



REPUBLIKA SLOVENIJA  
MINISTRSTVO ZA OBRAMBO  
UPRAVA RS ZA ZAŠČITO IN REŠEVANJE  
Vojkova 61, 1000 Ljubljana

## **GRADIVO (delno)**

# **ZA PRIPRAVO NA STROKOVNI IZPIT IZ VARSTVA PRED POŽAROM**

Gradivo je namenjeno kandidatom za pripravo na strokovni izpit iz varstva pred požarom. Pripravljeno je na osnovi rezultatov raziskovalnega projekta "Razvoj učnih sredstev za ugotavljanje varstva pred požarom", ki ga je v okviru ciljnega raziskovalnega programa (CRP) »Znanje za varnost in mir 2006-2010« izdelala Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo.

Gradivo ne zajema vseh vsebin, ki jih morajo kandidati, skladno s Programom preizkusa znanja in strokovnega izpita za varstvo pred požarom, številka 603-9/2009-2 z dne 29.1.2009, poznati za uspešno opravljanje strokovnega izpita iz varstva pred požarom. Vsebine, označene z oznako »Dopolnilno gradivo«, so podane zgolj v informacijo.

Ljubljana, januar 2009

# Vsebina

---

1.	Predpisi s področja varstva pred požarom .....	4
1.1.	Uvod.....	4
1.2.	Zakon o varstvu pred požarom .....	4
1.2.1	Predpisi, izdani na podlagi Zakona o varstvu pred požarom .....	5
1.3.	Zakon o gasilstvu .....	6
1.3.1	Predpisi (nekateri), izdani na podlagi Zakona o gasilstvu.....	6
1.4.	Zakon o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami .....	6
1.4.1.	Predpisi (nekateri), izdani na podlagi Zakona o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami.....	7
1.5.	Zakon o graditvi objektov .....	7
1.5.1.	Predpisi (nekateri), izdani na podlagi Zakona o graditvi objektov .....	7
1.6.	Smernice, standardi in drugi dokumenti .....	8
1.6.1.	Standardi .....	8
1.7.	Viri – poglavje 1:.....	9
1.8.	Dodatna literatura.....	9
2.	<u>Osnove Gorenja in gašenja .....</u>	<u>10</u>
2.1.	Osnove gorenja.....	10
2.1.1.	Definicija gorenja .....	10
2.1.3.	Produkti gorenja.....	11
2.1.4.	Mehanizmi gorenja .....	12
2.1.5.	Gorenje plinov.....	14
2.1.6.	Gorenje tekočin.....	16
2.1.7.	Gorenje trdnih snovi.....	18
2.1.8.	Gorenje prahu .....	20
2.1.9.	Samodejno segrevanje in samovžig trdnih in tekočih snovi .....	21
2.2.	Razvoj požara .....	22
2.2.1.	Razvoj požara v objektu .....	22
2.2.2.	Vpliv gašenja na razvoj požara.....	25
2.2.3.	Značilne krivulje .....	25
2.2.4.	Dejavniki, ki vplivajo na intenziteto požara .....	26
2.2.5.	Mehanizmi širjenja požara po objektu .....	28
2.2.6.	Vpliv požarnih lastnosti gradbenih materialov in elementov na širjenje požara .....	31
2.3.	Eksplozije .....	32
2.3.1.	Definicija .....	32
2.3.2.	Vrste eksplozij glede na izvor .....	33
2.3.3.	Deflagracije in detonacije.....	36
2.3.4.	Eksplozije plinov in hlapov.....	36
2.3.5.	Eksplozije prahu in meglice .....	38
2.3.6.	Eksplozije v kondenzirani fazi.....	40
2.3.7.	Karakteristike eksplozivnih zmesi plina/hlapov in prahu z zrakom.....	42
2.4.	Gašenje.....	43
2.4.1.	Mehanizmi gašenja.....	43
2.4.2.	Pogasitev plamena .....	44
2.4.3.	Pogasitev žarenja .....	46
2.4.4.	Delitev požarov po standardu SIST EN 2.....	47
2.4.5.	Gasila.....	47
2.5.	Viri – poglavje 2:.....	50
3.	<u>Preventivni ukrepi varstva pred požarom .....</u>	<u>51</u>
3.1.	Uvod.....	51
3.2.	Vrste in lastnosti nevarnih snovi ter ravnanje z njimi .....	51
3.2.1.	Gorljive in vnetljive tekočine .....	51
3.2.2.	Gorljivi in vnetljivi plini.....	53
3.2.3.	Gorljive trdne snovi .....	54
3.2.4.	Eksplozivi.....	60
3.3.	Nevarnosti in tveganja v industriji, povezana z možnostjo nastanka požara in eksplozije.....	60
3.3.1.	Proizvodnja .....	61
3.3.2.	Skladiščenje.....	63
3.4.	Gradbeni ukrepi za preprečevanje in širjenje požara .....	66

3.4.1.	Požarna odpornost gradbenih elementov in konstrukcij.....	67
3.4.2.	Ukrepi za preprečevanje širjenja požara po objektu.....	69
3.4.3.	Ukrepi za preprečevanje širjenja požara med objekti.....	70
3.5.	Ocena požarnih nevarnosti in ocena ogroženosti.....	71
3.5.1.	Ocena požarne ogroženosti.....	72
3.5.2.	Metoda SIA.....	81
3.6.	Evakuacija.....	84
3.6.1.	Evakuacijski časi.....	84
3.6.2.	Vpliv vedenja ljudi na evakuacijo.....	85
3.6.3.	Zahteve za evakuacijske poti.....	87
3.7.	Organizacijski ukrepi.....	88
3.7.1.	Navodila za zagotavljanje požarne varnosti v objektu.....	90
3.9.	Usposabljanje zaposlenih.....	98
3.10.	Viri – poglavje 3:.....	100
3.11.	Dodatna literatura.....	101
<b>4.</b>	<b>Aktivni ukrepi varstva pred požarom.....</b>	<b>102</b>
4.1	Uvod.....	102
4.2	Odkrivanje, javljanje in alarmiranje.....	102
4.2.1	Dimni javljalniki.....	103
4.2.3	Plamenski javljalniki.....	105
4.2.4	Specialni javljalniki.....	105
4.2.5	Ročni javljalniki.....	105
4.2.6	Sistemi za odkrivanje in javljanje požarov.....	105
4.2.7	Požarna centrala.....	106
4.2.8	Alarmiranje.....	107
4.3.	Vgrajeni gasilni sistemi s tekočimi gasili, plini in praški.....	107
4.3.1	Vgrajeni gasilni sistemi z vodo.....	107
4.3.2.	Vgrajeni gasilni sistemi s peno.....	109
4.3.3.	Vgrajeni gasilni sistemi s plinastimi gasili.....	111
4.3.4.	Vgrajeni gasilni sistemi z gasilnim praškom.....	112
4.4.	Varnostna razsvetljava.....	113
4.5.	Odvod dima in toplote.....	113
4.5.1.	Zmanjšanje vidljivosti zaradi dima.....	114
4.5.2.	Ukrepi za nadzor nad dimom.....	114
4.6.	Viri – poglavje 4:.....	115
4.7.	Dodatna literatura.....	115
<b>5.</b>	<b>Oprema, naprave in druga sredstva za varstvo pred požarom.....</b>	<b>116</b>
5.1.	Uvod.....	116
5.2.	Razdelitev opreme, naprav in drugih sredstev za varstvo pred požarom.....	116
5.3.	Gasilniki.....	116
5.3.1.	Delitev gasilnikov glede na tlak v gasilniku.....	117
5.3.2.	Delitev gasilnikov glede na gasilni medij.....	118
5.3.3.	Postopki gašenja z gasilnikom.....	119
5.3.4.	Namestitev gasilnikov.....	119
5.3.5.	Določitev minimalnega števila gasilnikov.....	119
5.4.	Oskrba z vodo za gašenje.....	120
5.5.	Hidranti.....	120
5.5.1.	Zunanji hidranti.....	120
5.5.2.	Notranji hidranti.....	121
5.6.	Druga priročna sredstva za gašenje.....	122
5.7.	Oprema za gašenje požarov.....	122
5.8.	Gasilska vozila.....	123
5.9.	Dostopi za gasilska vozila.....	124
5.10.	Viri – poglavje 5:.....	125

# 1. PREDPISI S PODROČJA VARSTVA PRED POŽAROM

## 1.1. Uvod

V poglavju so navedeni ključni predpisi s področja varstva pred požarom, ki jih mora kandidat, ki želi opraviti strokovni izpit iz varstva pred požarom, poznati za uspešno opravljanje strokovnega izpita.

Poudariti velja, da so predpisi, navedeni v gradivu, veljavni na stanje januar 2009.

Za uspešno opravljen strokovni izpit iz varstva pred požarom je pogoj poznavanje trenutno veljavnih predpisov, ki določajo dejavnosti varstva pred požarom.

## 1.2. Zakon o varstvu pred požarom

### **Zakon o varstvu pred požarom (Uradni list RS, št. 3/07 – uradno prečiščeno besedilo)**

Zakon o varstvu pred požarom ureja sistem varstva pred požarom, ki obsega organiziranje, načrtovanje, izvajanje, nadzor ter financiranje dejavnosti in ukrepov varstva pred požarom. Zakon o varstvu pred požarom opredeljuje cilje dejavnosti in ukrepov varstva pred požarom, ki so varovanje ljudi, živali, premoženja in okolja pred požarom in eksplozijo.

Za uresničevanje ciljev iz prejšnjega odstavka je treba zagotoviti:

- načrtovanje in upoštevanje preventivnih ukrepov varstva pred požarom;
- odkrivanje, obveščanje, omejitev širjenja in učinkovito gašenje požara; varen umik ljudi in živali s požarno ogroženega območja; preprečevanje in zmanjševanje škodljivih posledic požara in eksplozije za ljudi, živali, premoženje in okolje; vzpostavitev ekonomskih razmerij med predpisanimi preventivnimi ukrepi varstva pred požarom in pričakovano požarno škodo.

Zakon o varstvu pred požarom obravnava naslednja področja:

1. Splošne določbe - 1. do 13. člen (4. člen: Cilji varstva pred požarom);
2. Programiranje in raziskovanje varstva pred požarom - 14. do 18. člen;
3. Izobraževanje za varstvo pred požarom - 19. člen;
4. Usposabljanje zaposlenih za varstvo pred požarom - 20. člen;
5. Usposabljanje prebivalstva za varstvo pred požarom - 21. člen;
6. Načrtovanje in izvajanje ukrepov varstva pred požari - 22. do 30. člen;
7. Požarno zavarovanje – 31. člen;
8. Informacijski sistem varstva pred požarom - 32. člen (ministrstvo, državni organi, pravne osebe in samostojni podjetniki);
9. Ukrepi varstva pred požarom:
  - 9.3.1. požarni red, načrt in pripravljenost sredstev - 35. člen,
  - 9.3.2. odgovorna oseba - 36. člen,
  - 9.3.3. požarna straža - 37. člen,
  - 9.3.4. oprema, naprave in druga sredstva za varstvo pred požarom - 38. člen,
  - 9.3.5. vzdrževanje gasilnih aparatov - 40. člen,
  - 9.3.6. nadzor vgrajenih sistemov - 41. člen,
  - 9.3.7. požarno varovanje premoženja - 42. člen,
  - 9.3.8. posebni ukrepi varstva pred požarom - 43. do 45. člen,
10. Upravna organiziranost varstva pred požarom:
  - 10.3.1. Uprava RS za zaščito in reševanje – 49. člen,
  - 10.3.2. Inšpektorat RS za varstvo pred naravnimi in drugimi nesrečami - 50 do 55. člen;
11. Financiranje - 58. člen (proračunska sredstva), 59. člen (požarna taksa), 60. člen (požarni davek);
12. Kazenske določbe - 61. do 65. člen.

### 1.2.1 Predpisi, izdani na podlagi Zakona o varstvu pred požarom

- Pravilnik o požarnem redu (Ur.l. RS, št. 52/2007) - določa objekte, za katere je treba izdelati požarni red, požarni načrt in načrt evakuacije, obveznosti delodajalca, vsebino in pogoje za izdelavo požarnega reda, požarnega načrta ter načrta evakuacije;
- Pravilnik o usposabljanju zaposlenih za varstvo pred požarom in o usposabljanju odgovornih oseb za izvajanje ukrepov varstva pred požarom (Ur.l. RS, št. 64/1995) – določa:
  - o vrste, način, periodičnost usposabljanja ter programe za usposabljanje in opravljanje preizkusa znanja zaposlenih na področju varstva pred požarom,
  - o pogoje, ki jih morajo izpolnjevati pravne ali fizične osebe za usposabljanje zaposlenih za varstvo pred požarom,
  - o način ter program usposabljanja pravnih in fizičnih oseb, ki se lahko pooblastijo za izvajanje ukrepov varstva pred požarom;
- Pravilnik o izbiri in namestitvi gasilnih aparatov (Ur.l. RS, št. 67/2005) - določa merila za izbiro in namestitve gasilnih aparatov (gasilnikov) za začetno gašenje požarov kot obvezne opreme stavb glede na požarno nevarnost in površino;
- Pravilnik o preizkušanju hidrantnih omrežij (Ur.l. RS, št. 22/1995) - določa pogoje, ki jih morajo izpolnjevati pravne in fizične osebe, ki preizkušajo hidrantna omrežja in izdajajo potrdila o njihovem brezhibnem delovanju, obseg preizkusa hidrantnih omrežij, način pridobitve pooblastila za preizkušanje hidrantnih omrežij, postopek preizkusa hidrantnih omrežij in redni tehnični nadzor nad hidrantnimi omrežji;
- Pravilnik o pregledovanju in preizkušanju vgrajenih sistemov aktivne požarne zaščite (Ur.l. RS, št. 45/2007) - določa pogoje, ki jih morajo izpolnjevati pravne in fizične osebe, da lahko izdajajo potrdila o brezhibnem delovanju vgrajenega sistema aktivne požarne zaščite, obseg pregleda in preizkusa vgrajenega sistema aktivne požarne zaščite, način pridobitve pooblastila za pregledovanje in preizkušanje vgrajenega sistema aktivne požarne zaščite, postopek pregleda in preizkusa vgrajenega sistema aktivne požarne zaščite in opravljanje rednega tehničnega nadzora nad vgrajenim sistemom aktivne požarne zaščite;
- Pravilnik o metodologiji za ugotavljanje ocene požarne ogroženosti (Ur.l. RS, št. 70/1996 in 5/1997) – določa metodologijo za izdelavo ocene požarne ogroženosti, ki zajema oceno o naravnem okolju, bivalnem okolju, industrijskem okolju, ki ni obremenjeno z nevarnimi snovmi, industrijskem okolju, obremenjenem z nevarnimi snovmi in v prometu.

STOPNJE POŽARNE OGROŽENOSTI	
stopnje	opis
1	zelo majhna požarna ogroženost
2	majhna požarna ogroženost
3	srednja požarna ogroženost
4	srednja do povečana požarna ogroženost
5	velika požarna ogroženost
6	zelo velika požarna ogroženost

- Pravilnik o grafičnih znakih za izdelavo prilog študij požarne varnosti in požarnih redov (Ur.l. RS, št. 138/2004) - določa grafične znake, ki se uporabljajo pri izdelavi grafičnih prilog študij požarne varnosti in grafičnih prilog požarnih redov (požarnih načrtov in načrtov evakuacije) ter barve grafičnih znakov;
- Pravilnik o študiji požarne varnosti (Uradni list RS, št. 28/2005, 66/2006 Odl. US: U-I\_202/05-11 in 132/2006) - določa vsebino študije požarne varnosti, objekte, za katere je izdelava študije obvezna in pogoje za izdelovalce študij;
- Uredba o varstvu pred požarom v naravnem okolju (Uradni list RS, št. 4/2006) - določa ukrepe varstva pred požarom v naravnem okolju ter opazovanje, obveščanje in posebne ukrepe ob veliki ter zelo veliki požarni ogroženosti;
- Pravilnik o minimalnih tehničnih in drugih pogojih za vzdrževanje ročnih in prevoznih gasilnih aparatov (Uradni list RS, št. 108/2004 in 116/2007);
- Pravilnik o požarnem varovanju (Uradni list RS, št. 107/2007);
- Uredba o požarni taksi (Uradni list RS, št. 34/2006).

### 1.3 *Zakon o gasilstvu*

#### **Zakon o gasilstvu - uradno prečiščeno besedilo /ZGas-UPB1/ (Uradni list RS, št. 113/05)**

Zakon o gasilstvu ureja naloge, organizacijo in status gasilstva. Glede na določila Zakona o gasilstvu je gasilstvo obvezna lokalna javna služba katere trajno in nemoteno opravljanje zagotavljajo občine in država. Gasilstvo je hkrati tudi humanitarna dejavnost, ki se opravlja v javnem interesu.

Zakon o gasilstvu določa:

1. Splošne določbe – 1. do 5. člen (2. člen: definicija gasilstva);
2. Nosilci in naloge gasilstva – 6. do 8. člen;
3. Gasilske enote – 9. do 11č. člen 10. člen: Osnovna merila);
4. Poklicne gasilske enote – 12. do 15. člen;
5. Prostovoljne gasilske enote v gasilskih društvih – 18. do 27. člen;
6. Gasilske enote v gospodarskih družbah – 28. in 29. člen (28. člen: ustanovitev gasilske enote v gospodarski družbi);
7. Izobraževanje in usposabljanje – 30. in 31. člen;
8. Gasilske zveze – 32. do 35. člen;
9. Gasilske intervencije – 36. do (42. in 43. člen: dolžnosti lastnikov oziroma uporabnikov in stroški intervencije);
10. Financiranje gasilstva – 44. člen;
11. Kazenske določbe – 45. in 46. člen.

#### **1.3.1 Predpisi (nekateri), izdani na podlagi Zakona o gasilstvu**

- Uredba o organiziranju, opremljanju in usposabljanju sil za zaščito, reševanje in pomoč (Uradni list RS, št. št. 92/2007) - določa merila za organiziranje, opremljanje in usposabljanje Civilne zaščite, gasilskih enot in drugih sil za zaščito, reševanje in pomoč ob naravnih in drugih nesrečah.
- Pravilnik o obveščanju in poročanju v sistemu varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami (Uradni list RS, št. 26/2008)
- Odredba o merilih za določanje povečane nevarnosti nastanka požara, eksplozije ali druge posebne nevarnosti (Uradni list RS, št. 38/2002) - določa merila za določanje povečane nevarnosti nastanka požara, eksplozije ali druge posebne nevarnosti v podjetjih, zavodih in drugih organizacijah, ki morajo ustanoviti gasilsko enoto.

### 1.4 *Zakon o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami*

#### **Zakon o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami - uradno prečiščeno besedilo /ZVNDN-UPB1 (Uradni list RS, št. 51/06)**

Zakon o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami ureja varstvo ljudi, živali, premoženja, kulturne dediščine ter okolja pred naravnimi in drugimi nesrečami.

Zakon o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami določa:

1. Splošne določbe – 1. do 14. člen
2. Dolžnosti in pravice državljanov – 15. do 35. člen
3. Pristojnost – 36. do 39. člen – (odgovornost lastnikov in uporabnikov)
4. Programiranje in načrtovanje – 40. do 47. člen
5. Opazovanje, obveščanje in alarmiranje – 48. do 56. člen
6. Zaščitni ukrepi – 59. do 69. člen
7. Osebna in vzajemna zaščita – 70. člen
8. Sile za zaščito, reševanje in pomoč – 71. do 91. člen
9. Upravljanje in vodenje – 92. do 99. člen
10. Naloge uprave – 100. do 102. člen
11. Inšpekcija – 103. člen
12. Poklicno delo in varnost pri delu – 104. do 108. člen

13. Izobraževanje in usposabljanje – 109. do 114. člen
14. Financiranje – 115. do 118. člen
15. Kazenske določbe – 119. do 121. člen
16. Prehodne določbe – 121. do 129. člen in 57. do 60. člen

### 1.4.1. Predpisi (nekateri), izdani na podlagi Zakona o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami

- Uredba o vsebini in izdelavi načrtov zaščite in reševanja (Uradni list RS, št. 3/02 (17/02 popr.), 17/06 in 76/08)
- Uredba o organizaciji in delovanju sistema opazovanja, obveščanja in alarmiranja (Uradni list RS, št. 105/07)
- Pravilnik o obveščanju in poročanju v sistemu varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami (Uradni list RS, št. 26/08)

## 1.5 Zakon o graditvi objektov

### Zakon o graditvi objektov (Uradni list RS, št. 102/2004 – uradno prečiščeno besedilo, 14/05 – popr., 93/05 – ZVMS, 111/05 - odl. US in 126/2007)

Zakon o graditvi objektov ureja pogoje za graditev vseh objektov, določa bistvene zahteve in njihovo izpolnjevanje glede lastnosti objektov, predpisuje način in pogoje za opravljanje dejavnosti, ki so v zvezi z graditvijo objektov, ureja organizacijo in delovno področje dveh poklicnih zbornic, ureja inšpekcijsko nadzorstvo, določa sankcije za prekrške, ki so v zvezi z graditvijo objektov ter ureja druga vprašanja, povezana z graditvijo objektov.

Na podlagi Zakona o graditvi objektov in Pravilnika o požarni varnosti v stavbah so v Sloveniji obravnavana naslednja področja:

- širjenje požara na sosednje stavbe,
- nosilnost konstrukcije ter širjenje požara in dima po stavbah,
- evakuacijske poti in sistemi za javljanje ter alarmiranje in
- naprave za gašenje in dostop gasilcev. Z gradbenimi predpisi se za posamezne vrste objektov določijo njihove tehnične značilnosti tako, da ti objekti glede na svoj namen izpolnjujejo eno, več ali vse naslednje bistvene zahteve:
  - mehanske odpornosti in stabilnosti,
  - varnosti pred požarom, higienske in zdravstvene zaščite in zaščite okolice, varnosti pri uporabi, zaščite pred hrupom invarčevanja z energijo in ohranjanja toplote.

Zakon o graditvi objektov obravnava področje varstva pred požarom z vidika:

- delitve objektov glede na zahtevnost gradnje in vzdrževanja, kjer se le ti razvrščajo na zahtevne, manj zahtevne, nezahtevne in enostavne objekte (8. člen),
- izdajanja gradbenih predpisov, kjer se za posamezne vrste objektov določijo njihove tehnične značilnosti tako, da ti objekti glede na svoj namen izpolnjujejo med drugim tudi zahteve varnosti pred požarom (9. člen),
- načrtov in elaboratov, ki sestavljajo projektno dokumentacijo pri gradnji objektov kot npr. elaborat - študija požarne varnosti (36., 36. a člen),
- temeljne zahteve projektiranja, kjer je pri projektiranju objektov med drugim treba upoštevati tudi zahteve varstva pred požarom (48. člen),
- ugotovitve pri tehničnem pregledu (95. člen).

### 1.5.1. Predpisi (nekateri), izdani na podlagi Zakona o graditvi objektov

Na podlagi Zakona o graditvi objektov je bil izdan Pravilnik o požarni varnosti v stavbah (Uradni list RS, št. 31/2004, 10/2005, 83/2005 in 14/2007) in Tehnična smernica za graditev TSG-1-001:2007 Požarna varnost v stavbah.

Pravilnik o požarni varnosti v stavbah določa ukrepe, ki jih je treba izvesti, da bi stavbe izpolnjevale gradbene zahteve za zagotovitev požarne varnosti in katerih cilj je omejiti ogrožanje ljudi, živali in

premoženja v stavbah ter uporabnikov sosednjih objektov in posameznikov, ki se v času požara nahajajo v neposredni bližini stavb, omejiti ogrožanje okolja ter omogočati učinkovito ukrepanje gasilskih ekip, ki sodelujejo pri omejitvi posledic požara, ne da bi bili po nepotrebnem ogroženi življenje in zdravje njihovih članov. Pravilnik o požarni varnosti v stavbah opredeljuje tudi izkaz požarne varnosti stavbe, ki je obvezna priloga dokazila o zanesljivosti objekta, kot je ta določen v zakonu o graditvi objektov. Izkaz je obrazec, ki predstavlja povzetek vsebine strokovnega dela študije požarne varnosti oziroma ostalih načrtov

### 1.6. Smernice, standardi in drugi dokumenti

Na področju varstva pred požarom kot tudi na drugih področjih, uporabljamo za opredelitev podrobnih zahtev in detajlov smernice in standarde. Namen smernic je vzpostavitev praktičnih navodil za izvajanje ukrepov na posameznih področjih, dokumenti pa morajo odražati zadnje stanje tehnike.

Na področju varstva pred požarom je bila izdana tehnična smernica za graditev TSG-1-001:2007 Požarna varnost v stavbah, ki vsebuje naslednje zahteve iz Pravilnika o požarni varnosti v stavbah (Uradni list RS, št. 31/04, 10/05, 83/05 in 14/07):

- širjenje požara na sosednje objekte,
- nosilnost konstrukcije ter širjenje požara po stavbah,
- evakuacijske poti in sistemi za javljanje ter alarmiranje,
- naprave za gašenje in dostop gasilcev.

Smernica je namenjena projektantom požarnovarnostnih ukrepov v objektih.

Poleg omenjene tehnične smernice se lahko, pod določenimi pogoji, uporabljajo tudi smernice Slovenskega združenja za požarno varnost (vir: [www.szpv.si](http://www.szpv.si)). Med tujimi smernicami, ki so v slovenskem prostoru v veljavi, velja omeniti smernice CFFPA (Confederation of Fire Protection Association, vir: <http://www.cfpa-e.org/>) in smernice NFPA (National Fire Protection Association, vir: [www.nfpa.org](http://www.nfpa.org)).

#### 1.6.1. Standardi

Predpise dopolnjujejo standardi. Standard je načeloma neobvezen dokument, obvezen postane, ko je opredeljen s predpisom. V nadaljevanju je naštetih nekaj standardov, ki dopolnjujejo predpise in jih uporabljamo za izvajanje nalog, vezanih na zagotavljanje požarne varnosti v objektu in v podjetjih.

- SIST 1013:1996 (sl) - Požarna zaščita - Varnostni znaki - Evakuacijska pot, naprave za gašenje in ročni javljalniki požara;
- SIST EN 2:1995/A1:2005 - Klasifikacija požarov;
- SIST EN 3-7:2004 - Prenosni gasilniki - 7. del: Lastnosti, zahteve za obnašanje v uporabi in preskusne metode;
- SIST EN 13501 del 1 in 2: 2003 (en) - Požarna klasifikacija gradbenih materialov in gradbenih elementov;
- SIST ISO 8421-1: 1995 (sl) - Požarna zaščita - Slovar - 1. del: Splošni izrazi in pojavi pri požaru;
- SIST ISO 8421-2: 1995 (sl) - Požarna zaščita - Slovar - 2. del: Požarna zaščita konstrukcij;
- SIST ISO 8421-3: 1995 (sl) - Požarna zaščita - Slovar - 3. del: Odkrivanje in javljanje požara in alarmiranje požara;
- SIST ISO 8421-4: 1999 (sl) - Požarna zaščita - Slovar - 5. del: Naprave in sredstva za gašenje požarov;
- SIST ISO 8421-5: 1995 (sl) - Požarna zaščita - Slovar - 5. del: Nadzor dima;
- SIST ISO 8421-6: 1995 (sl) - Požarna zaščita - Slovar - 6. del: Evakuacija in sredstva za umik;
- SIST ISO 8421-7: 1999 (sl) - Požarna zaščita - Slovar - 7. del: Sredstva za odkrivanje in dušenje eksplozij;
- SIST ISO 8421-8: 1999 (sl) - Požarna zaščita - Slovar - 8. del: Izrazi, ki so specifični za gašenje požara, reševalne službe in ravnanja z nevarnimi snovmi;
- SIST ISO 3261: 1995 (sl) - Požarni preskusi – Slovar;
- SIST ISO 3864:1995 (en) - Opozorilne barve in opozorilni znaki;



- SIST ISO 6790:1995 (en) - Oprema za požarno zaščito - Grafični simboli za požarne načrte – Specifikacija;
- SIST DIN 14090: 1996 (de) - Površine za gasilce ob zgradbah.

### 1.7. Viri – poglavje 1:

- Zakon o varstvu pred požarom (Uradni list RS, št. 3/07 – uradno prečiščeno besedilo)
- Zakon o graditvi objektov (Uradni list RS, št. 102/2004 – uradno prečiščeno besedilo, 14/05 – popr - 93/05 – ZVMS, 111/05 - odl. US in 126/2007)
- Zakon o gasilstvu - uradno prečiščeno besedilo /ZGas-UPB1/ (Uradni list RS, št. 113/05)
- Zakon o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami - uradno prečiščeno besedilo /ZVNDN-UPB1 (Uradni list RS, št. 51/06)
- Pravilnik o požarnem redu (Ur.l. RS, št. 52/2007)
- Pravilnik o usposabljanju zaposlenih za varstvo pred požarom in o usposabljanju odgovornih oseb za izvajanje ukrepov varstva pred požarom (Ur.l. RS, št. 64/1995)
- Pravilnik o izbiri in namestitvi gasilnih aparatov (Ur.l. RS, št. 67/2005)
- Pravilnik o preizkušanju hidrantnih omrežij (Ur.l. RS, št. 22/1995)
- Pravilnik o pregledovanju in preizkušanju vgrajenih sistemov aktivne požarne zaščite (Ur.l. RS, št. 45/2007)
- Pravilnik o metodologiji za ugotavljanje ocene požarne ogroženosti (Ur.l. RS, št. 70/1996 in 5/1997)
- Pravilnik o grafičnih znakih za izdelavo prilog študij požarne varnosti in požarnih redov (Ur.l. RS, št. 138/2004)
- Pravilnik o študiji požarne varnosti (Uradni list RS, št. 28/2005, 66/2006 Odl. US: U-I\_202/05-11 in 132/2006)
- Uredba o varstvu pred požarom v naravnem okolju (Ur.l. RS, št. 4/2006)
- Pravilnik o minimalnih tehničnih in drugih pogojih za vzdrževanje ročnih in prevoznih gasilnih aparatov (Uradni list RS, št. 108/2004 in 116/2007)
- Pravilnik o požarnem varovanju (Uradni list RS, št. 107/2007)
- Uredba o požarni taksi (Uradni list RS, št. 34/2006)
- Pravilnik o požarni varnosti v stavbah (Uradni list RS, št. 31/2004, 10/2005, 83/2005 in 14/2007)
- Tehnična smernica za graditev TSG-1-001:2007 Požarna varnost v stavbah.
- Pravilnik o projektni dokumentaciji (Ur.l. RS, št. 55/2008)
- Pravilnik o dokazilu o zanesljivosti objekta (Ur.l. RS, št. 55/2008)
- Uredba o organiziranju, opremljanju in usposabljanju sil za zaščito, reševanje in pomoč (Uradni list RS, št. št. 92/2007)
- Pravilnik o obveščanju in poročanju v sistemu varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami, (Uradni list RS, št. 26/2008)
- Odredba o merilih za določanje povečane nevarnosti nastanka požara, eksplozije ali druge posebne nevarnosti (Uradni list RS, št. 38/2002)
- Uredba o vsebini in izdelavi načrtov zaščite in reševanja (Uradni list RS, št. 3/02 (17/02 popr.), 17/06 in 76/08)
- Uredba o organizaciji in delovanju sistema opazovanja, obveščanja in alarmiranja (Uradni list RS, št. 105/07)
- Pravilnik o obveščanju in poročanju v sistemu varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami (Uradni list RS, št. 26/08)

### 1.8. Dodatna literatura

Dodatne informacije in podatke o specifičnih predpisih na področju varstva pred požarom lahko bralec najde v standardih DIN ter smernicah CEA, VdS, NFPA, SIA, SZPV, CFPA ipd.

## 2. OSNOVE GORENJA IN GAŠENJA

### 2.1. Osnove gorenja

#### 2.1.1. Definicija gorenja

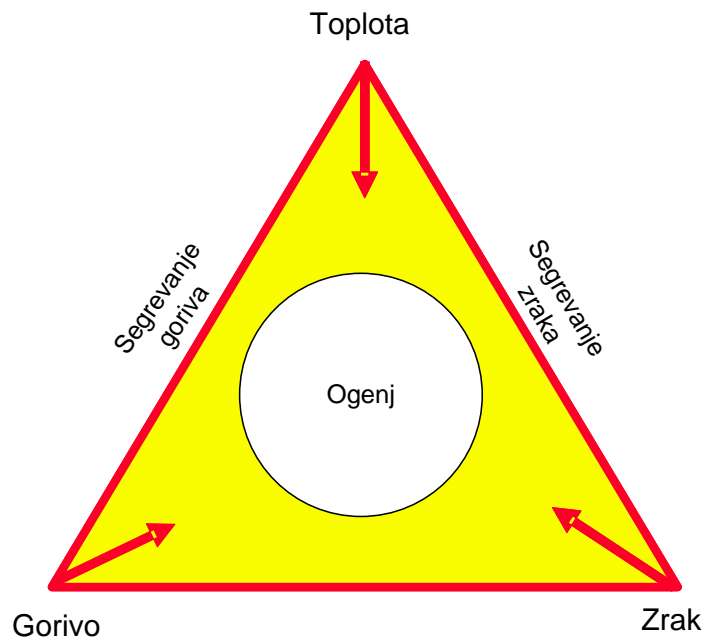
**Gorenje**<sup>5</sup> je eksotermna kemijska reakcija med gorljivo snovjo in oksidacijskim sredstvom, v večini primerov je to kisik iz zraka. Gorljiv material mora biti segret na vžigno temperaturo. Do pričetka gorenja lahko pride zaradi samodejnega vžiga gorljivega materiala ali zaradi zunanjega vira vžiga. Pri gorenju se sprošča toplota.

#### 2.1.2. Trikotnik gorenja

Do gorenja pride le, če so istočasno v zadostnih količinah oz. koncentracijah prisotni<sup>5</sup>:

- gorljiv material (gorivo)
- oksidacijsko sredstvo (kisik, zrak ali oksidant)
- vir toplote oziroma vžiga

Gorivo, kisik in toplota so trije bistveni elementi gorenja in tvorijo **trikotnik gorenja** (slika 2-1).



Slika 2-1: Trikotnik gorenja

Kot **gorivo** nastopajo materiali, ki se zaradi svoje kemijske sestave lahko oksidirajo. To so predvsem materiali, ki jih sestavljata pretežno ogljik in vodik. Večina gorljivih trdnih organskih snovi ter vnetljivih tekočin in plinov vsebuje visok procent ogljika in vodika. V nadaljevanju bomo videli, da se lahko razen ogljika in vodika oksidirajo tudi drugi kemijski elementi (nekovine in kovine).

Kot **oksidacijsko sredstvo** pri gorenju v večini primerov nastopa kisik iz zraka. En volumski delež zraka vsebuje poprečno 1/5 (21%) kisika in 4/5 (79%) dušika. Pri določenih pogojih (segrevanje) lahko oddajajo kisik tudi posamezni materiali, ki so znani pod imenom oksidanti npr. kalijev permanganat razpade, vodikov peroksid idr.

Nekatere snovi imajo kisik vgrajen v svojo strukturo, tako da za gorenje ni potreben zunanji kisik (npr. etilenoksid, piroksilin idr.). Zato oksidacija (gorenje) teh snovi lahko poteka tudi v atmosferi plinov za inertizacijo, kot so ogljikov dioksid, dušik in inertni plini.

Aluminij in magnezij v prahu se lahko "vžgeta" ob stiku z vodo. Pri reakciji oz. oksidaciji Al ali Mg z vodo zaradi visoke temperature nastane vodik, sprošča pa se toplota. Pojavu, kjer voda razpade na vodik in kisik zaradi dovedene toplote, rečemo termična disociacija.

Cirkonijev prah se lahko vžge tudi v atmosferi ogljikovega dioksida.

**Toplota** je potrebna za zagotovitev poteka reakcij oksidacije, in sicer<sup>5</sup>:

- za segrevanje do vžigne temperature,
- pri trdnih in tekočih snoveh za nastanek hlapov (izparevanje) in nastanek plinskih razkrojnih produktov (piroliza),
- za cepljenje vezi pri molekulah gorljivih snovi in kisika (aktivacijska energija).

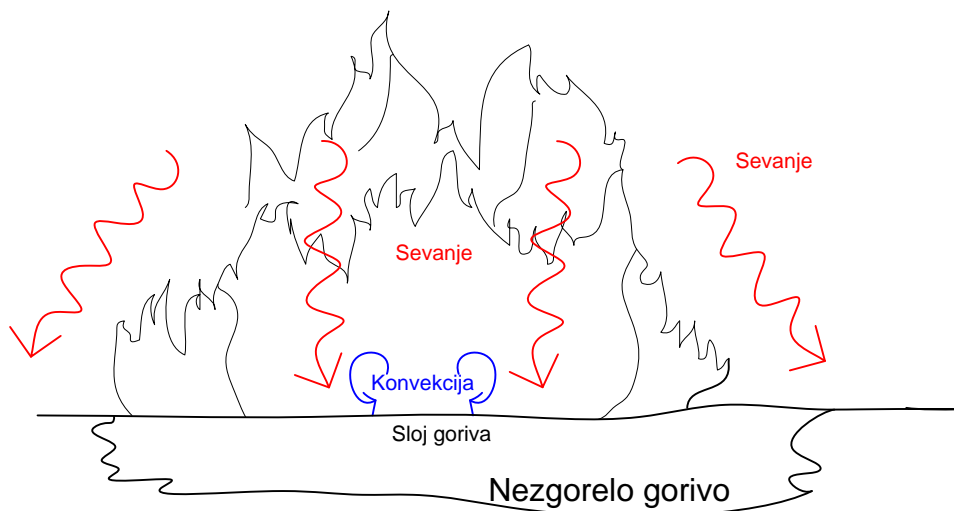
Gorenje se bo nadaljevalo, dokler:

1. ne pogori ves gorljivi material ali ne odstranimo gorljivega materiala,
2. koncentracija oksidacijskega sredstva ne pade pod koncentracijo, ki je še potrebna za vzdrževanje gorenja (oksidacijsko sredstvo se porabi ali pa ga izpodrinemo z inertnimi plini),
3. ne ohladimo gorljivega materiala pod vžigno temperaturo,
4. ne inhibiramo plamenov s kemijskimi sredstvi.

### 2.1.3. Produkti gorenja

Pri gorenju se sproščajo toplota, svetloba in dim.

Pri gorenju potekajo tako endotermne reakcije (toplota se porablja) kot tudi eksotermne reakcije (toplota se sprošča), vendar se več toplote sprosti kot pa se je porabi, zato je gorenje **eksotermna reakcija**<sup>5</sup>. Proces gorenja poteka zelo hitro. Ker se sproščena toplota ne more hitro odvajati, temperatura reaktantov narašča. Zaradi vpliva pri gorenju sproščene toplote, ki se z mesta pričetka požara s kondukcijo, konvekcijo in sevanjem širi na gorljive materiale v neposredni okolici (segrevanje, pirolizira, izhlapevanje gorljivih snovi) se zagotavlja vzdrževanje in širjenje gorenja (Slika 2-2).



Slika 2-2: Širjenje gorenja

Če gorenje poteka pri visokih temperaturah in prebitku kisika (dobro prezračevanje), pride do **popolnega sežiga** gorljivih snovi. To pomeni, da se ves ogljik v gorljivih snoveh spremeni v ogljikov dioksid, vodik v vodno paro, ostali elementi, kot sta npr. žveplo in dušik, pa v žveplove oz. dušikove okside.

V večini primerov pri gorenju oz. požaru ne pride do popolnega sežiga<sup>5</sup>. Pri **nepopolnem sežigu** poleg navedenih oksidov nastajajo tudi vmesni produkti, ki nastanejo pri razkroju večjih kompleksnih molekul in zaradi pomanjkanja kisika ali prenizke temperature ne reagirajo s kisikom, ampak ostanejo nespremenjeni. Pri nepopolnem sežigu posameznih materialov nastajajo različni vmesni razkrojni produkti, npr.: vodikov cianid pri volni ali svili; akrolein pri petroleju; ocetna kislina pri lesu in papirju; ogljik ali ogljikov oksid pri snoveh, ki vsebujejo ogljik. Pri poteku požara običajno temperatura raste, zato se večina teh produktov, ki so pogosto toksični, razkroji.

**Dim** predstavlja disperzijo trdnih in tekočih delcev v nosilnem plinu, ki ga sestavljajo plinski produkti gorenja in zrak. Tekoči delci so katranu podobne kapljice ali meglica, ki jo sestavljajo tekoči produkti pirolize ali delno oksidirani produkti in voda. Trdne delce pa predstavljajo predvsem različne oblike elementarnega ogljika.

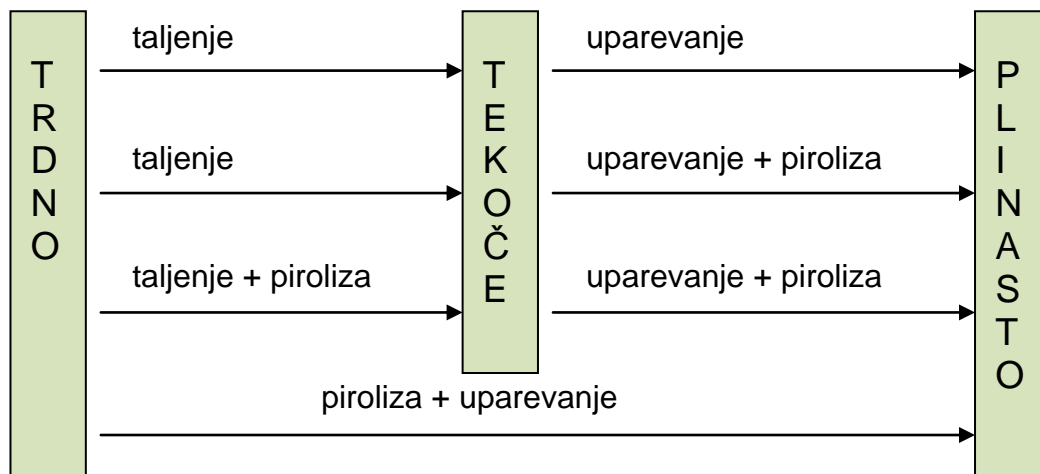
### 2.1.4. Mehanizmi gorenja

Razlaga o gorenju s pomočjo trikotnika gorenja predstavlja precejšnjo poenostavitev in se uporablja predvsem za lažje razumevanje osnovnih principov gorenja. Dejansko pa je gorenje precej bolj zapleten proces. Poznamo dva osnovna mehanizma gorenja<sup>5</sup>:

1. **gorenje s plamenom**
2. **gorenje s tlenjem/žarenjem**

#### 2.1.4.1. Gorenje s plamenom

S plamenom gorijo plini in hlapi. Tudi tekočine in trdne snovi gorijo s plamenom - gorenje v plinski fazi. Gorenje pri tekočinah poteka tako, da zaradi delovanja toplote pride do nastanka zadostne količine hlapov. Gorijo hlapi in ne tekočina. Tudi pri trdnih snoveh v večini primerov (izjema je žarenje) poteka gorenje plinastih produktov, ki nastanejo pri uparivanju in pirolizi trdnih gorljivih snovi<sup>2</sup>.

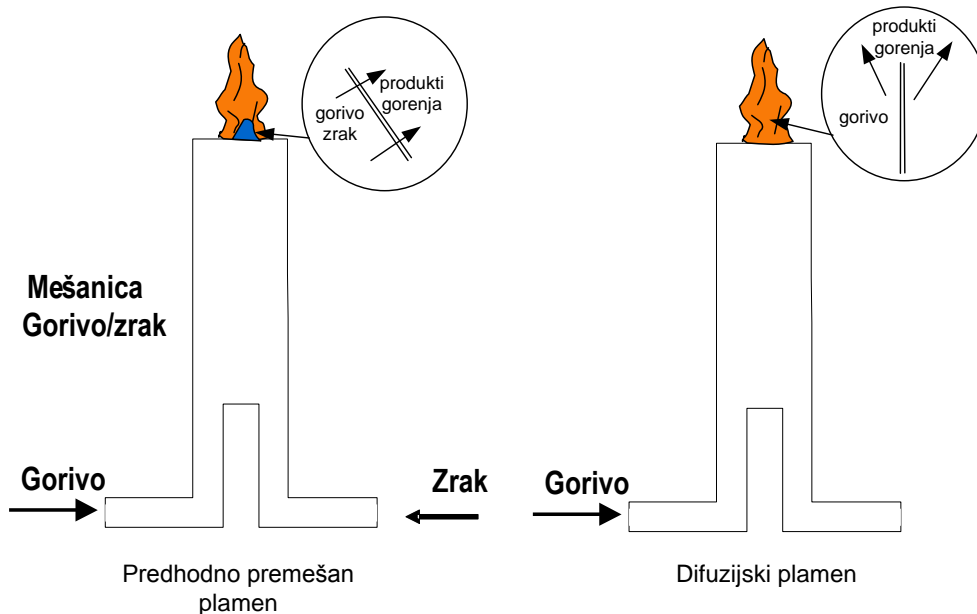


Plinasto gorivo, ki nastaja pri pirolizi trdnega goriva je zmes številnih snovi. Nekatere od teh so plini ali lahko hlapljive tekočine in jih sestavljajo večinoma enostavne molekule (vodik, ogljikov oksid, etilen). Drugi, manjši del pa so tekočine z veliko molekularno maso, ki so težko hlapljive in izhlapevajo samo pri visoki temperaturi na površini trdne snovi. Pri gorenju tudi te snovi zgorijo v plamenu.

