi sistemi morajo biti po potrebi ozemljeni in učinkovito ozemljeni za zaščito pred nevarnostmi blodečih električnih tokov, statične elektrike (glej 10.6) in zaščite pred strelo (glej 10.7) v skladu z nacionalnimi kodeksi/predpisi.

Če je električna oprema nameščena na varnem območju, tj. zunaj območja nevarnosti (glej 5. poglavje), lahko uporabite običajno električno opremo, na primer motorje.

Vsi nestalni sestavni deli (svežnji, prikolica itd.) morajo biti vedno ozemljeni, kadar so priključeni na stalni sistem vnetljivega plina.

11.4 Navodila

Zaposleni morajo biti usposobljeni (in deležni obnovitvenega usposabljanja) in poučeni o uporabi opreme ter o nevarnostih uporabe nedovoljene in/ali okvarjene električne opreme. Ta navodila morajo vključevati nasvete o nevarnostih, ki se lahko pojavijo. Voditi je treba evidenco.

11.5 Pregled

Preglede mora redno izvajati usposobljena oseba. O teh pregledih se mora voditi evidenca. Spremembe smejo opravljati le usposobljene osebe in jih je treba zabeležiti. Lokalni predpisi lahko določajo zahtevano pogostost pregledov.

11.6 Statična elektrika

11.6.1 Ozadje

Statična elektrika je neravnovesje električnih nabojev v materialu ali na njegovi površini. Naboj ostane, dokler se z električnim tokom ali električno razelektritvijo ne premakne. Statična elektrika je poimenovana v nasprotju s tokovno elektriko, ki teče po žicah ali drugih prevodnikih in prenaša energijo.

Statični električni naboj lahko nastane, kadar se dve površini stikata in drgneta, pri čemer ima vsaj ena od površin veliko upornost proti električnemu toku (in je zato električni izolator).

Elektrostatični naboji se lahko pojavijo tudi, ko plin, ki vsebuje kapljice ali prašne delce, teče mimo površine trdne snovi, na primer odprtih ventilov, priključkov gibkih cevi ali cevi.

Če se akumulacija električnih nabojev nenadoma sprosti, je lahko nastala električna iskra dovolj močna, da vžge vodik.

11.6.2 Previdnostni ukrepi proti kopičenju statičnih nabojev

Da se prepreči kopičenje statičnih nabojev, se jim omogoči, da se sprostijo na varen način.

Na vseh postajah za nakladanje/razkladanje vozil in postajah za pretovarjanje izdelkov je treba poskrbeti za električno povezavo in ozemljitev vozila, da se prepreči statično inducirana električna razelektritev. Za vsako prikolico za vnetljive pline ali drug nestalen sestavni del je treba zagotoviti ločen ozemljitveni kabel in sponko.

Vsaka nestalna komponenta, kot so jeklenke ali svežnji v sistemu vnetljivih plinov, mora biti vedno ozemljena, kadar je priključena na stalni sistem vnetljivih plinov.

Pogonski jermeni in jermenice kompresorjev, puhal itd. morajo biti iz antistatičnega in ognjevarnega materiala.

Tla, talne obloge, gumijaste preproge, stoli, stopnice itd. morajo biti iz prevodnega materiala, da se doseže elektrostatična ozemljitev oseb.

Vsi zaposleni, ki delajo na vodikovih postajah, morajo nositi antistatično osebno zaščitno opremo, vključno s čevlji, da se prepreči kopičenje elektrostatike.

11.6.3 Pregled ozemljitvene upornosti

Da se zagotovi izpolnjevanje zahtev za preprečevanje nastajanja statične elektrike na opremi, mora pristojna oseba pred začetkom obratovanja opraviti pregled. Izvesti se mora meritev ozemljitvene upornosti, rezultati pa morajo biti v skladu z lokalnimi smernicami.

Nadaljnji pregledi se izvajajo redno. O teh pregledih se mora voditi evidenca. Če obstajajo strožji lokalni predpisi, mora objekt upoštevati lokalne predpise.

11.7 Zaščita pred strelami

Razmisliti je treba o zagotovitvi strelododov v skladu s standardom, kot je EN 62305-3, Zaščita pred strelami. Fizična škoda na strukturah in nevarnost za življenje [28]. To se lahko zahteva v skladu z lokalnimi predpisi. Električna upornost mora biti zasnovana v skladu z lokalnimi smernicami.

12 Požarna zaščita

12.1 Splošno

Osnove požarne zaščite so:

- zmanjšanje vseh možnih virov puščanja;
- čim bolj odstraniti vse vire vžiga;
- pravočasno odkrivanje virov puščanja z detektorji in
- zagotovitev izolacije vodika, evakuacijske poti in metod za obvladovanje požara.

Kajenje, ogenj in kakršen koli odprt ogenj so prepovedani na določeni razdalji, na primer na razdaljah, opredeljenih v Preglednici 1.

Opozorila se morajo obesiti na vidno mesto, v skladu s poglavjem 5.3.

Zaradi visoke vnetljivosti vodika se je treba izogibati prisotnosti zraka v cevovodih. Učinkovita rešitev je dobro zasnovano dušikovo omrežje, ki se po vsakem vzdrževanju uporabi za izpihovanje zraka iz sistema.