Pri gorenju je za potek pirolize potrebna toplota, ki kot pri gorenju tekočin prihaja iz gorenja s plamenom v neposredni bližini. Hitrost zgorevanja je odvisna od hitrosti uplinjanja.

Gorenje s plamenom poteka v plinski fazi in ga imenujemo tudi **homogeno gorenje**. Za to gorenje so značilni plameni. S plameni gorijo gorljivi plini in hlapi tekočine, pri trdnih snoveh pa gorijo gorljivi hlapni in plinski produkti termičnega razkroja. Plameni so lahko "predhodno premešani" ali pa "difuzijski".

Na sliki 2-3 sta na primeru Bunsenovega gorilnika prikazana oba tipa gorenja s plamenom. Če je na gorilniku zaprt dovod zraka, poteka gorenje z rumenim difuzijskim plamenom. Zrak vstopa v reakcijsko območje iz okolice plamena. Kisika ni dovolj za popolno zgorevanje, zato je zgorevanje plina nezadostno in je temperatura plamena nižja (plamen je rumene barve). Pri odprtem dovodu zraka na gorilniku pa poteka gorenje z modrim predhodno premešanim plamenom. Na razpolago je dovolj kisika, zato je izgorevanje popolno in je temperatura plamena višja (plamen je moder).



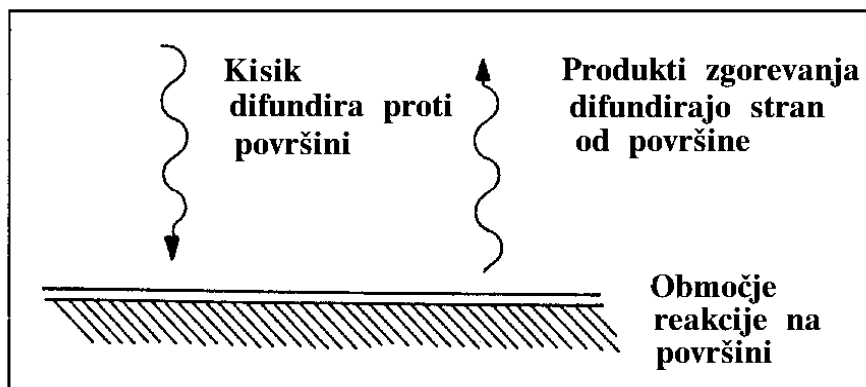
Slika 2-3: Gorenje Bunsenovega gorilnika

### 2.1.4.2. Gorenje s tlenjem/žarenjem

Gorenje s tlenjem/žarenjem poteka na površini gorljivih trdnih snovi, zato ga označujemo tudi kot **heterogeno gorenje**<sup>5</sup>. Na ta način gorijo trdni kemijski elementi: nekovine in kovine.

Ta mehanizem srečamo tudi pri gorenju trdnih materialov, ki so sestavljeni pretežno iz ogljika in vodika ter pri pirolizi tvorijo poleg tekočih in plinskih produktov tudi trdni produkt - oglje. Po končani pirolizi in ko pogorijo plinski produkti pirolize, preostane sloj oglja. Oglje predstavlja elementarni ogljik in gori po mehanizmu heterogenega gorenja. V to skupino materialov spadajo materiali, kot so npr.: papir, celulozna vlakna, žaganje, vlaknene plošče, les in lesni izdelki, kavčuk in izdelki iz gume.

Za gorenje s tlenjem je značilno, da gorijo kemijski elementi (ogljik, aluminij, magnezij, fosfor ipd) in da ni plamenov. Hitrost gorenja je odvisna predvsem od prenosa kisika iz glavne mase okoliškega zraka do površine trdnega kemijskega elementa (npr. oglja) ali drugače povedano v glavnem od molekularne difuzije kisika (slika 2-4).



Slika 2-4: Shematski prikaz heterogenega gorenja

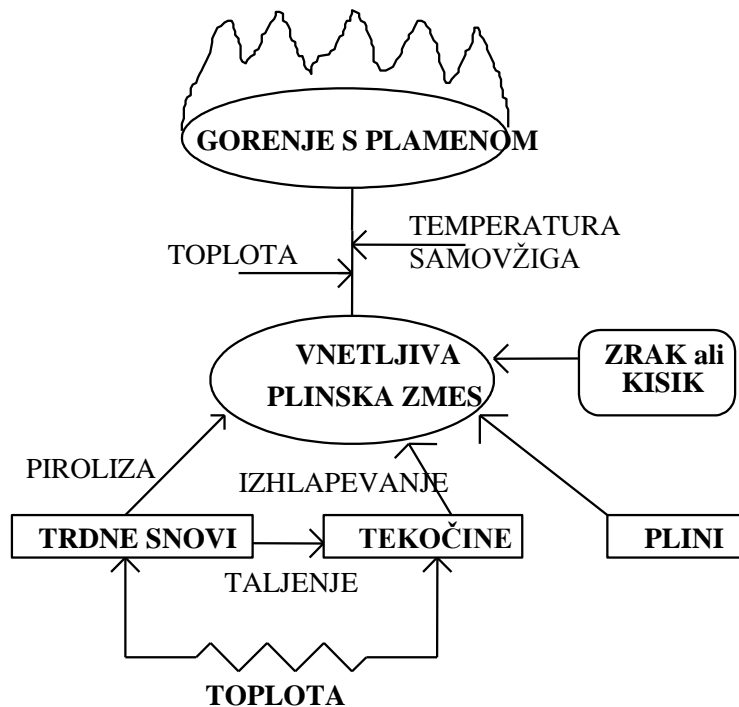
### 2.1.5. Gorenje plinov

V primerjavi z gorenjem trdnih in tekočih snovi je gorenje plinov "enostavnejši" proces. Molekule gorljivih plinov in kisika se gibljejo v prostoru, pri čemer pride do medsebojnih trkov<sup>5</sup>. Do začetka reakcije oksidacije pride, če so izpolnjeni pogoji glede aktivacijskih energij za cepitev vezi v molekulah gorljivih plinov in kisika (segrevanje, zunanji vir vžiga) in koncentracij reaktantov. Ko pride do vžiga, poteka gorenje plinov po mehanizmu gorenja s plamenom. V plinski fazi gorijo tudi vnetljive tekočine (hlapi) in v večini primerov tudi trdne snovi, razen gorenja z žarenjem.

Za gorenje plinov so najpomembnejše naslednje lastnosti:

1. temperatura vžiga
2. spodnja meja vnetljivosti
3. zgornja meja vnetljivosti
4. gostota hlapov
5. temperatura samovžiga

Pri plinih pride do začetka gorenja zaradi reakcije med molekulami gorljivega plina in kisika/oksidanta (slika 2-5). Tudi pri tekočinah pride do vžiga oz. začetka gorenja v plinski fazi. Tekočino oz. trdno snov moramo najprej segreti, da spremenimo zadostno količino gorljive tekočine oz. trdne snovi v hlape, tako da nastane v bližini površine zmes vnetljivih hlapov in zraka.



Slika 2-5: Gorenje s plameni v plinski fazi

Proces vžiga in gorenja plinov ali hlapov lahko razdelimo na **tri faze**:

1. predpriprava plinske zmesi
2. vžig zmesi
3. kemijske reakcije gorenja v plinski fazi

**Vžig** je proces, s katerim sprožimo začetek samovzdrževanega gorenja. Razlikujemo dva osnovna mehanizma vžiga:

- **samovžig**
- **in zunanji vžig.**

## 2. poglavje: Osnove gorenja in gašenja

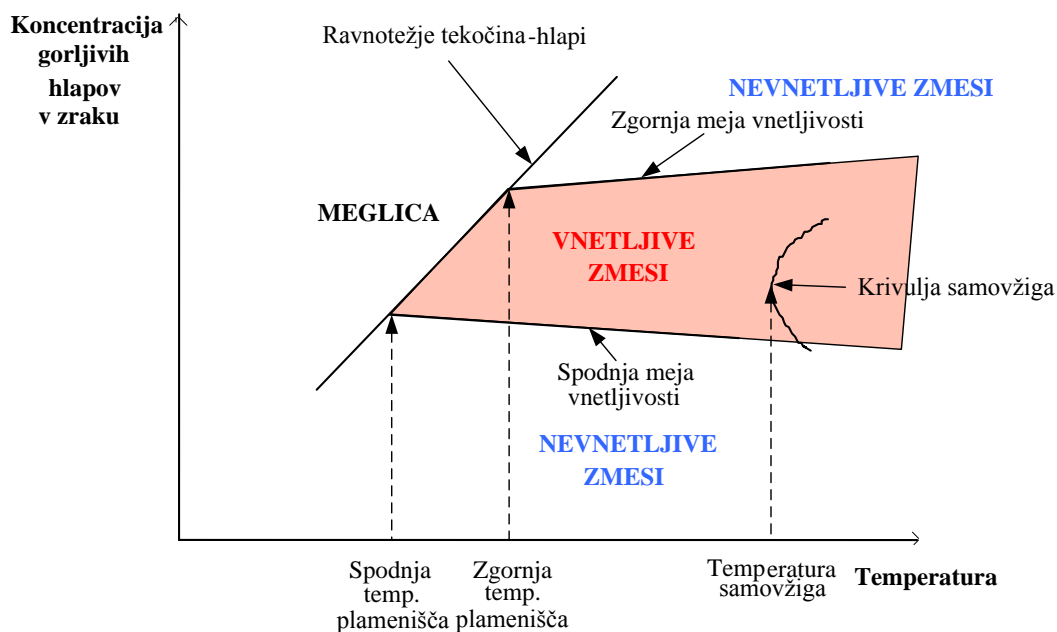
Da pride do vžiga plinske zmesi, je treba zagotoviti za potek reakcij oksidacije potrebne pogoje<sup>5</sup>:

- ustrezno razmerje med gorljivimi plini/hlapi in kisikom
- stik oz. porazdelitev (premešanje) molekul gorljivih plinov/hlapov in kisika
- segreti plinsko zmes na določeno temperaturo in/ali jo vžgati z zunanjim virom vžiga

Vnetljivi plini oz. hlapni lahko v zmesi z zrakom gorijo samo, če so z zrakom oz. kisikom v določenem razmerju. Zmes, ki vsebuje ravno toliko vnetljivega plina in kisika iz zraka, kot ga je potrebno za popolno zgorevanje, se imenuje **stehiometrijska zmes**, koncentracije pa stehiometrijske koncentracije.

Različni materiali imajo različne stehiometrijske koncentracije, v odvisnosti od kemijske sestave materiala in mehanizma reakcije oksidacije.

Ekperimentalno pa je bilo ugotovljeno, da do gorenja ne pride samo pri stehiometrijskih koncentracijah, ampak tudi pri nižjih in višjih koncentracijah vnetljivih plinov. Vnetljivi plini/hlapi zgorevajo torej v širšem intervalu oz. področju koncentracij. Pri konstantni temperaturi govorimo o intervalu, drugače pa o **področju vnetljivosti**. Interval vnetljivosti omejujeta spodnja in zgornja koncentracija oz. meja vnetljivosti, področje pa krivulja (v večini primerov premica) spodnje in zgornje meje vnetljivosti. Shematsko so meje, interval in področje vnetljivosti za vnetljive hlapne pri konstantnem tlaku prikazane na sliki 2-6. Zunaj področja vnetljivosti vžig vnetljivih plinov/hlapov ni mogoč.



Slika 2-6: Meje vnetljivosti pri hlapnih tekočinah

Najnižja koncentracija vnetljivega plina/hlapov v mešanici z zrakom, pri kateri je še mogoče zgorevanje, se imenuje **spodnja meja vnetljivosti**.

Najvišja koncentracija vnetljivega plina/hlapov v mešanici z zrakom, pri kateri je še vedno mogoče zgorevanje, se imenuje **zgornja meja vnetljivosti**.

Medtem ko je za stehiometrijsko koncentracijo značilno, da nobena komponenta (gorljiva snov ali kisik) ni v presežku, pa je za spodnjo mejo vnetljivosti značilno, da je kisik v presežku, pri zgornji meji vnetljivosti pa je v presežku gorljivi plin/hlapi. To pomeni, da pod spodnjo mejo vnetljivosti za gorenje ni dovolj vnetljivih hlapov, nad zgornjo mejo pa ni dovolj kisika.

Spodnja temperatura plamenišča je tista temperatura, ki se običajno navaja in uporablja kot plamenišče vnetljivih tekočin.

Mejne koncentracije vnetljivosti so odvisne predvsem od vrste vnetljivega plina/hlapov, temperature in tlaka zmesi. Manjši vpliv imajo vlažnost, turbulenca itd. Spodnjo in zgornjo mejo vnetljivosti vnetljivih plinov oz. hlapov določimo eksperimentalno. Običajno so podane v vol. % v zraku pri sobni temperaturi 20 °C in tlaku 1 bar.

Ker pri številnih vnetljivih plinih ob vžigu lahko pride do eksplozije, se namesto izraza meje vnetljivosti uporablja tudi **izraz meje eksplozivnosti**, namesto izraza spodnja ali zgornja meja vnetljivosti pa izraz spodnja ali zgornja meja eksplozivnosti<sup>5</sup>.

Pri **realnem požaru** (nekontrolirano gorenje) pa so taki pogoji redki. Do popolnega zgorevanja pride samo lokalno v območju gorenja, kjer so dovolj visoke temperature in je dovolj kisika. Ti pogoji običajno trajajo samo kratek čas. Zaradi produktov termičnega razkroja in produktov gorenja pride v območju gorenja do motenj v dovodu zraka oz. kisika. Zato temperatura pade, vendar je še vedno dovolj visoka, da potekajo termo-oksidacijski procesi, pri katerih pa ne nastajajo produkti popolne oksidacije, ampak produkti pirolize in produkti delne oksidacije: ti produkti so lahko plinasti (npr. ogljikov oksid, formaldehid, metanol, ocetna kislina), tekoči (katrani) ali trdni (saje).

Če ni dovolj kisika za zgorevanje, pride torej do **nepopolnega zgorevanja**. V tem primeru:

- del goriva zgori do končnih produktov gorenja, npr. voda, ogljikov dioksid;
- del goriva zgori do vmesnih produktov zgorevanja, ki so lahko plinasti, tekoči ali pa trdni;
- del goriva pa sploh ne zgori.

### 2.1.6. Gorenje tekočin

Gorenje tekočin poteka v naslednjih fazah<sup>5</sup>:

- **uparevanje**
- **gorenje hlapov v plinski fazi s plamenom**

Najpomembnejša lastnost za vžig in gorenje tekočin je njihov **parni tlak**. Tekočine imajo različen parni tlak. Parni tlak je merilo za stopnjo prehajanja molekul iz tekočine v zrak (izhlapevanje), s čimer je določena tudi količina molekul snovi, ki je na voljo za reakcijo oksidacije s kisikom v zraku.

Višji je parni tlak, večja je hitrost izparevanja. Velja torej pravilo, da so tekočine z višjim parnim tlakom pri določeni temperaturi lažje vnetljive kot tekočine z nižjim parnim tlakom.

Za gorenje vnetljivih tekočin so pomembne tudi naslednje lastnosti tekočin:

1. temperatura plamenišča,
2. temperatura vžiga,
3. energija vžiga,
4. temperatura samovžiga,
5. spodnja meja vnetljivosti,
6. zgornja meja vnetljivosti.

Podobno kot pri gorenju večine gorljivih trdnih snovi morajo tudi pri gorljivih tekočinah najprej nastati hlapi. Če segrevamo tekočino, pričnejo izhajati hlapi tekočine. Če je temperatura tekočine enaka ali malo višja od **temperature plamenišča**, se nad tekočino nabere že dovolj hlapov vnetljive tekočine, da se v prisotnosti manjšega zunanjega vira vžgejo s kisikom iz okoliškega zraka. Poteka gorenje s plamenom v plinski fazi. Pri tej temperaturi nastaja premalo hlapov, da bi bilo omogočeno neprekinjeno gorenje. Hlapi hitro pogorijo in plamen ugasne. Za neprekinjeno gorenje je potrebno tekočino segreti na nekoliko višjo temperaturo, imenovano **temperatura vžiga**. Pri tej temperaturi izhlapi toliko hlapov, da se v primeru vžiga z zunanjim virom tudi po odstranitvi vira vžiga nadaljuje neprekinjeno gorenje hlapov nad površino tekočine. Pri gorenju pri tej temperaturi se tudi sprošča dovolj toplote, ki je potrebna za vzdrževanje ustrezne temperature (običajno temperature vrelišča) na površini tekočine, za izparevanje in za segrevanje glavne mase tekočine.

Če je koncentracija hlapov pod **spodnjo mejo vnetljivosti/eksplozivnosti**, ni dovolj goriva za gorenje, če pa je nad **zgornjo mejo vnetljivosti/eksplozivnosti**, ni dovolj kisika za gorenje.



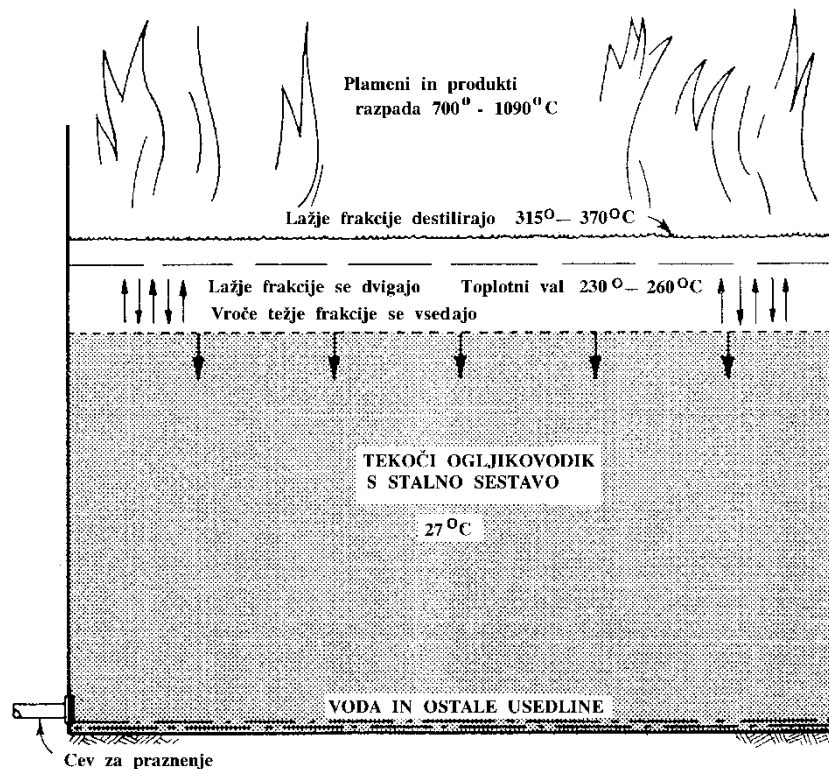
## 2. poglavje: Osnove gorenja in gašenja

Številne vnetljive tekočine oddajajo hlapne v zadostnih koncentracijah že pri sobni temperaturi, nekatere pa že pri temperaturah precej pod sobno temperaturo. Npr. petrolej špirit oddaja hlapne, ki se lahko vžgejo, pri vseh temperaturah nad  $-40^{\circ}\text{C}$ . Hlapni se lahko vžgejo v prisotnosti majhne iskre ali plamena.

Hitrost sproščanja hlapov je odvisna od lastnosti tekočine, temperature in velikosti izpostavljene površine tekočine.

Če je gostota hlapov tekočine večja od zraka (velja za večino tekočin), se hlapni v vnetljivih koncentracijah nabirajo ob tleh in lahko potujejo precej daleč do vira vžiga, po vžigu pa se plamen hitro širi nazaj proti izpostavljeni površini tekočine.

Pri gorenju nekaterih tekočin v rezervoarjih se srečamo s pojavom **prekipevanja**<sup>5</sup>. Do tega pojava pride pri tekočih mešanicih, ki vsebujejo večje število naftnih frakcij, ki imajo različne temperature vrelišča. Nafta in težka olja so primeri takih tekočin. Če taka zmes tekočin prične greti na nekem omejenem področju (rezervoar, bazen), se del sproščene toplote prenaša s površine na glavno maso tekočine. Do tega pride zaradi razlik v gostoti posameznih frakcij. Na površini tekočine gorijo lažje frakcije z nižjo temperaturo vrelišča, težje frakcije z višjo temperaturo vrelišča pa ne gorijo. Pride do razlik v gostoti med zgornjo in nižje ležečimi plastmi tekočine. Težje frakcije se usedajo, lažje pa se dvigajo. Težje frakcije v zgornji plasti so segrete zaradi vpliva gorenja hlapov. Ta toplota se prenaša na dvigajoče se lažje frakcije. Lažje frakcije na površini izhlapijo in zgorijo, težje pa se zaradi razlik v gostoti usedajo. Pride do neprekinjenega kroženja. Mehanizem je prikazan na sliki 2-7.



Slika 2-7: Širjenje toplotnega vala pri požarih težjih naftnih frakcij v rezervoarjih<sup>5</sup>

Slaj segrete tekočine imenujemo **toplotni val**. Toplotni val se širi proti dnu rezervoarja s hitrostjo 23 do 38 cm na uro (odvisno od vrste naftnega derivata) in pri dolgotrajnih požarih doseže dno rezervoarja, kjer se nahajajo usedline vode (v naftnih derivatih so vedno prisotni ostanki vode, voda pa lahko pride v tekočino ob gašenju z vodo). Ta voda se spremeni v paro in deluje kot bat pod tlakom, ki potiska segreto tekočino navzgor in iz rezervoarja. Ker je vsa tekočina segreta nad temperaturo plamenišča nafte (najmanj  $233^{\circ}\text{C}$ ), razlita tekočina gori. Visoki tlaki vržejo nafto tudi več 100 m daleč. Pride do razmer, ki so podobne delovanju vulkana, ki bruha lavo. Pojav imenujemo **prekipevanje** (angl. boilover). Pri požaru tekočine z lastnostjo prekipevanja v rezervoarju s premerom 30 m znaša varnostna razdalja 800 m.

### 2.1.7. Gorenje trdnih snovi

Mehanizem gorenja ni enak za vse trdne snovi. Sam potek gorenja in spremembe snovi, ki spremljajo potek gorenja, so odvisni od sestave trdnih snovi in njihovih lastnosti.

Glede na potek gorenja oz. spremembe, ki spremljajo potek gorenja trdnih snovi, ločimo tri osnovne mehanizme<sup>5</sup>:

1. neposredno gorenje
2. gorenje s spremembo agregatnega stanja
3. gorenje s pirolizo (termični razpad)

*Trdne snovi z večjo specifično površino (površina na volumsko enoto) se pod vplivom toplote in v prisotnosti kisika lažje vžgejo in lažje gorijo kot snovi z manjšo specifično površino. Primeri za materiale z večjo specifično površino: tekstilna vlakna in tkanine, penjena guma, penjene plastike, tanke plošče plastike, lesa, papirja in valovitega kartona, gorljivi prah, oblanci ipd.*

#### 2.1.7.1. Neposredno (direktno) gorenje

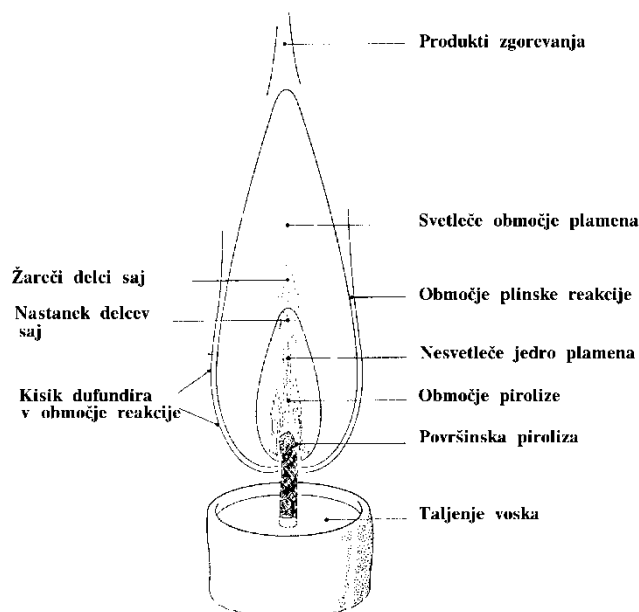
Neposredno gorenje trdnih snovi poteka pri trdnih snoveh, ki pri segrevanju ne razpadajo ali izhlapevajo. Ko dosežejo določeno temperaturo, pride na površini trdne snovi do reakcije s kisikom oz. do gorenja s tlenjem/žarenjem (heterogeno) gorenje. Na ta način gorijo gorljivi trdni kemijski elementi, in sicer tako nekovine (npr. ogljik, silicij, fosfor) kot tudi kovine (npr. magnezij, aluminij, titan, natrij, kalij):



#### 2.1.7.2. Gorenje s spremembo agregatnega stanja

Za ta način gorenja trdnih snovi je značilno, da v prvi fazi v procesu segrevanja pride do prehoda materiala iz trdnega v tekoče stanje (taljenje) in nato do prehoda iz tekočega v plinsko stanje (izhlapevanje). Gorijo hlapi. Gorenje materiala torej poteka po mehanizmu gorenja s plamenom (homogeno gorenje v plinski fazi). Na ta način gorijo nekateri trdni organski materiali, npr. parafin, vosek, mast, termoplastične sintetične smole, itd. Pri nekaterih od teh materialov pri prehodu iz tekoče v plinsko fazo pride tudi do termičnega razpada.

Na sliki 2-8 so na primeru sveče (parafin) shematsko prikazani posamezni procesi, ki potekajo pri gorenju s taljenjem.



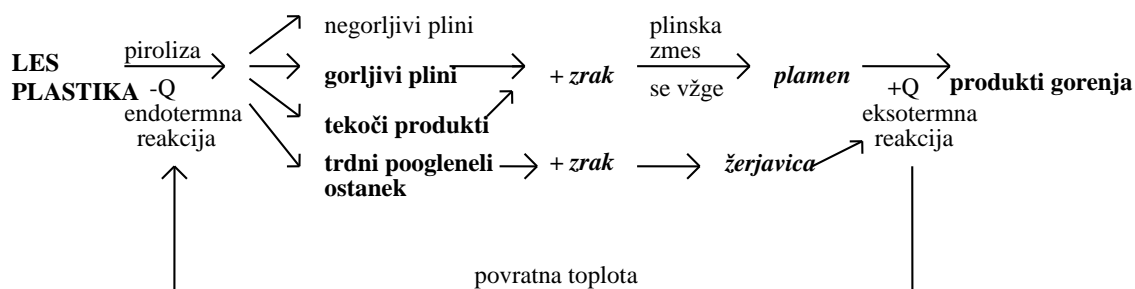
Slika 2-8: Shematski prikaz gorenja sveče

### 2.1.7.3. Gorenje s pirolizo

Gorenje večine gorljivih trdnih snovi poteka po procesu pirolize.

**Piroliza** je definirana kot kemijski razkroj snovi pod vplivom toplote.

Če segrevamo trdne gorljive materiale nad sobno temperaturo, se pričnejo procesi razkroja. Najprej izpari latentna vlaga, nato pa pričnejo izhlapevati gorljivi hlapi in ti pravzaprav gorijo. Večina trdnih organskih materialov, kot so npr. les in izdelki na osnovi lesa, premog in nekatere vrste sintetičnih materialov (duroplasti), torej ne gori ampak pirolizira. Gorijo gorljivi produkti pirolize, in sicer hlapni in plinski produkti po mehanizmu gorenja s plamenom (gorenje v homogeni fazi), trdni (ogljje) pa po mehanizmu gorenja s tlenjem/žarenjem. Proces gorenja lesa in plastike je shematsko prikazan na sliki 2-9.



Slika 2-9: Shematski prikaz procesa gorenja plastike in lesa<sup>5</sup>

Piroliza trdnih gorljivih snovi poteka v več stopnjah. Za lažje razumevanje gorenja trdnih gorljivih snovi si oglejmo, kako poteka **gorenje oz. piroliza najpogosteje uporabljanega gorljivega trdnega materiala - lesa**.

Ena od osnovnih sestavin lesa je *celuloza*. Z zviševanjem temperature (segrevanje) se prične razpad (piroliza) celuloze. V začetni fazi pirolize celuloze se kot posledica se prične najprej sproščati vodna para, saj voda predstavlja visok delež celotne sestave lesa. Z nadaljnjim segrevanjem se nadaljuje piroliza, izhajati začnejo različni negorljivi in gorljivi hlapi, proti koncu razkroja pa prevladujejo ogljikov oksid, ogljikov dioksid in vodna para, dokler na koncu ne ostane samo še ogljik v obliki sloja oglja. Proces pirolize se prične najprej na površini lesa in se širi v notranjost (slika 2-10).

Mehek les vsebuje večje količine smol, ki pri segrevanju hitro izhlapevajo. Mehek les ima večjo celično strukturo kot trd les, zato poteka izparevanje pri nižjih temperaturah kot pri trdem lesu. Celična struktura lesa vpliva tudi na temperaturo vžiga, zato imajo različne vrste lesa različne temperature vžiga. Proces pirolize lahko poteka pri temperaturah, ki so precej nižje od vžigne temperature.



Slika 2-10: Piroliza lesa<sup>5</sup>

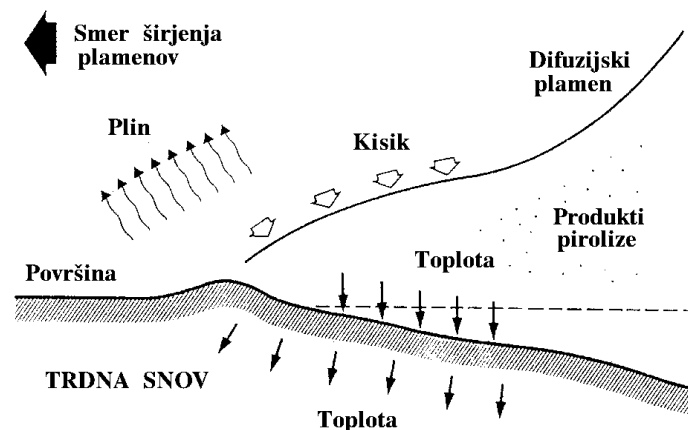
*Gorljivi plini*, ki se sproščajo iz lesa, se pomešajo z okoliškim zrakom. Ko je dosežena spodnja meja vnetljivosti in minimalna vžigna energija, se ti plini vžgejo. Gorenje poteka s plamenom v plinski fazi. Pri temperaturi vžiga se celoten kemijski proces z endotermnega spremeni v eksotermnega in postane samovzdrževan. Na začetku je pri doseženi vžigni temperaturi koncentracija ogljikovega dioksida in

vodne pare v sproščajočih se plinih še previsoka, da bi omogočala daljše vzdrževanje gorenja s plameni. Toplota, ki jo oddajajo plameni, sproži reakcije sekundarne pirolize, posledica česar je sproščanje večje količine gorljivih plinov in gorenje s plameni poteka v celoti v plinski fazi.

Sproščanje plinov iz notranjosti lesa zaradi pirolize je lahko tako intenzivno, da onemogoča dostop kisika do površine lesa ter tako prepreči gorenje plasti oglja. Kasneje, ko se proces pirolize začne ustavljati, ker zmanjkuje lesa, pa ima kisik iz zraka dostop do površine oglja. Oglje prične greti brez plamena.

Do **gorenja z žarenjem** pride pri lesu v zadnji fazi pirolize, ko večina gorljivih hlapov in plinov že pogori, ali pa v primerih, ko je nastanek hlapov in plinov preprečen, npr. z dodatkom snovi za preprečevanje gorenja s plameni (flame retardants).

Na sliki 2-11 je shematsko prikazano širjenje plamenov pri gorenju trdnih materialov.



Slika 2-11: Shematski prikaz širjenja plamenov pri gorenju trdnih materialov.

### 2.1.8. Gorenje prahu

Pri nekaterih gorljivih trdnih materialih predstavljajo posebno nevarnost na zelo majhne delce zdrobljeni ali zmleti materiali. Številne vrste prahu, ki imajo zelo veliko specifično površino na volumsko enoto, gorijo popolnoma drugače kot kompaktni materiali<sup>5</sup>. Če so ti zelo majhni delci gorljivih materialov razpršeni v zraku, delujejo podobno kot težji vnetljivi hlapi ali plini. V zraku razpršen prah nekaterih gorljivih trdnih snovi se zelo radi vžgejo. Za vžig lahko zadostuje že iskra. Govorimo o **primarni eksploziji**. Gorenje se lahko zelo hitro - eksplozivno - širi po prostoru. Sproščena toplota se širi na naslednje plasti, ki se segrevajo na vžigno temperaturo in se vžgejo. Vroči plini expandirajo in povzročajo tlačne valove, ki potujejo pred fronto plamenov. Ves prah, ki leži v smeri gibanja tlačnih valov, se dvigne v zrak. V tem primeru lahko pride do **sekundarne eksplozije**, ki je lahko silovitejša in obsežnejša kot primarna. Seveda pa niso vse vrste prahu gorljivih trdnih snovi eksplozivne. Nekatere vrste prahu gorijo počasi in nikoli ne tvorijo eksplozivnih mešanic z zrakom.

Hitrost gorenja in nagnjenost k eksploziji sta odvisna predvsem od vrste gorljive trdne snovi in od velikosti delcev prahu.

Čim manjši so delci, bolj stabilne so suspenzije prahu v zraku in bolj so podobne zmesem vnetljivih hlapov/plinov v zraku. Številne vrste prahu, kot so npr. poljedelski proizvodi (žitarice), plastične mase in gorljive kovine, tvorijo z zrakom eksplozijske mešanice. Pri vžigu teh mešanic pride do zelo hitrega dviga tlaka, ki lahko povzroči resne poškodbe na skladiščnih, proizvodnih in manipulativnih objektih.

Za mešanice posameznih vrst gorljivega prahu v zraku velja podobno kot za vnetljive pline, da imajo **spodnjo in zgornjo eksplozijsko mejo**. Pod spodnjo eksplozijsko mejo ne pride do gorenja ali eksplozije, nad zgornjo mejo pa je zelo malo verjetnosti za gorenje ali eksplozijo. Seveda pa do gorenja ali eksplozije pride le, če je prisoten vir vžiga. Kot **vir vžiga** lahko nastopajo odprti plamen, električni oblok, segrevanje in iskrenje zaradi trenja, iskrenje ob vklopu oz. izklopu električnih stikal, preskok statične elektrike.

Po sloju prahu se požar lahko širi po prostoru zelo hitro. Po drugi strani pa lahko sloj odloženega prahu daljše časovno obdobje počasi tli, brez opaznih znakov, da se je prah že vžgal, vse dokler požar nenadoma silovito ne vzplamti, po možnosti v nočnem času.

### 2.1.9. Samodejno segrevanje in samovžig trdnih in tekočih snovi

Pri nekaterih trdnih in tekočih snoveh lahko pride pri normalni temperaturi skladiščenja do spontanega segrevanja in, ko se te snovi segrejejo do dovolj visoke temperature, do vžiga brez prisotnosti zunanjega vira vžiga.

Proces, pri katerem pride do dviga temperature brez od zunaj dovedene toplote, imenujemo **samodejno segrevanje**.

Vzrok za samodejno segrevanje in samovžig so v splošnem eksotermne reakcije:

- **Oksidacija**  
Do tega procesa pride, če do je gorljiv material pomešan z oksidacijskim sredstvom ali ima zrak dostop do gorljivega materiala. Pri procesu oksidacije se sprošča toplota.
- **Razpad/razkroj**  
Nekatere snovi so nestabilne in razpadajo. Pri tem procesu iz večjih molekul nastanejo manjše molekule, sprošča pa se toplota.
- **Polimerizacija**  
Pri tem procesu se večje število enakih manjših molekul spaja v večje molekule. Pri procesu polimerizacije se sprošča toplota.
- **Delovanje mikroorganizmov**  
Pri metaboličnih procesih razpadanja snovi rastlinskega in živalskega izvora, ki potekajo v prisotnosti mikroorganizmov, se sprošča toplota. Ta proces oz. sproščena toplota sama kot taka ni nevarna, saj je znano, da mikroorganizmi v večini primerov ne preživijo temperature nad 75 °C.

Najbolj pogosto povzročijo samodejno segrevanje **zračne oksidacije**. Nekatere trdne in tekoče snovi imajo lastnost, da na površini adsorbirajo kisik iz zraka. Pri nekaterih trdnih vnetljivih snoveh, ki imajo zelo visoko specifično površino (npr. premogov prah), se lahko proces oksidacije zelo pospeši. Če je odvajanje toplote slabo, pride lahko lokalno do naglega dviga temperature. Dvig temperature še dodatno pospeši reakcijo oksidacije, posledica česar je vžig.

Za procese, ki vodijo do samovžiga, je značilno, da se pričnejo že pri sobni temperaturi. Potekajo počasi. Čim nižjo temperaturo samovžiga ima material, večja je nevarnost za samovžig. Na samovžig vpliva tudi vlažnost materiala.

#### 2.1.9.1. Samovžig trdnih snovi

Nekatere gorljive trdne snovi se lahko vnamejo zaradi samosegrevanja, do katerega pride zaradi nekega eksotermnega procesa, toplota pa se sprošča hitreje, kot se odvaja v okolico<sup>5</sup>.

Značilnost samovžiga je, da do samovžiga pride globoko v notranjosti večje količine trdne snovi in da se gorenje začne kot samostojno tlenje v snovi, ki počasi napreduje navzven. Ko prodre do površja snovi lahko preide v gorenje s plamenom.

Eksotermni proces, ki povzroči samovžig je lahko:

- površinska oksidacija znotraj porozne gorljive snovi,
- eksotermni razkroj spojin,
- mikrobiološko segrevanje

Izpolnjena morata biti še dva dodatna pogoja:

- (1) material mora biti dovolj porozen, da dopušča zraku prodiranje skozi debel sloj snovi
- (2) pri razkroju mora material tvoriti trdno oglje, ki lahko gori z žarenjem

Samovžig ni takojšen, ampak nastane z zakasnitvijo. Pred vžigom se začne samosegrevanje, ki je počasno in se lahko zaustavi, ko je hitrost odvajanja toplote v okolico enaka hitrosti nastajanja toplote. Pri slabem odvajanju toplote v okolico skozi debelo plast snovi, ki je toplotni izolator, se temperatura dvigne do temperature tlenja.

Zakasnitev vžiga je veliko večja kot pri spontanem vžigu zmesi gorljivega plina in zraka. Pri trdnih snoveh je zakasnitev lahko več ur, dni ali celo tednov. Pojav samovžiga pa se pri trdnih snoveh začne pri veliko nižjih temperaturah.

Zakasnitev samovžiga je odvisna od same snovi, količine snovi in začetne temperature. V sloju prahu gorljive trdne snovi na vroči površini lahko pride do samovžiga, čeprav je povprečna površina hladnejša od vnetišča snovi (sloj prahu na stroju, na pregretem ležaju itd.). Temperatura podlage, ki privede do samovžiga je odvisna od debeline sloja prahu in od poroznosti prašnega sloja, manj pa od velikosti delcev. Za vsako debelino sloja prahu je mogoče določiti temperaturo podlage, ki privede do samovžiga.

### 2.9.1.2. Samovžig tekočin

Nekatere tekočine so podvržene samovžigu zaradi površinske oksidacije (npr. laneno olje). Pogoj za samovžig je dovolj velika površina na kateri poteka oksidacija in slabo odvajanje toplote v okolico<sup>5</sup>. Taki pogoji so izpolnjeni, kadar je s tekočino prepojena porozna trdna snov, ki ni nujno, da je gorljiva. V praksi pride do takih primerov pride v kupu krp (čiščenje) ali v plasti materiala za toplotno izolacijo, ki je napojen s tekočino.

Do samovžiga lahko pride v naslednjih primerih:

- če tekočina ni dovolj hlapljiva, da bi hitro izhlapela (olja),
- trdna snov, ki vpija tekočino mora biti dovolj porozna, da prepušča zrak v notranjost,
- tekočina ne sme povsem zapolniti por trdne snovi.

## 2.2. Razvoj požara

V poglavju Gorenje smo spoznali, da so za gorenje potrebni trije elementi: gorljiv material, kisik in vir toplote. Če so istočasno prisotni vsi trije navedeni elementi v ustreznih razmerjih, obstaja velika verjetnost, da bo prišlo do požara, ki se bo v primeru, da ne bo pogašen, razvijal in širil, vse dokler ne bo zmanjkalo gorljivega materiala ali kisika<sup>3,6</sup>.

Požar predstavlja proces nekontroliranega gorenja, pri katerem v večini primerov prevladujejo procesi nepopolnega zgorevanja.

### 2.2.1. Razvoj požara v objektu

#### 2.2.1.1. Prostor nastanka požara

Prostor nastanka požara je omejen prostor, ločen od preostalega objekta z predelnimi stenami, stropi, vrati, okni itd. določene požarne odpornosti ali brez požarne odpornosti. Prostor nastanka požara je prostor, ki je v požarnem scenariju ali resničnem požaru opredeljen kot mesto nastanka požara. Za prostor nastanka požara so podobno kot za požar v objektu značilne naslednje faze:

- razvoj požara pred požarnim preskokom,
- požarni preskok,
- polno razviti požar,
- pojemanje požara.

Preučevanje nastanka in širjenja požara v prostoru nastanka požara zajema oceno<sup>6</sup>:

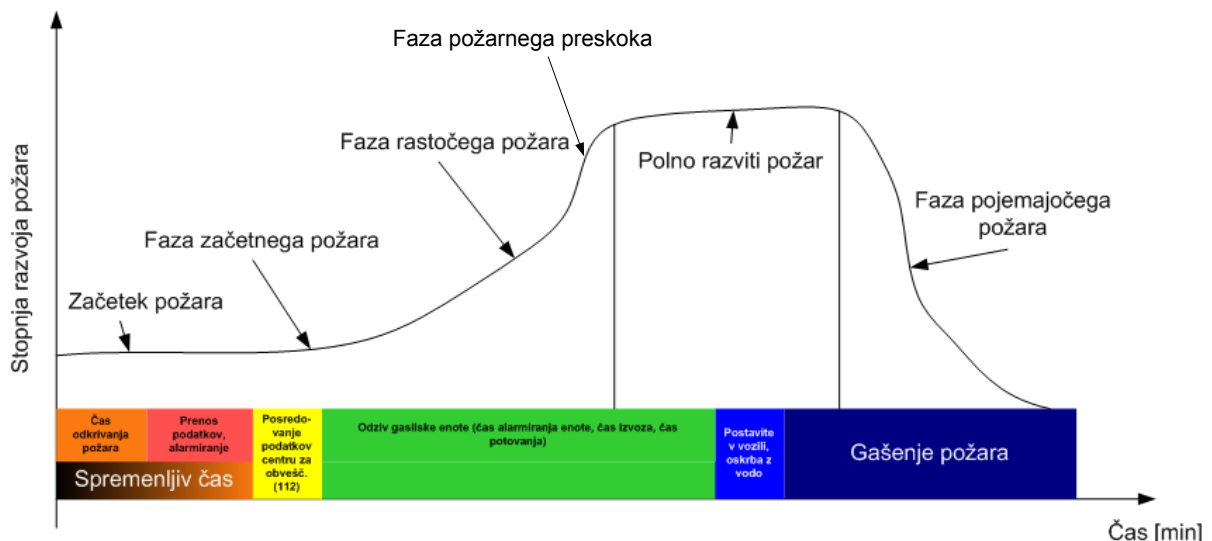
- toplote, ki se sprošča ob gorenju,
- količine dima, ki se sprošča ob gorenju,
- količine ogljikovega oksida ter ostalih strupenih plinov, ki nastajajo ob gorenju,
- višine plamena,
- temperature v prostoru,
- časa do požarnega preskoka.

Analiza naštetih stopenj omogoča vpogled na pričakovani razvoj požara po objektu. Nakaže na to ali se bo požar po objektu razširil na sosednje prostore oz. bo ostal omejen samo na sobo nastanka požara.

### 2.2.1.2. Faze požara

Na sliki 2-12 je prikazan časovni potek tipičnega požara. Iz poteka krivulje temperatura/čas je razvidno, da požar v večini primerov poteka v naslednjih fazah<sup>6</sup>:

- (1) Začetni požar - vžig
- (2) Rastočl požar
- (3) Požarni preskok (flash-over)
- (4) Polno razviti požar
- (5) Pojemajoči požar



Slika 2-12: Časovni potek tipičnega požara

#### 2.2.1.2.1. Začetni požar

V tej fazi pride do vžiga in pričetka gorenja gorljivega materiala.

**Viri vžiga**, ki v prisotnosti kisika in gorljivega materiala povzročijo vžig, so lahko naslednji:

- direktni plameni ali stik z drugimi vročimi ali gorečimi materiali (kondukcija)
- daljša izpostavljenost zunanjemu viru toplote pri sorazmerno nizki temperaturi
- samodejno segrevanje, ki vodi do samovžiga
- eksotermne kemijske reakcije (reakcije pri katerih se sprošča toplota);
- električne iskre ali oblaki
- toplota ali iskre zaradi trenja
- hitro zvišanje tlaka plina, kar povzroči dvig temperature dokler ni dosežena temperatura samovžiga
- segrevanje s konvekcijo ali sevanjem

### 2.2.1.2.2. Rastoči požar

Po vžigu je gorenje lahko:

- a) zelo hitro (npr. plinske eksplozije)
- b) hitro ali enakomerno (npr. gorenje kompaktnega lesa)
- c) počasno (npr. tlenje)

Hitrost razvoja požara je na začetku odvisna predvsem od lastnosti gorljivih materialov in manj od ostalih faktorjev, kot so npr. dovajanje kisika (prezračevanje), geometrija prostora, lastnosti obodnih gradbenih elementov. Goreči materiali postanejo novi izvori segrevanja do vžigne temperature in vžiga ostalih gorljivih materialov v okolici nastanka požara. Z razvojem in širjenjem požara običajno temperatura požara raste.

Pri **počasnem požaru** se sprošča predvsem dim. Takšen požar se razvija počasi, plamena ob gorenju ni, količina toplote, ki se sprošča ob gorenju je nizka. Prostor zapolni dim in zaradi nepopolnega zgorevanja morda tudi gorljivi plini. Toplotni vzgon je zaradi majhne količine toplote, ki nastaja ob gorenju majhen, zategadelj na gibanje delcev dima in nezgorelih plinov vpliva zgolj pretok okoliškega zraka. Pri **hitrem požaru** pride predvsem do gorenja s plamenim. Razvoj požara je v tem primeru hitrejši. Požarni preizkusi kažejo, da je za neprekinjeno gorenje pred požarnim preskokom potrebna toplotna moč približno 20kW.

### 2.2.1.2.3. Požarni preskok (flash-over)

V zaprtih prostorih v fazi rastočega požara pogosto pride do faze, ko se zaradi zviševanja temperature zraka oziroma dimnih plinov pod stropom (med 500 in 600°C) in posledičnega toplotnega sevanja te vroče plasti plina, v zelo kratkem času vžgejo vsi še negoreči materiali v prostoru. Toplotno sevanje iz stropa na tla znaša v času požarnega preskoka okoli 15 do 20 kW/m<sup>2</sup>. Plameni zajamejo ves prostor in požar preide v polno razviti požar. Ta prehod se imenuje **požarni preskok** (flash-over).

### 2.2.1.2.4. Polno razviti požar

Za fazo razvitega požara je značilno:

- da so v požar zajeti vsi gorljivi materiali v prostoru,
- da temperatura ne narašča več tako hitro oz. sploh ne narašča več, kasneje pa prične postopoma padati,
- da je hitrost sproščanja toplote največja. Pogosto v tej fazi več materiala pirolizira, kot pa ga zgori. Razlog za to je pomanjkanje kisika. Ventilacija v tej fazi kontrolira hitrost gorenja.
- količina toplote, ki se sprošča pri polno razvitem požaru je odvisna bodisi od:
  - stopnje prezračevanja prostora. Stopnja prezračevanja narekuje zgornjo mejo hitrosti odgorevanja materiala. Če je stopnja prezračevanja omejena, požar verjetno ne bo prešel v fazo požarnega preskoka in bo v nekaterih primerih sam ugasnil. Kjer do požarnega preskoka pride, bo hitrost sproščanja toplote dosegla maksimalno raven pri določeni ravni prezračevanja.
  - količine in vrste razpoložljivega goriva. Pri požaru, omejenem s količino goriva bo hitrost sproščanja toplote omejena s količino, vrsto in postavitev gorljivih predmetov ali snovi. Hitrost sproščanja toplote bo pri majhni količini gorljivih snovi ali pri gorenju materialov, ki odgorevajo počasi, majhna in do požarnega preskoka v večini primerov ne bo prišlo.

V tej fazi imajo **zunanj faktorji**, kot so ventilacija, geometrija prostora in lastnosti obodne strukture prostora, odločujoč vpliv na hitrost gorenja v prostoru. V tej fazi običajno pride do širjenja požara v sosednje prostore oziroma na sosednje objekte.

### 2.2.1.2.5. Pojemajoči požar

V tej fazi pride do pojemanja požara, ker zmanjkuje gorljivega materiala ali kisika/zraka.

Gorljiv material običajno kontrolira hitrost gorenja v tej fazi. Če je do pojemanja požara prišlo zaradi pomanjkanja kisika in ne zaradi pomanjkanja gorljivega materiala, lahko v tej fazi tudi po sorazmerno



daljšem času ob ponovnem dovajanju kisika (npr. ob odprtju vrat) požar ponovno preide iz faze tlenja v fazo intenzivne rasti požara.

### 2.2.2. Vpliv gašenja na razvoj požara

Vpliv gašenja ima vlogo že v fazi razvoja požara pred požarnim preskokom. V tem času se lahko sproži avtomatski sistem za gašenje, se na požar odzovejo gasilci ali osebje v objektu.

Vpliv gašenja je odvisen od nekaj dejavnikov<sup>5</sup>:

- razvitosti požara ob aktiviranju sistema za gašenje,
- vrste sistema za gašenje (šprinklerji, plinasta gasila itd),
- lastnosti sistema za gašenje,
  - oblike in velikosti prostora,
  - položaja požara glede na položaj šob gasila.

Pri načrtovanju sistema požarne varnosti v objektu ob upoštevanju vplivov gašenja na razvoj požara so možni trije osnovni scenariji:

1. ogelj je pogašen; aktiviranje sistema gašenja zmanjša hitrost sproščanja toplote na nič.
2. ogelj je pod nadzorom in je konstanten; gasilo upočasni hitrost sproščanja toplote, požar je konstanten, ne narašča.
3. ogelj je nenadzorovan; gasilo ni učinkovito in nima vpliva na zmanjšanje hitrosti sproščanja toplote. V nekaterih primerih lahko izbrano gasilo tudi pospeši razvoj požara.

### 2.2.3. Značilne krivulje

Ob načrtovanju požarnega scenarija ter uporabi performančnega projektiranja je potrebno opredeliti vir požara ter količino toplote, ki se sprošča v vazi razvoja požara<sup>6,8</sup>. Za gorljivo snov je potrebno predvideti hitrost sproščanja toplote, ki bo nastajala ob gorenju. Najboljša pot vodi k zbiranju podatkov o gorljivi snovi na temelju preizkusov. Ker je v prostoru ponavadi prisotna mešanica več gorljivih snovi je hitrost sproščanja toplote potrebno predpostaviti.

Oceni stopnje rasti požara služi enačba:

$$Q_g = \alpha(t - t_i)^2$$



Dopolnilno gradivo

kjer je:

$Q_g$  – hitrost sproščanja toplote v požaru v fazi razvoja požara v kW

$t$  – čas v sekundah

$t_i$  – čas vžiga v sekundah (v tem primeru 0)

$\alpha$  – parameter razvoja požara v  $\text{kJ/s}^3$ .

Požare, ki jih ponazarja zgornja enačba krivulje je moč imenovati t-kvadrat požar. Parameter razvoja požara je odvisen od vrste gorljive snovi in oblike prostora. Praksa loči štiri krivulje razvoja požara, ločijo se po hitrosti širjenja požara, parameter razvoja požara zanje pa je podan v tabeli 2-1.

Tabela 2-1: Parametri razvoja požara

Stopnja širjenja požara	Parameter razvoja požara	Čas za doseg $Q_g=1.000 \text{ kW}$
Počasno	0,0029	600
Srednje	0,012	300
Hitro	0,047	150
Izredno hitro	0,188	75

Stopnja širjenja požara je za posamezne načrtovane požare različna. Tabela 2-2 prikazuje izbor stopnje širjenja požara glede na namembnost prostora in s tem tudi pričakovano gorljivo snovjo.

Tabela 2-1: Izbor stopnje širjenja požara glede na načrtovani požar

Namembnost objekta	Hitrost širjena požara
Stanovanjski objekt	Srednja
Pisarne	Srednja
Trgovina	Hitro
Hotelska recepcija	Srednja
Hotelska soba	Srednja
Galerija	Počasno
Industrijsko skladišče ali delavnica	Izredno hitro

Količino toplotne energije, ki se sprosti pri gorenju lahko uporabnik oceni s pomočjo gornjih tabel (tabeli 1 in 2), lahko pa jo izračuna s pomočjo površine, za katero pričakuje, da jo bo zajel požar. Izračun poteka ob uporabi enačbe:

$$Q = Q'' \cdot A_{\text{požar}}$$

kjer je:

Q – hitrost sproščanja toplote v požaru v kW

Q'' – hitrost sproščanja toplote na površinsko enoto v kW/m<sup>2</sup>

A<sub>požar</sub> – površina, zajeta v požar v m<sup>2</sup>.

Za požare, predvidene v požarnih scenarijih obstajajo predlagane količine toplotne energije, ki se sprosti pri gorenju na površinsko enoto, kot jih prikazuje tabela 2-3.

Tabela 2-3: Hitrost sproščanja toplote

Namembnost objekta	Hitrost sproščanja toplote v kW/m <sup>2</sup>
Trgovine	500
Pisarne	250

### 2.2.4. Dejavniki, ki vplivajo na intenziteto požara

Intenziteta požara oziroma količina toplote, ki se sprosti v časovni enoti, določa vpliv požara na konstrukcijske gradbene elemente, elemente notranje opreme in dimne pline. Na intenziteto požara vplivajo naslednji faktorji<sup>3,6</sup>:

- požarna obremenitev, ki je odvisna od količine in vrste gorljivih snovi,
- požarne lastnosti gorljivih materialov kot so npr. vnetljivost, temperatura vžiga, hitrost širjenja plamena po površini, hitrost sproščanja toplote, mejne koncentracije vnetljivosti in eksplozivnosti itd.,
- površina gorljivih materialov,
- dovod zraka,
- odvajanje toplote iz prostora.

#### 2.2.4.1. Požarna obremenitev

Požarna obremenitev predstavlja skupno količino toplote, ki bi se sprostila pri popolnem sežigu vseh gorljivih materialov v prostoru. Posamezni materiali se močno razlikujejo po tem, koliko toplote se sprosti pri popolnem sežigu 1 kg materiala (tabela 2-4).

Tabela 2-4: Sežigne toplote nekaterih materialov

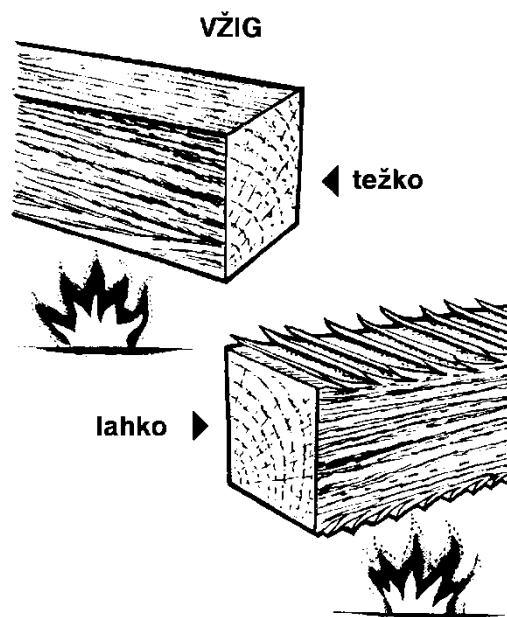


[Dopolnilno gradivo](#)

KOLIČINA TOPLOTE, KI SE SPROSTI PRI POPOLNEM SEŽIGU	
MATERIAL	<i>kJ/kg</i>
šota	5.360
hrastov les	16.700
bombaž	16.750
papir	16.900
borov les	19.200
volna (surova)	22.760
antracit	28.175
ogljje	28.496
koks	30.060
živalske maščobe	39.800
kurilno olje	44.570
kerozin	46.050

#### 2.2.4.2. Velikost površine gorljivih materialov

Pri trdnih in tekočih snoveh se požar lahko začne samo na ali ob površini snovi. Materiali, kot sta tekstil in penjena plastika, imajo veliko specifično površino, zato se raje vžgejo in raje gorijo<sup>7</sup>.



Slika 2-13: Vžig trdnih materialov

#### 2.2.4.3. Dovajanje zraka

Gorljivi materiali prosto gorijo v normalni atmosferi zraka, ki vsebuje 21 vol. % kisika. Toda pri gorenju se kisik porablja<sup>5</sup>.

Če pade vsebnost pod 16 vol. %, ta koncentracija kisika v večini primerov ne zadošča za nadaljnje gorenje.

Izjema so hlapi kerozina, ki gorijo pri 15 vol. % kisika, in balirani ostanki bombaža, ki gorijo pri 8 vol. % kisika. Nekateri materiali lahko tlijo razmeroma dolgo pri zelo nizkih koncentracijah kisika.

Nekatere snovi omogočajo gorenje tudi v odsotnosti atmosferskega kisika. Te snovi so znane pod imenom **oksidanti**, npr. peroksidi, nitrati, permanganati, dikromati itd.

Na hitrost gorenja poleg lastnosti materialov vpliva tudi prezračevanje oz. dovod svežega zraka. Če ni dovolj svežega zraka, potem dovod zraka oz. ventilacija določa potek požara. Pri požarih, kjer je dovolj svežega zraka, pa potek požara določajo požarne lastnosti materialov in lastnosti obodnih konstrukcijskih materialov. Za požare, pri katerih dovod zraka določa hitrost gorenja, je značilen počasnejši dvig temperature, nižje temperature, predčasno zmanjšanje intenzitete in pogosto tudi ugasitev.

### 2.2.4.4. Odvod dima in toplote

**Toplotne lastnosti (npr. toplotna kapaciteta in toplotna prevodnost) obodnih gradbenih elementov** vplivajo na to, koliko pri požaru sproščene toplote bodo absorbirali obodni elementi in koliko toplote bo odvedene iz prostora v okolico, ter tako vplivajo na temperaturo v prostoru in na hitrost gorenja.

Na potek požara lahko vplivajo tudi vse **odprtine** (vertikalne in horizontalne), ki v primeru požara omogočajo odvajanje vročih dimnih plinov iz prostora v okolico. Zaradi tega se znižuje temperatura v prostoru, kar ima za posledico tudi manjše poškodbe gradbenih elementov in ostale opreme v prostoru.

### 2.2.5. Mehanizmi širjenja požara po objektu

Požar se lahko širi direktno s plameni in s prenosom toplote.

#### 2.2.5.1. Širjenje s plameni

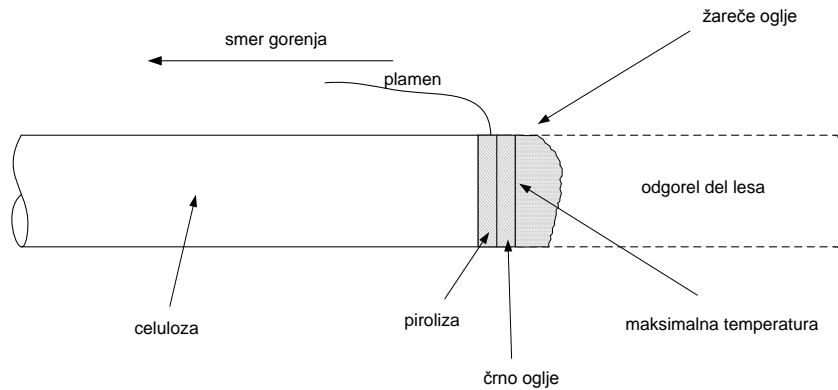
Požar se s plameni lahko širi s širjenjem plamenske fronte v plinskih zmesih vnetljivih plinov/hlapov z zrakom in ob površini gorljivih materialov.

**V zmesi plinov** se plamen lahko širi s predhodno premešanimi plameni in z difuzijskimi plameni. Oba mehanizma sta opisana v poglavju Gorenje.

**Pri tekočih in trdnih materialih** pa se požar širi s širjenjem plamena po oz. ob površini. Podobno kot pri širjenju v plinu, se tudi tukaj plamen širi v plinski fazi. Ker morajo pri tekočinah in trdnih snoveh hlapne vnetljive snovi najprej preiti iz trdne oz. tekoče faze v plinsko fazo, pri tekočinah z mehanizmom izparevanja, pri trdnih snoveh pa z mehanizmom pirolize in izparevanjem, je mehanizem širjenja plamena drugačen kot pri plinih.

Pri gorenju tekočin in trdnih snovi ločimo dve napredujoči območji: **območje plamena** v plinski fazi in **območje izparevanja oz. pirolize** (slika 2-14). Zaradi prenosa toplote (kondukcija, konvekcija in sevanje) z območja napredujočega plamena pride do segrevanja še negorečih površin materialov v okolici požara. Ta toplota omogoča potek procesov pirolize in/ali izparevanja. Ko se ob površini nabere toliko hlapov, da je presežena spodnja meja vnetljivosti, se le-ti vžgejo.

Na smer in hitrost širjenja vplivata poleg toplotnih in požarnih lastnosti materialov tudi **geometrijska orientacija in vpliv strujanja zraka** (jakost in smer) zaradi vzgona ali prisilne ventilacije. Proces širjenja plamena je pri trdnih snoveh in tekočinah odvisen tako od kinetike reakcij oksidacije v plamenu, hitrosti prenosa toplote z gorečega območja na še negorečo okolico ter hitrosti pirolize in/ali izparevanja.



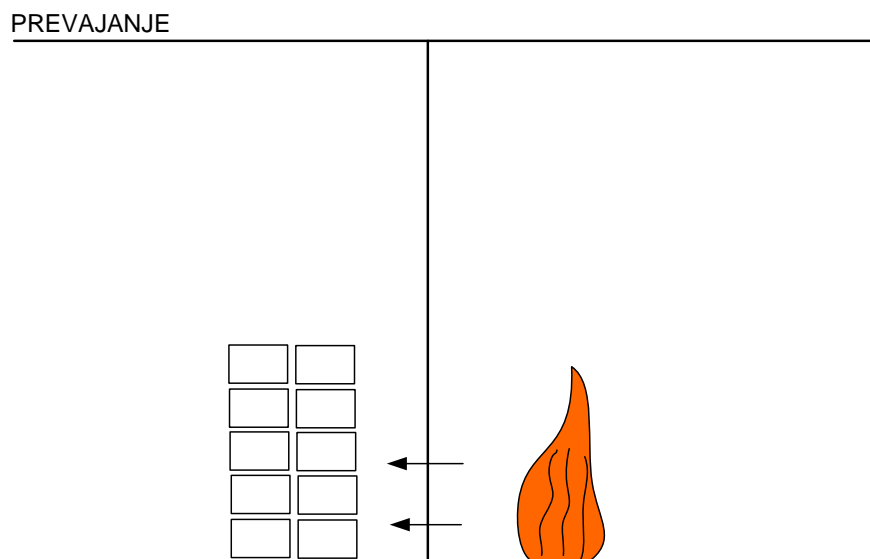
Slika 2-14: Območje plamena in območje pirolize pri trdnih snoveh

### 2.2.5.2. Širjenje s prenosom toplote

Toplota se vedno širi iz toplejšega na hladnejše območje po enem od naslednjih treh mehanizmov: **kondukcija, konvekcija in sevanje.**

#### PREVAJANJE

Prevajanje (kondukcija) je **prenos toplote skozi materiale.** Kovine zelo dobro prevajajo toploto. Skupino materialov, ki zelo slabo prevajajo toploto, imenujemo toplotni izolatorji, npr. mineralna volna, penjene plastike. Dober toplotni izolator je tudi les.



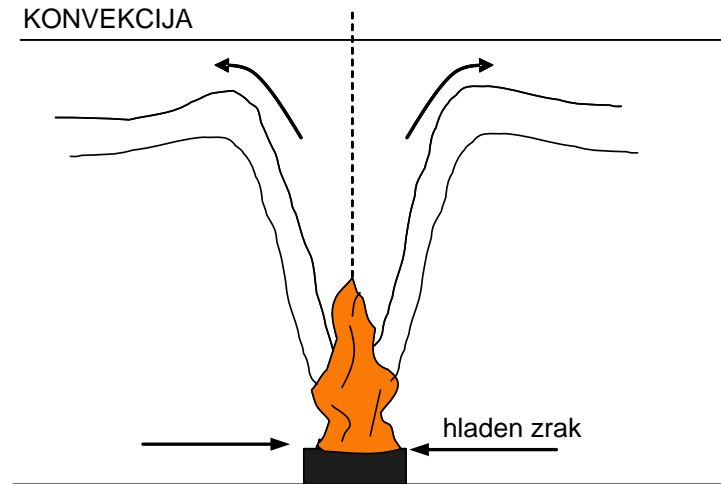
Slika 2-15: Prenos toplote s prevajanjem

Kondukcijska toplota lahko potuje skozi stene, pode in strope v sosednje prostore. Zelo dober je prenos skozi kovinske predelne elemente in vzdolž kovinskih cevni napeljav. Če so v sosednjih prostorih na stenah, stropu ali podu gorljivi obložni materiali ali če so gorljivi materiali zloženi ob ali preblizu izpostavljenosti stene, se lahko ti materiali segrejejo zaradi vpliva kondukcijske toplote do vžigne ali samovžigne temperature in tako pride do vžiga in razširitve požara.

#### KONVEKCIJA

Konvekcija (naravna) je **masno gibanje toplejšega in redkejšega plina** skozi hladnejši in gostejši okoliški plin<sup>5</sup>.

Konvektivni toplotni prenos je osnovni element širjenja požara. Običajno se 75% produktov gorenja razširi v dvigajočem konvekcijskem toku vročih plinov, ki ima temperaturo med 800 in 1.000°C in segreva vse predmete in elemente, s katerimi pride v stik. Če ta vroči plin pri dviganju naleti na oviro, npr. strop, se prične širiti vzdolž stropa navzven in navzdol ("efekt gobe").

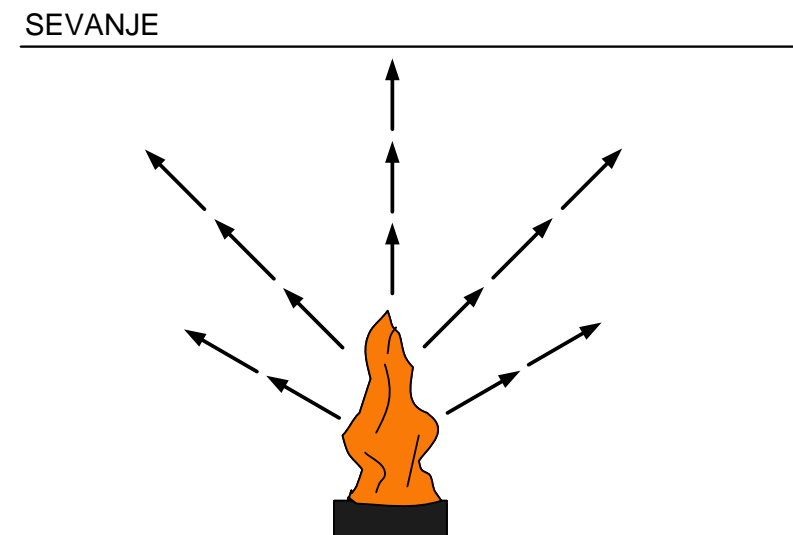


Slika 2-16: Prenos toplote s konvekcijo

Konvekcijski tok plina lahko zanese dim in toksične produkte gorenja precej daleč stran od mesta požara, posledica česar je neprehodnost evakuacijskih poti. S seboj nosi tudi žareče delce, ki lahko vžgejo gorljive materiale, ki se nahajajo na poti širjenja tega vročega toka plina.

### SEVANJE

Sevanje je **prenos toplotne energije z elektromagnetnim valovanjem**. Količina sevane toplotne energije, ki jo seva segreto telo ali snov, je odvisna od njegove temperature (na četrto potenco). Toplotno sevanje ne segreva plinov, ampak potuje skozi in segreva trdne snovi in tekočine, ki se nahajajo na poti širjenja toplotnih valov.



Slika 2-17: Prenos toplote s sevanjem

S sevanjem se toplota prenaša na vse sosednje objekte, ki niso zaščiteni pred tem. Intenziteta sevanja sicer pada s kvadratom razdalje, vendar običajno še vedno zadošča, da se vžgejo gorljivi materiali v neposredni okolici objekta. Potuje tudi skozi zastekljene površine in lahko povzroči širjenje požara na sosednje prostore in na objekte.

## 2.2.6. Vpliv požarnih lastnosti gradbenih materialov in elementov na širjenje požara

### 2.2.6.1. Požarne lastnosti gradbenih materialov

**Na širjenje požara** v prostoru nastanka požara in v sosednje prostore **vplivajo** predvsem naslednje lastnosti materialov<sup>5</sup>:

- gorljivost
- vnetljivost
- temperatura vžiga in samovžiga
- toplotna kapaciteta/vztrajnost
- toplotna prevodnost
- toplotna emisivnost
- gostota
- oblika in velikost površine na volumsko enoto (specifična površina)
- hitrost širjenja plamena po površini
- hitrost sproščanja toplote
- mejne koncentracije vnetljivosti in eksplozivnosti

Hitrost porasta površinske temperature je odvisna od **toplotne kapacitete materiala** (k.ρ.c)<sup>3,6</sup>:

$$T \propto k.\rho.c$$

k.ρ.c – toplotna kapaciteta

k – toplotna prevodnost

ρ - gostota

c – specifična toplota

Ko so toplotnemu toku izpostavljene snovi z majhno toplotno vztrajnostjo (npr. poliuretanska pena), se hitreje segrevajo na površini in se hitreje vnamejo, kot snovi z večjo toplotno vztrajnostjo (npr. les).

**Negorljivi materiali** ne gorijo zato ne omogočajo širjenja požara neposredno s plameni, ampak samo posredno s prenosom toplote. **Gorljivi materiali** pa omogočajo prenos požara tako neposredno s plameni kot tudi posredno s prenosom toplote.

Na **širjenje požara v prostoru nastanka** vplivajo predvsem požarne lastnosti obložnih materialov (strop, stene, pod) in elementov notranje opreme (pohištvo, zavese ipd).

Na **širjenje požara po objektu** pa poleg požarne odpornosti konstrukcijskih in zapornih elementov vplivajo tudi požarne lastnosti (gorljivost, vnetljivost, širjenje plamena) konstrukcijskih in obložnih materialov, iz katerih so izvedene horizontalne in vertikalne povezave, kot so npr. hodniki, stopnišča, jaški dvigal, prezračevalni kanali, kanali in prehodi električnih napeljav in ostalih napeljav, ter požarne lastnosti fasadnih obložnih materialov (prenos požara po fasadi).

Na **širjenje požara z objekta na objekt** pa poleg odmika in velikosti okenskih površin vplivajo tudi požarne lastnosti obložnih fasadnih elementov in strešne kritine (gorljivost, vnetljivost na leteči ogenj ipd.).

## 2.3. Eksplozije

### 2.3.1. Definicija

**1. Definicija:** Eksplozija je definirana kot hitro sproščanje plina, ki ima visok tlak, v okolico<sup>1</sup>.

Prva ključna beseda v zgornji definiciji je "hitro". Sproščanje mora biti dovolj hitro, da se energija plina z visokim tlakom razprši z udarnim valom<sup>5</sup>. Druga ključna beseda v definiciji pa je "visok tlak"; kar pomeni da mora biti tlak plina v trenutku sprostitve višji od tlaka v okolici. Ta definicija za eksplozijo ne omenja izvora ali mehanizma, ki povzroči nastanek visokega tlaka plina.

**2. Definicija:** Eksplozija je zelo hiter potek reakcije oksidacije v plinski fazi (plini, hlapi, meglice, prah) ali v kondenzirani fazi (tekočine, trdne snovi), ki ima za posledico hitro naraščanje temperature in tlaka ter sproščanje toplote in nadtlaka v okolico<sup>1</sup>.

Do eksplozije pride zaradi:

- a) **nastanka nadtlaka** v posodi ali zgradbi, ki je posledica fizikalnega delovanja (npr. če poči balon);
- b) **fizikalno-kemijskega delovanja** (npr. eksplozija boilerja);
- c) **kemijske reakcije** (npr. gorenje plinske zmesi).

Pri nekaterih eksplozijah, ki so posledica zelo hitrih kemijskih reakcij (npr. detonacije močnih eksplozivov), pride do nastanka visokega tlaka skoraj v trenutku, kljub temu da ni elementov, ki predstavljajo prostorsko omejitev (npr. stene posode ali zgradbe).

Pri eksploziji se nastali tlak izenačuje z okoliškim tlakom, pri tem pa pride do določenega vpliva na okolico. Kakšen vpliv bo imela eksplozija na okolico, je odvisno od<sup>1</sup>:

1. hitrosti sproščanja plina v okolico
2. tlaka ob sproščanju
3. količine v okolico sproščenega plina
4. faktorjev, ki določajo smer sproščanja
5. mehanskih vplivov, ki spremljajo sproščanje
6. temperature sproščenega plina

Če je temperatura plinov visoka, lahko pride pri eksploziji do hudih toplotnih poškodb in do vžiga gorljivih materialov. Eksplozijo lahko spremljajo leteči deli npr. sten obodnih struktur ali predmetov. Pri določenih eksplozijah pa ne pride do sproščanja plinov z visoko temperaturo in letečih projektilov, ampak samo do udarnih valov.

Tlak se pri eksploziji izenačuje s hitrostjo zvoka (okoli 300 m/s)<sup>1</sup>. Energija se sprošča s hitrostjo, ki je enaka zvočni ali pa višja. Začetni udarni val se od mesta nastanka zelo hitro širi v prostor. Njegova moč pada z razdaljo.

V tabelah 2-5 in 2-6 so prikazani učinki udarnega vala na človeka in na konstrukcijske elemente.

Tabela 2-5: Učinki udarnega vala na človeka



Dopolnilno gradivo

Učinek na človeka	Nadtlak (kPa)*
človeka podre	7
raztrga ušesni bobnič	34
poškodba pljuč	100
mejna vrednost za smrtne poškodbe	240
50% smrtnost	345



## 2. poglavje: Osnove gorenja in gašenja

99% smrtnost

450

\* 1 atm = 100 kPa; Vir: SFPE Handbook

Tabela 2-6: Učinki udarnega vala na konstrukcijske elemente

Konstrukcijski element	Poškodba	Nadtlak (kPa)
steklena okna	običajno se razbijejo, lahko se zlomi okvir	3,5 - 7
valovite azbest-cementne plošče in stranice	se razbijejo	7 - 14
valoviti jekleni ali aluminijevi paneli	popustijo spoji, paneli se upognejo	7 - 14
leseni stranski paneli	spoji popustijo, panel odnese	7 - 14
nearmirani betonski stenski paneli debeline 400 do 600 mm	se zdrobijo	14 - 21
samonosilna zgradba izvedena z jeklenimi paneli	jeklena konstrukcija se poruši	21 - 28
rezervoar za kurilno olje	ga raztrga ali prelomi	21- 28
leseni drog	se zlomi	34
naložen vagon	se prevrne	48
neojačana stena iz opeke debeline 400 do 600 mm	popusti na strig in upogib	48 - 55

Vir: SFPE Handbook

V večini primerov pri naraščanju tlaka v zaprti posodi ali prostoru popusti najšibkejši zaporni element in udarni val se širi v okolico v smeri poškodovanega elementa.

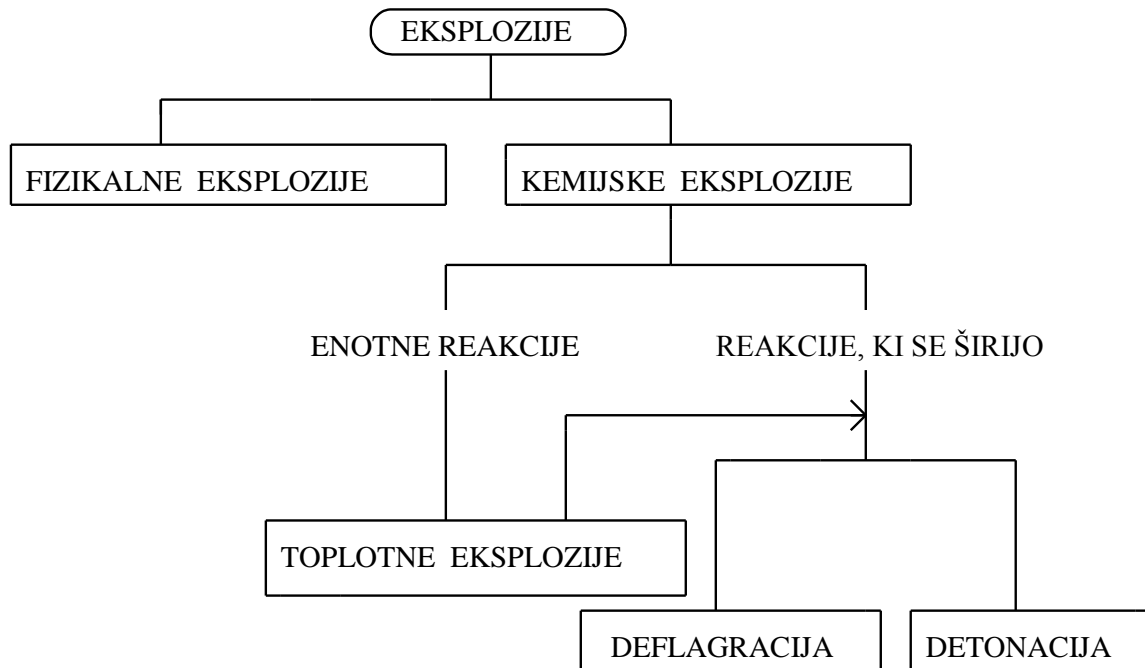
Večino eksplozij spremlja **udarni val**, ki se ne širi enakomerno v vse smeri.

### 2.3.2. Vrste eksplozij glede na izvor

Kot smo že navedli, delimo eksplozije **glede na vir ali mehanizem**, ki povzroči nadtlak plina, na<sup>1</sup>:

1. fizikalne eksplozije
2. kemijske eksplozije

V nekaterih primerih pride do plina z visokim tlakom izključno s fizikalnimi sredstvi in brez kemijskih sprememb snovi. Plinu lahko zvišamo tlak mehansko, z zunanjim segrevanjem plinov, tekočin ali trdnih snovi, ali pa tako, da pregreto tekočino nenadno izpustimo iz posode in tako ustvarimo visok tlak z nenadnim uparjanjem. Pri nobenem navedenem mehanizmu ne pride do kemijske spremembe snovi. Zato eksplozije, do katerih pride zaradi visokega tlaka plina, ki nastane izključno zaradi fizikalnega delovanja, imenujemo **fizikalne eksplozije** (slika 2-18).



Slika 2-18: Razdelitev eksplozij<sup>5</sup>

V ostalih primerih pride do visokega tlaka plina **zaradi kemijskih reakcij**, pri katerih nastanejo snovi (produkti), ki so kemijsko drugačne od v začetku prisotnih snovi (reaktantov). **Najpogosteje povzročijo eksplozijo gorenje**, pri čemer se gorljiv plin (npr. metan), pomešan z zrakom vžge in zgore, nastanejo pa ogljikov dioksid, vodna para in ostali produkti. Tudi pri drugih kemijskih reakcijah lahko pride do nastanka plina z visokim tlakom. Do eksplozije lahko pride zaradi razpada snovi, oksidacije, hidratacije korozije ali drugih interakcij med dvema ali več snovmi.

Velja, da vsaka kemijska reakcija lahko povzroči eksplozijo<sup>1</sup>:

- če pri reakciji nastajajo plinski produkti;
- če se snovi, ki niso udeležene v reakcijah, lahko uparijo s pri reakciji nastalo toploto;
- če se že prisotni plini lahko močno segrejejo s pri reakciji nastalo toploto.

Kemijske reakcije so lahko eksotermne (toplota se sprošča) ali pa endotermne (toplota se porablja).

**Endotermne reakcije** lahko povzročijo eksplozijo samo v posebnih primerih, če pri reakciji nastajajo plinski produkti in če zmes reaktantov in produktov pride v stik z zelo močnim zunanjim virom toplote. Primeri za take endotermne reakcije so dekarboksilacija, pirolitske reakcije in drugi procesi prisilnega razpada.

Po drugi strani pa **eksotermne reakcije** povzročajo zviševanje temperature reakcijske mase, kar povzroča nadaljnje povečanje hitrosti reakcije. Če toplota nastaja hitreje kot se lahko odvaja v okolico, eksotermne reakcije lahko zelo hitro postanejo samovzdrževane in samopospeševalne. Pri takih reakcijah lahko hitro izgubimo kontrola nad potekom reakcije celo v skrbno načrtovanih pogojih. Zaradi sproščene toplote lahko pride do nastanka plina z visokim tlakom z uparevanjem nezreagiranih reaktantov in drugih prisotnih snovi, ali pa s segrevanjem obstoječih plinov produktov tudi v primerih, če pri reakciji ne nastajajo plinski produkti.

Velika večina kemijskih eksplozij je posledica eksotermnih kemijskih reakcij, od katerih je najpogostejša oksidacija oz. gorenje.

Do fizikalnih eksplozij lahko pride samo v zaprtih prostorih (posode, zgradbe), do kemijskih eksplozij pa lahko pride tako v zaprtih prostorih kot tudi v neomejenem prostoru.

### 2.3.2.1. Fizikalne eksplozije

Pri fizikalnih eksplozijah pride do sproščanja plina z visokim tlakom, ki ni posledica kemijskih reakcij<sup>5</sup>.

Večina fizikalnih eksplozij je povezanih z uparjanjem in z zapornimi posodami, kot so boilerji, plinske jeklenke ali drugi rezervoarji.

V posodah pride do visokega tlaka zaradi mehanskega stiskanja plina, segrevanja ali uvajanja plina z visokim tlakom iz druge posode<sup>4</sup>. Ko tlak doseže vrednost končne trdnosti najšibkejšega zapornega elementa, pride do porušitve zapore. Če popustijo manjši elementi, se ti spremenijo v projekte, ki jih pri eksploziji odnese v okolico. Če popustita stena ali zvar, se posoda nenadoma silovito odpre.

**Poškodbe v okolici** so odvisne predvsem od načina popustitve oz. zloma.

Če **popustijo manjši elementi**, le-ti odletijo v okolico s hitrostjo izstrelka<sup>1</sup>. Uhajanje plina iz posode je usmerjeno in kontrolirano s premerom odprtine. Poškodbe, do katerih pride v okolici, so omejene na delovanje "izstrelka", vročega plina in/ali manjše premestitve šibkejših konstrukcijskih elementov. Če izstrelitev manjših delov in izpust plina z visokim tlakom nista uravnovežena, pride do sunka v nasprotni smeri izhajanja plina in do prevrnitve ali prestavitve posode. Na poti gibanja delov posode ali posode pride do poškodb predmetov in konstrukcijskih elementov, lahko pa se celo poruši zgradba ali posamezni konstrukcijski element.

Če **popustijo stene ali šivi na posodi**, so leteči deli večji. Poškodbe posode so velike. Izpust plina je nenaden in zelo silovit. Spremlja ga širok udarni val. Poškodbe v okolici so odvisne od volumna, tlaka, temperature in stisljivosti plina v posodi. Pri izhajanju plina iz posode pride do ekspanzije in s tem do ohlajanja. Udarni val je usmerjen pretežno v smeri izpusta. Tudi v ostalih smereh pride do sprememb v tlaku.

Če je v **posodi pregreta tekočina** (tekočina s temperaturo, ki je višja od temperature vrelišča tekočine pri normalnem tlaku, ali utekočinjeni plin, kot je npr. amoniak ali ogljikov dioksid), pride pri zlomu posode do **nenadnega uparevanja**. Upari se toliko tekočine, da se sproščena tekočina ohladi do normalne temperature vrenja. Ti hlapi uparjene tekočine močno zvišajo (v odvisnosti od količine uparjene tekočine v časovni enoti) primarni tlak in s tem povečajo tlačne učinke eksplozije (udarni val). Takšne eksplozije so znane pod angleškim imenom **boiling liquid expanding vapor explosion** oz. s kratico **BLEVE**<sup>1</sup>. Do podobnega pojava pride pri **nenadnem uparevanju tekočine** (redkeje trdne snovi), če pride le-ta v stik s snovjo, ki ima precej višjo temperaturo od temperature vrelišča tekočine. Sem spadajo tudi izlitje ohlajenih tekočin in utekočinjenih plinov v normalne atmosferske pogoje ali nenadno uparevanje tekočin pri stiku z zelo vročimi kovinami, minerali ali kamninami. V teh primerih tekočine na toplejših površini dobijo dovolj toplote, da se skoraj v trenutku uparijo. Če sta temperaturna razlika in medfazna površina med hladno tekočino in segreto snovjo dovolj veliki, pride do tako hitrega uparevanja, da pri tem nastane udarni val, ki se širi v vseh smereh. Običajno hitrost uparevanja ni tako visoka, včasih pa le pride do tako naglega sproščanja pare, ki ima lahko za posledico tudi porušitev posode ali zgradbe. Nenadno uvajanje vode v visokotemperaturne cevne kotle, boilerje ali toplotne menjalnike lahko povzroči silovito eksplozijo.

V primeru, da snov, ki izhaja iz posode pri fizikalni eksploziji, gori v zraku ali kako drugače kemijsko reagira s snovmi iz okolja, obstaja velika nevarnost t.i. sekundarne eksplozije.

### 2.3.2.2. Kemijske eksplozije

**Glede na način poteka reakcije ločimo**<sup>1</sup>:

- (1) **enotne reakcije** - kemijske reakcije, ki potekajo skorajda po celotni reakcijski masi;
- (2) **reakcije, ki se širijo** - kemijske reakcije, pri katerih natančno določeno reakcijsko območje ločuje produkte od reaktantov in ostalih nereagirajočih snovi ter se giblje skozi reakcijsko zmes.



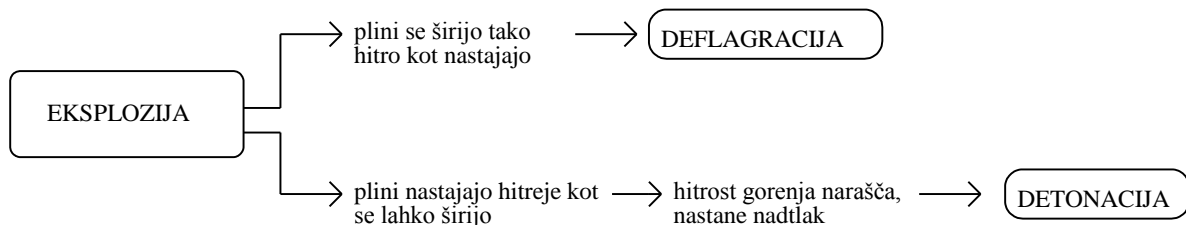
Dopolnilno gradivo

### 2.3.3. Deflagracije in detonacije

Glede na hitrost, s katero se eksplozije širijo reakcije v še nezreagirani medij, ločimo dve vrsti eksplozij<sup>4</sup>:

- (1) **deflagracija** - reakcija oz. plamen se širi s hitrostjo, ki je manjša od hitrosti zvoka (pod 340 m/s),
- (2) **detonacija** - reakcija oz. plamen se širi s hitrostjo, ki je večja od hitrosti zvoka.