Izvesti je treba oceno tveganja, da se ugotovi, ali je treba na postajah za plinski vodik namestiti sistem za javljanje in odkrivanje požara.

Ker je vodikov plamen težko zaznati (zaradi nevidnega plamena in nizke sevalne toplote), zlasti v zunanjih razmerah, običajno zaznavanje plamena morda ne bo zadostovalo za odkrivanje požara. Učinkovitejše preprečevanje požara je sistem za odkrivanje uhajanja (na primer odkrivanje plina ali hrupa), in sicer poleg sistema za odkrivanje plamena ali namesto njega. Zasnovano in lokacijo sistemov za odkrivanje je mogoče optimizirati z analizo nevarnosti, ki upošteva:

- najbolj verjetna mesta puščanja;
- vire vodika zaradi napačne uporabe;
- območja, kjer se lahko zbira vodik;
- lokacijo osebja in

- pretekle incidente.

Podrobnosti o delovanju sistema se določijo glede na postavitve obrata. Alarmni/detekcijski sistem mora delovati pred začetkom obratovanja obrata.

Zagotoviti je treba nadzor za zaustavitev, s katerim je mogoče ob izrednem dogodku obrat hitro spraviti v stanje, v katerem je nevarnost za osebe v obratu ali reševalno osebo čim manjša.

V primeru požara je treba zagotoviti ustrezna sredstva za alarmiranje, kot so zvočni in/ali vidni alarmi. Ti morajo biti jasno označeni in ustrezno nameščeni. Alarmni signal detektorjev mora biti nameščen na ustrezni lokaciji, da lahko takoj opozori vse osebe na kraju samem in na daljavo.

V posvetovanju z lokalnimi gasilskimi organi je treba za vsako posamezno napravo določiti popolne postopke za primer nesreče in izvajati redne vaje.

Razporeditev naprav in stavb mora zagotavljati ustrezne poti za izhod v sili. V primerih, ko bi osebe lahko ostale ujetе v kompleksih ali stavbah, morata biti na voljo najmanj dva ločena izhoda, ki se odpirata navzven in sta oddaljena drug od drugega ter nameščena glede na stopnjo nevarnosti.

Zasilni izhodi morajo biti vedno prosti.

Na območju ob vodikovi inštalaciji ne sme biti suhega rastlinja in vnetljivih snovi. Če se uporabljajo sredstva za uničevanje plevela, se za ta namen ne smejo izbrati kemikalije, kot je natrijev klorat, ki so potencialni vir požarne nevarnosti.

Voda mora biti na voljo v zadostni količini in pod ustreznim tlakom za zaščito pred požarom, kot je določeno v posvetovanju z ustreznimi organi.

Vzdrževalna ali popravljalna dela se izvajajo šele po tem, ko so bili preverjeni ustrezni deli obrata ali območja in je pristojna oseba izdala dovoljenje za varno delo. To je še posebej pomembno, kadar takšna vzdrževalna dela predstavljajo nevarnost vžiga, na primer varjenje. Razmisliti je treba o uporabi orodja, ki se ne iskri.

12.2 Oprema za gašenje požarov

Lokacija in količina gasilske opreme se določita glede na velikost vodikove postaje, lokalne protipožarne predpise (kjer je primerno) in/ali po posvetovanju z lokalno gasilsko službo.

Gasilska oprema se redno pregleduje, datum pregleda pa se zabeleži.

Osebe je usposobljeno za delovanje zagotovljene opreme.

12.3 Ukrepi v primeru požara

Vodikovi požari v visokotlačnih sistemih pogosto nastanejo na mestu izpusta, plamen pa ima značilnosti bakle ali curka. Takšne požare je zelo težko pogasiti.

Najučinkovitejši način gašenja vodikovega požara je zaprtje vira oskrbe z vodikom, če je to mogoče storiti varno.

Če vodika ni mogoče izolirati, se vodikovega požara ne sme gasiti, medtem ko se tok uhajajočega vodika nadaljuje, saj obstaja nevarnost nastanka eksplozije, ki je resnejša od samega požara. Okoliška oprema se med požarom po potrebi hladi z vodnimi curki ali razpršilci.

Vodikovi plameni so skoraj nevidni in imajo nizko sevalno toploto. Puščanje vodika (in morebitne lokacije požara) je mogoče razbrati iz hrupa. Požar je lahko razviden le iz opeklin/obarvanja

okoliškega materiala ali pa je viden šele, ko je temno. Domnevnemu požaru vodika se ne smete približati, preden se ne izolira vir. Če se je treba približati domnevnemu vodikovemu požaru, je treba uporabiti dodatne ukrepe za odkrivanje morebitnega plamena, na primer vnetljiv material, kot je papir ali tkanina, pritrjen na palico, ali infrardeči detektor temperature.

V nadaljevanju so navedene smernice, ki jih je treba uporabiti pri oblikovanju postopkov v nujnih primerih:

- sprožite alarm;
- evakuirajte vse osebe z nevarnega območja, razen tistih, ki so potrebne za odpravljanje posledic nesreče;
- pokličite pomoč in gasilce;
- če je to mogoče in varno, zaprite ventile, po možnosti na daljavo, če je to mogoče, da se prekine vir oskrbe z vodikom in
- ognju se vedno približujte iz smeri vetra.