Ker se pri deflagraciji plameni širijo z manjšo hitrostjo kot je hitrost zvoka, narašča tlak enakomerno po zaprtem prostoru. Pri detonacijah pa narašča tlak zelo neenakomerno<sup>1</sup>. Do dviga tlaka pride dejansko v hipu, ko se udarni val širi skozi medij. Če je hitrost širjenja plamena nekoliko manjša od hitrosti zvoka, tako da je naraščanje tlaka neenakomerno, ne pride do nastanka udarnega vala. V tem primeru govorimo o navidezni detonaciji. Razlika med deflagracijo in detonacijo je prikazana na sliki 2-19.



Slika 2-19: Pogoji, ki določajo nastanek deflagracije ali detonacije

Poglavitna **razlika med deflagracijo in detonacijo** ni toliko v različnem mehanizmu širjenja, ampak **v različnem načinu zaščite**, ki je potrebna za preprečevanje širjenja eksplozije zaradi tega različnega mehanizma širjenja.

Deflagracije in detonacije se lahko širijo v plinih, tekočinah in trdnih snoveh, čistih spojinah, enofaznih in večfaznih mešanica. Najbolj pogosto pride do reakcij, ki se širijo, če so prisotne zunanje zapore oz. omejitve, ker se sicer energija lahko prehitro porazgubi, da bi prišlo do samozadostne reakcije. Kakšne prostorske omejitve so potrebne, je odvisno od hitrosti reakcije in fizikalnih lastnosti snovi. Pogosto zadostujejo že dokaj šibke zunanje zapore. Nekatere snovi pa omogočajo silovito širjenje reakcij celo v neomejenem prostoru.

### 2.3.4. Eksplozije plinov in hlapov

Med kemijske reakcije, ki najpogosteje pri plinih ali parah povzročijo nastanek plinov z visokim tlakom, spada **gorenje zmesi plinskih goriv v zraku**. Zrak lahko nadomestijo tudi ostali plinasti oksidanti, kot so kisik, klor, fluor in številne druge plinaste spojine. Velja celo, da le-ti povzročajo bolj intenzivno in bolj silovito gorenje kot zrak. Nekateri plini, kot npr. acetylen, etilen, etilen oksid, butadien in drugi, lahko širijo reakcijski plamen pod ustreznimi pogoji (temperatura, tlak) tudi v odsotnosti drugih plinov.

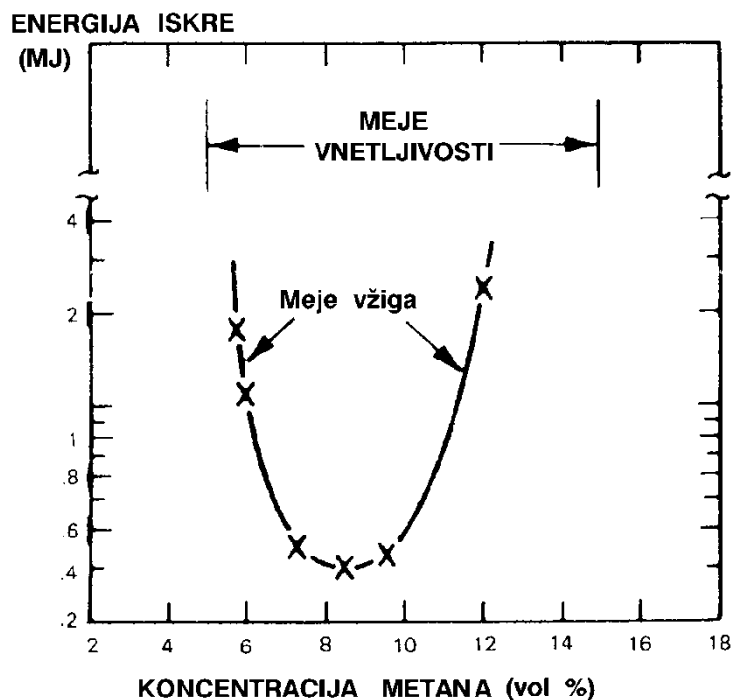
V splošnem velja za zmesi plinastega goriva in plinastega oksidanta, da so vnetljive samo zmesi s sestavo v določenem območju. Za vzdrževanje gorenja je potrebno določeno **minimalno razmerje goriva in oksidanta** med spodnjo in zgornjo mejo vnetljivosti/eksplozivnosti. Če je delež goriva premajhen, gorenje ni samovzdrževano, ker ni dovolj goriva. Obstaja pa tudi maksimalno razmerje goriva in oksidanta, nad katerim gorenje ne poteka več samovzdrževano. V tem primeru je goriva dovolj, primanjkuje pa oksidant. Če je koncentracija oz. delež goriva v bližini mejnih vrednosti, se plameni širijo po zmesi počasi. Če pa je koncentracija goriva v zmesi z oksidantom enaka vrednostim s sredine področja vnetljivosti, je hitrost gorenja lahko celo večja od hitrosti zvoka.

V splošnem velja, da se z naraščajočo temperaturo in/ali tlakom mešanice vnetljivih plinov in oksidanta razširi območje vnetljivosti in poveča hitrost zgorevanja.

## 2. poglavje: Osnove gorenja in gašenja

Velika večina gorljivih plinskih mešaníc je pri običajnih temperaturah in tlakih stabilna. Reakcijo gorenje moramo vzpodbuditi od zunaj. Po vžigu mešanice s koncentracijami v območju vnetljivosti poteka gorenje samovzdrževano. Toplota in aktivirani kompleksi se prenašajo na območju reakcije (plamenska fronta) iz območja že zgorelega plina (produkti zgorevanja) v območje še nezgorelega plina (reaktanti). Reakcija gorenja se širi od točke vžiga do mehanskih mej, ki omejujejo gorljivo plinsko mešanico.

Plinsko mešanico s koncentracijo v blizu meja vnetljivosti težko vžgemo, s koncentracijo znotraj področja vnetljivosti pa veliko lažje (slika 2-20).



[Dopolnilno gradivo](#)

Slika 2-20: Energija vžiga v odvisnosti od koncentracije

V nekaterih primerih se **meje vnetljivosti določa eksperimentalno v tlačnih posodah**, ki omogočajo dvig tlaka pri indikaciji širjenja plamena. Ker je ta preskus boljše merilo za nevarnost eksplozije, **se ti podatki označujejo kot meje eksplozivnosti**. V tabeli 2-7 so podani podatki za meje vnetljivosti in meje eksplozivnosti za zmesi metan/zrak in vodik/zrak.

Tabela 2-7: Primerjava med mejami vnetljivosti in mejami eksplozivnosti

Plin/meja	Mejna vnetljiva koncentracija* (vol. %)	Mejna eksplozijska koncentracija** (vol. %)	
		$(P-P_0)/P_0 = 1,0$	$(P-P_0)/P_0 = 0,1$
metan/spodnja meja	5,0	5,0	4,6
metan/zgornja meja	15,0	17,5	20,0
vodik/spodnja meja	4,0	7,5	5,0
vodik/zgornja meja	75,0	75,0	77,0

\* Podatki Zebetakisa, \*\* Podatki NFPA 68

Pri večini plinskih mešaníc pride pri določenih pogojih do **samovžiga**. Na samovžig vplivajo poleg temperature in tlaka plinske zmesi še sestava in lastnosti zmesi, volumen in geometrija posode ter konstrukcijski materiali.

Do zvišanja tlaka pri gorenju plinske mešanice pride v glavnem zaradi povišane temperature, ki je posledica pri gorenju sproščene toplote. V splošnem velja, da pride do naglega zvišanja tlaka samo, če pride do naglega povečanja temperature, kar je posledica hitre reakcije gorenja in/ali relativno počasnega odvajanja toplote v okolico. Ker je temperatura plamena omejena zaradi disociacijskih

reakcij, pri večini **prostorsko omejenih zgorevanj s podzvočno hitrostjo** lahko doseže tlak največ okoli 10-kratno vrednost začetnega tlaka mešanice. To razmerje pa je lahko drugačno, če začetno mešanico sestavljajo stisljivi plini, ali če gorljiv plin, oksidant oz. inerten plin v mešanici lahko razpade in/ali pride do občutne spremembe v številu molov plina.

Če pa je **plinska zmes prostorsko neomejena** ali če nastane v zapori odprtina, se goreči plin razširi pri normalnem tlaku kot ognjena krogla z volumnom, ki je lahko največ 10-kratnik začetnega volumna zmesi. Kot velja za zvišanje tlaka pri omejenem zgorevanju, velja tudi za zvišanje volumna pri neomejenem zgorevanju, da je le-to manjše pri sestavah v bližini mej vnetljivosti in večje pri koncentracijah na sredini območja vnetljivosti.

Za **pline, ki širijo plamen skozi plinsko zmes**, je v splošnem značilna minimalna absolutna koncentracija (minimalni tlak in minimalno razmerje plina glede na ostale pline v mešanici), pod katero se plamen ne širi. Večina teh plinov pa nima zgornje meje, zato velja, da širijo plamen od spodnje vrednosti pa do 100 %. Lastnosti kot so nastanek tlaka, hitrost gorenja, velikost ognjene krogle itd., so specifične za vsak plin in niso neposredno povezane z zakonitostmi, ki določajo klasično gorenje.

Pri nekaterih plinih in zmesih pa pri določenih pogojih (temperatura, tlak) lahko poteka **reakcija gorenja z nadzvočno hitrostjo z udarnimi valovi (detonacija)**.

Področje detonacije je za zmesi vnetljivega plina in oksidanta v glavnem odvisno od vira vžiga<sup>5</sup>. Do detonacije vedno pride le pri stehiometrijskih in najhitreje gorečih koncentracijah pri normalnem (podzvočnem) gorenju. Za pline, ki so sposobni vzdrževati detonacijo velja, da običajno ne dosežejo nadzvočnih pogojev gorenja, če je ne sproži udarni val z visoko intenziteto. Pri določenih geometrijah zapornih elementov, npr. v ceveh, ki imajo dolžino vsaj 10-krat večjo od premera, lahko pri klasičnem gorenju pride do samopospeševanja in do prehoda iz deflagracije v detonacijo, če ima zmes sestavo v detonacijskem območju. Končni tlak, do katerega pride pri detonaciji, je enak končnemu tlaku pri deflagraciji. Toda prehodni tlaki, do katerih pride zaradi udarnih valov v detonacijskem procesu, lahko dosežejo dvojne vrednosti končnega tlaka. Učinek udarnih valov na predmete na njihovi poti pa je lahko štirikrat večji od učinka končnega tlaka.

Posebno mesto zavzemajo eksplozije mešanic vnetljivih hlapov v atmosferi, imenovane tudi **eksplozije oblakov par** (vapor cloud explosions). Do nastanka teh oblakov (niso omejeni s fizičnimi zaporami) pride v primerih izhajanja vnetljivega plina ali hlapov v atmosfero. Vžig takega oblaka hlapov lahko pri določenih precej nejasnih pogojih povzroči naglo širjenje plamena in nastanek zelo visokega uničujočega nadtlaka.

Za **eksplozijo oblaka vnetljivih plinov v atmosferi** so potrebni naslednji pogoji:

- (1) velika količina k detonaciji nagnjenega plina/hlapov in
- (2) visokoenergijski zunanji vir vžiga.

Če do eksplozije oblaka vnetljivih hlapov pride nad industrijskim območjem, so posledice za območje in okolico lahko katastrofalne.

### 2.3.5. Eksplozije prahu in meglice

**Prah** predstavljajo trdni delci v velikosti nad 1 mikron, ki porazdeljeni v plinski fazi (npr. v zraku) tvorijo suspenzije trdnih delcev v plinski fazi. **Delce meglic** predstavljajo kapljice, manjše od 10 mikronov, ki porazdeljene v plinski fazi tvorijo meglice oz. aerosole.

Pri gorenju prahu in meglic v zraku ali drugih plinskih zmesih lahko pride do nastanka plina z visokim tlakom. Ker potekajo kemijske reakcije samo na medfazni stični površini med suspendiranimi trdnimi delci oz. kapljicami in okoliškim plinom, je hitrost zvišanja tlaka odvisna od obstoječe površine suspendiranega materiala<sup>1,5</sup>.

Za suspenzije trdnih in tekočih delcev v zraku velja, da s padajočim premerom delcev oz. kapljic medfazna površina raste, s tem pa narašča tudi intenziteta gorenja oz. eksplozije.

## 2. poglavje: Osnove gorenja in gašenja

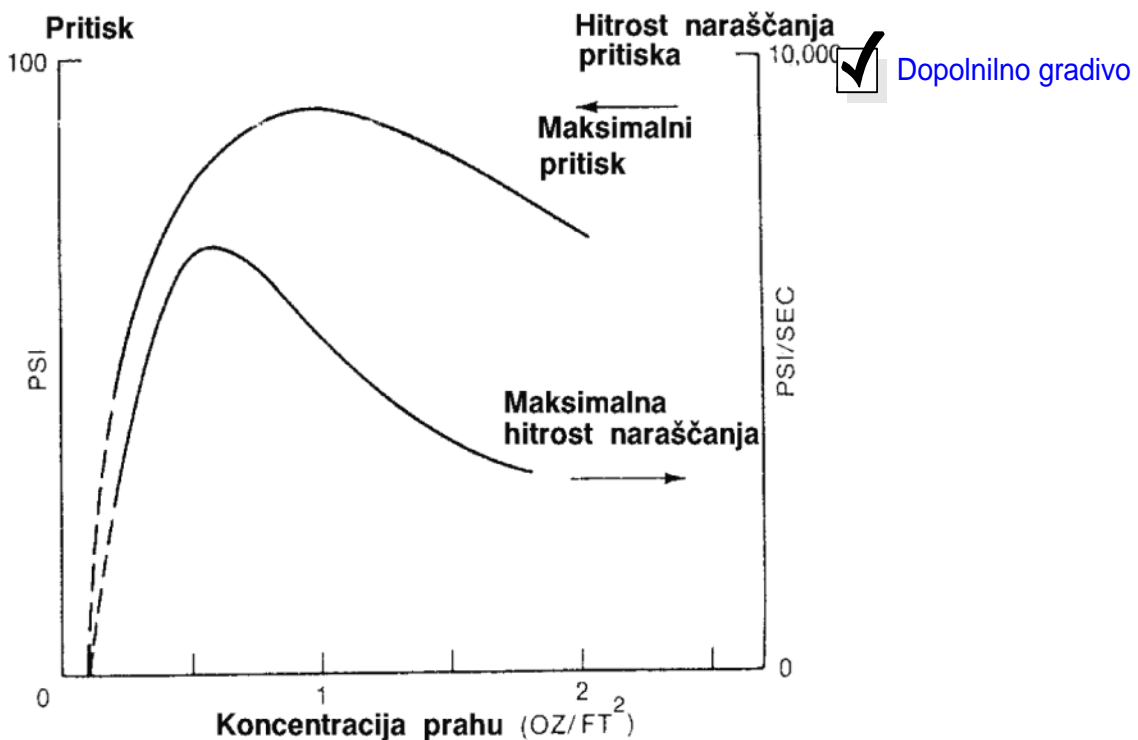
Gorenje sicer lahko poteka s trdnimi delci ali kapljicami ne glede na njihovo velikost, vendar se lahko v praksi srečamo z eksplozijsko nevarnostjo pri velikosti pod 840 mikronov (20 mesh). S padajočo velikostjo delcev ali kapljic narašča tudi stabilnost in trajnost suspenzij.

Glede na opisano, predstavljajo potencialno nevarnost za eksplozijo predvsem suspenzije, ki vsebujejo v zraku ali v drugem reaktivnem plinu porazdeljene majhne trdne delce ali kapljice gorljivih snovi. Vžig teh suspenzij lahko povzroči nagel dvig tlaka in eksplozije, ki lahko uničijo ali močno poškodujejo proizvodno opremo in zgradbe.

Do širjenja gorenja skozi disperzijo pride le **nad minimalno koncentracijo suspenzije**. Ker reakcijo gorenja kontrolira velikost medfazne površine, pri prahu in meglicah ni zanesljive zgornje mejne koncentracije. Zgornjo mejno koncentracijo večinoma ne predstavljajo dejanske termodinamične mejne koncentracije, ampak tiste koncentracije praha ali meglice, pri katerih pride do neučinkovitosti eksperimentalnih virov vžiga pri merjenju eksplozivnih koncentracij.

Pri prvem koraku procesa gorenja pride na površini delcev najprej do uparevanja hlapnih gorljivih snovi. Premog z manj kot 20% hlapnih snovi (brez vlage) ne omogoča širjenje plamena v suspenziji prašnih delcev v zraku. Delci gline, prevlečeni s hlapnimi organskimi spojinami, pa lahko povzročijo prašne eksplozije. Na ta način med hlapne snovi štejemo tako organske spojine, kot npr. mila, silikone in druge dodatke, ki pirolizirajo ali se uparijo pri visokih temperaturah, pa tudi topila in spojine z nizko temperaturo vrelišča.

**Hitrost naraščanja tlaka in največji doseženi tlak** pri gorenju prahu in meglic naraščata s koncentracijo dispergiranih delcev, vse dokler pri določeni koncentraciji (odvisno od velikosti delcev) ne dosežeta maksimalne vrednosti in nato počasi padata (slika 2-21).



1 oz. (ounce - unča) = 0,02835 kg, 1 ft (čevelj) = 0,305 m  
1 psi (pound per square inch) = 6894,76 Pa

Slika 2-21: Intenziteta prašne eksplozije v odvisnosti od koncentracije prašnih delcev

Običajno so doseženi maksimalni tlaki okoli 10-krat večji od začetnega tlaka zmesi, vendar so redki.

Ker do disperzij prahu in meglice večinoma prihaja v napravah, ki glede na konstrukcijo spadajo med "lahke", in ker se v teh obratih nahajajo večje količine mirujočega materiala, ki ga začetno gorenje lahko vrže v zrak, se gorenje praha in pogosto tudi gorenje aerosolov samodejno širi na velike razdalje

do površin, kjer prvotno ni bilo vnetljive mešanice<sup>5</sup>. Prašne eksplozije se pogosto opisuje kot **bobneče eksplozije** (angleško rolling explosions), ker jih spremlja zvok podoben oddaljenemu grmenju. Bobneče eksplozije v splošnem sproži primarna prašna eksplozija, ki ustvari in vžge nadaljnje prašne eksplozije.

**Vžig disperzij prahu in meglice** običajno povzročijo električna razelektritev, odprti plamen ali vroče površine. **Energija potrebna za vžig**, je običajno večja od energije, potrebne za vžig mešanic vnetljivi plini/zrak, v primerjavi z v okolju prisotnimi viri vžiga pa je še vedno nizka, zato je nevarnost vžiga velika.

Disperzije prahu pogosto povzročajo abrazijo. Zaradi abrazije lahko pride do povišanih temperatur površin v posameznih delih naprav in opreme, kar pa lahko povzroči tudi vžig prašnih disperzij. Gibajoči trdni delci in kapljice pogosto povzročijo akumulacijo elektrostaticnih nabojev, ki pri razelektritvah lahko vžgejo disperzijo.

V industrijskih procesih, kjer nastaja ali se predeluje prah, predstavlja največjo nevarnost nabiranje prahu v plasteh na tistih okoliških površinah, ki se lahko segrejejo in vžgejo prah. Zaradi nastalega majhnega puha vetra pride v neposredni okolici do nastanka prašne disperzije, ki jo vžgejo vročih produkti primarnega gorenja. Nastali oblak lahko potuje skozi vse področje s prahom in povzroči obsežno in močno uničenje naprav in zgradbe.

**Prisotnost vnetljivih hlapov v prašnih disperzijah (hibridne mešanice)** lahko tudi pri koncentraciji pod spodnjo mejno koncentracijo hlapov močno pospeši vžig in hitrost gorenja praha. Ta učinek poudarja potrebnost ločevanja posameznih nevarnejših kemijskih procesov.

Učinek prašnih in megličnih eksplozij na okolico se analizira na enak način kot pri plinskih eksplozijah. Za naraščanje tlaka, nastanek goreče krogle, popustitev posod, naprav in zgradb ter za sekundarne učinke veljajo enake zakonitosti in načela. Za razliko od gorenja plinov, pa pri gorenju praha in meglice nastaja večja količina kondenziranih produktov (v trdnem ali tekočem stanju), ki imajo visoko temperaturo, npr. vroči trdni delci, katran, guma, olja itd. Ti produkti se oprimejo na okoliške površine, kjer povzročajo toplotne poškodbe, lahko pa tudi dodatne požare.



Dopolnilno gradivo

### 2.3.6. Eksplozije v kondenzirani fazi

#### 2.3.6.1. Toplotne eksplozije in pobegle reakcije v kondenzirani fazi

Med toplotnimi eksplozijami in pobeglimi reakcijami v kondenzirani fazi (tekočine in trdne snovi) ter hitrim gorenjem oz. eksplozijami v plinih in disperzijah prahu in meglic obstajajo številne razlike<sup>1</sup>:

1. V volumski enoti kondenzirane faze se nahaja precej večja količina snovi, zato je tudi celotna količina toplote, ki se lahko sprosti pri reakciji, nekajkrat večja kot pa pri plinu in disperzijah.
2. Tlak, ki nastane pri reakciji v kondenzirani fazi, je v splošnem precej večji, ker zaradi višjih temperatur in večje količine snovi nastane večja količina plinskih produktov v za plinsko fazo omejenem prostoru.
3. Volumen reakcijske mase se v splošnem poveča zaradi nastajanja plinskih mehurčkov in toplotne ekspanzije kondenzirane faze. V nekaterih primerih lahko že samo toplotna ekspanzija hidravlično poškoduje posodo. V tem primeru lahko pride do že opisanega BLEVE efekta.
4. Zaradi poškodbe posode ali prevretja se večje količine tekočine prelijejo prek stene posode v okolico. Ker je večina kemikalij gorljivih v zraku, lahko pri tem pride do katastrofalnih sekundarnih eksplozij.

Zaradi navedenih razlik so eksplozije v kondenzirani fazi silovitejše kot pri plinih in disperzijah.

Toplotne eksplozije in pobegle reakcij so običajno povezane s procesi kemijske sinteze, kot so nitracije in polimerizacije ter s spojinami, ki so nenasičene ali pa imajo vezi tipa N-N, N-O, Cl-O, O-O, N-Cl. V splošnem velja, da vsaka reakcija, ki se v danih pogojih in okolju sama vzdržuje, lahko povzroči nastanek toplotne eksplozije. Pri kemijskih sintezah je to vsaka reakcija, ki ji za dokončanje ni potrebno dovajati toplote. Pri vseh takih procesih in reakcijah je potrebno upoštevati dejstvo, da



lahko pride do toplotne reakcije oz. toplotnega pobega. Pri načrtovanju, izvedbi naprav in obratovanju je potrebno upoštevati vse varnostne ukrepe, ki v čim večji meri preprečujejo nastanek toplotnega pobega in toplotne eksplozije.

### 2.3.6.2. Deflagracija in detonacija v kondenzirani fazi

Teoretično lahko vsaka eksotermna kemijska reakcija povzroči deflagracijo ali detonacijo, če se zadostna količina reakcijske toplote prenese na še nezreagirane reaktante. Značilnosti kemijskega procesa, ki pospešujejo ta **prenos toplote**, zvišujejo tudi možnost nastanka eksplozije. Tiste, ki pospešujejo **odvajanje toplote** v okolico, pa nasprotno zmanjšujejo možnost za nastanek eksplozije.

Koliko toplote bo ostalo v sistemu in koliko se je bo odvedlo v okolico, je odvisno predvsem od dolžine poti, ki jo mora toplota prepotovati do meje sistema, velikosti površine sten in toplotnih lastnosti sten sistema (toplotna kapaciteta, toplotna prevodnost, debelina sten). V splošnem je odvajanje toplote **pri večjih sistemih** slabše kot pri manjših, kar ima za posledico večjo možnost širjenja reakcije in eksplozije pri večjih sistemih. Vsak omejen kemijski sistem ima glede na dimenzije in lastnosti posode in glede na vrsto kemijskega procesa zanj značilen kritični minimalni premer posode, pod katerim ne pride do širjenja reakcije po sistemu. Princip kritičnega premera se uporablja tudi za neomejene sisteme. Kritični premer za neomejene sisteme je večji kot za omejene sisteme.

Začetek reakcij, ki se širijo v kondenzirani fazi, je v večini primerov povezan z gibajočimi napravami in deli opreme, kot so npr. črpalke ali hitro delujoči ventili. Zaradi kavitacije, trenja, adiabatke stisljivosti, samodejnega segrevanja in zunanjih virov kot so varjenje, elektrostatični pojavi, mehanski trki, požar ipd., pride do lokalnega dviga temperature. Lokalni dvig temperature pa lahko sproži širjenje reakcije (npr. oksidacije, polimerizacije itd.), če to omogočata kemijski sistem in okolica. Učinek reakcije je odvisen od hitrosti širjenja.

Ker se v kondenzirani fazi sprosti več energije na volumsko enoto, deflagracija v kondenzirani fazi povzroči v primerjavi z deflagracijo v plinski fazi ali disperziji praha in meglice, višje tlake.

Širjenje reakcije poteka s prenosom snovi (aktivirani reaktanti in kompleksi) in toplote v področje še nezreagiranih reaktantov s hitrostjo od nekaj milimetrov na uro do nekaj metrov na sekundo. Reakcijsko področje je zelo vroče in je sestavljeno iz uplinjenih snovi. V sistemih z visoko energijo in nizko hitrostjo pogosto zaradi toplotnih poškodb lokalno popusti posamezen zaporni element (ventil, stena cevi, stena posode ipd.). Za **deflagracije** velja, da so zelo občutljive na tlak. Če popusti zapora, se zmanjša tlak. Znižan tlak omogoči uparovanje tekočih produktov in nezreagiranih reaktantov. Pri reakciji sproščena toplota se v tem primeru porablja za uparovanje. Zato temperatura ne narašča več, ali pa celo pada. Številne deflagracije je dejansko mogoče pogasiti z znižanjem tlaka v posodah, do katerega pride z odvajanjem v okolico skozi odprtine (varnostni ventili ipd.) ali zaradi zloma posameznega zapornega elementa naprave oz. posode. Koncept kritičnega premera se pri deflagracijah manj uporablja, ker je **metoda znižanja tlaka** bolj učinkovita.

**Detonacije** v kondenzirani fazi povzročajo izjemno visoke tlake v zaprtih posodah. Reakcija se širi v še nezreagirani snovi z udarnimi valovi s hitrostjo nekaj večjo od hitrosti zvoka ali z nekajkratno vrednostjo hitrosti zvoka. Detonacij ne moremo zaustaviti oz. pogasiti kot pri deflagraciji, to je z znižanjem tlaka z izpuščanjem skozi odprtine. Širjenje lahko preprečimo samo, če na mestih še nezreagiranih zmesi v posodi zmanjšamo premer naprav ali delov naprav pod vrednost kritičnega premera, ali če kako drugače prekinemo kemijsko reakcijo, ki povzroča udarne valove. Ta druga možnost je le redkokdaj izvedljiva, saj udarni val potuje s hitrostjo nekaj tisoč metrov na sekundo. Pri za detonacijo potencialno nevarnih kemikalijah in postopkih se v večini primerov uporabljajo **izvedbe pasti (sifoni, zožitve) s kritičnim premerom**, ki v praksi dokaj uspešno ustavijo širjenje detonacij.

Detonacije so bolj nevarne kot deflagracije.

Pri določenih pogojih lahko pri deflagraciji pride do samopospeševanja, kar vodi v detonacijo<sup>5</sup>. Vzrok za ta prehod je lahko tako predgretje nezreagiranih snovi zaradi prenosa toplote prek sten posode, zvišanja tlaka in učinka bližajočih udarnih valov, kot tudi fizikalne spremembe, npr. nastanek mehurčkov ipd.

Širjenje reakcij v kondenzirani fazi je posebej nevarno, če so večje količine trdnih snovi, tekočin in gošč povezane prek cevovodov in transportnih trakov.

V takih primerih lahko manjša okvara ali motnja (kavitacija črpalke, trenje pri vrtnanju ipd.) sproži reakcijo, ki se z deflagracijsko ali detonacijsko hitrostjo prek cevovodov prenese na skladiščne posode in transportne rezervoarje in povzroči katastrofalne posledice. Do najbolj kočljive situacije pride, če pride do širjenja deflagracijske reakcije v cevi, ki je dovolj majhna (ozka in/ali kratka), da je preprečen prehod v detonacijo. Če deflagracija preide iz take cevi v posodo, zelo verjetno lahko preide v detonacijo, ker premer posode ne kontrolira več procesa. V tem primeru lahko pride do detonacije celotne količine v posodi, ker se udarni val širi hitreje kot se snov lahko premika zaradi tlaka.

### 2.3.7. Karakteristike eksplozivnih zmesi plina/hlapov in prahu z zrakom

**Sposobnost/nevarnost za eksplozijo plina/hlapov ali prahu** - definirana kot sposobnost mešanice plina/ hlapov oz. prahu v zraku, da v primeru prisotnosti ustreznega vira vžiga (dovolj visoka energija) pride do nastanka plamenske fronte z naraščajočim tlakom, ki se hitro širi<sup>5</sup>.

**Maksimalni eksplozijski tlak ( $P_{max}$ )** - največji tlak, ki nastane pri eksploziji v zaprtem prostoru. Odvisen je od<sup>1</sup>:

- tlaka v času vžiga
- kemijske sestave plina/hlapov in prahu
- koncentracije plina/hlapov oz. prahu
- velikosti delcev prahu. Velja, da čim manjša je velikost delcev, večja je površina na kateri poteka oksidacija in s tem silovitejši bo potek eksplozije. Koncentracije prahu za nastanek eksplozije so običajno v območju med 10 in 100  $\mu\text{m}$ , lahko pa tudi manj, odvisno od vrste prahu (Al v prahu - 29, Mg v prahu - 28, polimetilmetaakrilat - 21, sojina moka - 20, sladkor - 30)
- turbulence. Plini v turbulenci eksplodirajo močneje kot plini v mirovanju
- oblike prostora. Kubične posode, pri katerih je razmerje med premerom in višino ali obratno med 1:1 in 1:5 in podolgovate posode oz. cevovodi

Opomba: Najvišje vrednosti so pri Al v prahu - 12 barov in Mg v prahu - 17,5 barov.

(Al v prahu - 12, Mg v prahu - 17,5, polimetilmetaakrilat - 9,4, sojina moka - 9,2, sladkor - 8,5)



[Dopolnilno gradivo](#)

**Maksimalni časovni porast tlaka ( $dP/dt$ )** - maksimalni porast tlaka v časovni enoti, do katerega pride pri eksploziji (bar/s). Ta določa silovitost eksplozije.

**Območje eksplozivnosti (med spodnjo in zgornjo mejno eksplozijsko koncentracijo)** - interval koncentracij plina/hlapov oz. prahu v zmesi plina/hlapov ali prahu z zrakom, pri katerih lahko v prisotnosti ustreznega vira vžiga (ustrezna energija) pride do vžiga in eksplozije.

Opomba: Pri eksplozijsko nevarnih vrstah prahu se mejne eksplozijske koncentracije gibljejo med 5  $\text{g}/\text{m}^3$  in 500  $\text{g}/\text{m}^3$ . Spodnja meja eksplozivnosti pri velikostih delcev pod 100 mikronov leži praviloma med 20 in 60  $\text{g}/\text{m}^3$

(SME: Al v prahu - 30, Mg v prahu - 30, polimetilmetaakrilat - 30, sojina moka - 200, sladkor - 200)



[Dopolnilno gradivo](#)

**Maksimalna dovoljena koncentracija kisika** - maksimalna koncentracija kisika v zmesi prah/zrak/inertni plin, pod katero ne pride do eksplozije.

**Minimalna energija vžiga** - minimalna energija vžiga zmesi plinov/hlapov ali prahu v zraku, pri kateri pride do vžiga. Pri vnetljivih plinih/hlapih se minimalna energija vžiga giblje med 0,02 do 1,50 mJ, pri prahu pa se giblje med 10 in 10.000 mJ.

**Minimalna temperatura vžiga** - najnižja temperatura vroče površine, ki v stiku z zmesjo plina/hlapov oz. prahu v zraku v območju eksplozivnosti povzroči vžig.

**Eksplodzijska konstanta plina/hlapov ( $K_g$ ) in prahu ( $K_{st}$ )** -  $K_{st}$  je konstanta prahu v bar.m/s, ki je za kubične posode definirana z enačbo:

$$K_{st} = (dp/dt)_{max} \cdot V^{1/3}$$



Dopolnilno gradivo

kjer je  $V$  volumen prostora, v katerem pride do eksplozije.

Opomba: Pri isti snovi je odvisna je od energije vžiga, gibanja eksplozijske zmesi (turbulenca), velikosti delcev itd.

**Nevarnostni razredi prahu:** glede na vrednost  $K_{st}$

St 0: ni nevarnosti prašne eksplozije

St 1: majhna nevarnost prašne eksplozije

St 2: velika nevarnost prašne eksplozije

St 3: zelo velika nevarnost prašne eksplozije

(Al v prahu - 3, Mg v prahu - 3, polimetilmetaakrilat - 2, sojina moka - 1, sladkor - 1)



Dopolnilno gradivo

Nevarnostni razred prahu	$K_{st}$ (bar.m.s <sup>-1</sup> )
St 1	< 200
St 2	201 - 300
St 3	> 300

( $K_{st}$ : Al v prahu - 415, Mg v prahu - 508, polimetilmetaakrilat - 269, sojina moka - 110, sladkor - 138)

**Cone nevarnosti za eksplozijo vnetljivih plinov/hlapov:**

- **cona eksplozijske nevarnosti 0**  
prostor, v katerem so stalno, za daljše obdobje ali pogosto prisotne eksplozijsko nevarne koncentracije plinov/hlapov
- **cona eksplozijske nevarnosti 1**  
prostor, v katerem lahko pri normalnem obratovanju občasno nastane eksplozijsko nevarna zmes plinov/hlapov v zraku
- **cona eksplozijske nevarnosti 2**  
prostor, v katerem se pri normalnem obratovanju eksplozijsko nevarna zmes plinov/hlapov v zraku ne pojavi, če pa se pojavi se pojavi le za kratek čas

**Cone nevarnosti za prašno eksplozijo:**

- **cona eksplozijske nevarnosti 20**  
prostor, v katerem so stalno, za daljše obdobje ali pogosto prisotne eksplozijsko nevarne koncentracije prahu
- **cona eksplozijske nevarnosti 21**  
prostor, v katerem lahko pri normalnem obratovanju občasno nastane eksplozijsko nevarna zmes prahu v zraku
- **cona eksplozijske nevarnosti 22**  
prostor, v katerem se pri normalnem obratovanju eksplozijsko nevarna zmes prahu v zraku ne pojavi, če pa se pojavi se pojavi le za kratek čas

## 2.4. Gašenje

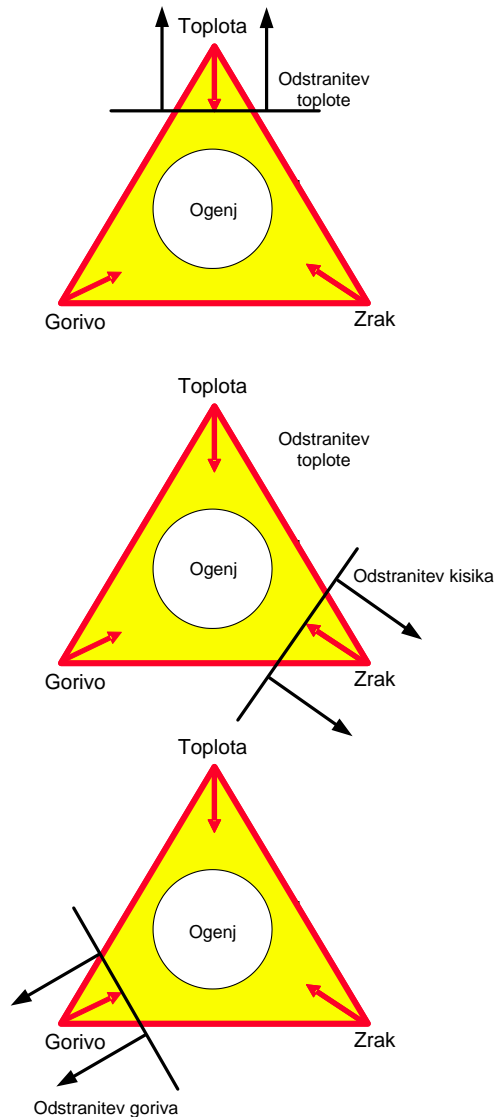
### 2.4.1. Mehanizmi gašenja

V principu je gašenje nasprotje vžiga. Pogasitev pomeni prekinitev gorenja, torej prekinitev kemijske reakcije. Ob predstavitvi osnov gorenja smo večkrat naleteli na primere, ko gorenje samo preneha (izraba goriva, izraba kisika, prekinitev verižne reakcije, prevelike izgube toplote). Te mehanizme razloge za prenehanje gorenja lahko porabimo tudi za namerno prekinitev gorenja - gašenje.

Gašenje požara poteka s pomočjo naslednjih mehanizmov<sup>5</sup>:

- (1) **Odstranitev toplote** - gašenje z vodo in drugimi gasili, ki ohlaja goreče materiale,
- (2) **Odstranitev kisika (zrak) ali oksidanta** - gašenje z gasili, ki preprečujejo dostop gasila do mesta gorenja ali vzdrževanje atmosfera, ki zagotavlja koncentracije kisika, ki preprečujejo vžig in gorenje (inertizacija, oxygen depletion systems)
- (3) **Odstranitev goriva**

Osnovni mehanizmi gašenja so prikazani na sliki 2-22.



Slika 2-22: Mehanizmi/načini gašenja<sup>5</sup>

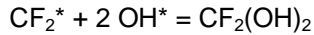
### 2.4.2. Pogasitev plamena

#### 2.4.2.1. Prekinitev verižne reakcije

Gorenje s plamenom poteka kot verižna reakcija radikalov. Do prekinitev verižne reakcije pride, če radikali tvorijo molekule, ki ne nadaljujejo verižne reakcije<sup>5</sup>.

Prekinitve veržne reakcije dosežemo tudi z dovajanjem inhibitorjev (negativnih katalizatorjev) v reakcijsko cono. Ti inhibitorji so lahko plinasti ali trdni.

Pri homogeni inhibiciji se radikali veržne reakcije zgorevanja vežejo z radikali plinastega inhibitorja.



Heterogena inhibicija pomeni vezavo radikalov veržne reakcije na hladno površino trdne snovi, navadno neke soli. Pri tej inhibiciji gre za površinski učinek, kjer trdna snov prevzame energijo radikalov in nastanejo stabilne molekule. Za prekinitve veržne reakcije v reakcijski coni mora imeti trdna snov veliko površino in možnost dovajanja v reakcijsko cono, zato se v ta namen uporablja prah.

Gašenje z gasilnimi postopki, pri katerih se neposredno prekine gorenje s plamenom (inhibicija) je potrebna popolna pogasitev, sicer se požar obnovi. Tudi po popolni pogasitvi obstaja nevarnost za ponoven vžig dotekajočega plina ali nastajajočih par.

### 2.4.2.2. Ohladitev reakcijske cone

Pri gorenju se velik del toplote izgublja v okolico. Gorenje pa lahko poteka samo pri dovolj visoki temperaturi. Če temperaturo v reakcijski coni znižamo pod najnižjo temperaturo gorenja, gorenje preneha. Neposredno hlajenje reakcijske cone je mogoče z dušilniki plamena, kjer se goreča zmes ohladi ob stenah ozkih kanalov, ali hlajenje z vodo, če jo dovedemo v reakcijsko cono v plamenu kot meglo (drobne kapljice) ali vodno paro.

### 2.4.2.3. Zmanjšanje dovoda plinastega goriva

Hitrost kemijske reakcije je odvisna od koncentracije reaktantov. Ker gorenje lahko poteka samo pri sorazmerno veliki hitrosti, lahko sprememba koncentracije pripelje do prenehanja gorenja.

Gorenje plinastih snovi lahko poteka samo pri koncentracijah v področju vnetljivosti. Zmanjšanje koncentracije goriva pod spodnjo mejo vnetljivosti povzroči prenehanje gorenja.

### 2.4.2.4. Ohladitev goriva

Hitrost gorenja je odvisna od hitrosti nastajanja plinov in par iz tekočin in trdnih snovi.

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_{pl} - \dot{Q}_{iz}}{U}, \text{ kjer so:}$$



$\dot{m}$  - hitrost zgorevanja [ $\text{kg/s}^2$ ]

$\dot{Q}_{pl}$  - toplota, ki jo oddaja plamen [ $\text{kW/m}^2$ ]

$\dot{Q}_{iz}$  - toplota, ki se izgublja v okolico [ $\text{kW/m}^2$ ]

$U$  - uparjalna toplota [ $\text{J/kgK}$ ]

Če z dodatnim hlajenjem goriva povečamo toplotne izgube, se zmanjša hitrost nastajanja gorljivih par, zmanjša se hitrost zgorevanja in s tem tudi toplotni tok iz plamena. Plamen ugasne, ko gorljivi plini ne morejo več tvoriti vnetljive zmesi z zrakom.

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_{pl} - \dot{Q}_{iz} - \dot{Q}_{hl}}{U}, \text{ kjer je:}$$



$\dot{Q}_{hl}$  - toplota, ki se izgublja v okolico s hlajenjem plamena [ $\text{kW/m}^2$ ]

S hlajenjem površine vnetljive tekočine se zmanjša hitrost uparjanja, s tem velikost vzgonskega plamena in hitrost nastajanja toplote. Če uspemo površino tekočine ohladiti pod plamenišče, gorenje preneha in plamen ugasne. To lahko uspe pri tekočinah z visokim plameniščem.

Tudi hlajenje trdne snovi upočasni nastajanje gorljivih par (piroliza), plamen se zmanjša in tudi ugasne. S tem hlajenjem preneha tudi gorenje z žarenjem, če je do njega že prišlo.

Gašenje s hlajenjem goriva (tekočine ali trdne snovi) je lahko samo delno, zmanjša se intenzivnost gorenja, čeprav ne preneha popolnoma.

### **2.4.2.5. Prekrivanje goriva**

S tesnim prekrivanjem površine tekočine ali trdne snovi, iz katere izhajajo gorljive pare, preprečimo, da bi se pomešale z zrakom in bi nastala vnetljiva zmes.

### **2.4.2.6. Prekinitev dovoda zraka**

Porušitev za gorenje potrebnega razmerja goriva in kisika dosežemo s prekinitvijo dovoda zraka za zgorevanje. Koncentracija kisika se zmanjšuje, ker se kisik se porablja za zgorevanje<sup>5</sup>. Hitrost gorenja se zmanjšuje in preneha, ko je dosežena najnižja za gorenje potrebna koncentracija.

Pri zmanjšanju koncentracije kisika na 15% preneha gorenje s plamenom pri večini goriv. Pri zmanjšanju koncentracije kisika pod 5% preneha tudi gorenje vodika.

Ko zaradi dotoka svežega zraka koncentracija kisika ponovno naraste, lahko pride do ponovnega vžiga, če ne zapremo dotoka plina ali ohladimo snovi, iz katere izhajajo gorljivi plini in pare.

### **2.4.2.7. Dovajanje inertnega plina**

Zmanjšanje koncentracije goriva in kisika z dodajanjem inertnega plina zoži področje vnetljivosti in zmes lahko postane celo negorljiva.

Da ne bi prišlo do ponovnega vžiga, je treba dovolj dolgo vzdrževati dovolj visoko koncentracijo inertnega plina, da se goreče snovi ohladijo. Praktično to pomeni napolniti prostor z inertnim plinom, preprečiti prezračevanje in dodajati inertni plin, kolikor ga zaradi netesnosti uide.

## **2.4.3. Pogasitev žarenja**

### **2.4.3.1. Ohladitev goriva pod temperaturo vnetišča**

Tudi gorenje z žarenjem lahko poteka dokler izgube toplote v okolico niso večje od toplote nastale pri zgorevanju. Toplotne izgube namerno povečamo z dodatnim hlajenjem do te mere, da gorenje preneha.

Za hlajenje porabimo nek pojav, ki za svoj potek odvzema toploto svoji oklici. To je predvsem segrevanje in uparjanje. Za gašenje s hlajenjem je najprimernejša voda zaradi velike specifične toplote in velike uparjalne toplote.

### **2.4.3.2. Prekinitev dovoda zraka**

Tudi gorenje z žarenjem preneha, če prekinemo dovod zraka, vendar šele, ko se koncentracija kisika zmanjša le na nekaj procentov.

### 2.4.3.3. Dovajanje inertnega plina

Za pogasitev potrebno zmanjšanje koncentracije je praktično težko doseči. Vzdrževati bi bilo treba skoraj 100% koncentracijo inertnega plina dokler se gorivo ne ohladi.

### 2.4.4. Delitev požarov po standardu SIST EN 2

Glede na vrsto goriv se požari delijo na pet osnovnih razredov. Tako poznamo gasila za požare trdnih snovi, tekočin, plinov, lahkih snovi in jedilnih olj ter maščob. Slednja skupina je nova, saj se v standardih pojavlja od leta 2004.

Grafično s pomočjo sličic so vrste požaro prikazane v nadaljevanju:



**požari razreda A** – požari trdnih snovi predvsem organskega izvora, ki pri gorenju tvorijo žar



**požari razreda B** – požari tekočin in raztaljenih trdnih snovi



**požari razreda C** – požari plinov



**požari razreda D** – požari kovin



**požari razreda F** – požari olj in maščob

### 2.4.5. Gasila

Za večino gasilnih postopkov rabimo neke snovi s katerimi gasimo. To so gasila. V praksi se je uveljavilo predvsem pet vrst gasil : voda, pena, ogljikov dioksid, gasilni prašek in haloni<sup>5</sup> in nekatera druga gasila. Navedena in podrobneje opisana so zgolj najbolj uveljavljen gasila. Tržišče ponuja več gasil, a se le ta bodisi zaradi slabšega gasilnega učinka, cene uporabe ipd. ne uporabljajo pogosto.

#### 2.4.5.1. Voda

Voda je z redkimi izjemami najboljše dostopno in najcenejše gasilno sredstvo. Voda je tekočina od 0°C do 100°C, kar je ugodno za enostavno uporabo. Ima veliko specifično toploto in veliko izparilno toploto. **Specifična toplota vode** je 4200 J/kgK, izparilna **toplota vode** pa znaša 2.26 MJ/kg. Gasilni učinek je predvsem hlajenje. Vodna para, ki pri tem nastaja, sicer zmanjšuje koncentracijo kisika, vendar je lažja od zraka, se hitro dviguje in premalo časa ostane v plamenu ali ob žareči površini.

Poleg že naštetih lastnosti, velja za vodo še, da:

- jo lahko pretakamo po ceveh ali prevažamo na večje razdalje;
- čista voda ne ogroža človeškega zdravja,
- vodo uporabljamo za gašenje kot curek, prho, meglo ali paro. Močan vodni curek deluje tudi mehansko in prodre v notranjost žarečih snovi.

Vodo za gašenje uporabljamo kot:

- polni vodni curek,
- vodno prho (premer kapljic 0,5 do 1,5 mm),
- vodno meglo (premer kapljic do 0,1 mm)
- vodni aerosol (premer kapljic do 0,05 mm)

Med slabe lastnosti vode spadajo razpad vode, ko le ta pri 1200 °C razpade na vodik in kisik, zmrzovanje vode pri nizkih temperaturah, električna prevodnost vode in afiniteta vode za povezavo z drugimi snovmi.

Voda gasi s kombinacijo mehanizmov:

- ohlajevanje trdne ali tekoče gorljive snovi,
- ohlajevanje plamena samega,
- ustvarjanje pare, ki onemogoča dostop kisika, in zmanjšuje prenos toplotnega sevanja.

### 2.4.5.2. Pena

Peno sestavlja: voda, penilo in zrak. Penilno število (ali penilno razmerje) je razmerje med volumnom pene in volumnom tekočine v peni<sup>5</sup>:

$$X = V_p/V_t \approx 1/\rho_p$$

Glede na penitev je pena lahko:

- **težka pena** (penilno število do 20)
- **srednja pena** (penilno število 20 do 200)
- **lahka pena** (penilno število 200 do 1000)

Penila so snovi, ki zmanjšajo površinsko napetost vode, in omogočajo penjenje. Vodi jih primešamo 2 do 6%. Penila so:

- proteinska (v vodi topne beljakovine z dodatki) uporabna za težko peno,
- sintetična (detergenti, tenzidi) uporabna za vse vrste pene a težko razgradljiva v okolju.

Pena prekrije gorečo tekočino ali trdno snov, prepreči mešanje par z zrakom in nastajanje vnetljive zmesi. Predvsem težka pena, ki vsebuje veliko vode tudi hladi. Večina uporabe pene je povezana z gorenjem vnetljivih tekočin in za zaščito večjih objektov, ki so izpostavljeni toplotnem sevanju.

### 2.4.5.3. Ogljikov dioksid

Ogljikov dioksid je skoraj inerten plin, 1,5 krat gostejši od zraka. V območje gorenja ga dovajamo kot plin, ki zmanjša koncentracijo kisika. Gorenje s plamenom pri večini goriv preneha, če je v območju gorenja 30% ogljikovega dioksida. Z ogljikovim dioksidom praktično ni mogoče prekiniti gorenja z žarenjem.

### 2.4.5.4. Gasilni prašek

Osnova gasilnega praška so soli (karbonati, sulfati, kloridi, fosfati), zdrobljene in obdelane s snovmi, ki odbijajo vodo (voski, stearati, silikoni). Prašek s tokom nosilnega plina dovedemo v cono gorenja v plamenu ali na gorečo površino trdne snovi.

Gasilni učinek oz. mehanizem gašenja pri gasilnem praški je:

- redčenje gorečega medija z razkrojnimi produkti prahu ali neposredno z oblakom prahu,
- ohlajevanje cone gorenja kot rezultat porabe toplote pri segrevanju delcev prahu, njihovo izparevanje in razpad v plamenu,
- ustvarjanje fizične pregrade med plamenom in gorečo osnovo,
- zaviranje kemijske reakcije gorenja s pomočjo kemijske inhibicije.

Gasilni učinek je odvisen od vrste praška:

BC gasilni prašek (NaHCO<sub>3</sub>, KHCO<sub>3</sub>) je uporaben za gašenje tekočin in plinov. Gasilni učinek je heterogena inhibicija.

ABC gasilni prašek (NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, BaSO<sub>4</sub>) je mogoče uporabiti za gašenje tekočin, plinov in trdnih snovi, razen kovin. Gasilni učinek je dvojen: hetrogena inhibicija in prekrivanje goreče snovi. Prašek gasi



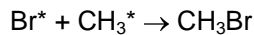
plamen z inhibicijo, ko se sesede na vročo površino, pa se raztali in prepreči dotok zraka do žareče površine.

D gasilni prašek (NaCl, KCl, B<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) za gašenje kovin se pri segrevanju tali in prekrije goreče kovine.

### 2.4.5.5. Haloni

Haloni je skrajšano ime za halogenizirane ogljikovodike. Kot gasila sta se uporabljala predvsem halon 1211 (CF<sub>2</sub>ClBr) in halon 1301 (CF<sub>3</sub>Br). Gasilni učinek je homogena inhibicija. Za pogasitev gorenja s plamenom je potrebna koncentracija samo 4 do 6%.

Pri segrevanju halona na visoko temperaturo se odcepijo radikali (Cl\*, Br\*), ki se v plamenu vežejo na radikale verižne reakcije gorenja in jo prekinejo:



Zaradi uničevanja ozonske plasti je uporaba teh halonov prepovedana in omejena le na nekaj primerov. Nadomeščajo jih z drugimi, manj učinkovitimi, a okolju prijaznejšimi (npr. heptafluoropropan CH<sub>2</sub>F<sub>6</sub>). Pri nas opredeljuje zahteve za uporabo in ravnanje z haloni Pravilnik o ravnanju s snovmi, ki povzročajo tanjšanje ozonskega plašča (Ur.l. RS, št. 62/03, 41/04, 101/04).

### 2.4.5.6. Inergen

Je inerten plin sestavljen iz 40% argona, 52% dušika in 8% ogljikovega dioksida. Vse komponente inergena so naravne in jih lahko najdemo v zraku. Inergen gasi na principu spodrivanja kisika iz cone zgorevanja, torej ima dušilni učinek. Gasilo ne pušča nikakršnih ostankov zato je popolnoma neškodljivo za okolje.

Prvodnost inergena je nizka, kar je še posebej primerno za gašenje požarov v transformatorskih in visokonapetostnih sobah z vgrajenimi neizoliranimi deli. Gasilo zniža vlažnost zraka, kar zmanjša možnost preskoka isker, ki so lahko povod za ponovni vžig. Ljudje lahko zapustijo mesto požara precej pred sproženjem gasilnega sredstva, kljub temu pa inergen zaradi sestave plinov učinkuje kot stimulator dihanja: to omogoča ljudem, ki so ranjeni ali nezavesti in so ostali v prostoru vsaj delno zaščiteno pred pomanjkanjem kisika.

Gasilo je dovoljeno brez omejitev, saj glede na sestavo predstavlja naravno gasilno sredstvo. Ker je inergen ob iztekanju skozi gasilne šobe v plinastem stanju, vidljivost ni zmanjšana, kar ohrani vidnost zasilnih izhodov in omogoča opravljanje dela v prostoru, zajetem v požar. Je malo težji od zraka, zato je zadrževalni čas gasilne koncentracije daljši kot pri težkih plinih.

### 2.4.5.7. Heptafluoropropan hfc 227- ea (fm 200)

Heptafluoropropan HFC 227- ea ali FM 200 je predstavnik nadomestkov halonov. Gasilo vsebuje flor, ki je z vidika obremenitve okolja veliko manj škodljiv kot brom, ki je bil dodan starejšim tipom halonov, kot npr. halon 1301. FM 200 je učinkovit že v zelo majhnih koncentracijah, ob optimalni koncentraciji 8 vol.% ima enak učinek gašenja kot halon 1301. FM 200 je čisto gasilo, ki ne prevaja električnega toka. Gasilo je termično in kemično stabilno, uporablja pa se tudi kot potisni plin za aerosolne izdelke v farmaciji.

**2.5. Viri – poglavje 2:**

1. Bartknecht W.; Staubexplosionen. Springer-Verlag, 1987
2. Brandschutz Atlas, Band 1, 2 - Baulicher Brandschutz. Wehner GmbH, Eggenfelden 1995.
3. Drysdale D., Introduction to Fire Dynamics, 2nd Edition, 1997
4. Eckhoff R., Dust Explosions in the Process Industries, Gulf Professional Publishing; 3 edition, 2003
5. Grm B, Stevanovič B., Kemija v gasilstvu, Gasilska zveza Slovenije, 2000
6. Karlsson B., Quintiere James G.; Enclosure Fire Dynamics, CRC press, 1999
7. Munih P., Gorenje in upočasnitev gorenja polimernih materialov, Revija Požar, letnik 3, št. 2, SZPV, Ljubljana, 1997
8. Quintiere James G.; Fundamentals of Fire Phenomena, John Wiley & Sons, 2006
9. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd Edition, NFPA, SFPE, 2002

## 3. PREVENTIVNI UKREPI VARSTVA PRED POŽAROM

### 3.1. Uvod

Poglavje obravnava preventivne ukrepe varstva pred požarom. Tematike, ki so zajete v tem poglavju so vezane na drugo poglavje, kjer se lahko bralec seznanil z osnovami gorenja in gašenja. Tako so v tem poglavju obravnavane in zajete nekatere nevarnosti, ki izhajajo iz uporabe posameznih vrst goriv (trdna, tekoča in plinasta), narave tehnoloških postopkov, evakuacije ter splošnih navodil za zagotavljanje požarne varnosti v objektu, kjer predstavljajo osnovo že normativni ukrepi, podani v prvem poglavju. Med glavne cilje za zagotavljanje požarne varnosti spada:

- zmanjšati število nezgod in žrtev zaradi požara,
- zmanjšati škodo na objektu, hranjenih dobrinah,
- zmanjšati izgube prihodka zaradi prekinitve dela kot posledice požara
- zmanjšati vplive na okolje.

Preventivni ukrepi varstva pred požarom izhajajo iz požarnih nevarnosti, na le te pa vplivajo dejavniki, kot so:

- lastnosti in količina gorljivih materialov,
- lastnosti in količina drugih gorljivih snovi (vnetljive tekočine, plini in lahko gorljive trdne snovi),
- vrsta in lastnosti tehnoloških postopkov,
- način skladiščenja vnetljivih tekočin, plinov in lahko gorljivih trdnih snovi,
- »izvedeni in neizvedeni« ukrepi za požarno zaščito, kot so evakuacijske poti, požarne ločitve, naprave za požarno javljanje in alarmiranje, naprave za začetno gašenje (gasilniki, notranji hidranti), avtomatske naprave za gašenje, oskrba z vodo, zunanji hidranti in dovodne poti za gasilska intervencijska vozila itd.
- stalna prisotnost večjega števila delavcev in drugih obiskovalcev, ki ne poznajo dovolj dobro samega objekta in načrtovanih varnostnih ukrepov,
- izvajanje organizacijskih ukrepov.

V nadaljevanju so izpostavljene nekatere glavne požarne nevarnosti in ukrepi, ki zmanjšajo požarne nevarnosti.

### 3.2. Vrste in lastnosti nevarnih snovi ter ravnanje z njimi

#### 3.2.1. Gorljive in vnetljive tekočine

Gorljive in vnetljive tekočine predstavljajo zaradi pogostosti in količine veliko požarno nevarnost. V Sloveniji predstavljajo gorljive in vnetljive tekočine ca. 80% vseh nevarnih snovi, ki se jih bodisi proizvaja, skladišči ali transportira po cestah, železnici, morju ali zraku. Nevarnost, ki izhaja iz uporabe gorljivih in vnetljivih tekočin je odvisna od lastnosti gorljivih in vnetljivih tekočin, kamor spada npr. temperatura plamenišča.

Na splošno lahko rečemo, da je nevarnost zaradi gorljive in vnetljive tekočine prisotna, če so izpolnjeni naslednji pogoji<sup>12</sup>:

- prisotnost vnetljive ali gorljive snovi
- toplota
- obstoj potencialnih virov vžiga
- prisotnost kisika
- prisotnost snovi pod tlakom.

Glede na določila Zakona o kemikalijah (Ur. list RS, št. 110/03), delimo kemikalije, kamor spadajo tudi gorljive in vnetljive tekočine na:

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

- zelo lahko vnetljive kemikalije, ki so tekoče kemikalije z izredno nizkim plameniščem in nizkim vreliščem ter plinaste kemikalije, ki so vnetljive v stiku z zrakom pri navadni temperaturi in tlaku;
- lahko vnetljive kemikalije, ki so:
  - o kemikalije, ki se v stiku z zrakom lahko segrejejo in same po sebi vnamejo že pri navadni temperaturi in tlaku brez dovajanja zunanje energije,
  - o trdne kemikalije, ki se lahko hitro vnamejo že po kratkotrajnem stiku z virom vžiga in odtlej dalje gorijo ter se porabljajo tudi po odstranitvi tega vira,
  - o tekoče kemikalije, ki imajo zelo nizko plamenišče,
  - o kemikalije, ki v stiku z vodo ali njeno paro v nevarnih količinah sproščajo lahko vnetljive pline;
- vnetljive kemikalije, ki so kemikalije, ki imajo nizko plamenišče;

Najpogosteje je uporabi delitev gorljivih in vnetljivih tekočin po **standardu (npr. po JUS Z.CO.007), kjer se le te delijo** glede na temperaturo plamenišča v dve skupini (podobno delitev ima tudi smernica NFPA 30):

1) **lahko vnetljive tekočine**, ki imajo tlak pod 3 bar in plamenišče pod 38°C. Lahko vnetljive tekočine so tekočine **I. skupine**, ki se glede na plamenišče in vrelišče delijo na 3 podskupine:

**IA podskupina** - tekočine s plameniščem pod 23°C in temperaturo vrelišča pod 38°C

**IB podskupina** - tekočine s plameniščem pod 23°C in temperaturo vrelišča nad 38°C

**IC podskupina** - tekočine s plameniščem od 23°C do 38°C

2) **vnetljive tekočine**, ki imajo plamenišče nad 38°C. Glede na plamenišče se delijo na dve skupini:

**II. skupina** - tekočine s plameniščem od 38°C do 60°C

**III. skupina** - tekočine s plameniščem nad 60°C, ki se dele v dve podskupini:

**IIIA podskupina** - tekočine s plameniščem od 60°C do 93°C

**IIIB podskupina** - tekočine s plameniščem nad 93°C

Na splošno lahko rečemo, da večino zgoraj opredeljenih vnetljivih tekočin predstavljajo ogljikovodiki.

Z imenom ogljikovodiki označujemo skupino spojin, ki v molekuli vsebujejo **ogljik in vodik**.

Ogljikovodiki z *nizjim številom ogljikovih atomov* v molekuli so pri sobni temperaturi **plini** (npr. metan, etan, propan, butan, acetilen itd.), z *večjim številom tekočine* (bencin, petrolej), z *zelo visokim številom* pa **zelo viskozne tekočine** (npr. katrani) **ali trdne snovi** (npr. parafini). Vsi ogljikovodiki so gorljivi. Vnetljivost in gorljivost ogljikovodikov v splošnem pada z rastočim številom ogljikovih atomov in z rastočim številom enojnih vezi v molekuli.

Ogljikovodiki, ki imajo samo enojne vezi so nasičeni ogljikovodiki, ogljikovodiki, ki imajo v molekuli tudi dvojno ali trojno vez, pa so nenasičeni ogljikovodiki.

Nasičeni ogljikovodiki so kemijsko manj reaktivni. Pri sobni temperaturi ne reagirajo s kislinami, bazami, oksidanti in reducenti. S halogeni pa reagirajo že pri sobni temperaturi, pri čemer pride do zamenjave vodikovih atomov z atomi halogenov. Nasičeni ogljikovodiki reagirajo s kisikom pri nekoliko povišani temperaturi.

Najbolj nevarni plinasti nasičeni ogljikovodiki so podrobneje predstavljeni pri plinih. Večina tekočih nasičenih ogljikovodikov že pri sobni temperaturi oddaja hlape, ki z zrakom tvorijo eksplozivne mešanice<sup>12</sup>. Z rastočim številom ogljikovih atomov v molekuli raste temperatura plamenišča in območje eksplozivnosti.

Nasičeni ogljikovodiki so kemijsko manj reaktivni. Pri sobni temperaturi ne reagirajo s kislinami, bazami, oksidanti in reducenti. S halogeni pa reagirajo že pri sobni temperaturi, pri čemer pride do zamenjave vodikovih atomov z atomi halogenov. Nasičeni ogljikovodiki reagirajo s kisikom pri nekoliko povišani temperaturi.

Večina tekočih nasičenih ogljikovodikov že pri sobni temperaturi oddaja hlape, ki z zrakom tvorijo eksplozivne mešanice. Z rastočim številom ogljikovih atomov v molekuli raste temperatura plamenišča in območje eksplozivnosti.

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

Med nenasičene ogljikovodike spadajo vsi ogljikovodiki, ki imajo namesto enojnih vezi med ogljikovimi atomi vsaj eno dvojno ali trojno vez<sup>12</sup>.

Nenasičeni ogljikovodiki so zelo lahko vnetljivi. **V splošnem imajo v primerjavi s pripadajočimi nasičenimi tudi nižjo temperaturo vrelišča in nižjo temperaturo plamenišča, zato so bolj nevarni.**

Posebno nevarnost predstavljajo gorljive in vnetljive tekočine, ki so zaradi povečanega tlaka npr. v cevovodu razpršene (npr. nanašanje barv in lakov). Kapljice vnetljive tekočine, razpršene ali lebdeče v zraku, se lahko vnamejo in zelo hitro zgorevajo tudi, kadar je temperatura tekočine nižja od plamenišča. Spodnja meja vnetljivosti kapljic tekočih ogljikovodikov je 45 do 50 g/m<sup>3</sup>.

#### 3.2.2. Gorljivi in vnetljivi plini

Plini predstavljajo eno od treh agregatnih stanj snovi<sup>8</sup>. Za pline je značilna nizka gostota in sposobnost, da se prosto širijo po prostoru. V primerjavi s tekočinami in trdnimi snovmi se zelo lahko širijo in stiskajo<sup>12</sup>. Te spremembe volumna spremljajo spremembe pritiska in temperature. Plini se lahko nahajajo pri normalnem tlaku ali pa so pod pritiskom.

**Komprimirani (stisnjeni) plini** so vse snovi, ki imajo kritično temperaturo nižjo od 50°C ali parni tlak pri 50°C večji od 300 kPa (3 bari). Delimo jih na:

1. pline pod pritiskom
2. utekočinjene pline
3. pod tlakom raztopljene pline

Za stisnjene, utekočinjene in pod tlakom raztopljene pline se pri nas najpogosteje uporablja naslednje definicije:

- stisnjeni plini so plini, katerih tlak je pri temperaturi 15°C večji od 1,5 bara;
- utekočinjeni in pod tlakom raztopljeni plini pa so plini, katerih tlak je pri temperaturi 40°C večji od 1,25 bara.

**Stisnjeni** so tisti **plini**, ki se pri sobni temperaturi ne utekočinijo, če so pod pritiskom v jeklenki ali drugi tlačni posodi (npr. metan, kisik).

**Utekočinjeni plini** pa so tisti, ki se pri sobni temperaturi in povišanih tlakih vsaj deloma utekočinijo (npr. propan, butan, klor, propilen, amonijak, hladilni plini itd). Pri utekočinjenih plinih pride do ravnotežja med tekočo in plinsko fazo. Razmerje med tekočo in plinsko fazo pa je odvisno od vrste plina in od pritiska v tlačni posodi. Najbolj znan predstavnik **pod tlakom raztopljenih plinov** je **dissous plin** za varjenje, ki je pod pritiskom raztopljen aceten v acetonu. Za povečanje stabilnosti acetilana je dodan porozni material (diatomske zemlje).

Prednost utekočinjanja plinov je v tem, da se pri tem močno zmanjša volumen, kar pomeni, da lahko v istem volumnu tlačne posode skladiščimo oz. transportiramo bistveno večje količine plinov. Npr. pri kondenzaciji vodne pare se volumen zmanjša za 1650-krat. Pline lahko utekočinimo z zvišanjem pritiska in znižanjem temperature. Obstaja pa temperatura, nad katero se plin ne bo več utekočinil ne glede na tlak. To temperaturo imenujemo *kritična temperatura plina*. Pritisk, ki je potreben, da se plin utekočini pri kritični temperaturi, se imenuje kritični tlak.

**Pline pod pritiskom** lahko delimo tudi na **gorljive** in **negorljive** ter na **strupene** in **nestrupene**.

**Eksplozijsko nevarne vnetljive pline in hlape** razvrščamo:

a) *glede na sposobnost prenosa eksplozije iz notranjega dela okrova na zunanjo atmosfero skozi reže okrova* v 4 skupine:

- skupina A
- skupina B
- skupina C
- skupina D

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

b) glede na **temperaturo vžiga eksplozivnih zmesi vnetljivih plinov z zrakom** pa na 6 temperaturnih razredov:

- temperaturni razred T<sub>1</sub> ... temperatura vžiga nad 450°C
- temperaturni razred T<sub>2</sub> ... temperatura vžiga 300°C - 450°C
- temperaturni razred T<sub>3</sub> ... temperatura vžiga 200°C - 300°C
- temperaturni razred T<sub>4</sub> ... temperatura vžiga 135°C - 300°C
- temperaturni razred T<sub>5</sub> ... temperatura vžiga 100°C - 135°C
- temperaturni razred T<sub>6</sub> ... temperatura vžiga 85°C - 100°C

Pri eksplozijskih skupinah raste nevarnost od skupine A proti D, pri temperaturnih razredih pa od razreda T<sub>1</sub> proti razredu T<sub>6</sub>.

Plini se skladiščijo in prevažajo v tlačnih posodah, kot so **jeklenke** ter **plinske cisterne in rezervoarji**, ki so lahko stabilni ali premični. Vse plinske cisterne in rezervoarji ter večje jeklenke so opremljene z varnostnimi ventili, ki v primeru, da pritisk v notranjosti naraste nad dovoljeno vrednost, izpuščajo plin v atmosfero.

Manjše jeklenke pa običajno niso opremljene z varnostnimi ventili, zato je v primeru požara le-te nujno odstraniti iz nevarnega območja ali pa hladiti z vodo.

Navedeni varnostni ukrepi se v primeru požara priporočajo tudi za ostale tlačne posode, ki imajo varnostni ventil. Varnostnega ventila pa nimajo tudi tlačne posode za pline, ki so strupeni npr. fluor.

Tlačne posode za pline pod pritiskom so, da bi že na zunaj razpoznali, kateri plin je v tlačni posodi, z zunanje strani prebarvane. **Značilne barve** za posamezne pline so podane v tabeli 3-1.

Tabela 3-1: Identifikacija plinov s pomočjo barve tlačnih posod

Plin	Barva
acetilen	rdečkasto rjava
klor (kot tudi drugi strupeni in jedki plini)	rumena
vnetljivi plini	rdeča
kisik	bela
oksidanti	svetlo modra
komprimiran zrak	svetlo zelena
Inertni plini	svetlo zelena

#### 3.2.3. Gorljive trdne snovi

Med gorljivimi snovmi je največ gorljivih trdnih snovi. Glede na odziv in nevarnosti ob gorenju gorljivih trdnih snovi ob požaru lahko posebej omenimo kovine, nekovine in plastične mase.

##### 3.2.3.1. Nekovine

V skupino nekovin spadajo naslednji elementi:

- IV. skupina: ogljik
- V. skupina: dušik in fosfor
- VI. skupina: kisik, žveplo in selen
- VII. skupina: fluor, klor, brom in jod (halogeni)
- VIII. skupina: helij, neon, argon, kripton in ksenon (inertni plini)

V nadaljevanju so predstavljeni samo nekateri najbolj reaktivni in požarno najbolj nevarni nekovinski elementi.

**Ogljik** običajno ne prištevamo med nevarne elemente. Njegove pojavne lastnosti in lastnosti z vidika požarne varnosti so podane v tabeli 3-2.

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

Tabela 3-2: Oblike ogljika

Oblika ogljika	Izvor in lastnosti
ogljje	Nastaja pri segrevanju lesa v odsotnosti zraka. Struktura oglja je močno porozna.
premog	Nastaja pri počasnem razpadu lesa v zemlji. Struktura premoga je podobna strukturi oglja, le da je zaradi visokih pritiskov v zemljini notranjosti manj porozna. Vsebuje precej nečistoč.
saje	Drobni kristalčki ogljika. Nastanejo pri gorenju različnih materialov, ki vsebujejo ogljik pri pogojih nepopolnega izgorevanja.
grafit	Sestavljen je iz vzporednih plasti ogljikovih atomov, ki so med seboj le šibko povezane, zato drsijo druga ob drugi (drsne ravnine). Zato je mehak, se cepi v lističih in pušča barvo.
diamant	Za razliko od grafita so pri diamantu atomi ogljika urejeni in povezani tako, da tvorijo prostorsko strukturo. Spada med drage kamne in je najtrša snov.

Vse naštetе oblike ogljika razen diamanta so požarno nevarne. Nevarnost za vžig in eksplozijo se močno poveča, če je ogljik v obliki praha. Reakcija kisika z ogljikom je močno eksotermna, temperatura plamenov pa je zelo visoka.

**Fosfor** - tudi fosfor se v naravi nahaja v različnih oblikah oz. alotropskih modifikacijah (tabela 3-3), ki imajo različne lastnosti.

Tabela 3-3: Oblike in lastnosti fosforja

Lastnost	Beli fosfor	Rdeči fosfor	Črni fosfor
Barva	bela	rdeča do vijoličasta	sivo črna
Kovinskost	nekovinski	nekovinski	kovinski
Tališče	44°C	se tali samo pri visokem pritisku, nad 280°C se spremeni v plinasti beli P	se tali samo pri visokem pritisku, nad 280°C se spremeni v plinasti beli P
Trdota	mehak kot vosek	trd	precej mehak
Reaktivnost	velika	majhna	srednja
Vonj	po česnu	brez vonja	brez vonja
Strupenost	zelo strupen	nestrupen	nestrupen
Temperatura vnetišča	60°C	nad 400°C	nad 400°C
Topnost	v vodi slabo, dobro v CS <sub>2</sub>	netopen	netopen

Posebna pazljivost je potrebna predvsem **pri delu z belim fosforjem**, ker je zelo reaktiven in se lahko vžge že pri 40°C.

**Pri gašenju** gorečega fosforja se uporablja voda, ker ohlaja in deluje kot "inertni" material. Težava pa je, da se fosfor, ko voda izpari ponovno vžge. Zato moramo goreči fosfor pogasiti in nato hitro odstraniti na varno lokacijo.

**Žveplo** - tudi žveplo se podobno kot ogljik in fosfor pojavlja v več oblikah, vendar nobena oblika z vidika nevarnosti ne izstopa.

Žveplo reagira z nekaterimi kovinami, kot sta baker in železo tako silovito, da sproščena toplota povzroči dvig temperature do žarenja.

Žveplo je nevarno, ker pri reakcijah z drugimi elementi **nastajajo strupeni plini**. Pri zvišani temperaturi reagira s kisikom, pri čemer nastane strupen plin žveplov dioksid. Pri reakciji z reducentom, npr. vodikom, pa nastane vodikov sulfid, ki je zelo toksičen plin. Goreče žveplo gasimo z vodo, saj ga le ta ohlaja.



Dopolnilno gradivo

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

**Halogeni** - halogeni so **zelo nevarni oksidanti**. Lastnosti so prikazane v tabeli 4-3.

Tabela 4-3: Lastnosti halogenov

	Fluor	Klor	Brom	Jod
Izgled	bledorumen plin/tekočina ostrega vonja	zeleno-rumeni plin ostrega vonja	temno rdeče-rjava tekočina	sivo-črna trdna snov, hlapi so vijoličasti
Vrelišče (°C)	-188	-34	58	185
Gostota plin/tekočina	1,695	1,56	3,5	---
Reaktivnost	visoka	srednja	srednja	nizka
Nevarnost	zelo strupen, koroziven	zelo strupen	zelo strupen	zelo strupen

Najbolj reaktivna sta fluor in klor, ki reagirata neposredno z vsemi kovinami.

V primerjavi s kisikom sta klor in fluor močnejša oksidanta, zato sta bolj nevarna. Vsi halogeni lahko povzročijo nevarne opeklino, zato je treba pri delu z njimi zelo paziti in nositi potrebno osebno varovalno opremo. Vsi so tudi močno dražeči in strupeni.

#### 3.2.3.2. Kovine

Vse kovine razen živega srebra, ki je pri sobni temperaturi tekoče, so trdne snovi, ki se po svojih lastnostih dobro ločijo od ostalih elementov.

Razlike med kovinami in nekovinami glede nevarnosti so posledica predvsem različne reaktivnosti z drugimi kemijskimi elementi.

Z naraščajočim številom elektronov na zadnji orbitali narašča nekovinski značaj nekovin, kovinski značaj kovin pa pada. Enako velja tudi za reaktivnost.

V nadaljevanju so predstavljene posamezne skupine kovin in nekovin, značilni predstavniki in posebnosti. Gorenje kovin in nekovin pa je podrobneje predstavljeno v poglavju 2.

Med kovinami omenimo ti. **alkalijske kovine**, kamor spadajo vsi elementi I. skupine periodnega sistema (litij, natrij, kalij, rubidij, cezij in francij), razen vodika.

Te kovine **spadajo med najbolj reaktivne**. Intenzivno reagirajo s kisikom in vodo. Pri tem nastanejo jedki hidroksidi in oksidi, sprošča pa se vodik. Še bolj intenzivno pa reagirajo s halogeni: fluor, klor, brom in jod. Nastajajo soli, sproščajo pa se velike količine toplote.

Alkalijske kovine **se uporabljajo** predvsem kot reducenti pri proizvodnji organskih barv in zdravil. Največ se uporablja natrij, ker je najcenejši.

Če alkalijske kovine gorijo ali če so v bližini požara, je potrebna pri gašenju izjemna pazljivost. Za gašenje ne smemo uporabljati vode, ker se pri reakciji z vodo sprošča vodik in večje količine toplote.

Za gašenje se tudi ne priporoča uporaba vlažnega peska, ker prisotnost vlage lahko povzroči eksplozijo vodne pare.

Tudi pene, ogljikovega dioksida in halonov ne smemo uporabljati za gašenje alkalijskih kovin, ker burno reagirajo z navedenimi gasilnimi sredstvi.

**Priporoča se uporaba aparatov na prašek tip D** (vsebujejo grafit in natrijev klorid).

Ker alkalijske kovine reagirajo z vlago v zraku, jih **transportiramo** v kerozenu ali mineralnih oljih, ki pa so gorljive tekočine. Če požar zajame tekočino, v kateri se prevažata alkalijska kovina, je potrebno gasiti tekočino ogljikovim dioksidom. Za gašenje se ne sme uporabljati vode, ker se vseda na dno (voda se



### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

ne meša s kerozenom in je težja od kerozena) in reagira z alkalijsko kovino. Uporaba vode bi torej še poslabšala položaj.

Alkalijske kovine ne smemo prijemat z golimi rokami, ker reagirajo z vlago v koži in povzročajo nevarne opeklino. Pri delu moramo uporabiti kompletno zaščitno opremo.

Z vidika požarne varnosti so pomembne tudi **zemeljsko-alkalijske kovine**, kamor spadajo berilij, magnezij, kalcij, stroncij, barij in radij. Te kovine reagirajo s kisikom, vodo in halogeni, vendar so reakcije precej manj burne.

Uporaba zemeljsko-alkalijskih kovin je v primerjavi z alkalijskimi kovinami precej bolj razširjena, zato obstaja precej večja verjetnost nevarnih dogodkov, v katerih se srečamo z njimi.

Značilnosti glede reaktivnosti in gašenja požarov, v katerih so zajete zemeljsko-alkalijske kovine v elementarni obliki, so podobne kot pri alkalijskih kovinah, vendar so reakcije precej manj burne. Voda pri magneziju samo pospešuje gorenje. Za gašenje se priporoča uporaba gasilnikov na prašek ali peno za gašenje požarov razreda D.

Osebnostno varovalno opremo je potrebno uporabljati tudi pri delu s kovinami te skupine, saj elementarni kalcij povzroča podobne opeklino na koži kot natrij.

Med kovine III. skupine spadajo naslednje kovine v elementarni obliki: aluminij, galij, indij in talij.

Kovine iz tretje skupine so nevarne samo, če so v prašni obliki.

Vendar pri delu s temi kovinami ne pride do vžiga in do opeklin kot pri kovinah I. in II. skupine.

**Za gašenje** pa velja, da naj se ne uporabljajo voda, pena, prašek, haloni in nadomestki ter ogljikov dioksid, ampak prah in pena za gašenje požarov razreda D.

Ostale kovine in polkovine ne predstavljajo posebne nevarnosti z vidika požara. To velja predvsem pri sobni temperaturi. Pri višjih temperaturah pa reagirajo z nekovinami, vključno z ogljikom, vodikom, kisikom, HCl in SO<sub>2</sub>. Pri reakcijah pri višji temperaturi lahko nastanejo oksidi ali druge soli, ki so zelo strupene. Tudi za platino, ki je pri normalnih pogojih "inertna", velja, da v prašni obliki in pri višjih temperaturah zelo lahko zagori, pri čemer nastane strupen oksid.

Reaktivnost teh kovin se močno poveča, če so v prašni obliki.

S padajočo velikostjo prašnih delcev kovin in polkovin sposobnost za reakcijo z zgoraj naštetimi elementi in spojinami narašča.

#### 3.2.3.3. Plastične mase

Skupino plastičnih mas sestavljajo spojine, pri katerih je **večje število enakih ali podobnih molekul (monomer) povezanih v eno veliko molekulo, ki se imenuje polimer**. Osnovni gradbeni element v večini polimerov predstavljajo atomi ogljika.

Skupina polimerov, ki imajo dolge linearne molekule, se imenuje **termoplasti**.

Za termoplaste je značilno, da **se pri segrevanju najprej zmečkajo nato pa stalijo in stečejo**. Tekoči termoplasti se pri temperaturi plamenišča vžgejo. Pri višjih temperaturah pa razpadejo na sestavne dele - monomere. Temperatura zmečkanišča, temperatura plamenišča oz. vžiga in temperatura termičnega razpada polimerov so odvisne od vrste in sestave polimera. **Pri ohlajanju se termoplasti zopet strdijo**.

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

#### Pri gorenju termoplastov:

- ki v molekuli vsebujejo atome dušika (N), nastajajo strupeni plini dušikovi oksidi ( $\text{NO}_x$ ), amoniak ( $\text{NH}_3$ ) in vodikov cianid (HCN);
- ki v molekuli vsebujejo atome klora (Cl), nastajajo strupeni plini vodikov klorid (HCl) in fosgen ( $\text{COCl}_2$ );
- ki v molekuli vsebujejo atome broma (Br), nastajajo strupeni plini vodikov bromid (HBr) in karbonil bromid ( $\text{COBr}_2$ );
- ki v molekuli vsebujejo atome fluora (F), nastajajo strupeni plini vodikov fluorid (HF) in karbonil fluorid ( $\text{COF}_2$ ).

Druga velika skupina polimerov se imenuje **duromeri ali termostabilni polimeri**.

Pri teh so posamezne linearne verige za razliko od termoplastov med seboj tudi prečno in prostorsko povezane (zamrežene). Ti polimeri se zato **pri segrevanju ne talijo**. Pri višjih temperaturah pride do termičnega razkroja. Duromeri gorijo podobno kot les.

**V splošnem velja, da so termoplasti zaradi taljenja in utekočinjanja, požarno bolj nevarni kot duromeri.** Velja tudi, da se požarna nevarnost polimerov v splošnem znižuje tudi s stopnjo zamreženosti polimera.

V tabeli 5-3 so prikazane lastnosti nekaterih termoplastov in duroplastov.



Dopolnilno gradivo

Tabela 5-3: Lastnosti nekaterih termoplastov in duroplastov

Polimer	Temperatura zmečičišča (°C)	Območje razkroja (°C)	Temperatura plamenišča (°C)	Temperatura samovžiga (°C)	Toksični plinski produkti
<b>Termoplasti</b>					
polietilen	75	340-440	340	350	---
polivinil klorid	70-80	200-300	390	455	HCl, $\text{COCl}_2$
polistiren	88	300-400	346-360	490	---
najlon	86-110	300-350	420	450	HCN, $\text{NH}_3$
politetrafluoro- etilen	> 500	---	---	---	HF, $\text{COF}_2$
<b>Duroplasti</b>					
fenol	---	350-400	---	---	---
nenasičena poliesterska smola	---	nad 140	---	---	---
epoksi smola	---	250-350	---	---	---
sečninska smola	---	200-300			HCN, $\text{NH}_3$
melaminska smola	---	200-300			HCN, $\text{NH}_3$
poliuretanska smola	---	> 220			HCN, $\text{NH}_3$

Pri izdelavi polimerov (proizvodnja plastičnih mas) in utrjevanju duroplastov (predelava plastičnih mas) se pogosto uporabljajo **katalizatorji**, ki pospešijo reakcije sinteze ali zamreženja. Običajno so to snovi, ki so oksidanti, npr. **peroksidi**. Peroksidi so lahko vnetljive in zelo reaktivne trdne ali tekoče snovi.

Kot katalizatorji se uporabljajo tudi **kovinski halidi** (npr. dietil aluminijev klorid) in **kovinski alkili** (npr. tri-isopropil aluminij). Te snovi so zelo lahko vnetljive in občutljive na spremembe. Ker se v proizvodnih prostorih poleg samih izhodnih surovin nahajajo vedno tudi manjše ali večje količine katalizatorjev, je

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

---

potrebno pri gašenju požarov posebno pozornost posvetiti prav tem snovem. Kovinski halidi na zraku takoj reagirajo, zato se hranijo v organskih topilih. Ne smejo priti v stik z gasilnimi sredstvi, kot so voda, pena ali halogenirana penilna sredstva.

**Gorljivost plastičnih mas** je močno odvisna tudi od dodatkov za izboljšanje lastnosti in predelave. Nekateri dodatki, kot so anorganska polnila in anorganski pigmenti, so negorljivi in zavirajo vžig in gorenje. Nekateri dodatki, kot so npr. mehčala, plastifikatorji, organski pigmenti itd., pa so gorljivi in lahko pospešujejo vžig in gorenje posameznih plastičnih mas.

V primerjavi z nepenjenimi plastičnimi masami se penjene lažje vžgejo in lažje gorijo. Njapogosteje gorijo z gostim črnim dimom, pri gorenju pa se sproščajo toksični plini. Podrobneje so opisane v nadaljevanju.

**ABS** - Kopolimer akrilonitrila, butadiena in stirena. Gori počasi.

**Akrilati** - Spadajo med plastične mase, ki zelo dobro gorijo.

**Celulozni polimeri** - Nitrat celuloze (celuloid) spada med zelo lahko gorljive polimere. Ker ta polimer vsebuje vezan kisik, gori zelo burno. Zato je pri gašenju potrebna še posebna pazljivost. Pri gorenju se sproščajo tudi **toksični plini**, zato je treba pri gašenju uporabljati izolirne dihalne aparate.

**Epoksi smole** - Epoksi smole so dvokomponentne: smola in katalizator. Smole so normalno gorljive. Kot katalizatorji se uporabljajo različne kemikalije. Posebej nevarni so amini, ki so običajno toksični.

**Poliesterske smole** - Nenasičenim poliesterskim smolam se za utrjevanje dodajajo katalizatorji in pospeševalci. Same smole so normalno gorljive. Kot **katalizatorji** se uporabljajo organski peroksidi, ki so močno reaktivni in lahko predstavljajo nevarnost pri gašenju.

**Fluoropolimeri** - V to skupino spadajo plastične mase, ki imajo na glavno verigo polimera poleg vodikovih atomov vezane tudi atome fluora. Ta skupina je znana pod komercialnim imenom **teflon**. Z nizko energijskim virom vžiga jih ni mogoče vžgati. Razkrajajo se pri temperaturah nad 500°C. Sproščajo se toksični plini.

**Najloni** - Alifatski najloni so lahko gorljivi, zato jim dodajajo retardante. Retardanti so snovi, ki zavirajo gorenje. Najloni na osnovi aromatskih kislin se imenujejo **aramidi** in so težko gorljivi, zato se uporabljajo za izdelavo zaščitnih oblek.

**Fenolne smole** - Fenolni polimeri so duroplasti. Dobimo jih z reakcijo med fenolom in formaldehidom. Težko jih je vžgati. Pri višjih temperaturah se ne talijo, ampak razkrajajo.

**Polietilen** - Polietileni spadajo med lahko gorljive polimere.

**Polistiren** - Polistiren spada med lahko gorljive polimere. Penjeni polistiren je znan pod imenom **stiropor**. Nekateri izdelki iz polistirena vsebujejo tudi retardante, zato se težje vžgejo.

**Polivinil klorid** - Izdelujejo ga s polimerizacijo vinil klorida., ki je vnetljiv in toksičen plin. Zaradi prisotnosti klorovih atomov v verigi polivinil klorida (PVC) ga je težko vžgati in da zelo težko gori. Pri višjih temperaturah se razkrajajo, pri čemer nastaja **toksičen plin vodikov klorid** (HCl), ki se z vlago veže v solno kislino, ki je močno jedka in korozivna.

**Poliuretani** - Ena od komponent za proizvodnjo poliuretana (trdega in pene) je izocianat, ki je zelo strupena spojina. Poliuretani se lahko vžgejo in gorijo s črnim sajastim plamenom. Plamen se zelo hitro širi. Pri gorenju se sproščajo **toksični plini, kot npr. amoniak in vodikov cianid**.

**Silikoni** - Pri silikonskih polimerih je osnovna veriga sestavljena namesto iz atomov ogljika iz atomov silicija (- Si -). So nevnetljivi.

#### 3.2.4. Eksplozivi

Za vse eksplozivne snovi je značilno, da pri vžigu zelo hitro oddajajo toploto in pline, posledica česar je naglo zvišanje pritiska, ki deluje na okolico. Več toplote in plinov se sprosti na volumsko ali utežno enoto, močnejša je eksplozija. Med eksplozive spadajo razstreliva, smodniki, eksplozivne snovi, inicialna in vžigalna sredstva, izdelki, polnjeni z eksplozivi, pirotehnične zmesi in pirotehnični izdelki.

**Eksplozive** lahko razdelimo na:

1. **deflagracijske eksplozive** (samo zelo hitro gorijo, pri čemer ne pride do detonacije, npr. nitroceluloza)
2. **detonacijske ali brizantne eksplozive** (pri gorenju lahko pride do detonacije, npr. nitroglicerin)

**Detonacijski eksplozivi** se delijo na:

1. **visoko reaktivne eksplozive**, ki lahko zelo hitro gorijo ne da bi eksplodirali; da pa pride do eksplozije, je potreben močen mehanski udarec ali iniciator eksplozije;
2. **navadne eksplozive**, ki eksplodirajo takoj po vžigu; uporabljajo se za detonatorje in iniciatorje.