OPOZORILO Nikoli ne poskušajte gasiti požara, če to ni varno.

13 Osebje

13.1 Osebna varovalna oprema

Osebna varovalna oprema (OVO) se izbere na podlagi ocenjenih tveganj pri uporabi opreme, glej EIGA dok. 136, *Izbira osebne varovalne opreme* [29].

Kadar osebje dela z vodikom, mora nositi ognjevarna in antistatična oblačila ter prevodno obutev, da se prepreči nastanek statične elektrike.

13.2 Usposabljanje osebja

Vso osebje, ki sodeluje pri delovanju in/ali vzdrževanju vodikovih postaj/sistemov, mora opraviti usposabljanje, primerno za delo, ki ga opravlja. Usposobljenost za usposabljanje se oceni in zabeleži. Za več informacij glej dokument EIGA 23, *Varnostno usposabljanje za zaposlene* [30].

Usposabljanje se organizira tako, da zajema vse vidike in potencialne nevarnosti, s katerimi se bo določen izvajalec verjetno srečal.

Usposabljanje med drugim vključuje:

- potencialne nevarnosti vodika;
- predpise za varnost na lokaciji;
- postopke v primeru nesreče;
- uporabo gasilske opreme in
- uporabo zaščitne obleke/pripomočkov, vključno s seti za dihanje, če so primerni.

Poleg tega so posamezniki deležni posebnega usposabljanja za dejavnosti, za katere so zaposleni.

Priporočljivo je, da se usposabljanje izvaja v okviru formaliziranega sistema in da se vodi evidenca o opravljenem usposabljanju in, če je mogoče, tudi o doseženih rezultatih, da se pokaže, kje je potrebno nadaljnje usposabljanje.

Program usposabljanja mora predvideti redne osvežitvene tečaje.

14 Uvedba v obratovanje

Pred začetkom kakršne koli dejavnosti dajanja v obratovanje mora sistem pregledati pristojna oseba, da preveri skladnost konstrukcije in opreme s projektnimi risbami in načrti, ter o tem izdati poročilo. Posebno pozornost je treba nameniti pregledu in preverjanju varnostnih/razbremenilnih naprav.

14.1 Preizkušanje

14.1.1 Tlačno preizkušanje

Po izdelavi se izvede tlačni preskus v skladu z nacionalnimi, mednarodnimi ali podjetniškimi predpisi, kot je PED [3]. Pred preskusom se namestijo sredstva za prikaz tlaka, primerna za preskusni tlak. Sprejeti je treba previdnostne ukrepe za preprečitev previsokega tlaka v sistemu med preskusom. Po vsakem hidravličnem preskusu se sistem/oprema izprazni in temeljito posuši ter preveri. Lokalni predpisi lahko po začetku obratovanja zahtevajo periodično preverjanje tlaka.

Če je določen pnevmatski preskus, se kot preskusni medij namesto zraka raje uporabi suhi dušik, predhodno pa se izvede nedestruktivni preskus, na primer rentgensko slikanje v skladu s projektno kodo. Preskusni tlak ne sme presežati 1,1-kratnika projektnega tlaka. Tlak v sistemu se postopoma povečuje do preskusnega tlaka. Vse napake, ugotovljene med preskusom, se odpravijo na odobren način.

Preskušanje se ponavlja, dokler se ne dobijo zadovoljivi rezultati.

Tlačne preskuse spremljajo odgovorne osebe, podpisana in izdana pa morajo biti ustrezna potrdila o preskusih. Takšna potrdila se hranijo za prihodnjo uporabo.

Merilni instrumenti, merilniki itd. se lahko med tlačnim preskusom odstranijo in se po končanem preskusu ponovno namestijo. Prepričajte se, da so vsi varnostni ventili, odstranjeni za tlačni preskus, zamenjani.

14.1.2 Preverjanje tesnosti

Preskus tesnosti običajno poteka istočasno s tlačnim preskusom, tako da se tlak drži določen čas in se preveri tesnost (na primer s tekočino za odkrivanje tesnosti, glej dokument EIGA 78, Tekočine za odkrivanje tesnosti s paketi plinskih jeklenk). Preskus tesnosti se običajno izvede z istim preskusnim medijem kot tlačni preskus pri nižjem tlaku.

Vendar zaradi njegove molekularne velikosti preskus tesnosti z dušikom morda ne bo zadostoval za zagotovitev tesnosti z vodikom. Na voljo sta dve možnosti:

- preskus tesnosti s helijem (običajno mešanica dušika in helija) v kombinaciji z detekcijo puščanja s helijem ali
- preskus z vodikom po preskusu puščanja z dušikom, najprej preskus pri nizkem tlaku in nato pri naraščajočem tlaku, pri čemer opazujte puščanje na vsaki točki.

14.2 Prepihovanje

Po tlačnem preskusu in pred vnosom vodika v kateri koli del sistema se iz sistema odstrani kisik na varno raven. Za preprečevanje navzkrižne kontaminacije čistilnih sistemov glej poglavje 6.2.

To se lahko doseže z izpraznitvijo, prepihovanjem ali vzpostavljanjem tlaka in odzračevanjem z inertnim plinom, običajno dušikom, čemur sledi preverjanje, ali je preostali kisik manjši od 1 %. Če se kot prepihovalni plin uporablja ogljikov dioksid, je treba upoštevati možnost nastanka suhega ledu in statične elektrike. Če se detektorji uporabljajo za merjenje vsebnosti kisika, morajo delovati v inertni atmosferi.

Za vsako vgradnjo je treba pripraviti postopke prepričevanja s posebnim sklicevanjem na ventile in opremo, da se zagotovi, da so vsi deli sistema varni za vnos vodika.

14.3 Zagon

Ko so zgornji postopki zadovoljivo opravljeni in so preverjene vse krmilne in varnostne naprave, je sistem pripravljen za vnos vodika v skladu z navodili za uporabo.

Ko je sistem pod obratovalnim tlakom, se na vseh spojih opravi dodaten preskus tesnosti, da se zagotovi tesnost pod vodikovimi pogoji. Uporabljajo se odobrene tekočine za odkrivanje puščanja, za več informacij glej dokument EIGA 78, Tekočine za odkrivanje tesnosti s paketi plinskih jeklenk [31].

14.4 Upravljanje

Za vsak sistem je treba pripraviti podrobna navodila za uporabo, ki vsebujejo vse potrebne tehnične informacije v jasni obliki (glej 6.2, 7.2, 8.2 in 9.2). Ta navodila se uporabijo v programu usposabljanja in so na voljo ustreznemu obratovalnemu osebju.

Delovno osebje mora nositi primerna oblačila (glej 12.1) in po potrebi zaščitno opremo.

15 Vzdrževanje in popravila

Za zagotavljanje varnega in pravilnega delovanja vodikovih sistemov je potreben sistematičen pristop k njihovem vzdrževanju.

Dušikovo omrežje se lahko uporablja kot varnostni sistem v primeru izpada električnega napajanja ali avtomatiziranega nadzora obrata ali v primeru požara. To je mogoče doseči z uporabo pnevmatskih ventilov, varnih pred izpadom, ki jih poganja dušik.

Postopki vzdrževanja/popravil morajo biti v skladu z običajno dobro inženirsko prakso z dodatnimi previdnostnimi ukrepi v zvezi z nevarnimi območji. Pozornost je treba nameniti zagotavljanju, da so sistemi ustrezno razbremenjeni, izolirani in prepričani, preden se izvede kakršno koli delo in izda dovoljenje za varno delo (glej 5.2). Metoda izolacije se izbere na podlagi analize tveganja, ki upošteva vse vidike vzdrževanja, na primer zaprti prostor, odprti zrak, puščanje ventila itd. Metode izolacije vključujejo na primer dvojno blokiranje in izpuščanje, fizični odklop itd.

Analiza vodika se po potrebi opravi z analizatorjem, ki lahko meri koncentracijo vodika v inertni atmosferi in je bil kalibriran s plinom, ki se uporablja za čiščenje.

OPOMBA Vodikovi senzorji, ki temeljijo na reakciji vodika s kisikom, se za to analizo ne uporabljajo.

Za vsak sistem je treba pripraviti podrobne programe vzdrževanja, ki se nanašajo na posamezne elemente opreme v sistemu. Uporabljajo se lahko naslednje smernice.

15.1 Dokumentacija

Vzpostaviti je treba sistem dokumentacije, ki vključuje naslednje informacije in upošteva ustrezne zahteve Direktive ATEX 1999/92/ES (glej tudi EIGA dok. 134), vključno z (vendar ne omejeno na) [5, 6]:

- diagrame toka;
- dokumentacijo o posodah;
- potrdila o tlačnem preskusu;

- navodila za uporabo;
- navodila za vzdrževanje proizvajalcev opreme;
- risbe opreme;
- risbe cevovodov (vključno z vsemi spremembami);
- razporedi materiala;
- podrobnosti o spremembah in odobritvah ter
- seznam priporočenih rezervnih delov.

Dokumentacija se hrani za celotno življenjsko dobo opreme. Informacije o zasnovi opreme je treba shraniti za poznejše sklicevanje.

15.2 Hramba dokumentov

Zagotovljen je ustrezen sistem za beleženje pogostosti in obsega vseh vzdrževalnih del in periodičnih preskusov. To mora vključevati način beleženja okvarjene ali sumljive opreme, da se zagotovi takojšnje in pravilno ukrepanje.

Če se izvedejo spremembe katerega koli dela sistema ali posameznih delov opreme, se zanje uporablja sistem upravljanja sprememb, glej EIGA dok. 51, *Upravljanje spremembe* [32].