Vsi eksplozivi kemijsko razpadejo, če jih segrevamo do dovolj visoke temperature. Hitro segrevanje eksotermnih snovi nad njihovo temperaturo termičnega razpada je v večini primerov pogoj za nastanek eksplozije.

- Eksplozivne snovi, ki hitro razpadejo pri 100°C, so **temperaturno nestabilne** in zato niso varne.
- Eksplozivne snovi, ki jih lahko brez posledic segrejemo do 218°C, so **temperaturno stabilne in varne**.
- Agregatno stanje eksploziva nima odločilnega vpliva. Eksplozivi so lahko v trdni, tekoči ali plinasti obliki. Gostejši eksplozivni materiali v splošnem sprostijo več energije na volumsko enoto.

Tako imenovani visoko energijski eksplozivi, kot nitroglicerin, pikrinska kislina in trinitrotoluen (TNT), imajo zelo izrazito tendenco za nastanek detonacije, zato se v glavnem uporabljajo v vojaške namene. Azidi in fulminati pa so manj nagnjeni k detonacijam, zato se uporabljajo največ kot detonatorji in iniciatorji. Od navedenih eksplozivnih snovi je najmanj občutljiv amonijev nitrat, največ se uporablja kot dodatek navadnim eksplozivom.

Eksplozive lahko vžgemo s električno iskro. Svinčev azid in živosrebrov fulminat lahko vžgemo že z šibko elektrostatično iskro, za vžig stabilnih eksplozivov, kot npr. TNT, pa je potrebna električna iskra z visoko energijo. Požar ali odprti plamen zadoščata za takojšnjo detonacijo iniciranih eksplozivov, kot sta svinčev azid in živosrebrov fulminat, TNT pa raje gori kot eksplodira, če je prisoten v manjših količinah in prostorsko neomejen.

### 3.3. Nevarnosti in tveganja v industriji, povezana z možnostjo nastanka požara in eksplozije

Pri oceni nevarnosti in tveganja v industriji moramo upoštevati lastnosti objekta, značilnosti pričakovanega požara in lastnosti uporabnikov objekta.

Stopnja nevarnosti je odvisna od vrste in količine gorljivih materialov, kjer so požari lahko:

- počasni in dolgo časa nezaznavni (npr. samovžigi v silosih)
- hitri (npr. lahko vnetljivi embalažni materiali: folija, karton, stiropor)
- zelo intenzivni (npr. visoka kalorična vrednost iverke)
- dolgotrajni (npr. visoka požarna obremenitev na m<sup>2</sup>)

Pri oceni poteka požara in opredelitvi potrebnih požarnovarnostnih ukrepov je potrebno upoštevati tako namembnost prostorov, gorljive materiale, arhitekturne značilnosti objekta, kot so velikost in geometrija objekta, število lastnikov oz. najemnikov kot tudi načrtovane in dejansko izvedene požarnovarnostne ukrepe.

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

---

Hitrost širjenja morebitnega požara v objektih je odvisna od mesta nastanka požara. Možnost nastanka požara je večja v prostorih s povečano požarno nevarnostjo (npr. elektroenergetski prostori, strojnice, kotlovnice, čajne kuhinje ipd.), manjša pa v pisarnah, garaži in lokalih.

V nadaljevanju je podanih nekaj splošnih požarnovarnostnih zahtev za proizvodne objekte in skladišča, ki spadajo hkrati me objekte z največjo nevarnostjo za nastanek požara. Na splošno lahko rečemo, da morajo biti požarnovarnostne zahteve prilagojene zahtevam, predvsem pa morajo biti prilagojene vrsti in namembnosti objekta, strukturi uporabnikov objekta in pričakovanem požaru.

#### 3.3.1. Proizvodnja

##### Splošno

Vzroke požara v industrijskih objektih najpogosteje predstavljajo naslednji viri vžiga:

- kajenje, uporaba odprtega ognja, naprav in opreme v conah eksplozijske nevarnosti, ki niso v Ex izvedbi in zaščito pred statično elektriko;
- vroča dela, kot so varjenje, lotanje, brušenje;
- druga požarno nevarna delovna opravila, pri katerih se sprošča toplota ali potekajo pri povišani temperaturi;
- okvare na električnih napravah ter elektroenergetskih napeljavah in napravah;
- okvare na instalacijah in napravah za ogrevanje, prezračevanje, klimatizacijo, plinskih napeljavah in napravah ipd.;
- podtaknjen/namerni požar.

Glede na namembnost objektov (npr. kemijska proizvodnja ali skladišče surovin in tehnični prostori) ter tehnološke in komunikacijske povezave, načrtovano tehnologijo ter oceno požarne nevarnosti je pri omenjenih objektih treba izvesti ukrepe, ki:

- preprečujejo nastanek požara in eksplozije,
- omogočajo zgodnje odkrivanje nastanka požara in alarmiranje,
- omogočajo varno evakuacijo vseh zaposlenih in obiskovalcev v primeru požara,
- preprečujejo hitro razširitev požara po objektu,
- zmanjšujejo posledice v primeru eksplozije praškastih snovi in hlapov vnetljivih tekočin v proizvodnem delu objekta,
- omogočajo učinkovito začetno gašenje,
- omogočajo gasilcem reševanje in gašenje večjih požarov.

##### Poslovni objekti in drugi objekti, kjer se zbira večje število ljudi

Vzrok požara v obravnavanih objektih lahko predstavljajo:

- nepravilnosti pri vročih delih pri rekonstrukcijah, vzdrževanju in popravilih (varjenje, lotanje, rezanje in brušenje kovinskih delov ipd.);
- pomanjkljivo izvajanje ukrepov, predvidenih s požarnim redom (kajenje, neustrezne uporabe električnih naprav in podobno);
- okvare električnih instalacij in naprav;
- okvare oziroma poškodbe ostalih instalacij in naprav v strojnicah za prezračevanje, strojnicah dvigal, prostorih z elektroenergetskimi napravami, plinski kotlovnici ipd.;
- nered in nečistoča (spontani vžig z vnetljivimi tekočinami prepojenih cunj, mešanje različnih vrst odpadkov ipd.);
- vžig v podzemni garaži parkiranega vozila;
- podtaknjen/namerni požar.

Glede na namembnost prostorov (npr. podzemne garaže in poslovni prostori in lokali z odprtim osrednjim atrijem) in velikost objekta, zahteve tehničnih predpisov in oceno požarne nevarnosti je pri zagotavljanju požarnovarnostnih ukrepov potrebno:

- v čim večji meri preprečiti nastanek požara (splošni preventivni požarnovarnostni ukrepi);
- izvesti avtomatski sistem za odkrivanje požara in alarmiranje, zaposlenih in obiskovalcev;
- zagotoviti varno evakuacijo zaposlenih in obiskovalcev (število, lega in izvedba izhodov in stopnišč, oznake, varnostna razsvetljava ipd.);
- zagotoviti naprave za gašenje začetnih požarov: ročni gasilniki, notranja hidrantna mreža,
- zagotoviti avtomatske gasilne naprave;

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

---

- preprečiti hitro širjenje požara po objektu: razdelitev objekta na požarne sektorje, požarna in dimna zaščita vertikalnih povezav, kot so stopnišča in instalacijski jaški;
- preprečiti širjenje požara na sosednje objekte (odmiki in izvedba fasade).

#### **Lesno predelovalna industrija**

V lesno predelovalni industriji predstavlja največjo nevarnost vžig lesnega prahu tako na delovnih mestih kot tudi v sistemu za odsesovanje, transport in skladiščenje lesnega prahu. Lesni prah in žaganje se razmeroma lahko vžgeta z različnimi viri vžiga. Les v obliki letev, profilov in izdelkov se težko vžge, lažje pa lahko vžgejo drugi goreči materiali, predvsem embalažni materiali kot so karton, folija, in žaganje.

Ker v nekaterih objektih poteka tudi barvanje in lakiranje lesa z barvami na osnovi topil, je v teh objektih povečana nevarnost za vžig. Do začetnega vžiga lahko pride predvsem zaradi:

- okvar na napravah za obdelavo lesa in vžiga lesnega prahu in žaganja,
- neustrezni zaščiti pred statično elektriko.
- vročih del pri rekonstrukcijah in tekočem vzdrževanju, kajenju ali drugih virov odprtega ognja.
- okvar na električnih napravah in instalacijah,

Navedeni viri vžgejo lahko vnetljive materiale kot so lesni prah, žaganje, papir, ti pa naprej les, ki se v obravnavanih objektih nahajajo v vseh prostorih.

V sistemih za odpraševanje v lesno-predelovalnih obratih je **največja nevarnost za vžig in eksplozijo** v:

- 1) odsesovalnih in transportnih cevovodih za pnevmatski transport, ki vodijo od lesno-predelovalnih strojev do filtrov,
- 2) filtrih, ciklonskih izločevalnikih oz. ciklonih,
- 3) transportnih cevovodih za transport lesnega prahu (pnevmatski, polžni, tračni), ki povezujejo filtre s cikloni,
- 4) transportnih cevovodih za transport (pnevmatski, polžni, tračni) lesnih odpadkov iz drobilca in iz posameznih silosov/zalogovnikov do sežignih naprav,

**Nevarnost za vžig in eksplozijo** je manjša v silosih in zbiralnikih lesnih odpadkov.

**Splošni koncept požarne in eksplozijske zaščite za sistem odpraševanja (odsosavanje, prezračevanje, zbiranje in transport lesnih odpadkov** lahko delimo na preventivne ukrepe, ki se nanašajo na:

- zmanjševanje možnosti vžiga in eksplozije in,
- zmanjševanje možnosti za nastanek koncentracij prahu v eksplozijskih mejah

ter ukrepe za ublažitev vplivov vžiga in eksplozije lesnega prahu na okolico.

Na zmanjševanje možnosti za nastanek koncentracij prahu v eksplozijskih mejah lahko vplivamo z:

- dodajanjem inertnih plinov v atmosfero, kjer je možnost za nastanek vžiga in eksplozije lesnega prahu,
- ukrepi, ki zagotavljajo, da je lesni prah izven meja eksplozivnosti,
- dodajanjem inertnega prahu.

Vpliv vžiga in eksplozije lesnega prahu lahko omejimo z:

- izoliranjem eksplozije oz. vplivov eksplozije na omejeno področje,
- odvajanjem udarnega vala prašne eksplozije na prosto,
- konstrukcijo, ki je mehansko odporna na nadtladni vpliv primarne prašne eksplozije,
- vgrajenim sistemom za gašenje in
- redni vzdrževanjem in čiščenjem.

Med ukrepe za preprečevanje eksplozij prištevamo:



Dopolnilno gradivo

1. tesnost naprav
2. inertizacijo
  - z inertnim plinom
  - z inertnim praškom in/ali peskom
3. odstranitev isker (vir vžiga)
  - mehanska iskra
  - elektrostatske razelektrivene iskre
  - električne iskre
4. preprečevanje segrevanja naprav in opreme
5. preprečevanje samovžiga pri samorazpadu
6. prezračevanje
7. izvedbo električnih naprav v ex izvedbi
8. izvedbo elektrostatske zaščite
9. izklop električnega napajanja v primeru prekoračitve koncentracije eksplozijskih zmesi plinov, hlapov ali prahu

Konstruktivni ukrepi na objektih in napravah za preprečevanje posledic eksplozij so:

1. uporaba eksplozijsko trdnih okrovov naprav - običajno 10 barov.
2. izvedba gradbenih elementov in naprav za tlačno razbremenitev tlaka
  - eksplozijske membrane ali lopute na napravi
  - naprave za dušenje eksplozij (detektor, ki zelo hitro zazna povečanje p ali nastanek svetlobe, zelo hiter prenos signala, zelo hitro injeciranje praška v posodo; ni primeren za prahove z visoko  $k_{st}$ )
  - naprave in sistemi za fizično ločitev tehnoloških naprav v primeru eksplozije:
  - hitrodelujoče rotacijske zapore
  - hitrodelujoči ventili, zapore ali zasloni
  - hitrodelujoči odvodni razbremenilni kanali

Opomba: pogoj je detektor, ki zelo hitro zazna povečanje p ali nastanek svetlobe in zelo hiter prenos signala do naprave. tlak pri katerem popusti razbremenilna površina oz. vgrajena naprava za razbremenitev ne sme biti večji od 0,1 bara.
3. razbremenilne površine v prostoru (strop, stene, eksplozijske lopute na objektu)<sup>14</sup>
  - lahka izvedba strehe ali sten
  - izvedba eksplozijskih loput, membran in drugih naprav za razbremenitev nadtlaka
  - mreža namesto zunanje stene
4. drugi ukrepi - stene in stropi in naprave morajo biti pri prahu tako izvedene, da ni možno usedanje prahu. Zahteva se tudi stalno čiščenje.

#### 3.3.2. Skladiščenje

##### Splošno

Zaradi vse večjih in višjih skladiščnih objektov predstavlja skladiščenje vedno večjo požarno nevarnost. Glede na skladiščene materiale, namembnost in izvedbo objekta lahko v primeru vžiga v skladiščih pričakujemo požare z naslednjimi značilnostmi:

- Zaradi uporabe lahko vnetljivih trdnih materialov, kot so razne pakirne folije, karton in stiropor, relativno hiter začetek požara v skladišču. Če požar ne bo takoj pogašen, bodo ti goreči embalažni materiali vžgali tudi druge težje vnetljive materiale, kot so lesene palete in npr. pohištveni elementi (iverka).
- Požar se bo z gorenjem folije, kartona in stiropora relativno hitro širil predvsem v vertikalni smeri, v horizontalni smeri pa nekoliko počasneje.

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

---

- Požari bodo zaradi visokih količin gorljivih snovi na posamezni paleti zelo intenzivni (visoka vrednost sproščene toplote, visoka temperatura, hitro širjenje požara).
- Glede gašenja požara bodo bolj nevarni požari na težko dostopnih mestih in požari izven delovnega časa.
- Glede na višino skladišča (preko 10 m) in težko dostopnost (regali) požara, ki bo nastal na bolj oddaljenih mestih ne bo mogoče pogasiti z gasilniki in hidranti.
- Glede na pogosto načrtovano jekleno konstrukcijo objekta, bo v primeru, da začetni požar ne bo pravočasno pogašen, prišlo do težjih poškodb konstrukcije objekta ali celo do porušitve dela ali celega objekta.
- Glede na odmike skladiščnih objektov od sosednjih objektov in izvedbo zunanjih sten, lahko skladišča predstavljajo nevarnost tudi za sosednje objekte.

Glede na navedene nevarnosti in pričakovane požare, je pri izdelavi koncepta požarne varnosti in načrtovanju požarnovarnostnih ukrepov za skladiščne objekte potrebno zagotoviti:

- namestitvev naprav za gašenje začetnih požarov: gasilniki
- izvedbo avtomatskih naprav za gašenje požara: sprinkler
- izvedbo naprav za odkrivanje in javljanja požara ter alarmiranje zaposlenih,
- izvedbo zadostnega števila izhodov in evakuacijskih poti,
- zadostne količine vode za gašenje
- dostop za gasilska intervencijska vozila - gašenje in reševanje.

#### **Skladišče in pretakališče poliestrskih smol**

Na objektih in napravah za skladiščenje in pretakanje v skladiščih in pretakališčih poliestrskih smol so možni naslednji vzroki za nastanek požara:

- vroča dela pri rekonstrukcijah, popravilih in večjih vzdrževalnih delih, kot so varjenje, lotanje, brušenje,
- neupoštevanje varnostnih pravil zaposlenih, voznikov avtociستern ali obiskovalcev,
- vse oblike odprtega ognja (varjenje, cigaretni ogorek, plamen vžigalnika, kurišča, druga vroča dela),
- nepravilna uporaba in vzdrževanje električnih napeljav,
- napake ali okvare na električnih instalacijah,
- atmosferska praznjenja (atmosferske razelektritve - strela),
- požig (namerno povzročen požar).

Glede na lastnosti skladiščenih snovi v skladiščih in pretakališčih poliestrskih in alkidnih smol so najbolj verjetni požari, ki so značilni za gorljive in vnetljive tekočine. Požari vnetljivih tekočin potekajo v večini primerov hitro. Požar, ki nastane na posamezni napravi, se s sevanjem lahko prenese na sosednje naprave. Lahko pride tudi do vžiga hlapov.

V primeru **tehnične nesreče**, kot so iztekanje, požar in eksplozija je treba z gradbeno-tehničnimi in organizacijskimi ukrepi:

- zagotoviti pravočasno odkritje iztekanja,
- zaustaviti iztekanje,
- zagotoviti pravočasno odkritje požara in alarmiranje,
- zagotoviti učinkovito gašenje začetnih požarov,
- preprečiti širjenje požara na posameznem rezervoarju oz. napravi,
- preprečiti širjenje požara in učinkov požara, predvsem toplotnega sevanja, na sosednje objekte in naprave,
- preprečiti, da razlite smole in pri gašenju porabljen voda/pena pridejo v vodotoke, zemljo in podtalnico.

#### **Skladiščenje vnetljivih tekočin**

Pri gašenju požarov, v katere so neposredno ali posredno zajeti rezervoarji z ogljikovodiki (stabilni ali prevoznici), je potrebno upoštevati nekatere splošne dejavnike.



### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

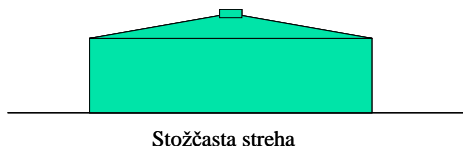
Pri skladiščenju vnetljivih tekočin je treba opredeliti način in izvedbo trajnega oz. začasnega skladiščenja:

- (a) vnetljivih tekočin: dizel gorivo, kurilno olje, barve, laki topila, razredčila, čistila
- (b) vnetljivih plinov: UNP, acetilen ipd.
- (c) lahko vnetljivih trdnih materialov: karton, folija, penasti izolacijski materiali ipd.

Pri zahtevah je treba upoštevati vrsto, količino in lastnosti požarno in eksplozijsko nevarnih snovi ter določila veljavnih pravilnikov, standardov in smernic za skladiščenje, pretakanje in uporabo vnetljivih tekočin, plinov in trdnih snovi.

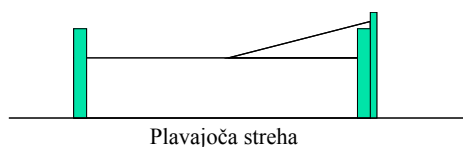
Za skladiščenje manjših količin je treba zagotoviti ustrezno skladišče za vnetljive tekočine (bencin, olja, razredčila, barve, topila) oziroma posebno kovinsko omaro s prezračevanjem za skladiščenje vnetljivih tekočin.

Pri **rezervoarjih** predstavlja največjo nevarnost povečanje pritiska zaradi segrevanja tekočine in hlapov v rezervoarju. Če rezervoar nima varnostnega ventila (stožčasta ali kupolasta streha, slika 1-3) ali če le-ta ne uspe izenačiti pritiska, lahko pride do eksplozije rezervoarja. Zato morajo gasilci takoj, ko pridejo na prizorišče požara **pričeti s hlajenjem rezervoarjev**. Količina vode, ki je potrebna za hlajenje, je odvisna od velikosti rezervoarja.



Slika 1-3: Rezervoar s stožčasto streho

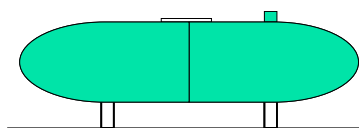
Če se zaradi nadtlaka v rezervoarju aktivira varnostni ventil, ga spremlja glasen pisk. Če jakost piska narašča, pomeni, da hlajenje rezervoarja ni dovolj učinkovito. Če tudi povečana količina vode ne zmanjša naraščanja pritiska v rezervoarju ali če ni dovolj vode, je potrebno cevi z ročniki fiksno namestiti in evakuirati vse ljudi iz okolice rezervoarja. Povečan tlak se lahko odvede tudi preko dviga plavajoče strehe (slika 2-3)



Slika 2-3: Rezervoar s plavajočo streho

Pri horizontalnih rezervoarjih predstavljajo najšibkejši element bočne strani, zato iz teh smer ni priporočljivo približevanje in gašenje. Pri aluminijastih avtomobilskih cisternah je manj možnosti za eksplozijo, ker se prične Al pri temperaturah nad 530°C taliti. Možnost za eksplozijo se sicer zmanjša, vendar pa se zaradi nastale odprtine na mestu, kjer se stena cisterne stali, tekočina razlije, s čimer se poveča nevarnost za požar.

Pri nadzemnih horizontalnih rezervoarjih (slika 3-3) lahko zaradi toplotnega učinka požara v bližini cisterne popusti nosilna konstrukcija rezervoarja. V tem primeru rezervoar pade, pri čemer se poškoduje rezervoar in razlije tekočina. Zato je potrebno hladiti nosilno konstrukcijo in preprečiti gorenje pod rezervoarjem.

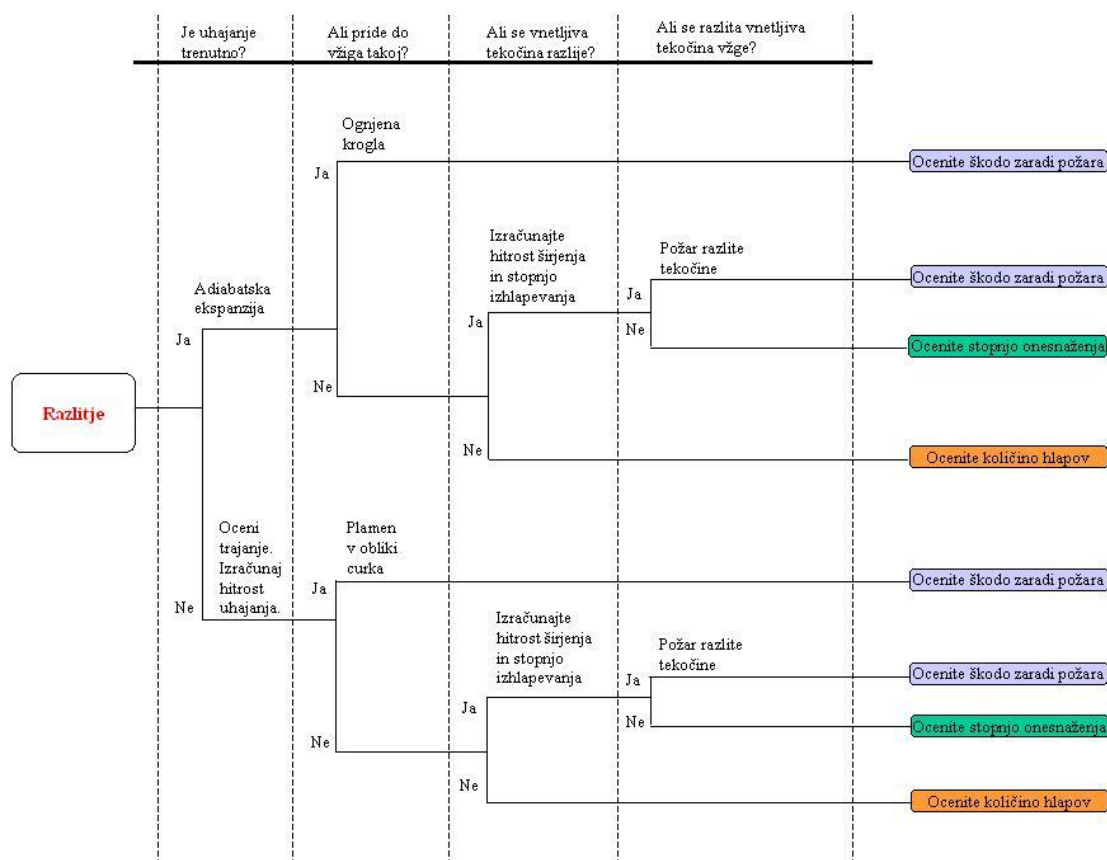


Slika 3-3: Nadzemni horizontalni rezervoar

Možne posledice ob izlivu oz. izpustu vnetljivih tekočin in plinov lahko predvidimo tudi z drevesom dogodkov<sup>15, 19</sup>.



Dopolnilno gradivo



Slika 4-3: Drevo dogodkov ob izlivu vnetljivih tekočin

#### 3.4. Gradbeni ukrepi za preprečevanje in širjenje požara

Tradicionalno delimo ukrepe za preprečevanje in širjenje požara na ti. pasivne ali gradbene ukrepe in aktivne ali tehnične ukrepe. V tem poglavju bodo podrobneje opisani gradbeni ukrepi, medtem ko bodo tehnični ukrepi podrobneje zajeti v 4. poglavju. Pomen gradbenih ukrepov je predvsem v preprečevanju širjenja požara. To so ti. ukrepi, ki so v objekt vgrajeni in so v funkciji tudi, ko objekt ni izpostavljen požaru oz. produktom gorenja. S pomočjo gradbenih ukrepov lahko v vlogi požarne zaščite izpolnimo nekaj ciljev:

- preprečiti požarni preskok (flashover) v prostoru nastanka, ki je vir požara.
- zmanjšati možnost, da se požar razširi iz prostora, ki je vir vžiga,
- zmanjšati izpostavljenost dimu na takšno mero, da ne pride do poškodb vitalnih delov objekta.

Na širjenje požara po objektu in med objekti vplivajo:

- geometrija prostorov,
- notranje obloge,
- gradbeni materiali,
- odprtine in mesta z nizko požarno odpornostjo,
- povezave med požarnimi sektorji,
- mesta atrijev ali velikih dvoran v objektu,
- število nadstropij,
- lokacija objekta glede na druge objekte.

Na **širjenje požara v prostoru nastanka** vplivajo predvsem požarne lastnosti obložnih materialov (strop, stene, pod) in elementov notranje opreme (pohištvo, zavese ipd).

Na **širjenje požara po objektu** pa poleg požarne odpornosti konstrukcijskih in zapornih elementov vplivajo tudi požarne lastnosti (gorljivost, vnetljivost, širjenje plamena) konstrukcijskih in obložnih materialov, iz katerih so izvedene horizontalne in vertikalne povezave, kot so npr. hodniki, stopnišča, jaški dvigal, prezračevalni kanali, kanali in prehodi električnih napeljav in ostalih napeljav, ter požarne lastnosti fasadnih obložnih materialov (prenos požara po fasadi).

Na **širjenje požara z objekta na objekt** pa poleg odmika in velikosti okenskih površin vplivajo tudi požarne lastnosti obložnih fasadnih elementov in strešne kritine (gorljivost, vnetljivost na leteči ogenj ipd.).

#### 3.4.1. Požarna odpornost gradbenih elementov in konstrukcij

Če pri požaru v prostoru popustijo konstrukcijski gradbeni materiali (stene, stropi, podi, nosilci, stebri ipd.) ali ostali zaporni elementi (vrata, lopute, zapore, prehodi napeljav ipd.), se požar lahko razširi na ostale sosednje prostore neposredno s plameni ali pa s prenosom toplote s konvekcijo, kondukcijo in sevanjem<sup>9</sup>. Če pa se npr. poruši strop, padejo goreči materiali v spodnjo etažo in povzročijo vžig. Na slikah 5-3 in 5-4 je videti uspešno preprečitev napredovanja požara vsled pasivne požarne zaščite. Sliki predstavljata isti objekt, kjer je slika 5-3 posneta v delu objekta, kjer je do požara prišlo, slika 5-4 pa v delu objekta, ki so ga uspešno zavarovala požarna vrata.



Slika 5-3: Izpostavljen del objekta (vir: Promat d.o.o.)

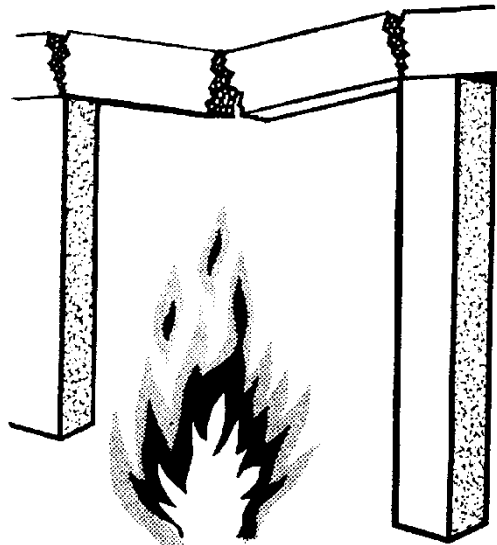


Slika 6-3: Neizpostavljen del objekta (vir: Promat d.o.o.)

**Osnovna merila za požarno odpornost** so naslednja:

**Nosilnost (R):**

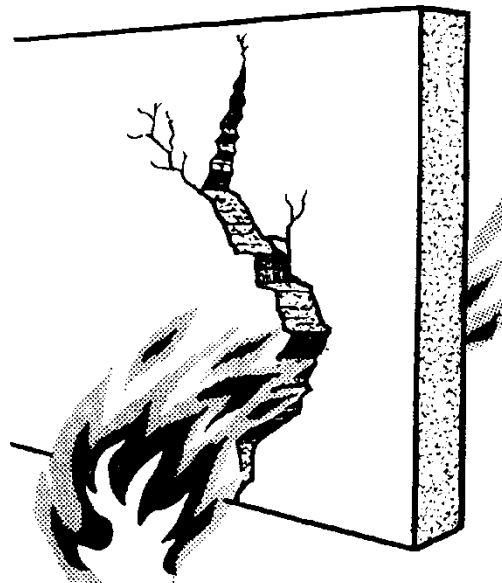
sposobnost elementa, da pri požaru ne pride do njegove porušitve.



**Stabilnost**  
ne sme priti do porušitve

**Celovitost ali integriteta (E):**

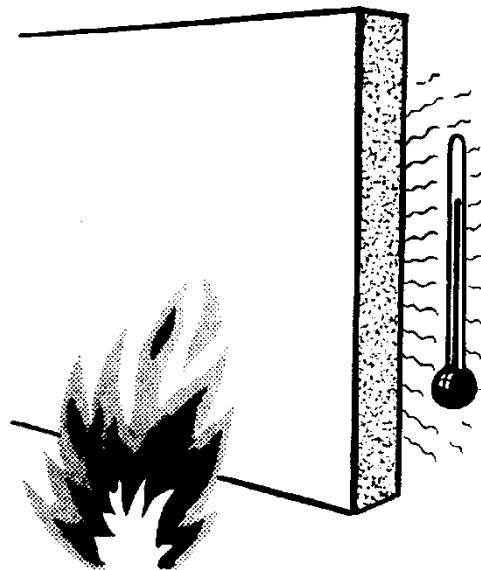
sposobnost elementa, da prepreči prehod plamenov in vročih plinov. Pri izpostavljenosti požaru na elementu ne sme priti do razpok ali odprtin.



**Celovitost**  
ne sme priti do optin in razpok

#### **Izolativnost (I):**

sposobnost elementa, da prepreči prekomeren prehod toplote s kondukcijo. Elementi morajo biti izdelani iz materialov, ki so toplotni izolatorji.



#### **Izolativnost**

Prenos toplote skozi element mora biti majhen

Gradbeni proizvod lahko izpolnjuje eno, dve ali pa vsa tri merila, odvisno od vrste proizvoda in uporabe oz. zahtev. Črkovni oznaki (R, E, I) sledi čas v minutah (15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240), ki predstavlja čas izpolnjevanja merila v preskusu požarne odpornosti po krivulji standardnega požara. Razredi proizvodov so označeni na naslednji način:

#### - za nosilne elemente

REI – najkrajši čas, ko je element pri preskusu izpolnjeval vsa tri merila (nosilnost, celovitost, izolativnost)

RE - najkrajši čas, ko je element pri preskusu izpolnjeval dve merili (nosilnost in celovitost)

R - najkrajši čas, ko je element pri preskusu izpolnjeval samo merilo nosilnosti

#### - za nenosilne elemente

EI - najkrajši čas, ko je element pri preskusu izpolnjeval dve merili (celovitost in izolativnost)

E - najkrajši čas, ko je element pri preskusu izpolnjeval samo merilo celovitosti

#### Za opredelitev proizvodov se uporabljajo še naslednji simboli:

W – če je toplotna izolativnost nadzorovana na osnovi oddanega toplotnega sevanja,

M – če je upoštevano posebno mehansko delovanje,

C – za vrata s samozapiralno napravo,

S – za elemente, ki preprečujejo/omejujejo uhajanje dima

#### **3.4.2. Ukrepi za preprečevanje širjenja požara po objektu**

Ukrepi za preprečevanje širjenja požara se nanašajo na ločitve objekta, delov objekta ali več objektov na posamezne sektorje ali oddelke, kjer lahko večji prostor ali skupina manjših prostorov tvori požarni oddelek, ki naj bi zdržal požar tako dolgo, dokler ne zgore vsa gorljiva vsebina oz. požar ne preide v fazo pojemajočega požara.

Ločevalni gradbeni elementi, ki omejujejo požarni oddelek ali sektor, morajo imeti požarno odpornost, ki je večja od pričakovanega trajanja požara.

Med gradbene elemente za preprečevanje širjenja požara prištevamo:

- nosilne elemente brez funkcije ločevanja, kamor spadajo nosilni stebri in grede, ki so lahko bodisi armirano betonski, opečnati, kovinski ali leseni,
- nosilne elemente s funkcijo ločevanja, kamor stene in stropi,
- proizvode in sisteme za požarno zaščito gradbenih elementov ali delov objektov, kamor spadajo razni materiali za povečanje požarne odpornosti gradbenih elementov in delov objektov.
- proizvode za nenosilne elemente ali dele objektov, kamor spadajo npr. elementi predelnih sten, razne horizontalne stropne membrane, požarna vrata, zapore transportnih trakov in vrata dvigal skupaj z zapirali,
- prezračevalne sisteme in
- proizvode v sklopu servisnih inštalacij.

Za primer so v nadaljevanju podane *splošne zahteve* za delitev in odpornost požarnih sektorjev v objektih, v katerih se zbira večje število ljudi. Osnova za omenjene zahteve je smernica TSG -1-001:2007 in tuji predpisi, ki izhajajo iz smernice.

1. Objekti morajo biti praviloma ločeni v več požarnih sektorjev in od prostorov z drugo namembnostjo. Požarna odpornost gradbenih predelnih elementov med požarnimi sektorji (stene, stropi) je med 60 in 90 minut (nosilni elementi: REI 60 - 90; nenosilni elementi: EI 60 - 90). Zahteve za ločitev in požarno odpornost mejnih elementov so odvisne od namembnosti objekta, namembnosti in velikosti prostorov, nosilne konstrukcije, pričakovanega požara in načrtovanih požarnovarnostnih ukrepov (predvsem vgradnja avtomatskih naprav za javljanje požara in gašenje požara).
2. Požarna stopnišča, ki služijo za umik ljudi v primeru požara, morajo biti izvedena kot zaprta, s stenami in stropi s požarno odpornostjo najmanj 60 minut (REI 60) in vrati s požarno odpornostjo 30 minut (EI 30) in samozapiralom.
3. Požarno bolj nevarni prostori kot so:
  - plinske kotlovnice,
  - elektroenergetski prostori, kot so trafo postaje, prostori s krmilnimi elektro omarami,
  - strojnice dvigal,
  - strojnice prezračevanja, ogrevanja in klima naprav
  - prostori za čistila
  - večja skladišča morajo biti od drugih prostorov ločeni s stenami in stropi s požarno odpornostjo najmanj 60 minut (REI 60 za nosilne in EI 60 za nenosilne elemente). Enako požarno odpornost morajo imeti tudi preboji električnih in strojnih instalacij na mejah teh konstrukcij. Vrata v teh stenah morajo imeti požarno odpornost 30 minut (EI 30) in samozapiralo.
4. Ker morajo strojnice in prostor agregatov delovati tudi v primeru požara vsaj 1 uro, morajo biti od drugih prostorov požarno ločeni s stenami in stropovi s požarno odpornostjo REI 60 (nosilni) in EI 60 (nenosilni). Enako požarno odpornost morajo imeti tudi preboji električnih in strojnih instalacij na mejah teh konstrukcij. Vrata v teh stenah morajo imeti požarno odpornost 30 minut (EI 30) in samozapiralo.

#### 3.4.3. Ukrepi za preprečevanje širjenja požara med objekti

Med ukrepe za preprečevanje širjenje požara med objekti sodijo tako ukrepi gradbene kot tudi ukrepi tehnične požarne zaščite (4. poglavje). Med gradbene ukrepe sodijo izvedbe požarnih ločitev s požarno odpornimi gradbenimi elementi in odmik med objekti.

Pri določitvi odmikov med sosednjimi objekti so pomembni podatki, kot je namembnost ter gorljivost konstrukcije in obodnih površin sosednjega objekta, velikosti požarno neodpornih površin na obodnih stenah predvidenega in sosednjega objekta. V primeru, ko odmiki niso ustrezni uporabljamo ukrepe tehnične požarne zaščite.

Razdalja med objekti zaradi preprečevanja prenosa med požari je odvisna od:

- namembnosti objekta;
- požarne odpornosti zunanjih sten, ter požarne lastnosti fasadnih oblog;
- velikosti zunanjih fasadnih površin;
- velikosti nezaščitenih fasadnih odprtin.

Zahteve za preprečitev napredovanja požara na sosednje objekte bodo izpolnjene, če:

1. so zunanji zidovi iz težko gorljivih gradiv - s tem se zmanjša nevarnost vžiga z zunanjim virom in širjenje plamena po površini;
2. je velikost površin v zunanjih zidovih z neustrezno požarno odpornostjo omejena - s tem se zmanjša toplotno žarčenje skozi zunanji zid v primeru požara v zgradbi;
3. je streha izdelana tako, da je omejena možnost prenosa požara skozi streho z zunanje strani in je kritina iz gradiv po katerih se plamen ne širi.

Za izpolnjevanje zahtev za požarne ločitve med objekti oz. preprečevanje širjenja požara med objekti morajo biti zunanje stene in strehe stavb projektirane in grajene tako, da je z upoštevanjem odmika od meje gradbene parcele omejeno širjenje požara na sosednje objekte. Ločilne stene, skupaj z vrati, okni in drugimi preboji, med posameznimi stavbami morajo biti projektirane in grajene tako, da je omejeno širjenje požara na sosednje objekte.

#### **3.5. Ocena požarnih nevarnosti in ocena ogroženosti**

Uvodoma moramo pred poglavjem, ki govori o požarnih nevarnostih in ocenah ogroženosti opredeliti nekaj pojmov, ki jih bralec lahko najde na področju varstva pred požarom in se le ti povezujejo z omenjeno tematiko.

Ocena požarne ogroženosti pomeni določevanje različnih vplivov na ljudi oz. okolje. Na področju požarnega varstva zajema ocena ogroženosti vplive okolja (naravnega in bivalnega), vplive prometa in obremenjenosti z nevarnimi snovmi. Ocena ogroženosti se lahko izdeluje za posamezne objekte, skupine objektov ali naselja. V Sloveniji opredeljuje oceno ogroženosti Pravilnik o metodologiji za ugotavljanje ocene požarne ogroženosti<sup>3</sup>.

Požarna nevarnost predstavlja razmerje med neko potencialno nevarnostjo in ukrepi, s katerimi lahko to nevarnost preprečujemo. Tako npr. v lakirnicah potencialno nevarnost predstavljajo hlapi vnetljivih tekočin in potencialni viri vžiga. Potencialna nevarnost je tako lahko zelo velika. Če imamo npr. v lakirnici izvedene požarnovarnostne ukrepe, kot npr. sistemi za gašenje, inertizacija ipd. so to ti ukrepi, ki vplivajo na to, da se potencialna nevarnost zmanjšuje. Tako je hkrati manjša požarna nevarnost. Postopkov za oceno požarnih nevarnosti je veliko, pri nas ocene požarne nevarnosti podrobneje ne opisuje noben predpis.

Požarno tveganje predstavlja produkt med verjetnostjo nastanka dogodka in požarno nevarnostjo. Definicija, ki sicer izhaja iz zavarovalniškega sveta, je dokaj enostavna, problem pa nastane pri njeni uporabi v praksi. Izkušnje kažejo, da je predvsem težko oceniti verjetnost nastanka dogodka, kjer nas zanima, kako pogosto se dogodek lahko pripeti. Bralcu so na tem mestu lahko v veliko pomoč statistični podatki, ki nudijo vsaj delno oporo pri izračunu pogostosti nastanka posameznih dogodkov.

Ocena požarne nevarnosti je pomemben element pri izdelavi študije požarne varnosti. Na podlagi ocene požarne nevarnosti opredelimo prioritete ukrepe za zagotavljanje varstva pred požarom. Z normativnega vidika govorimo o izdelavi ocene požarne nevarnosti na več nivojih pravnih aktov. Tako omenja oceno požarne varnosti (in ne požarne nevarnosti) Zakon o varstvu pred požarom<sup>1</sup>, kjer je termin ocena požarne varnosti povezan z inženirskimi metodami. Sam pojem požarne nevarnosti pa je v Zakonu o varstvu pred požarom<sup>1</sup> vezan na izvajanje ukrepov varstva pred požarom.

Veliko podrobneje govori o oceni požarne nevarnosti Pravilnik o študiji požarne varnosti<sup>5</sup>. Ta v petem členu govori o obsegu strokovnega dela študije. Sem spada tudi ocena požarne nevarnosti, ki jo sestavljajo:

- možni vzroki za nastanek požara,
- vrste ter količina požarno nevarnih snovi (požarna obremenitev),
- pričakovani potek požara in njegove posledice.

Ovrednotenje požarnih nevarnosti predstavlja torej povezavo med znanostjo o požarih, stopnji požarne zaščite in prakso. Poleg tega, da jo omenjajo predpisi, je nujen člen pri načrtovanju ukrepov požarne varnosti. Ocenjevanje požarnih nevarnosti predstavlja tudi korak na poti do ocene požarnih tveganj.

Pri nas je na področju ocenjevanja požarnih nevarnosti in požarnih ogroženosti v Pravilniku o metodologiji za ugotavljanje ocene požarne ogroženosti<sup>3</sup> predpisan le postopek za izdelavo ocene požarne ogroženosti. Le ta služi za opredelitev požarne ogroženosti okolja in objekta zaradi umeščenosti objekta, objektov oz. določenega tehnološkega postopka v prostor. Tako ocena požarne ogroženosti upošteva obremenjenost zaradi naravnega in bivalnega okolja, prometa in nevarnih snovi. Pri načrtovanju ukrepov varstva pred požarom na podlagi zakona o varstvu pred požarom<sup>1</sup> se metodologija za ugotavljanje ocene požarne ogroženosti uporablja za splošno ugotavljanje ocene požarne ogroženosti.