15.3 Redni pregledi

Določijo se periodični pregledi s podrobnim opisom pregledov, nalog vzdrževanja in njihove pogostosti. Ključne postavke so naslednje:

- redni pregled
 - Ponovni tlačni preskus posod in cevovodnih sistemov:

Nekatere evropske države dovoljujejo nadomestitev hidravličnega preskusa za tlačne posode s preskusom z akustično emisijo (AET) in naknadnim ultrazvočnim preskusom za odkrivanje razpok (UT) pri določenem tlaku, na primer med 1,1 in 1,2-kratnikom običajnega delovnega tlaka, vendar ne več kot 1,1-kratnikom projektnega tlaka. Za več informacij o AET jeklenk glej ISO 16148, *Plinske jeklenke – Brezšivne jeklene jeklenke in cevi za ponovno polnjenje – Akustični emisijski pregled (AT) in nadaljnji ultrazvočni pregled (UT) za redne preglede in preskušanje* [33].

- Notranji pregled posod:

Notranji pregled posod vedno spremlja ali se izvede kot preskus odkrivanja razpok (z magnetnimi delci [MP] od znotraj ali UT od zunaj) na zvarih (100 % vzdolžnih in 100 % trojnih zvarov med vzdolžnimi in obodnimi zvari), da se zagotovi celovitost posode.

OPOMBA Nekatere evropske države dovoljujejo nadomestitev predpisanega notranjega kontrolnega preskusa za tlačne posode z ultrazvočnim preskusom zvarov za odkrivanje razpok (UT) (opravljenim z zunanje strani posode in z enako specifikacijo, kot je določena v projektnem kodeksu za nove posode). V tem primeru se je mogoče izogniti vstopu v posodo.

- sistemski pregledi tesnosti;
- preverjanje delovanja sistema za varnostno zaustavitev;

- preskušanje naprav za razbremenitev tlaka;
- preskušanje opreme za nadzor in spremljanje;
- preverjanje filtrov;
- preverjanje celovitosti električnega sistema/ozemljitve;
- skladnost opreme z zahtevami območja ATEX;

OPOMBA To je lahko obvezno v skladu z lokalnimi predpisi.

- vzdrževanje kompresorja;
- gibke cevi (glej 4.8);
- pleskanje;
- opozorila in
- označevanje cevi.

Nekateri zgoraj navedeni pregledi dopolnjujejo vse zakonske zahteve.

Dodatne informacije so na voljo v dokumentu EIGA 190, Upravljanje celovitosti obrata [34].

16 Reference

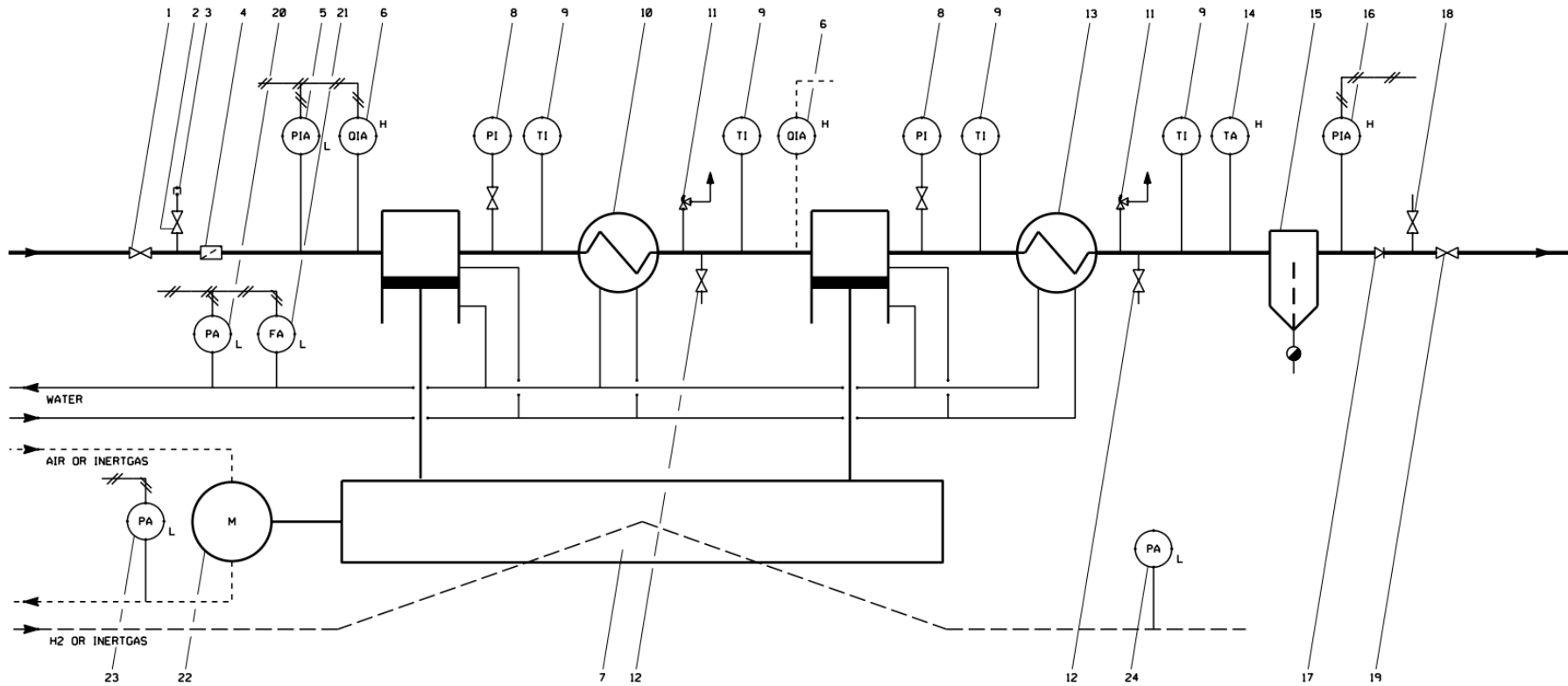
Če ni navedeno drugače, velja zadnja izdaja.

- [1] ISO 19880-1, *Plinasti vodik – Polnilne postaje – 1. del: Splošne zahteve*, [.www.iso.org](http://www.iso.org)
- [2] Kodeks ravnanja TUV/smernica 514, *Zahteve za vodikove polnilne postaje*, [.www.vdtuev.de](http://www.vdtuev.de)
- [3] Direktiva o tlačni opremi (2014/68/EU), [.www.europa.eu](http://www.europa.eu)
- [4] Direktiva o premični tlačni opremi (2010/35/EU), www.europa.eu
- [5] EU Direktiva 1999/92/ES o minimalnih zahtevah za izboljšanje varnosti in varovanja zdravja delavcev, ki so lahko ogroženi zaradi eksplozivnih atmosfer, [.www.europa.eu](http://www.europa.eu)
- [6] EIGA dok. 134, *Potencialno eksplozivne atmosfere – Direktiva EU 1999/92/ES*, [.www.eiga.eu](http://www.eiga.eu)
- [7] NFPA 68, *Standard za zaščito pred eksplozijo z deflagracijskim odzračevanjem*, [.www.nfpa.org](http://www.nfpa.org)
- [8] EN14491, *Zaščitni sistemi za odzračevanje ob eksploziji prahu*, [.www.cen.eu](http://www.cen.eu)
- [9] ASHRAE 62.1, *Prezračevanje za sprejemljivo kakovost zraka v zaprtih prostorih*, [.www.ashrae.org](http://www.ashrae.org)
- [10] BS 5925, *Kodeks ravnanja za načela prezračevanja in načrtovanje naravnega prezračevanja*, [.www.bsigroup.com](http://www.bsigroup.com)
- [11] API RP 500, *Priporočena praksa za razvrščanje lokacij za električne inštalacije v naftnih objektih, razvrščenih v razred I, oddelek 1 in oddelek 2*, [.www.apiwebstore.org](http://www.apiwebstore.org)

- [12] API RP 505, Priporočena praksa za razvrščanje lokacij za električne inštalacije v naftnih objektih, razvrščenih v razred I, cona 0, cona 1 in cona 2. [.www.apiwebstore.org](http://www.apiwebstore.org)
- [13] EN 13480, Kovinski industrijski cevovodi. [.www.cen.eu](http://www.cen.eu)
- [14] ASME B31.3, Procesni cevovodi. [.www.asme.org](http://www.asme.org)
- [15] ATEX Direktiva (2014/34/EU). [.www.europa.eu](http://www.europa.eu)
- [16] EIGA dok. 210, Zahteve za mehansko celovitost adsorberja na osnovi nihanja tlaka vodika (PSA). [.www.eiga.eu](http://www.eiga.eu)
- [17] ISO 13849-1, Varnost strojev – Z varnostjo povezani deli krmilnih sistemov – 1. del: Splošna načela načrtovanja. [.www.iso.org](http://www.iso.org)
- [18] EN 61511, Funkcionalna varnost – Varnostni sistemi za procesno industrijo. [.www.cen.eu](http://www.cen.eu)
- [19] Serijski standardi EN 61508 o Funkcijski varnosti. www.cen.eu
- [20] EIGA dok. 75, Določanje varnostnih razdalj. [.www.eiga.eu](http://www.eiga.eu)
- [21] EIGA dok. 127, Sistemi za skladiščenje utekočinjenega kisika, dušika in argona na proizvodnih lokacijah. www.eiga.eu
- [22] EIGA dok. 187, Smernice za lokacijo naseljenih stavb v industrijskih plinskih obratih. [.www.eiga.eu](http://www.eiga.eu)
- [23] EIGA dok. 40, Sistemi delovnih dovoljenj. [.www.eiga.eu](http://www.eiga.eu)
- [24] EIGA dok. 238, Preprečevanje navzkrižne kontaminacije instrumentov in plinskih sistemov v obratih. [.www.eiga.eu](http://www.eiga.eu)
- [25] Evropski sporazum o mednarodnem prevozu nevarnega blaga po cesti (ADR) (ADR). www.unece.org
- [26] EIGA dok. 236, Najboljše operativne prakse za polnjenje obratov. [.www.eiga.eu](http://www.eiga.eu)
- [27] EIGA dok. 63, Preprečevanje incidentov s premikom vozil. [.www.eiga.eu](http://www.eiga.eu)
- [28] EN 62305-3, Zaščita pred strelami. Fizična škoda na strukturah in nevarnost za življenje. [.www.cen.eu](http://www.cen.eu)
- [29] EIGA dok. 136, Izbiira osebne varovalne opreme. [.www.eiga.eu](http://www.eiga.eu)
- [30] EIGA dok. 23, Usposabljanje iz varnosti za zaposlene. [.www.eiga.eu](http://www.eiga.eu)
- [31] EIGA dok. 78, Paketi tekočin za preverjanje tesnosti za jeklenke. www.eiga.eu
- [32] EIGA dok. 51, Upravljanje sprememb. [.www.eiga.eu](http://www.eiga.eu)
- [33] ISO 16148, Plinske jeklenke – Brezšivne jeklene jeklenke in cevi za ponovno polnjenje – Akustični emisijski pregled (AT) in nadaljnji ultrazvočni pregled (UT) za redne preglede in preskušanje. [.www.iso.org](http://www.iso.org)
- [34] EIGA dok. 190, Upravljanje celovitosti obrata. [.www.eiga.eu](http://www.eiga.eu)

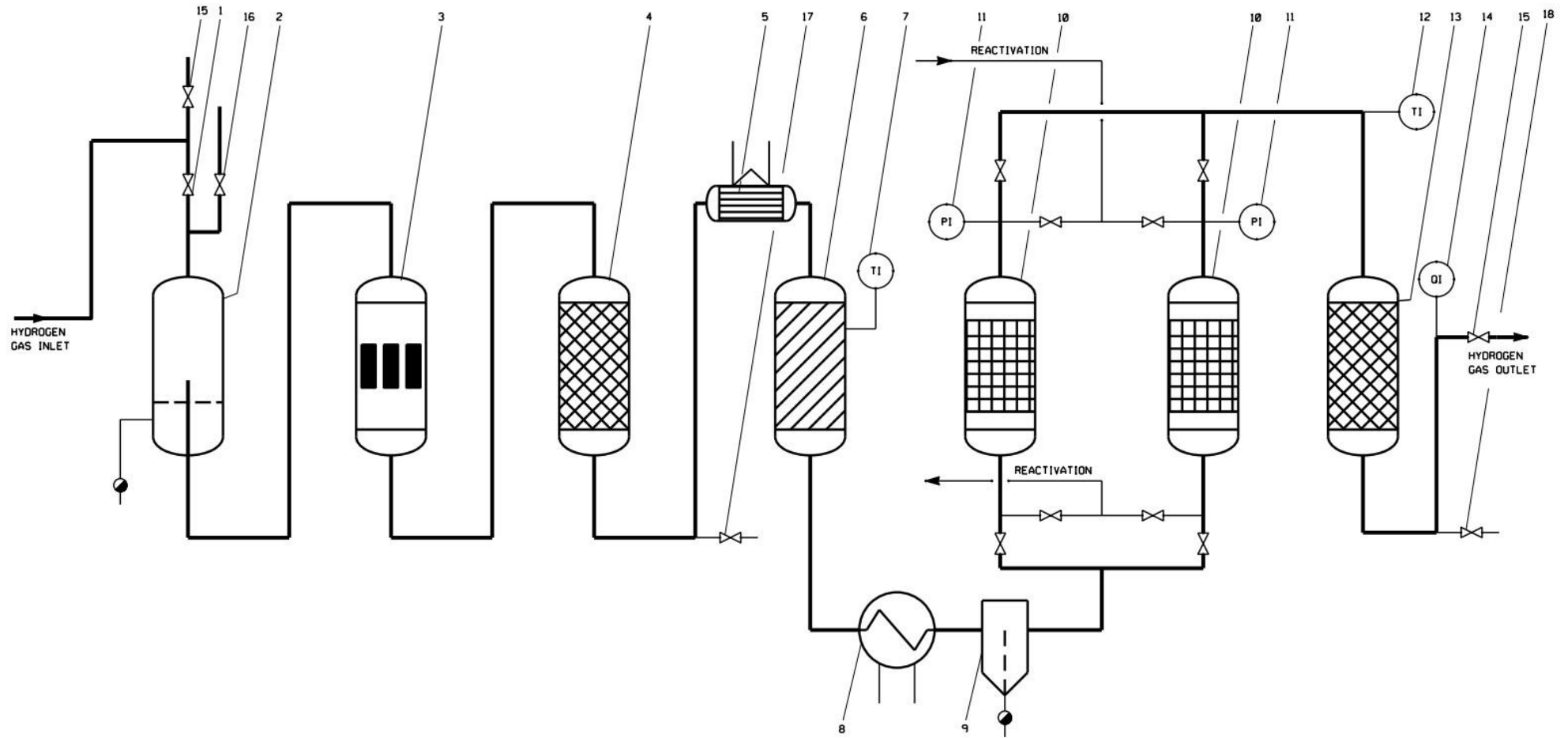
Dodatek 1: Diagram toka tipičnega sistema za stiskanje vodika

- | | | | | | |
|-------|--------------------------|----|-----------------------|--------|-----------------------|
| 1, 19 | MAIN ISOLATION VALVE | 7 | COMPRESSOR | 14 | TEMPERATURE ALARM |
| 2, 18 | PURGE VALVE | 8 | PRESSURE INDICATOR | 15 | SEPARATOR |
| 3 | SEALING DEVICE | 9 | TEMPERATURE INDICATOR | 17 | NON-RETURN VALVE |
| 4 | FILTER | 10 | INTERCOOLER | 20 | PRESSURE ALARM |
| 5, 16 | PRESSURE INDICATOR/ALARM | 11 | RELIEF VALVE | 21 | FLOW ALARM |
| 6 | ANALYSER | 12 | DRAIN VALVE | 22 | ELECTRIC MOTOR |
| | | 13 | AFTERCOOLER | 23, 24 | PRESSURE / FLOW ALARM |

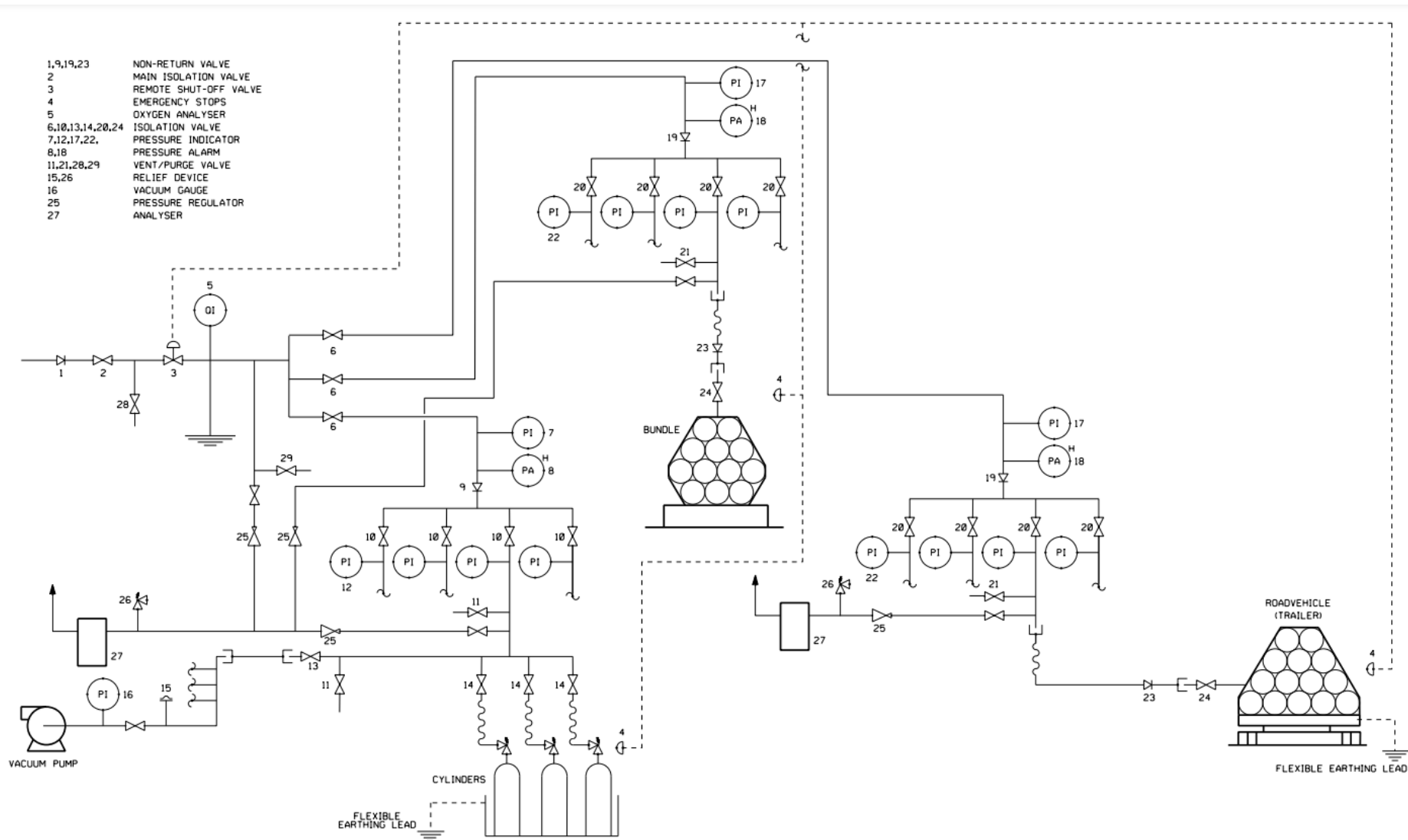


Dodatek 2: Diagram toka tipičnega sistema za prečiščevanje vodika

1, 15	MAIN ISOLATION VALVE	5	HEATER	9	SEPARATOR	16, 17, 18	VENT/PURGE VALVE
2	SEPARATOR	6	DEOXO CATALYSER	10	DRIERS		
3	FILTER (CHARCOAL)	7, 12	TEMPERATURE INDICATOR	11	PRESSURE INDICATOR		
4, 13	DUST FILTER	8	AFTERCOOLER	14	ANALYSER		



Dodatek 3: Diagram toka tipičnega sistema za polnjenje vodika



Dodatek 4: Diagram toka tipične skladiščne inštalacije na lokaciji odjemalca