#### 3.5.1. Ocena požarne ogroženosti

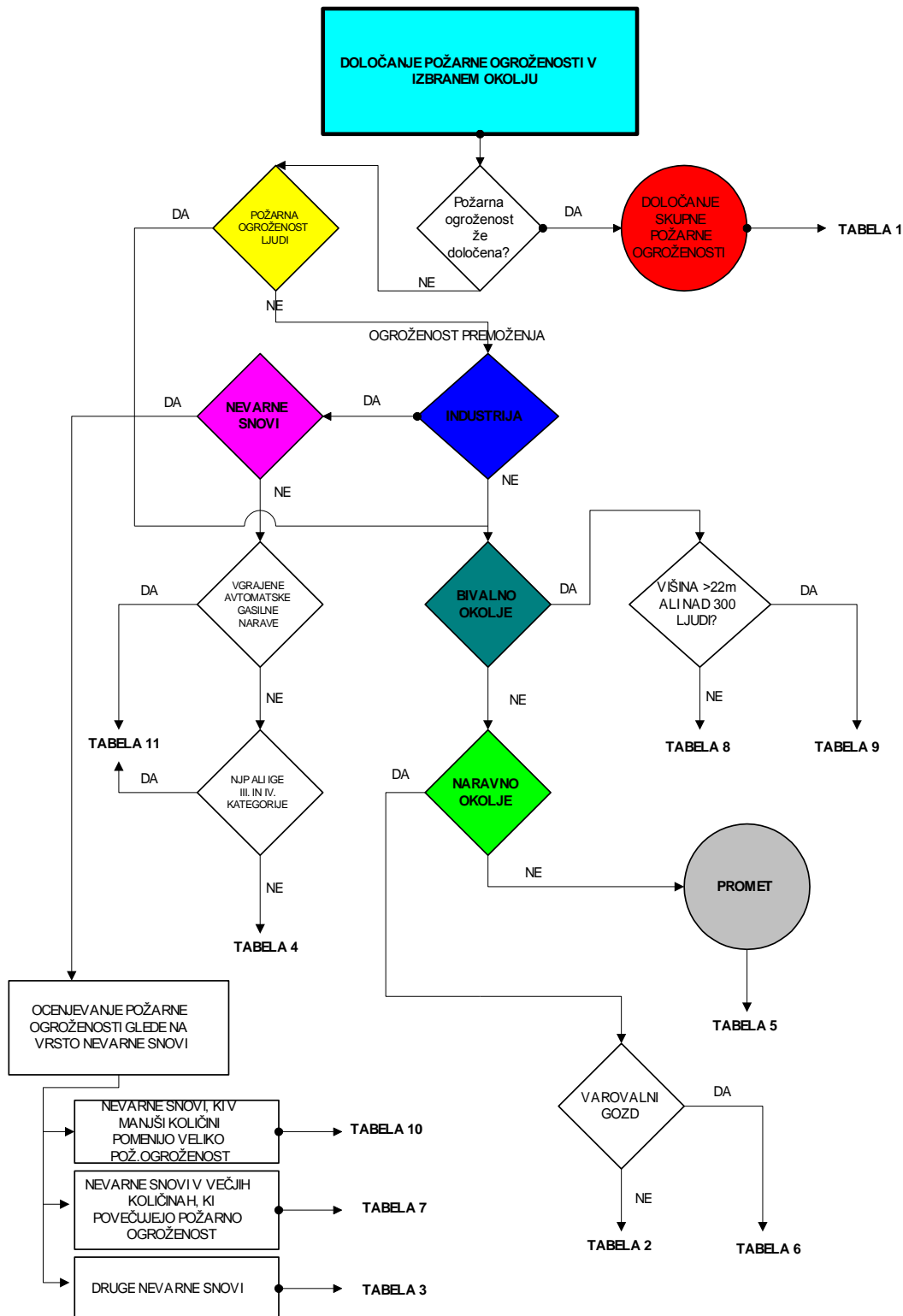
Glede na slovenski pravni red ima samo ocenjevanje požarne ogroženosti pravni akt, ki uporabniku omogoča oceno požarne ogroženosti. Podlaga za oceno je Pravilnik o metodologiji za ugotavljanje ocene požarne ogroženosti<sup>3</sup>. Predvidenih je šest stopenj požarne ogroženosti, ki jih lahko označujemo številčno in opisno tekstovno. Stopnje so od 1 (majhna stopnja požarne ogroženosti) do 6 (zelo velika stopnja požarne ogroženosti). Celotna metoda je prikazana v obliki odločitvenega diagrama, ki nas vodi do posameznih okolij in od tam na tabele s številko 1 do 11. V kolikor ima izbrano območje več okolij, dobimo skupno oceno požarne ogroženosti s pomočjo matrike. Oceno ogroženosti izdelajo zavezanec sami oziroma osebe, ki jih za to pooblastijo, v skladu s 14. členom Pravilnika o usposabljanju zaposlenih za varstvo pred požarom in usposabljanju odgovornih oseb za izvajanje ukrepov varstva pred požarom.

Vhodni podatki so:

- statistični podatki o naseljenosti okolja,
- podatki o velikosti in namembnosti objekta,
- podatki o oskrbi obravnavanega območja z vodo,
- podatki o oddaljenosti in kategoriji gasilske enote.



### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom



Slika 5-3: Pregled odločitvenih dejavnikov za določanje požarne ogroženosti

Izračunane stopnje požarne ogroženosti imajo naslednji pomen:

Tabela 6-3: Stopnje ogroženosti

<b>Stopnja požarne ogroženosti</b>	<b>Opis stopnje požarne ogroženosti</b>
1	zelo majhna
2	majhna
3	srednja
4	povečana
5	visoka
6	zelo visoka

Metoda ne upošteva pasivnih in le deloma upošteva aktivne požarnovarnostne ukrepe. Upoštevan je le vpliv količine in vrste nevarnih snovi, višine objekta, števila ljudi v objektu, oskrbe z vodo ter oddaljenost in kategorijo gasilske enote.

Metodo v osnovi sestavljajo odločitvene tabele (oznaka tabel ustreza oznaki, v Pravilniku o metodologiji za ugotavljanje ocene požarne ogroženosti<sup>3</sup>, ki so podane v nadaljevanju.

#### Ocena požarne ogroženosti naravnega okolja

1. metodologija vodi izdelovalca skozi odločitveni diagram;
2. izdelovalec mora poznati podatke o količini vode, kategoriji in oddaljenosti enote in podatke iz ocene naravnega okolja;
3. glede na zbrane podatke vodi metodologija izdelovalca v odločitvenem diagramu do tabele 2 ali 6;
4. izdelovalec najprej v pomožni tabeli (tabela 2A ali 6A) določi primarno oceno odvisno od oddaljenosti gasilske enote od obravnavanega območja in osnovne ocene katastrske občine po kategorizaciji Zavoda za gozdove Slovenije;
5. izdelovalec dobi dejansko oceno s tabelo (tabela 2B ali 6B), ki pomeni odvisnost primarne ocene od kategorije gasilske enote.

Kot primer si lahko npr. izberemo izdelavo ocene požarne ogroženosti za poslovni objekt, ki nahaja v mestnem središču.

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

#### a. Požarna ogroženost v naravnem okolju

TABELA 2

#### OCENA POŽARNE OGROŽENOSTI NARAVNEGA OKOLJA kategorija – naravno okolje

TABELA 2A

Oddaljenost gasilske enote (km)	< 1	1 - 3	3 - 5	5 - 10 10 - 15	10 - 15	> 15
---------------------------------	-----	-------	-------	-------------------	---------	------

OSNOVNA OCENA POŽARNE OGROŽENOSTI (po kategoriji zavoda za gozdove Slovenije)	faktor	OSNOVNA OCENA POŽARNE OGROŽENOSTI						
		0	1	2	3	4	5	
majhna ogroženost (300 - 380 točk)	s t o p n j a	1	1	2	2	3	3	
srednja ogroženost (381 - 440 točk)		2	1	2	2	3	4	
velika ogroženost (441 - 500 točk)		3	3	3	4	4	5	
zelo velika ogroženost (501 - 600 točk)		4	3	4	4	4	5	6

#### PRIMARNA OCENA POŽARNE OGROŽENOSTI

TABELA 2B

KATEGORIJA GASILSKE ENOTE	faktor	PRIMARNA OCENA POŽARNE OGROŽENOSTI						
		1	2	3	4	5	6	
I.	F a k t o r  e n o t e	0	1	2	3	4	5	6
II.		1	1	2	2	4	5	6
III.		2	1	1	2	4	5	6
IV.		3	1	1	2	3	4	6
V.		4	1	1	2	3	4	6
VI.		5	1	1	2	3	3	5
VII.		6	1	1	2	3	3	5

#### DEJANSKA OCENA POŽARNE OGROŽENOSTI

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

---

Objekt je od gasilske enote oddaljen 6 km. Na podlagi ocene Zavoda za gozdove Republike Slovenije smo ugotovili, da je osnovna ocena požarne ogroženosti nizka (okolje predstavlja 350 točk). Presek teh dveh podatkov v tabeli 2A nam da primarno oceno požarne ogroženosti, ki znaša 2. Začasni rezultat kot faktor vnesemo v tabelo 2B, kjer vnesemo tudi podatek o kategoriji gasilske enote. Presek teh dveh podatkov v tabeli 2B nam da dejansko oceno požarne ogroženosti naravnega okolje, ki znaša 1.

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

#### b. Požarna ogroženost v bivalnem okolju

**TABELA 9**

**OCENA POŽARNE OGROŽENOSTI BIVALNEGA OKOLJA**  
Okolje ima visoke zgradbe (nad 22 m) in /ali zgradbe za zbiranje ljudi (več kot 300)

		Gostota naseljenosti (št. prebivalcev/km)		< 25.0	25.0 - 50.0	50.0 - 100.0	> <b>100.0</b>
Oddaljenost gasilske enote (km)	o d d a l j e n o s t	faktor		0.0	1.0	2.0	3.0
		< 1	0.0	1.0	2.0	2.0	3.0
		1 - 3	1.0	2.0	2.0	3.0	4.0
		3 - 5	2.0	2.0	3.0	4.0	4.0
		<b>5 - 10</b>	3.0	3.0	3.0	4.0	<b>5.0</b>
		10 - 15	4.0	3.0	4.0	5.0	6.0
		> 15	5.0	4.0	5.0	6.0	6.0
		<b>PRIMARNA OCENA POŽARNE OGROŽENOSTI</b>					

**DEJANSKA OCENA POŽARNE OGROŽENOSTI OB ZADOSTNI OSKRBI Z VODO \***

PRIMARNA OCENA POŽARNE OGROŽENOSTI									
KATEGORIJA GASILSKE ENOTE	f a k t o r  e n o t e	faktor		1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
		I.	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
		II.	1.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
		III.	2.0	1.0	1.0	2.0	4.0	5.0	6.0
		IV.	3.0	1.0	1.0	2.0	3.0	4.0	6.0
		V.	4.0	1.0	1.0	2.0	3.0	4.0	6.0
		VI.	5.0	1.0	1.0	2.0	3.0	3.0	5.0
		<b>VII.</b>	6.0	1.0	1.0	2.0	3.0	<b>3.0</b>	5.0
<b>DEJANSKA OCENA POŽARNE OGROŽENOSTI</b>									

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

Objekt se nahaja v strnjnem mestnem okolju, kjer je gostota prebivalcev nad 100 prebivalcev /km. Od gasilske enote je oddaljen 6 km. Presek teh dveh podatkov v tabeli 9 nam da primarno oceno požarne ogroženosti, ki znaša 5. Začasni rezultat kot faktor vnesemo v tabelo, kjer vnesemo tudi podatek o kategoriji gasilske enote. Presek teh dveh podatkov v tabeli nam da dejansko oceno požarne ogroženosti naravnega okolje, ki znaša 3.

#### c. Požarna ogroženost v industrijskem okolju

TABELA 4

OCENA POŽARNE OGROŽENOSTI	VRSTA INDUSTRIJSKE PROIZVODNJE, SKLADIŠČA IN DRUGI OBJEKTI
1	železarstvo, vinske kleti, skladišča negorljivih snovi, priprava celuloze, opekarne, minerali, mesna industrija, kamnoseštvo, kamnolomi, lončarstvo, knjižnice, klavnice, hladilnice, arhivi ipd.
2	proizvodnja akumulatorjev, proizvodnja in predelava aluminija, betonski izdelki, mehanske in finomehanske delavnice, instalaterske delavnice, izsekovalnice, jeklarne, keramični izdelki, kotlovnice, konzerve, predelava kovin, laboratoriji, razen kemijski, tobačna industrija, živilska industrija, razen pražarn, industrija sladkorja, tekstilna industrija, proizvodnja zdravil, , kotlovnice pod 1 MW, vodne elektrarne, transformatorske postaje, industrija mlečnih izdelkov – mlekarne.
3	proizvodnja alkoholnih pijač, proizvodnja avtomobilov in montaža, proizvodnja gospodinjstkih in drugih elektroaparatur, bitumen in bitumenski izdelki, proizvodnja disperzijskih barv, proizvodnja čokolade, proizvodnja čolnov, pohištena industrija, proizvodnja elektronskih aparatov, proizvodnja ivernih plošč, proizvodnja jadralskih letal in drugih izdelkov iz plastike, kartonažna industrija, proizvodnja kvasa, lesna industrija, letalska industrija in hangarji, linolej, izdelava orodij in lesenih palet, plošče iz mehkih vlaken in umetnih smol, pražarne, predilnice, premog – šota, testeninarstvo, tovarne umetnih gnojil, vodik – vodikov peroksid, izdelava zlatarskih izdelkov, žimnic in žaluzij, gumarska industrija, črpalke za oskrbo motornih vozil, kotlovnice nad 1 MW.
4	avtolakirnice, cementarne, izdelava čevljev in loščil, kemične čistilnice, proizvodnja čopičev, farmacevtski izdelki, kemične tovarne, kemijski laboratoriji, lakirnice, strojno mizarstvo, proizvodnja likerjev, proizvodnja oken – lesenih in iz umetnih snovi, parfumerijski izdelki, industrijska proizvodnja lesenega pohištva, proizvodnja celulozoida, izdelava sodov iz lesa in umetnih snovi, proizvodnja svinčnikov, tiskarne – tiskanje z vnetljivimi barvami, proizvodnja vrat iz umetnih snovi, vrečk iz umetnih snovi, izdelava vžigalic in zobotrebcev, termoelektrarne – toplarne.
5	mešalnice barv, ekstrakcijske naprave, proizvodnja strešne lepenke, proizvodnja lepil, mlini in skladišča za žito, predelava naravnih smol, pridobivanje škroba, predelava umetnih smol, predelava umetnih snovi.
6	pridobivanje fosforja, barvanje kovinskih izdelkov z brizganjem, proizvodnja lakov, lakiranje lesenih izdelkov z brizganjem, nitroceluloza, proizvodnja ognjemetnih izdelkov, predelava in izdelava izdelkov iz slame, izdelava smodnika, jedrske elektrarne;

Opomba: Če gre za objekt posebne državne varnosti, se ocena požarne ogroženosti obravnava posebej, in to ločeno od primera do primera.

Objekt ima arhiv in knjižnico. Glede na tabelo 4 lahko opredelimo stopnjo požarne ogroženosti 1.

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

#### d. Ocena požarne ogroženosti – industrija – nevarne snovi

TABELA 7

OCENA POŽARNE OGROŽENOSTI INDUSTRIJA – NEVARNE SNOVI						
NEVARNE KOLIČINE SNOVI (t)	Oddaljenost oseb od objektov oziroma oddaljenost objektov, kjer so nevarne snovi, od bivalnega okolja (m)					
< 20	200	400	600	800	1000	nad 1200
21 – 50	250	450	700	900	1200	nad 1500
51 – 80	250	500	750	1000	1350	nad 1800
81 – 110	300	550	800	1150	1500	nad 2000
111 – 140	350	600	900	1200	1600	nad 2000
141 – 170	400	700	1000	1300	1700	nad 2000
171 – 200	450	750	1050	1350	1750	nad 2000
201 – 230	500	800	1100	1450	1850	nad 2000
231 – 260	600	1000	1400	1800	2200	nad 2200
261 – 300	700	1100	1500	1900	2300	nad 3000
> 300	900	1200	1600	2000	2400	nad 3000
	6	5	4	3	2	1
OCENA POŽARNE OGROŽENOSTI						

Objekt nima nevarnih snovi. Odločimo se za oceno požarne ogroženosti 1.

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

#### e. Ocena požarne ogroženosti prometa

**TABELA 5**

**OCENA POŽARNE OGROŽENOSTI PROMETA**  
Prevoz vnetljivih tekočin, eksplozijskih snovi, posod s snovmi pod pritiskom, ipd.

Oddaljenost gasilske enote kategorije V., VI., ali VII. stopnje v (km)	< 1.0	1.0 - 3.0	3.0 - 5.0	5.00 - 10.0	10.0 - 15.0	> 15.0
--	-------	-----------	-----------	-------------	-------------	--------

PROMETNE POVEZAVE	S	faktor		0	1	2	3	4	5
		Možnost prometa po cestah in železnici	T	1		1	1	2	2
Možnost prometa samo po cestah	O								
Možnost prometa samo po železnici	P	2		1	1	2	2	3	4
Prometnica po kateri prevažajo nevarne snovi	N	3		3	3	3	4	4	5
	J								
	A	4		3	4	4	4	5	6
<b>OCENA POŽARNE OGROŽENOSTI</b>									

Objekt je od gasilske enote oddaljen 6 km. Edina možnost prometa okoli objekta je samo po cestah. Presek dveh podatkov nam da oceno požarne ogroženosti, ki znaša 2.

Poglejmo v nadaljevanju zaključno ocenjevalno tabelo, kamor vpišemo posamezne ocenjene stopnje požarne ogroženosti.

PODROČJE OPAZOVANJA	OCENA POŽARNE OGROŽENOSTI
- požarna ogroženost v naravnem okolju	1
- požarna ogroženost v bivalnem okolju	3
- požarna ogroženost v industrijskem okolju	1
- požarna ogroženost – industrija – nevarne snovi	1
- požarna ogroženost v prometu	2
<b>SKUPNA POŽARNA OGROŽENOST</b>	<b>3</b>

Kako smo prišli do rezultata, ki nam da tretjo ali srednjo stopnjo požarne ogroženosti?

Glede na Pravilnik o metodologiji za izdelavo ocene požarne ogroženosti<sup>3</sup> izbere izdelovalec od dobljenih ocen za bivalno okolje in industrijsko okolje, ki je obremenjeno z nevarnimi snovmi, največjo vrednost od obeh določenih in jo uporabi v navpični koloni v tabeli 1. V našem primeru je to vrednost 2.



### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

Od dobljenih ocen za naravno okolje, industrijsko okolje, ki ni obremenjeno z nevarnimi snovmi, in v prometu, izbere izdelovalec največjo vrednost od treh določenih in jo uporabi v vodoravni koloni. V našem primeru je to vrednost **3**. Presečišče obeh vrednosti faktorjev je končna skupna ocena, ki v našem primeru znaša **3**.



Dopolnilno gradivo

TABELA 1

PREGLEDNA TABELA						
OCENA POŽARNE OGROŽENOSTI PREMOŽENJA ( NARAVNO OKOLJE, INDUSTRIJA, PROMET )						
	1	2	3	4	5	6
OCENA POŽARNE OGROŽENOSTI OSEB ( BIVALNO OKOLJE, NEVARNE SNOVI )						
1	1	2	2	3	4	4
2	2	2	3	3	4	4
<b>3</b>	2	<b>3</b>	3	4	4	5
4	3	3	4	4	5	5
5	4	4	4	5	5	6
6	4	4	5	5	6	6
SKUPNA OCENA POŽARNE OGROŽENOSTI						

STOPNJE POŽARNE OGROŽENOSTI	
stopnje	opis
1	zelo majhna požarna ogroženost
2	majhna požarna ogroženost
<b>3</b>	<b>srednja požarna ogroženost</b>
4	srednja do povečana požarna ogroženost
5	velika požarna ogroženost
6	zelo velika požarna ogroženost

#### 3.5.2. Metoda SIA

Metoda za oceno požarnega tveganja SIA (Brandrisikobewertung Berechnungsverfahren, SIA Dokumentation 81) je ti. pol-kvantitativna ocena tveganja. Metoda služi za izdelavo ocene nevarnosti za neznane dogodke. Osnova za metodo SIA je Gretenerjeva računska metoda za oceno požarne nevarnosti.

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

Metoda SIA je zasnovana tako, da uporabnik vsaki od neznank dodeli svojo vrednost. Določanje vrednosti je predvsem na podlagi inženirskih izkušenj in seveda v mejah intervalov, določenih z metodo.

Metodo v osnovi sestavljajo tabele, kjer uporabnik opredeli faktorje za izračun potencialnih nevarnosti in vpliv ukrepov, kamor spadajo standardni, posebni in gradbeni ukrepi.

Metoda spada med kvantitativne metode, točneje med metode nizanja podatkov. Izvira iz zavarovalniškega sveta. Za metodo nizanja podatkov je značilno, da so spremenljivkam pripisane vrednosti (interval vrednosti), ki temeljijo na inženirski presoji in preteklih izkušnjah. V metodi so zajeti pozitivni in negativni vplivi na zagotavljanje požarne varnosti.

Prednost metode je, da omogoča primerjavo med posameznimi objekti, vrstami tehnološkega procesa in predlaganimi rešitvami. Ob zadostnem predznanju je metoda enostavna. Metoda med seboj povezuje več dejavnikov.

Slabost metode je v njeni neprilagodljivosti, slabi pokritosti področij in zamudnosti.

Tabela 7-3: Faktorji za izračun potencialne nevarnosti P

Izračun potencialne nevarnosti P	
Mobilna požarna obremenitev <b>q</b>	1,3 (za $P_n = 401 - 600 \text{ MJ/m}^2$ )
Gorljivost <b>c</b>	1,2 (gorljive snovi – splošna nevarnost)
Nevarnost zadimljenja <b>r</b>	1,2 (velika zadimljenost)
Nevarnost korozije <b>k</b>	1,0 (splošna nevarnost za nastanek korozije)
Imobilna požarna obremenitev <b>i</b>	1,0 (negorljiva konstrukcija)
Lega nadstropja <b>e</b>	1,3 (1 nadstropje)
Površina <b>g</b>	1,1
Potencialna nevarnost P = 2,68	

Tabela 8-3: Faktorji za upoštevanje standardnih ukrepov N

Upoštevanje standardnih ukrepov	
Število ročnih gasilnikov <b>n<sub>1</sub></b>	1,0 (zadostno število aparatov za gašenje)
Hidrantni priključki <b>n<sub>2</sub></b>	1,0 (notranji hidranti – so)
Voda za gašenje <b>n<sub>3</sub></b>	0,85 (tlak večji kot 2 bara - )
Dovod vode <b>n<sub>4</sub></b>	1,0 (dolžina linije do 70 m)
Poučene osebe <b>n<sub>5</sub></b>	1,0 (osebje prisotno)
Standardni ukrepi N = 0,85	

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

Tabela 9-3: Faktorji za upoštevanje posebnih ukrepov S

Izračun posebnih ukrepov S	
dkrivanje požara $S_1$	1,0 (ni avtomatske naprave za javljanje požara)
Prenos alarma $S_2$	1,0 (ni prenosa na dežurno službo )
Gasilci $S_3$	1,6 (gasilsko reševalna služba Kranj)
Hitrost intervencije $S_4$	1,0 (čas intervencije je manj kot 15 min)
Naprave za gašenje $S_5$	1,0 (brez gasilnih naprav)
Odvod dima in toplote $S_6$	1,0 (ni naprave za odvod dima in toplote )
Posebni ukrepi S = 1,6	

Tabela 10-3: Faktorji za upoštevanje gradbenih ukrepov

Upoštevanje gradbenih ukrepov	
Nosilna konstrukcija $f_1$	1,2 (nosilna konstrukcija odpornosti 60 minut)
Obodne stene $f_2$	1,1 (odpornost sten 30 – 60 minut)
Stropi $f_3$	1,15 (brez posebej dodanih odpornih elementov)
Velikost požarne celice $f_4$	1,2 (velikost požarnih celic < 200 m <sup>2</sup> , več kot 10% oken)
Gradbeni ukrepi F = 1,82	

V nadaljevanju se izračuna skupne faktorje za potencialno nevarnost in standardne, posebne in gradbene ukrepe.

$$\text{Potencialna nevarnost: } P = q \times c \times r \times k \times i \times e \times g$$

$$\text{Standardni ukrepi: } N = n_1 \times n_2 \times n_3 \times n_4 \times n_5$$

$$\text{Posebni ukrepi: } S = s_1 \times s_2 \times s_3 \times s_4 \times s_5 \times s_6$$

$$\text{Gradbeni ukrepi: } F = f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_4$$

Temu sledi izračun požarne ogroženosti:

$$\text{Požarna ogroženost: } B = P / N \times S \times F.$$

Izračun nadaljujemo z dopustnim - sprejemljivim požarnim tveganjem  $R_u$ :

$$R_u = R_n \times pHE,$$

pri čemer pomeni je  $R_n$  požarno tveganje,  $pHE$  je popravek za običajno tveganje, ki ga določimo glede na osebe v objektu in lege nadstropja, npr 1,0.

Izračunamo dejansko požarno tveganje  $R$ :

$$R = B \times A,$$

pri čemer je A nevarnost aktiviranja.

Glavni parameter odločitve v metodi SIA je parameter  $\gamma$ , ki predstavlja koeficient, med sprejemljivim požarnim tveganjem in dejanskim požarnim tveganjem.

Rečemo lahko, da je varnost je zadostna v primeru, če je R (dejansko požarno tveganje) manjši ali enak  $R_u$  (sprejemljivo požarno tveganje).

$$\gamma = \frac{R_u}{R} \geq 1$$

Velja, da je požarna varnost zadostna, če je koeficient  $\gamma$  večje ali enako 1.

### 3.6. Evakuacija

Terminološko gledano pomeni evakuacija preselitev ljudi ali česa drugega s področja, ki je ogroženo zaradi naravne nesreče, vojne ipd. Na izvajanje evakuacije vpliva veliko dejavnikov, ki pa so podrobneje opredeljeni v nadaljevanju.

Pojem evakuacije in zahteve, povezane z njo so opredeljene v *Zakonu o varstvu pred požarom – uradno prečiščeno besedilo*<sup>1</sup>, ki v četrtem členu, ko govori o ciljih varstva pred požarom, navaja tudi varen umik ljudi in živali s požarno ogroženega območja. Isti zakon v 35. členu omenja načrt evakuacije. Zahteve z vidika evakuacije podrobneje opisuje in podaja *Pravilnik o požarnem redu*<sup>4</sup>.

Glede na zahteve *Zakona o varstvu pred požarom*<sup>1</sup> morajo lastniki ali uporabniki določenih objektov najmanj enkrat letno izvesti praktično usposabljanje za izvajanje evakuacije iz objekta ob požaru.

Poznamo več vrst evakuacije, ločimo pa jih glede na število evakuiranih oseb in na lokacijo, kamor osebe evakuiramo. Ko govorimo o številu oseb, ki jih evakuiramo, poznamo **popolno** in **delno evakuacijo**<sup>13</sup>.

Popolna evakuacija pomeni umik vseh oseb iz objekta na varna mesta, ki so zunaj ali znotraj zgradbe. Popolna evakuacija je lahko takojšnja ali postopna. Za delno evakuacijo velja, da iz objekta umaknemo samo del ljudi. Navadno evakuiramo ljudi iz dela objekta, ki je zajet v požar oz. kjer pričakujemo razvoj oz. napredovanje zgorevalnih produktov. Ker zaradi narave gorenja in razvoja požara ter konfiguracijo objekta ni možno takoj pričeti z evakuacijo vseh oseb v objektu, govorimo o ti. postopni evakuaciji<sup>16</sup>. Obseg te vrste evakuacije je odvisen od ogroženosti ter poteka in širjenja požara.

Evakuacijo lahko izvajamo tako, da osebe premeščamo na varno mesto, ki je v istem nivoju ali etaži in ga še ni zajel požar. To vrsto evakuacije imenujemo **horizontalna evakuacija**. Po drugi strani ob intenzivnem razvoju požara in v primerih, ko požar hitro zajame celoten objekt, izvajamo **vertikalno evakuacijo**.

#### 3.6.1. Evakuacijski časi

Na odziv uporabnikov objekta na požarne in druge razmere, ko je potrebna evakuacija, vpliva cela vrsta spremenljivk, ki so odvisne od števila uporabnikov, razporeditve uporabnikov po stavbi ob različnih časih, njihovega poznavanja stavbe, njihovih sposobnosti, obnašanja in drugih lastnosti, lastnosti stavbe, vključno z njeno uporabo, razporeditvijo prostorov in inštalacijami, obstoja opozoril, sredstev umika in strategije ravnanja v sili, interakcije vseh teh vidikov z razvojem požara in ukrepi za intervencijo (naprave za gašenje za reševanje).

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

Potrebni čas umika je odvisen od zaporedja procesov, in sicer od<sup>16</sup>:

- a) časa od vžiga do odkrivanja požara,
- b) časa od odkrivanja požarov do splošnega opozorila uporabnikom, da je potrebna evakuacija,
- c) evakuacijskega časa, ki ima dve fazi:
  - a. čas pred začetkom umika (od trenutka, ko se uporabniki stavbe zavejo nevarnosti, do trenutka, ko se začnejo premikati proti izhodom), ki sestoji iz časa, potrebnega za prepoznanje nevarnosti, in časa, potrebnega za različne dejavnosti pred začetkom pomikanja proti izhodom,
  - b. čas, potreben za pot do varnega mesta (čas, ki ga uporabniki stavbe potrebujejo za premik na varno mesto).

Z rednim izvajanjem vaj evakuacije vplivamo na skrajšanje evakuacijskega časa. Spoznavanje z objektom skrajša čas potovanja, poznavanje postopkov, ki jih morajo zaposleni ali stanovalci opraviti ob požaru pa skrajša čas pred začetkom umika.

Čas potovanja po objektu lahko opredelimo tudi na splošno, če poznamo hitrost potovanja in dolžino evakuacijskih poti. Kot pomoč pri izračunu teoretičnega časa umika, je v tabeli 11-3 podana hitrost potovanja nekaterih ciljnih skupin po objektu.

Tabela 11-3: Hitrost potovanja

Hitrost	Skupina
1,6 m/s	Fizično in psihično v dobrem stanju
1 m/s	Fizično mobilne osebe
0,85 m/s	Omejeno mobilne osebe (otroci in starejše osebe)
0,5 m/s	Osebe, ki potrebujejo pomoč pri gibanju

Medtem ko sta čas odkrivanja požara in čas alarmiranja odvisna predvsem od vgradnje sistemov aktivne požarne zaščite in sta tako odvisna od tehničnih komponent, je ocena časa pred začetkom umika in časa, potrebnega za pot do varnega mesta težavna, saj ima vsak uporabnik stavbe svoj individualni čas umika iz objekta.

Čas, potreben za pot iz posameznega prostora do zaščitene evakuacijske poti ali mesta na prostem je odvisen od dveh glavnih vidikov:

- a) oddaljenosti uporabnika od izbranega izhoda (ali povprečne dolžine evakuacijske poti do izhodov za skupino uporabnikov) in njihove hitrosti hoje,
- b) maksimalne pretočne kapacitete uporabljenih izhodov.

Na čas evakuacije vpliva urejenost evakuacijskih poti. To pomeni, da morajo biti evakuacijske poti venomer prehodne in urejene.

#### 3.6.2. Vpliv vedenja ljudi na evakuacijo

Učinki, ki spremenijo vedenje ali povzročijo nezmožnost gibanja so<sup>18</sup>:

- a) učinki vidne zaznave dima ali plamenov, ki vključujejo:
  - 1) strah pred bližajočim se dimom ali vročimi področji in potmi umika,
  - 2) strah pred ognjem ali dimom v požarnem sektorju, v katerem so ljudje; ta lahko učinkuje kot vzpodbuda k umiku ali kot ovira umiku, odvisno od lokacije in intenzivnosti ognja ali dima;
  - 3) privlačnost ognja v požarnem sektorju, v katerem so ljudje (sindrom prijaznega ognja), in želja po opazovanju ali spopadu z njim.
- b) poslabšana vidljivost, ki nastane zaradi optične gostote dima in zaradi bolečih učinkov dražejih dimnih produktov in vročine na oči,



Dopolnilno gradivo

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

- c) bolečine v dihalnih organih in težave pri dihanju ali celo poškodba dihalnih organov, ki nastane zaradi vdihavanja dražečega dima, ki je lahko zelo vroč. V skrajnih primerih lahko to v nekaj minutah vodi do kolapsa zaradi dušenja, ki nastane zaradi laringalnega krča in/ali zožitve bronhijev (posebno pri astmatikih in drugih občutljivih ljudeh). Pojavi se lahko tudi vnetje pljuč, ponavadi po nekaj urah, kar prav tako lahko vodi do različnih stopenj dihalnih težav.
- d) dušenje zaradi vdihavanja strupenih plinov, ki ima za posledico zmedenost in izgubo zavesti (posebno pri občutljivih ljudeh, kot so starejši ali srčni bolniki),
- e) bolečine izpostavljenosti kože in zgornjih dihalnih poti, ki jim sledijo opekline ali dvig telesne temperature zaradi učinkov vročine, kar preprečuje umik in vodi do kolapsa.

Vsi ti učinki lahko ovirajo umik in vodijo do trajnih poškodb in vsi razen a) in b) so lahko smrtni, če je stopnja izpostavljenosti dovolj velika.

Pri ocenjevanju tveganja in določanju meril vzdržljivosti so osnovni premisleki glede evakuacijskih poti in varnosti ljudi naslednji<sup>18</sup>:

- a) psihološki učinki vidne zaznave produktov gorenja na obnašanje pri umiku, kadar ni direktne izpostavljenosti požaru,
- b) psihološki in fiziološki učinki izpostavljenosti vročini in strupenemu dimu na obnašanje pri umiku in sposobnost umika,
- c) točka, pri kateri izpostavljenost povzroči nezmožnost gibanja,
- d) točka, pri kateri izpostavljenost povzroči smrt.

Sposobnost gibanja skozi dim je odvisna od učinkov dražljivosti in zamračitve na sposobnost gibanja skozi prostore v stavbi in na sposobnost najti evakuacijske poti in izhode. Bolj stroga merila so potrebna pri velikih prostorih kot pri stanovanjskih prostorih, ker morajo v tem primeru uporabniki videti na večje razdalje, da najdejo izhode, in bolj verjetno ne poznajo okolja.

Na podlagi spoznanja, da se ljudje gibljejo v mraku pri vidljivosti 5 m ( $D \cdot m^{-1} = 0,2$ ) v dražečem dimu in da dim pri večini požarov vsebuje različne dražeče kemične snovi, se priporoča, da se projektna meja vzdržljivosti 5 m vidljivosti uporablja pri majhnih ali stanovanjskih prostorih in 10 m vidljivosti ( $D \cdot m^{-1} = 0,8$ ) pri večjih prostorih. Dražljivost dima je v praksi odvisna od sestave gorečega goriva in razmer za njihov razkroj v požaru.

Do izpostavljenosti sevajoči vročini lahko pride, kadar morajo uporabniki mimo ognja ali pod vročim slojem produktov gorenja. Kombinirana izpostavljenost sevalni in konvekcijski toploti nastopi, če so uporabniki direktno izpostavljeni vročemu zraku ali produktu požara.

Za mejo vzdržljivosti pri izpostavljenosti kože sevalni toploti je bila predlagana izpostavljenost, ki povzroči hude bolečine nezaščitene kože. Ta se pojavi nad pragom toplotnega toka  $2,5 \text{ kW/m}^2$ . Pod tem pragom je izpostavljenost mogoče vzdržati nekaj minut, pri večjih toplotnih tokovih pa se čas vzdržljivosti hitro zmanjša na nekaj sekund.



Tabela 12-3: Vpliv toplotnega toka na ljudi<sup>13</sup>

Toplotni tok ( $\text{kW/m}^2$ )	Poškodbe	
	Na opremi	Na ljudeh
37,5	Poškodbe na procesni opremi	100% mrtvih v eni minuti 1% mrtvih v 10 sekundah
25	Minimalna toplotna energija za vžig lesa s toplotnim sevanjem	100% mrtvih v eni minuti večje poškodbe v 10 sekundah
12,5	Minimalna toplotna energija za vžig lesa s plamenom, plastične cevi se topijo	1% mrtvih v eni minuti opekline 1.stopnje po 10 sekundah
4		Povzroča bolečino, če je izpostavljenost daljša od 20 sekund
1,6		Ne vpliva na počutje po daljši izpostavljenosti

Povzetek obremenitev toplotnega toka na ljudi in opremo je podan v tabeli 12-3.

Pri konvekcijski toploti so glavni problemi bolečine in opekline kože pri temperaturah nad približno 121 °C in dvig telesne temperature pri nižjih temperaturah. Za telo žrtve požara lahko rečemo, da je prejelo »dozo« vročine v nekem časovnem obdobju izpostavljenosti, vendar so krajša obdobja izpostavljenosti velikemu sevalnemu toku ali temperaturi bolj uničujoča kot daljša izpostavljenost manjšemu toku ali temperaturi.

Pri do 2-urni izpostavljenosti konvekcijski toploti iz zraka, ki vsebuje manj kot 10 volumskih % vodnih hlapov, je mogoče izračunati vrednost delne efektivne doze (FED - fractional effective dose, razmerje med doseženo efektivno dozo in efektivno dozo, pri kateri nastopi onesposobitev ali smrt) za skupne učinke sevalne in konvekcijske toplote. Njihova akumulirana vsota se potem primerja z vnaprej določeno celotno vrednostjo FED, za katero sodimo, da predstavlja sprejemljivo verjetnost onesposobitve.

- Če je celotna akumulirana vrednost FED manjša kot vnaprej določena ciljna FED, smatramo, da je verjetnost varnega umika za izpostavljene sprejemljiva.
- Nasprotno, če je akumulirana celokupna vrednost FED večja od vnaprej določene ciljne FED, smatramo, da je verjetnost varnega umika izpostavljenih nesprejemljiva.

Opekline dihalnih poti zaradi vročega zraka, ki vsebuje manj kot 10 volumskih % vodnih hlapov, se ne pojavi, če ni tudi opeklin kože na obrazu. Zato so meje vzdržljivosti za bolečine in opekline kože ponavadi nižje kot za opekline dihalnih poti. Opekline dihalnih poti se lahko pojavijo zaradi vdihavanja zraka s temperaturo nad samo 60 °C, če je nasičen z vodnimi hlapi, kar se lahko pojavi, kadar se za gašenje požara uporabi voda. Iz podatkov o toplotni vzdržljivosti nezaščitene kože ljudi sklepamo, da je priporočljiva meja za konvekcijsko toploto približno 120 °C. Nad to mejo se hitro pojavi precejšnja bolečina z nastankom opeklin v nekaj minutah. V odvisnosti od dolžine izpostavljenosti, lahko konvekcijska toplota pod to temperaturo še vedno povzroči nesposobnost gibanja zaradi dviga telesne temperature.

#### 3.6.3. Zahteve za evakuacijske poti

V Sloveniji opredeljuje zahteve za evakuacijske poti **TSG-1-001: 2007**<sup>7</sup> Požarna varnost v stavbah. Na splošno velja za izvedbo evakuacijskih poti objektih nekaj zahtev:

- 1) Če ima prostor samo en izhod, ne sme biti nobena točka v prostoru od njega oddaljena več kot **20 m**.
- 2) Če vodita iz prostora najmanj dva izhoda, pot za umik ne sme biti daljša od **35 m**. Izhodi morajo biti razporejeni tako, da so razdalje med njimi čim večje.
- 3) Če evakuacijska pot vodi do enega zaščitene stopnišča ali enega končnega izhoda, skupna dolžina evakuacijske poti ne sme biti daljša **35 m**.
- 4) Če evakuacijska pot vodi do dveh ali več ločenih zaščiteneh stopnišč ali ločenih končnih izhodov, skupna dolžina evakuacijske poti ne sme biti daljša **50 m**.
- 5) Slepi hodnik ne sme biti daljši od **15 m**.
- 6) Širina izhodov:
  - a) do 50 uporabnikov: en izhod širine 0,9 m
  - b) do 100 uporabnikov: dva izhoda širine po 0,9 m
  - c) do 200 uporabnikov: trije izhodi širine po 0,9 m ali dva izhoda, en izhod širine 0,9 m in drugi izhod širine 1,2 m
  - d) nad 200 uporabnikov skupna širina izhodov iz prostora:
    - Pritličje: po 0,6 m na 100 ljudi
    - Enačba za izračun: število uporabnikov v prostoru x 0,6/100
    - Nadstropja: po 0,6 m na 60 ljudi
    - Enačba za izračun: število uporabnikov v prostoru x 0,6/60
    - Klet: po 0,6 m na 50 ljudi
    - Enačba za izračun: število uporabnikov v prostoru x 0,6/50
    - Najmanjša širina posameznega izhoda je 1,2 m.
    - Če je skupna potrebna širina izhodov večja od 1,2 m, se širine povečujejo za 0,6 m (npr. 1,8 m, 2,4 m).
- 7) Vrata se morajo odpirati v smeri umika v prostorih s površino večjo od 200 m<sup>2</sup> in z več kot 20 uporabnikov in prostorov brez požarnega tveganja.
- 8) Vrata se morajo odpirati brez pripomočkov in morajo biti taka, da jih lahko intervencijske enote odprejo od zunaj.

- 9) Avtomatska dvizna, vrtljiva, drsna in rolo vrata so dovoljena samo v primeru, če so poleg njih na voljo tudi vrata za osebni prehod, ki se odpirajo v smeri umika. Ustreza tudi tehnična rešitev, da se v primeru prekinjenega električnega napajanja vrtljiva ali drsna vrata avtomatsko odprejo, oziroma da je možno odpiranje brez tuje pomoči in pripomočkov in ustrezajo naslednjim zahtevam: Avtomatska drsna električna vrata na evakuacijskih poteh in izhodih iz objekta, ki niso na mejah požarnih sektorjev in niso požarna, so dovoljena le, če ustrezajo naslednjim zahtevam:
- da so tako izvedena, da se jih v primeru izpada sistema za električno odpiranje (okvara sistema, izpad električnega napajanja) lahko odprejo tudi ročno, pri čemer velja;
  - da sila za ročno odpiranje, ki je potrebna, da se krilo vrat spravi v gibanje, ni večja od 133 N;
  - da sila za ročno odpiranje, ki je potrebna za nadaljnje odpiranje vratnega krila ni večja od 67 N;
  - vrata se morajo odpirati v celotni širini vrat,
  - ali da imajo svoje električno napajanje in stikalo z ustrezno oznako za odpiranje v primeru požara.
- Opomba: Vsa električna vrata brez osebne prehode, ki se nahajajo na glavnih izhodih iz objekta, morajo za primer požara imeti ob vratih nameščeno stikalo za odpiranje, ki je ustrezno označeno (zelena barva) in omogoča odpiranje tudi v primeru izpada električnega napajanja.*
- 10) Požarna vrata (na mejah med požarnimi sektorji) se morajo v primeru izpada omrežnega napajanja ali pojava požarnega signala samodejno zapreti neodvisno od vseh virov napajanja. Če so vrata na evakuacijski poti, morajo omogočati osebni prehod, po prehodu pa se morajo zapreti s pomočjo samozapirala.
- 11) Izvedba varnostne razsvetljave je obvezna v poslovnih stavbah z več kot 20 delovnih mest. Na glavnih evakuacijskih poteh v obravnanem objektu, kot so stopnišča in hodniki mora biti izvedena varnostna razsvetljava, ki se samodejno vklopi po izpadu javne električne mreže in zagotavlja zahtevano osvetljenost 1 uro. Izvedena mora biti v skladu z zahtevami SIST EN 1838, SIST EN 50171 in SIST 60598-2-22. Imeti mora zagotovljeno električno napajanje najmanj 1 uro. Rezervno napajanje se mora v 3 sekundah vklopiti avtomatsko.
- 12) Smeri evakuacije in izhodi morajo biti označeni s predpisanimi in osvetljenimi znaki po SIST 1013. Nameščeni morajo biti v skladu z zahtevami SIST 1013. Oznake izhodov in oznake evakuacijskih poti morajo biti osvetljene z varnostno razsvetljavo neposredno ali posredno. Običajno se priporoča izvedbo znakov z vgrajenimi svetili, ki imajo vgrajene tudi akumulatorske vložke, ki zagotavljajo delovanje tudi v primeru izpada javne električne mreže.
- 13) V dvoranah vmesni prehodi s spuščeni sedeži ne smejo biti ožji od 0,45 m, glavni prehodi med vrstami pa morajo biti široki najmanj 1,2 m. V eni vrsti, ki ima dostop z dveh strani ne sme biti več kot 32 sedežev. Sedeži morajo biti vsaj iz materialov razreda C.

#### 3.7. Organizacijski ukrepi

Med preventivne ukrepe varstva pred požarom uvrščamo poleg gradbeni ali pasivnih, tehnoloških in tehničnih ali aktivnih tudi organizacijske ukrepe. Ti tako kot ostali ukrepi zmanjšujejo možnost za nastanek požara in ob njegovem nastanku, zagotavljajo varno evakuacijo ljudi in premoženja ter preprečujejo njegovo širjenje. Organizacijske ukrepe mora podrobneje opredeliti požarni red.

Na normativnem področju urejajo organizacijske ukrepe predvsem:

- Zakon o varstvu pred požarom;
- Zakon o gasilstvu;
- Pravilnik o požarnem redu;
- Pravilnik o požarnem varovanju;
- Pravilnik o izbiri in namestitvi gasilnih aparatov;
- Pravilnik o usposabljanju zaposlenih za varstvo pred požarom in o usposabljanju odgovornih oseb za izvajanje ukrepov varstva pred požarom.

Organizacijo varstva pred požarom na ravni podjetja tvorijo **odgovorna oseba za varstvo pred požarom**, **pooblaščen oseba za izvajanje ukrepov varstva pred požarom**, **oseba, odgovorna za gašenje začetnih požarov in izvajanje evakuacije** in **drugi zaposleni** glede na določila požarnega reda.



### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

---

Na osnovi določil *Zakona o varstvu pred požarom*<sup>1</sup> velja, da je lastnik ali uporabnik stanovanjskih, poslovnih in industrijskih objektov **odgovoren** za varstvo pred požarom. Lastnik ali uporabnik lahko pooblasti ustrezno usposobljeno fizično ali pravno osebo, ki mu je odgovorna za izvajanje ukrepov varstva pred požarom in izpolnjuje pogoje za izvajanje nalog na področju varstva pred požarom. Kot odgovorno osebo se lahko pooblasti tudi fizična oseba, ki ni zaposlena pri lastniku ali uporabniku. V večstanovanjskih hišah se lahko za izvajanje ukrepov varstva pred požarom pooblasti tudi upravitelja, če je ustrezno usposobljen.

Poseben pomen ima v organizaciji varstva pred požarom v povezavi z izvajanjem evakuacije **odgovorna oseba za gašenje začetnih požarov in izvajanje evakuacije**. To je s strani odgovorne osebe izbrana oseba oz. zaposleni delavec, ki na ravni podjetja, oddelka, nadstropja, večstanovanjskega objekta ipd skrbijo za gašenje začetnih požarov in izvajanje evakuacije. **Naloge teh oseb naj bi bile:**

- se seznaniti z nevarnostmi, jih razumeti in poznati nastanek in razvoj pričakovanih požarov v delu objekta, za katerega je oseba odgovorna,
- poznati delovanje in način uporabe naprav za začetno gašenje požarov (gasilniki, notranji hidranti, požarne odeje ipd.),
- poznati evakuacijske poti, skrbeti za prehodnost le teh in o tem obveščati in opozarjati odgovorno osebo, pooblaščenca osebo in zaposlene,
- usmerjati zaposlene ob vaji evakuacije in dejanski evakuaciji na evakuacijske poti,
- voditi evidenco o osebah, ki so v času evakuacije ostale v objektu,
- druge naloge glede na vrsto in namembnost objekta.

Naloge oseb, ki tvorijo organizacijo varstva pred požarom so zapisane v **požarnem redu**, ki ga morajo glede na *Zakon o varstvu pred požarom*<sup>1</sup> izdelati lastniki ali uporabniki stanovanjskih objektov, razen eno in dvostanovanjskih stavb, ter lastniki ali uporabniki poslovnih in industrijskih objektov

Podrobneje obravnava požarni red *Pravilnik o požarnem redu*<sup>4</sup>.

Med splošne zahteve in organizacijske ukrepe spadajo nekateri splošni preventivni ukrepi:

- V objektih je potrebno vzdrževati red in čistočo;
- V proizvodnih objektih in skladiščih naj bo prepovedano kajenje;
- Evakuacijski izhodi morajo biti vedno prosti in odprti;
- Vsi zaposleni morajo biti usposobljeni za gašenje začetnih požarov;
- V proizvodnih prostorih naj se nahajajo samo materiali, ki so potrebni za enodnevno proizvodnjo, ostali materiali naj se nahajajo v posebej za te snovi urejena skladiščih;
- Če se v objektih izvajajo rekonstrukcijska dela in vzdrževalna dela kot so npr. varjenje, lotanje ali rezanje kovin, morajo le ti potekati v prisotnosti požarne straže, ki mora poskrbeti za potrebne preventivne ukrepe;
- Dostopne poti za gasilsko intervencijo z vozili morajo biti vedno proste;
- Dostopi do kabelskih kinet, hidrantnih priključkov, gasilnikov morajo biti vedno prosti.

V zgornji alineji omenjeno požarno stražo opredeljuje *Zakon o varstvu pred požarom*<sup>1</sup>, kjer je navedeno, da mora požarno stražo mora organizirati:

1. kdor pretaka količine nad 5 m<sup>3</sup> lahko vnetljivih snovi in gorljivih plinov;
2. kdor vari, uporablja odprt plamen ali orodje, ki pri uporabi proizvaja iskre, v prostoru, ki je nevaren za požar in ni posebej prilagojen za ta opravila;
3. prireditelj javnega shoda ali prireditve, na kateri je nevarnost, da izbruhne požar ali pride do eksplozije;
4. lokalna skupnost, lastnik oziroma upravljavec gozda ali drugega zemljišča, ko je razglašena povečana nevarnost požarov v naravnem okolju.

Požarno stražo lahko opravljajo le gasilci v skladu z *Zakonom o gasilstvu*, ki ureja gasilstvo, v primeru iz 1. in 2. točke iz prejšnjega odstavka pa tudi za gašenje usposobljene osebe, če ne gre za opravljanje del v požarno bolj ogroženih objektih in objektih, v katerih se zbira več ljudi, določenih v skladu z *Zakonom o varstvu pred požarom*<sup>1</sup>.

Požarna straža se mora izvajati, dokler traja povečana požarna nevarnost.

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

---

Med splošne tehnične in organizacijske ukrepe spadajo ukrepi kot npr.:

- izvedba vklopa sirene na več mestih po objektih/tovarni;
- uskladitev dejanskega načrta alarmiranja znotraj podjetja s požarnim redom, njegovimi izvlečki in navodili za zaposlene;
- izdelava načrta alarmiranja za objekte za različne časovne termine (požar v industrijskem objektu – dopoldanski delovni čas, popoldanski delovni čas, nočni čas in dela prosti dnevi; glej prilogo);
- ustrezno poučevanje in predstavitev udeleženi osebam ter vključitev načrta alarmiranja v program usposabljanja zaposlenih za varstvo pred požarom;
- ureditev obveščanje v okviru požarnega reda;
- ohranitev ter stalno posodabljanje ter usposabljanje gasilskega kadra (poklicni in prostovoljni gasilci);
- preveriti naloge in zadolžitve odgovorne osebe za varstvo pred požarom ter sprejem ustreznih ukrepov za aktivnejše delovanje;
- redno izpolnjevanje kontrolnih in evidenčnih listov in seznanjanje odgovornih oseb v oddelkih o odkritih pomanjkljivostih;
- pregled razporeditve gasilnikov po objektih, analiza funkcionalnosti in potreb ter izvedba morebitnih premestitev, dopolnitev ali odstranitvev (gasilnik v neposredni bližini potencialno ogroženega predmeta ali naprave ne predstavlja ustrezne namestitve);
- izvedba prenosa signalov vseh požarnih javljanj do stalno zasedenega mesta (npr. v vratarnico tovarne, ki mora biti zato 24 ur dnevno zasedena s strani usposobljene osebe, ki med opravljanjem nadzora javljanja in opravljanjem receptorske službe ne sme imeti drugih zadolžitvev izven objekta vratarnice);
- izvajanje rednih gasilskih vaj v sodelovanju z gasilskimi enotami, ki so v občinskem načrtu alarmiranja gasilskih enot predvidene kot dodatne sile za posredovanje v primeru požara v tovarni, usposabljanje naštetih gasilcev za gašenje najbolj ogroženih objektov (npr. lakirnice, filtri, silosi, skladišča vnetljivih tekočin, regalna skladišča);
- izdelava operativno taktičnega načrta nastopa gasilskih enot za požarno najbolj ogrožene objekte;
- definiranje dela in pravic zunanjih izvajalcev del s posebno pogodbo, katere poseben dodatek so tudi specifične lastnosti objekta, njegove nevarnosti ter seznam potrebnih ukrepov pri izvajanju del, da ne bi prišlo do požara, preverjati njihovo dejansko usposobljenost za izvajanje požarne straže ter samo izvajanje dogovorjenih ukrepov;
- izvajanje požarne straže tudi z gasilskimi vozili s cisterno (GVC) in potrebno zaščitno opremo gasilcev, saj se lahko požar pri določenih delih in v nekaterih objektih izredno hitro razširi;
- izdelava ocene ogroženosti in sprejetje ter izvedba potrebnih ukrepov, v primeru izvajanja posebej nevarnih del v najbolj ogroženih objektih (vodja vzdrževanja, odgovorna oseba za varstvo pred požarom, vodja gasilcev);
- redno in sprotno teoretično ter praktično usposabljanje vseh zaposlenih, tudi sezonskih delavcev in občasno zaposlenih, o varstvu pred požarom;
- redno teoretično in praktično usposabljanje odgovornih oseb v oddelkih o delovanju aktivne in pasivne požarne zaščite, ki je nameščena v njihovem oddelku;
- ustrezno sankcioniranje kršiteljev določb požarnega reda.

#### 3.7.1 Navodila za zagotavljanje požarne varnosti v objektu

Osnova za pripravo navodil za zagotavljanje požarne varnosti v objektu je Pravilnik o požarnem redu<sup>4</sup>, ki opredeljuje ti. organizacijske ukrepe na področju varstva pred požarom v podjetju.

Ta pravilnik določa objekte, za katere je treba izdelati požarni red, požarni načrt in načrt evakuacije ter vsebino in pogoje za izdelavo požarnega reda, požarnega načrta ter načrta evakuacije.

Glede na določila Pravilnika o požarnem redu<sup>4</sup>, morajo lastniki ali uporabniki objektov določiti požarni red, da preprečijo nastanek požara in izboljšajo požarno varnost.

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

Pravilnik podrobneje opredeljuje tudi obvezne priloge požarnega reda, ki so:

- izvleček požarnega reda (slika 7-3) – to je dokument, ki mora biti nameščen na vidnem mestu v objektu. Vsebuje podatke o:
  - o organizaciji varstva pred požarom, vključno s predvidenim številom uporabnikov glede na namembnost objekta;
  - o ukrepih varstva pred požarom;
  - o navodilih za ravnanje v primeru požara.

**IZVLEČEK IZ POŽARNEGA REDA**

**ORGANIZACIJA VARSTVA PRED POŽAROM**






Pooblaščen oseba za varstvo pred požarom v podjetju je g. Priimek in ime, telefon: **123 45 67**

Predvideno število uporabnikov objektu je: \_\_\_\_.

**PREPREČEVANJE POŽARA**

- Obiskovalci in zaposleni so dolžni upoštevati določila požarnega reda podjetja in v primeru neupoštevanja obvestiti pooblaščen osebo za varstvo pred požarom.
- V prostorih objekta ne uporabljajte lastnih naprav in pripomočkov za ogrevanje, osvetljevanje in kuhanje, ampak samo vgrajene naprave.
- Pri uporabi vgrajenih električnih naprav upoštevajte vsa varnostna navodila.
- Vse okvare na električnih napravah in napeljavah takoj javite službi za vzdrževanje, okvare na napravah in sistemih za požarno zaščito pa pooblaščenim osebam za varstvo pred požarom.
- Po končani uporabi električne naprave izključite.
- Pri kajenju upoštevajte prepovedi in varnostna navodila.
- Evakuacijske poti naj bodo vedno proste.
- Gasilniki in notranji hidranti morajo biti vedno dostopni.

**V PRIMERU POŽARA**

- Ostanite mirni.
- PO TELEFONU OBVESTITE VRATARJA NA TEL. ŠT. \_\_\_\_ OZ. CENTER ZA OBVEŠČANJE NA ŠTEVILKO **112**.
- AKTIVIRAJTE ROČNI JAVLJALNIK  Znak za ročni javljalnik
- POŽAR POIZKUSITE POGASITI Z NAJBЛИŽJIM GASILNIKOM ALI NOTRANJIM HIDRANTOM.  
 Znak za gasilnik  Znak za hidrant
- POŽARA NA ELEKTRIČNIH NAPELJAVAH IN NAPRAVAH NE GASITE Z VODO.
- SLEDITE OZNAKAM ZA EVAKUACIJO IN PO NAJBЛИŽJI POTI ZAPUSTITE PROSTOR IN ZGRADBO.  
 Znak za pot umika  Znak za zbirno mesto
- PRI EVAKUACIJI IZ STAVBE NE UPORABLJAJTE DVIGAL.
- PRI EVAKUACIJI IZ STAVBE POMAGAJTE DRUGIM OBISKOVALCEM IN ZAPOSLENIM, KI POTREBUJEJO POMOČ.
- ČE STA HODNIK IN ALI STOPNIŠČE ZADIMLJENA IN NEPREHODNA, Ostanite v prostoru. Počakajte reševalce ob oknu na zunanji steni objekta.

**PRIJAVA POŽARA**

**Požar javite:**

v vratarnico na tel št. \_\_\_\_ oz. direktno centru za obveščanje (gasilcem) na številko **112!**

Podpis

Slika 7-3: Primer izvlečka požarnega reda

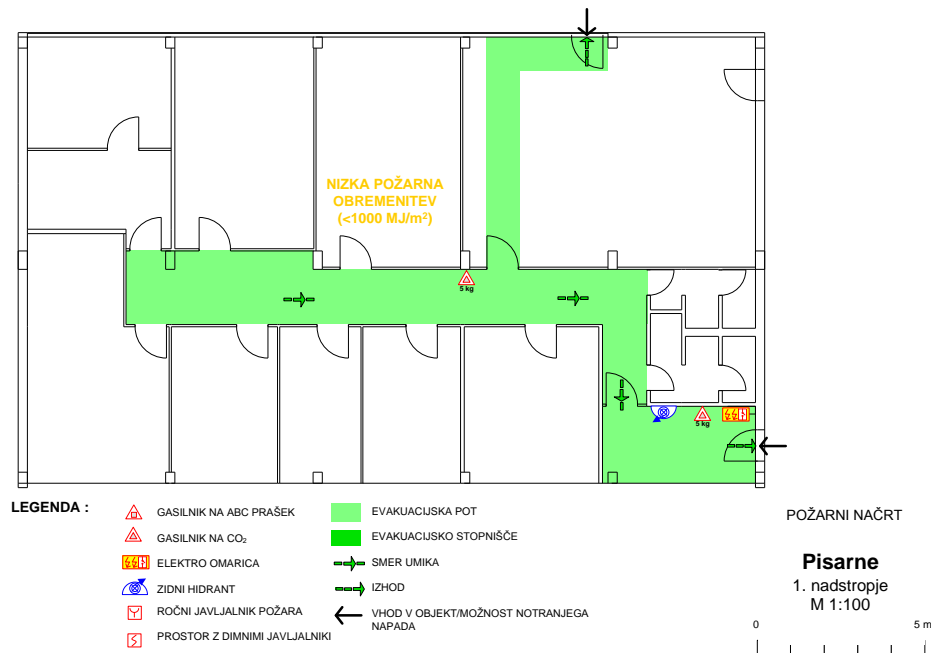
- navodila za posameznike – navodila za posameznike se izdelajo za osebe, ki v objektu začasno ali stalno stanujejo ali bivajo kot stanovalci, hotelski gostje, oskrbovanci ali zaradi drugih razlogov oziroma, ki v objektu občasno opravljajo storitvene ali druge dejavnosti, ki lahko povzročijo požar.
- evidenčni listi o rednem vzdrževanju, pregledih, preizkusih opreme, naprav in drugih sredstev za varstvo pred požarom, vgrajenih sistemov aktivne požarne zaščite ter izvajanju drugih ukrepov varstva pred požarom;
- evidenčni listi o usposabljanju zaposlenih za varstvo pred požarom ter seznanitvi s požarnim redom;
- evidenčni listi o požarih, eksplozijah in gasilskih intervencijah;
- kontrolni listi.

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

Za požarno bolj ogrožene objekte in za objekte, v katerih se zbira več ljudi, je treba izdelati tudi **požarne načrte** in **načrte evakuacije** ob požaru.

Požarni načrt in načrt evakuacije se morata izdelati za objekte, opredeljene v *Pravilniku o požarnem redu*<sup>4</sup>, v katerih obstaja najmanj srednja požarna ogroženost po predpisih o ugotavljanju ocene požarne ogroženosti oziroma za objekte, v katerih je hkrati lahko več kot 100 ljudi.

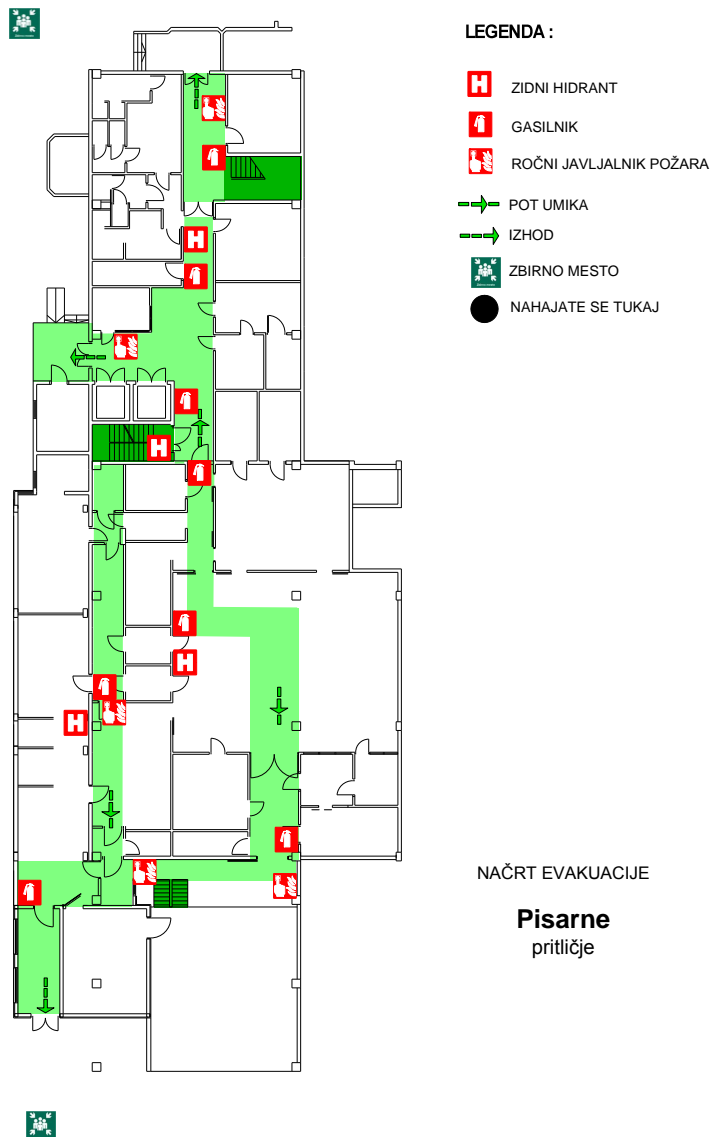
Požarni načrt je grafični prikaz situacije objekta in delov objekta z označenimi nevarnostmi ter sistemi, napravami in sredstvi za preventivno in aktivno požarno zaščito, s katerim se zmanjšuje nevarnost nastanka požara oziroma zagotavlja učinkovito gašenje, če do požara pride. Namenjen je uporabnikom objekta, gasilcem in drugim reševalcem. Dokument vsebuje podatke (grafični prikaz podatkov) o prikazu objekta v prostoru (npr. tlorisi, intervencijske poti, stopnja požarne obremenitve ipd), prikazu požarne varnosti objekta v tlorisih posameznih etaž (npr. sistemi za gašenje, požarne ločitve, gasilniki, hidranti ipd). Zgled požarnega načrta je prikazan na sliki 8-3.



Slika 8-3: Primer požarnega načrta – etaža objekta

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

Načrt evakuacije je grafični prikaz objekta ali delov objekta s podatki, ki prikazujejo možnost urejenega gibanja oseb na varno mesto ob požaru ali drugi nevarnosti. V njem mora biti vrisan položaj posamezne sobe ali posameznega prostora oziroma točka nahajanja, evakuacijska pot, zbirno mesto, mesta, kjer so nameščene naprave, oprema in sredstva za gašenje ter položaj ročnih javljalnikov požara. Zgled načrta evakuacije je prikazan na sliki 9-3.



Slika 9-3: Primer načrta evakuacije

Glede na določila Pravilnika o požarnem redu<sup>4</sup> je treba za označevanje opreme, naprav in drugih sredstev za varstvo pred požarom ter vgrajenih sistemov aktivne požarne zaščite in elementov evakuacijskih poti upoštevati Pravilnik o grafičnih znakih za izdelavo prilog študij požarne varnosti in požarnih.

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

---

Evidenčni listi o rednih pregledih ter vzdrževanju in servisiranju opreme, naprav in drugih sredstev za varstvo pred požarom, kjer mora lastnik ali uporabnik objekta oziroma oseba, ki jo za izvajanje ukrepov varstva pred požarom v objektu v skladu s predpisi pooblasti lastnik ali uporabnik, določiti način in pogostost periodičnih pregledov opreme, naprav in drugih sredstev za varstvo pred požarom glede na predpise in navodila proizvajalcev ter požarno ogroženost objekta. Primer evidenčnega lista o servisiranju naprav in sistemov za požarno zaščito je prikazan v nadaljevanju.

Zap. št.	Vrsta naprave	Lokacija	Pregled opravlja	Datum pregleda:	Veljavnost do:
1	dimna zavesa	1. klet	XY d.o.o.	12.03.2007	12.09.2007
2	dimna zavesa	2. klet	XY d.o.o.	12.03.2007	12.09.2007
3	lopute - dimne	pritičje	A d.o.o.	09.01.2008	09.01.2009
4	gasilniki – prašek	objekt A	XY d.o.o.	16.05.2008	16.05.2009
5					
6					
7					
8					
9					
10					

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

evidenčni listi o usposabljanju zaposlenih za varstvo pred požarom in seznanitvi s požarnim redom – to je opredeljeno v Pravilniku o usposabljanju zaposlenih za varstvo pred požarom in o usposabljanju odgovornih oseb za izvajanje ukrepov varstva pred požarom. Zgled evidenčnega lista o usposabljanju zaposlenih je prikazan v nadaljevanju.

#### EVIDENČNI LIST O USPOSABLJANJU ZAPOSLENIH S PODROČJA VARSTVA PRED POŽAROM (primer)

<b>Zaporedna številka:</b>	012/2008		
<b>Ime in priimek:</b>	Ime in Priimek		
<b>Datum in kraj rojstva:</b>	01.01.1971		
<b>Stalno ali začasno prebivališče:</b>	Ljubljana		
<b>Poklic:</b>	Kuhar		
<b>Izobrazba:</b>	Kuhar – Gostinska srednja šola		
<b>Delovno mesto:</b>	Vodja kuhinje		
<b>Pričetek delovnega razmerja:</b>	15.10.2000		
<b>Zaključek delovnega razmerja:</b>	-		
<b>Vrsta in način usposabljanja</b>	osnovno, dopolnilno, praktično		
	Osnovno ob nastopu na delovno mesto:		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- seznanitev z nevarnostmi,</li> <li>- postopki ob vžigu olja v cvrtniku,</li> <li>- primerna gasila in gasilniki za gašenje požara v kuhinji,</li> <li>- evakuacija – pregled izhodov,</li> <li>- praktično usposabljanje za delo z gasilnikom</li> </ul>		
	Osnovno:	Dopolnilno:	
	20.10.2000	23.11.2002	
	Dopolnilno:	Dopolnilno:	
14.12.2004	5.11.2006		
Dopolnilno:	Dopolnilno:		
Dopolnilno:	Dopolnilno:		
Dopolnilno:	Dopolnilno:		
<b>Datum sprejema požarnega reda:</b>	30.6.2008	<b>Podpis:</b>	
<b>Opombe:</b>			

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

Evidenčni listi o požarih, eksplozijah, gasilskih intervencijah ter nastali škodi vodi lastnik ali uporabnik objekta na obrazcu, ki je sestavni del tega pravilnika.

#### EVIDENČNI LIST O POŽARU-EKSPLOZIJI (primer)

POŽAR    EKSPLOZIJA

<b>1</b>	Zaporedna številka požara		leto ____
<b>2</b>	Datum:	Ura nastanka:	
<b>3</b>	Objekt (prostor)		
<b>4</b>	Način odkrivanja požara	<input type="checkbox"/> ljudje <input type="checkbox"/> avtomatsko <input type="checkbox"/> ostalo	
<b>5</b>	Način povzročitve	<input type="checkbox"/> namenoma <input type="checkbox"/> malomarnost <input type="checkbox"/> nepazljivost <input type="checkbox"/> otroška igra <input type="checkbox"/> naravni pojav <input type="checkbox"/> neznano	
<b>6</b>	Vzroki nastanka požara: <input type="checkbox"/> poškodba, okvara stroja <input type="checkbox"/> samovžig <input type="checkbox"/> električne naprave in aparati <input type="checkbox"/> cigaretni ogorek <input type="checkbox"/> varjenje <input type="checkbox"/> kratek stik <input type="checkbox"/> kurjenje na prostem <input type="checkbox"/> brušenje <input type="checkbox"/> preobremenitev vodnikov <input type="checkbox"/> ognjišča <input type="checkbox"/> udarec <input type="checkbox"/> eksplozija <input type="checkbox"/> eksotermna reakcija <input type="checkbox"/> trenje <input type="checkbox"/> ostalo <input type="checkbox"/> ogrevala <input type="checkbox"/> gradbene in konstrukcijske pomanjkljivosti <input type="checkbox"/> neznano <input type="checkbox"/> naravni pojavi		
<b>7</b>	<b>Udeležba pri gašenju</b>	<b>Število</b>	<b>Del.ure</b>
<b>7.1</b>	Zaposleni v podjetju		
<b>7.2</b>	GE		
<b>7.3</b>	GE		
<b>7.4</b>	GE		
<b>7.5</b>	Gostje		
<b>7.6</b>	Občani		
<b>8</b>	Ocena požarne intervencije	<input type="checkbox"/> uspešna <input type="checkbox"/> delno uspešna <input type="checkbox"/> neuspešna	
<b>9</b>	Požarna škoda		
<b>10</b>	<b>Udeleženci</b>	<b>Gasilci</b>	<b>Zaposleni</b>
<b>10.1</b>	Mrtvi		
<b>10.2</b>	Poškodovani		
<b>11</b>	Ukrepi za odpravo posledic:		
<b>12</b>	Preventivni ukrepi:		
<b>13</b>	Drugi ukrepi:		
<b>14</b>	Pripombe:		

LIST IZPOLNIL:

DATUM:

**SKICA:**



### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

Kontrolni listi so namenjeni evidenci o periodičnih pregledih naprav in drugih sredstev za varstvo pred požarom. Vzorec kontrolnega lista je sestavni del pravilnika. Pomembno je, da je kontrolni list z navedeno opremo prilagojen vrsti naprav in da se podatke, ki so zajeti v kontrolnem listu sproti dopolnjuje. Zgled kontrolnega lista je prikazan v nadaljevanju.

#### KONTROLNI LIST OPREME, SREDSTEV IN NAPRAV ZA VARSTVO PRED POŽAROM (primer)

Podjetje:	Datum:
Objekt:	Ura:
List št.:	Kontrolor:

<b>Vrsta kontrole:</b>	<b>Ustreza: da/ne</b>	<b>Opombe: 1. mesto in vrsta napake 2. predlog za odpravo napake 3. način odprave napake 4. odgovoren za odpravo napake 5. rok za odpravo napake 6. morebitni nadomestni ukrepi</b>
1. Aktivni ukrepi – vizualni pregled sistema za gašenje		
2. Aktivni ukrepi – vizualni pregled sistema za odkrivanje požarov		
3. Aktivni ukrepi – preizkus požarne centrale		
4. Aktivni ukrepi – preizkus ročnih javljalnikov		
5. Gradbeni ukrepi – vizualni pregled dimoodvodnih loput		
6. Organizacijski ukrepi – dostopnost in prehodnost evakuacijskih poti		
7. Organizacijski ukrepi – pregled namestitev izvlečkov požarnega reda		
8. Organizacijski ukrepi – vizualni pregled gasilnikov		

#### 3.9. Usposabljanje zaposlenih

Usposabljanje zaposlenih na področju varstva pred požarom opredelujta Zakon o varstvu pred požarom in Pravilnik o usposabljanju zaposlenih za varstvo pred požarom in o usposabljanju odgovornih oseb za izvajanje ukrepov varstva pred požarom, ki je podrejen Zakonu o varstvu pred požarom in ureja področje zahteve za usposabljanje odgovornih oseb za izvajanje ukrepov varstva pred požarom v podjetju.

Zakon o varstvu pred požarom v 20. členu opredeljuje usposabljanje zaposlenih za varstvo pred požarom. Delodajalec mora poskrbeti, da je vsak, ki je redno ali začasno oziroma občasno zaposlen pri njem, usposobljen za varstvo pred požarom ob:

1. nastopu dela;
2. premestitvi na drugo delovno mesto;
3. začetku opravljanja drugega dela;
4. spremembi ali uvajanju nove delovne opreme;
5. spremembi in uvajanju nove tehnologije.

Glede na zahteve iz pravilnika mora delodajalec mora poskrbeti, da je vsak, ki je redno ali začasno oziroma občasno zaposlen pri njem (v nadaljnjem besedilu: delavec) ob pogojih iz 20. člena zakona o varstvu pred požarom poučen o varstvu pred požarom po programu, ki zajema teoretično in praktično znanje, predvsem pa o:

1. pogojih na delovnem mestu v posameznem poslovnem ali industrijskem objektu (delovnih razmerah),
2. nevarnostih za nastanek požara ali eksplozije,
3. preventivnih ukrepov,
4. normativih, standardih ter o tehničnih predpisih za varstvo pred požarom,
5. opremi, napravah in drugih sredstvih za varstvo pred požarom,
6. uporabi sredstev za gašenje začetnih požarov.

Pri usposabljanju se mora upoštevati nove in spremenjene požarne nevarnosti, posebnosti delovnega mesta ter znanje občasno obnavljati. Programi usposabljanja morajo tako biti prilagojeni glede na zahteve 20. člena zakona o varstvu pred požarom in specifične razmere v delovnem okolju.

Delavce na splošno usposabljujejo izvajalci usposabljanja, ki so si pridobili pooblastilo Uprave Republike Slovenije za zaščito in reševanje v skladu z 8. členom pravilnika o usposabljanju zaposlenih za varstvo pred požarom in o usposabljanju odgovornih oseb za izvajanje ukrepov varstva pred požarom izpolnjujejo naslednje pogoje:

1. registrirani morajo biti za opravljanje dejavnosti izobraževanja in usposabljanja odraslih,
2. redno, začasno ali občasno zaposlenega morajo imeti vsaj enega delavca z visoko izobrazbo in najmanj 3 leti delovnih izkušenj na podobnih delih ter pridobljeno pedagoško-andragoško izobrazbo ali vsaj dva delavca, in sicer enega z visoko izobrazbo in najmanj 3 leti delovnih izkušenj na podobnih delih ter enega delavca z visoko izobrazbo pedagoško-andragoške smeri; ne glede na izobrazbo morajo imeti delavci opravljen strokovni izpit iz tretje točke 14. člena pravilnika o usposabljanju zaposlenih za varstvo pred požarom in o usposabljanju odgovornih oseb za izvajanje ukrepov varstva pred požarom,
3. imeti morajo reference s področja izobraževanja za varstvo pred požarom ali podobnega izobraževanja,
4. razpolagati morajo z ustreznimi prostori, kjer se poučuje varstvo pred požarom,
5. razpolagati morajo z ustreznimi avdiovizualnimi sredstvi in pripomočki za izvajanje poučevanja.

V poslovnih, industrijskih in drugih objektih, kjer obstaja zelo majhna, majhna ali srednja požarna ogroženost, lahko usposabljujejo delavce tudi delavci, ki so si od lastnika poslovnih, industrijskih in drugih objektov pridobili pooblastilo za izvajanje ukrepov varstva pred požarom (v nadaljnjem besedilu: strokovni delavci) in izpolnjujejo pogojev skladu z 2. točko prvega odstavka 14. člena tega pravilnika:

### 3. poglavje: Preventivni ukrepi varstva pred požarom

Za izvajanje ukrepov varstva pred požarom v poslovnih in industrijskih objektih, kjer obstaja zelo majhna, majhna ali srednja požarna ogroženost, mora imeti strokovni delavec najmanj V. stopnjo izobrazbe tehnične ali gasilske smeri in opravljen splošni del strokovnega izpita iz varstva pred požarom.

Stopnja požarne ogroženosti se opredeli na podlagi Pravilnika o metodologiji za ugotavljanje ocene požarne ogroženosti<sup>3</sup> – glej poglavje 3.6.1.

V poslovnih, industrijskih in drugih objektih, kjer obstaja srednja do povečana ali velika požarna ogroženost, lahko usposablajo delavce tudi delavci, ki so si od lastnika poslovnih, industrijskih in drugih objektov pridobili pooblastilo za izvajanje ukrepov varstva pred požarom (v nadaljnjem besedilu: strokovni delavci) in izpolnjujejo pogoje v skladu z 3. točko prvega odstavka 14. člena tega pravilnika.

Za izvajanje ukrepov varstva pred požarom v poslovnih, industrijskih in drugih objektih, kjer obstaja srednja do povečana, velika ali zelo velika požarna ogroženost, mora imeti strokovna oseba najmanj višjo izobrazbo ustrezne tehnične ali gasilske smeri (VI. stopnja zahtevnosti) ter opravljen splošni in posebni del strokovnega izpita iz varstva pred požarom.

Stopnja požarne ogroženosti se opredeli na podlagi Pravilnika o metodologiji za ugotavljanje ocene požarne ogroženosti<sup>3</sup> – glej poglavje 3.6.1.

Preizkuse znanj ali strokovne izpite iz varstva pred požarom opravljajo kandidati pred komisijo Uprave Republike Slovenije za zaščito in reševanje za preizkuse znanj in strokovne izpite.

Lastniki ali uporabniki objektov iz petega odstavka Zakona o varstvu pred požarom morajo najmanj enkrat letno izvesti praktično usposabljanje za izvajanje evakuacije iz objekta ob požaru.

Evidence o usposabljanju zaposlenih za varstvo pred požarom so opredeljene v Pravilniku o požarnem redu<sup>4</sup> in Pravilniku o usposabljanju zaposlenih za varstvo pred požarom in o usposabljanju odgovornih oseb za izvajanje ukrepov varstva pred požarom. Zgled evidenčnega lista o usposabljanju zaposlenih je prikazan v poglavju 3.9.

Poseben pomen ima pri usposabljanju evakuacija iz objekta. Kot smo že omenili, morajo lastniki ali uporabniki požarno bolj ogroženih objektov in objektov, v katerih se zbira več ljudi (več kot 100) najmanj enkrat letno izvesti praktično usposabljanje za izvajanje evakuacije iz objekta ob požaru.

Na splošno je treba pri izvajanju usposabljanja za izvajanje evakuacije iz objekta izpolniti nekaj temeljnih zahtev:

- zaposleni, obiskovalci, stanovalci oz. vsi potencialni uporabniki objekta naj bodo z objektom seznanjeni. To pomeni, da morajo uporabniki objekta poznati evakuacijske poti in zbirna mesta. Statistični podatki kažejo, da ob evakuaciji ljudje uporabljajo poti, ki jih poznajo. Pogosto ob evakuaciji en ali več izhodov ostane povsem neuporabljenih pa čeprav so povsem varni in vodijo varno na prosto. Z izvajanjem vaj evakuacije uporabniki objekta spoznajo tudi druge potencialne poti, ki vodijo iz objekta.
- zaposleni, obiskovalci, stanovalci oz. vsi potencialni uporabniki objekta naj bodo seznanjeni z načinom oz. vrsto alarmiranja po objektu ob požaru. Uporabniki objekta morajo poznati zvok alarma oz. načine, kako bo alarmiranje teklo. Tako bo ob evakuaciji odziv uporabnikov objekta večji in hitrejši.
- zaposleni, obiskovalci, stanovalci oz. vsi potencialni uporabniki objekta morajo biti seznanjeni s postopki ob evakuaciji. Uporabniki objekta morajo poznati način odpiranja ali zapiranja požarnih vrat, delovanje tehnološkega postopka v času evakuacije, delovanje sistemov aktivne in pasivne požarne zaščite ipd. Ob požaru se ljudje zelo neradi gibljejo skozi področje, kjer se je aktiviral sprinklerski sistem in prši voda. Seznanjenost z delovanjem sistemov za gašenje je zelo pomembno.
- posamezniki morajo biti seznanjeni z nalogami, ki jih imajo oz. bi jih imeli ob evakuaciji. Uporabniki objekta morajo poznati naloge, ki jih morajo na delovnem mestu v času evakuacije izvršiti. Na tem mestu je treba uporabnike objekta seznaniti z izklopom energentov (elektrika, plin ipd), tehnoloških postopkov ipd. Zaposleni ali drugi uporabniki objekta morajo poznati in razumeti svoje naloge ob evakuaciji.

- odgovorne in pooblaščen osebe morajo biti seznanjene z nalogami, ki jih imajo oz. bi jih imele ob evakuaciji. Odgovorna ali pooblaščen oseba mora poznati svojo vlogo in naloge, ki bi jih imela v času evakuacije. To še posebej velja za večetažne in tlorisno velike objekte, kjer je smiselno evakuacijo nadzirati in spremljati po delih objekta.
- zaposleni, obiskovalci, stanovalci oz. vsi potencialni uporabniki objekta in odgovorne osebe morajo biti seznanjeni s postopki in načini obveščanja gasilcev in reševalcev ob požaru. Vsi uporabniki objekta še posebej pa odgovorne in pooblaščen osebe morajo podrobneje poznati postopke obveščanja gasilcev in reševalcev ob požaru.
- odgovorne in pooblaščen osebe morajo poznati svoje naloge in pristojnosti na zbirnem mestu oz. po evakuaciji. Ko se po evakuaciji uporabniki objekta zberejo na zbirnem mestu, je treba opraviti evidenco prisotnosti ter zbrati podatke o pogrešanih oz. poškodovanih osebah. Te podatke je treba posredovati gasilcem in reševalcem.

O vsakem usposabljanju in izvajanju vaje evakuacije je treba voditi tudi evidence o času, sodelujočih in načinu izvedbe usposabljanja, kot to v 11. členu zahteva *Pravilnik o požarnem redu*<sup>4</sup>. Izvajanje vaj evakuacije bo pripomoglo k večji varnosti uporabnikov objekta. Namen vaj evakuacije je tudi ta, da se preizkusi sistem varstva pred požarom na ravni podjetja. Tako lahko vaje evakuacije s pridom izkoristimo za preizkušanje sistema v praksi.

#### 3.10. Viri – poglavje 3:

Predpisi:

1. Zakon o varstvu pred požarom
2. Pravilnik o grafičnih znakih za izdelavo prilog študij požarne varnosti in požarnih redov
3. Pravilnik o metodologiji za ugotavljanje ocene požarne ogroženosti
4. Pravilnik o požarnem redu
5. Pravilnik o študiji požarne varnosti
6. Pravilnik o usposabljanju zaposlenih za varstvo pred požarom in usposabljanju odgovornih oseb za izvajanje ukrepov varstva pred požarom
7. Tehnična smernica za graditev TSG-1-001:2007 Požarna varnost v stavbah

Drugi viri:

8. Brandschutz Atlas, FeuerTRUTZ, 2006
9. Buchanan Andrew H., Structural Design for Fire Safety, John Wiley & Sons, 2001
10. Fitzgerald R. W., Building Fire Performance Analysis, John Wiley&Sons, 2004
11. Grm B., Evakuacija v bolnišnicah, Revija Požar, letnik 3, št. 4, SZPV, Ljubljana, 1997
12. Grm B, Stevanovič B., Kemija v gasilstvu, Gasilska zveza Slovenije, 2000
13. Jug A., Ocena časa evakuacije ob požaru ali drugem dogodku, Dnevi zasebnega varovanja, VI strokovni posvet, Zbornica RS za zasebno varovanje, Ljubljana, 2006
14. Klemenčič F.; Eksplozivne snovi, MORS, Ljubljana 1997
15. NFPA Fire protection handbook, NFPA, Boston, 2003
16. Polič M., Vedenje ljudi ob požarih, Revija Požar, letnik 2, št. 1, SZPV, Ljubljana, 1996
17. Predtechenskii V. M., Planning for foot traffic flow in buildings, Amerind, 1978
18. Santos, G.; Aguirre, B. E., A Critical Review of Emergency Evacuation Simulation Models, NIST SP 1032, 2005
19. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd Edition, NFPA, SFPE, 2002
20. SIA-Dokumentation 81: Brandrisikobewertung, Berechnungsverfahren (Methode Gretener), 1996

#### 3.11. *Dodatna literatura*

- Dow's Fire & Explosion Index Hazard Classification Guide, 7th Edition, American Institute of Chemical Engineers (AIChE), 2005
- Risk management for organizations and systems, ONR 49000
- Rasbash D., Ramachandran G., Kandola B., and Watts J.; Evaluation of Fire Safety, John Wiley & Sons, 2004
- Romeike F., Finke R.; Brand risk management, Beitrag, 2003
- Greenberg H.R., Cramer J.J., Stone&Webster Engineering Corporation, Risk Assessment and Risk Management for chemical Process Industry, Van Nostrand Reinhold, 1991
- Information sheets on hazardous materials. FPA Compendium of fire safety data, FPA London

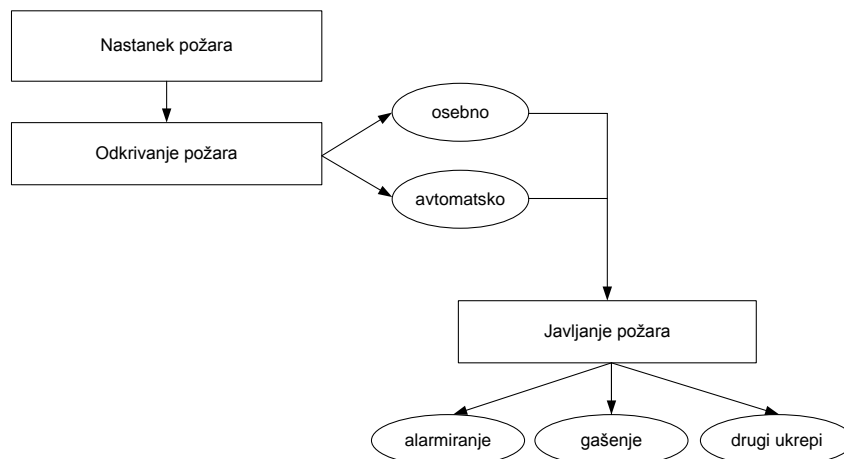
## 4. AKTIVNI UKREPI VARSTVA PRED POŽAROM

### 4.1 Uvod

Aktivni ukrepi varstva pred požarom so vsi tehnični in organizacijski ukrepi, ki so namenjeni za gašenje požara. Med te ukrepe spadajo tudi sistemi, naprave, oprema in postopki za odkrivanje in gašenje požara ter odvajanje dima in toplote ob požaru.

### 4.2 Odkrivanje, javljanje in alarmiranje

Naprave za odkrivanje, javljanje in alarmiranje so osnovni element v sistemu aktivne požarne zaščite. Njih naloga je čimprejšnje odkrivanje požara oz. zgorevalnih produktov, ki med oksidacijo (tlenjem ali gorenjem s plamenom) nastanejo<sup>8</sup>. Tako lahko naprave za odkrivanje zaznajo dim, toploto in svetlobo ali nekatere pline, ki nastajajo med gorenjem. Proces odkrivanja požara v zagotavljanju požarne varnosti še ni dovolj, saj moramo požar oz. pojav zgorevalnih produktov javiti naprej, o tem obvestiti uporabnike objekta, gasilce ali npr. pričeti z avtomatskim gašenjem. Tako mora odkrivanju požara slediti javljanje in kasneje še alarmiranje. Shematsko je sistem za odkrivanje, javljanje in alarmiranje prikazan na sliki 4-1.



Slika 4-1: Sistem za odkrivanje, javljanje in alarmiranje

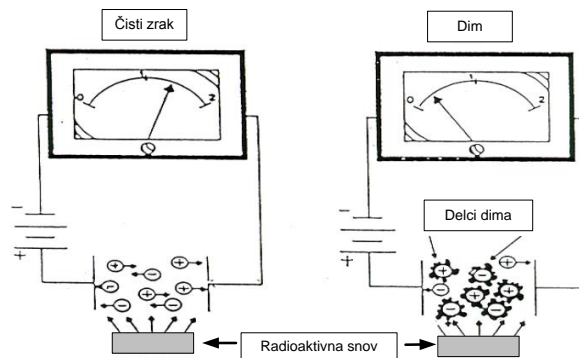
Najpomembnejši elementi sistema javljanja požara so javljalniki, ki jih lahko razdelimo glede na način delovanja, medij, ki ga zaznavajo, pokritost in vir napajanja.

Glede na način delovanja poznamo ročne in avtomatske javljalnike. Glede na medij, ki ga pokrivajo poznamo dimne, toplotne, plamenske, javljalnike isker ter javljalnike nekaterih plinov, kot npr. javljalnik ogljikovega oksida. Glede na pokritost ločimo točkovne in linijske javljalnike, glede na vir napajanja pa na javljalnike, ki se napajajo preko požarne centrale in takšne, ki imajo točkovni vir napajanja. Med točkovne javljalnike lahko prištejemo večino obstoječih javljalnikov (dimni točkasti javljalnik). Značilen primer linijskega javljalnika je linijski toplotni javljalnik. Javljalnik je izveden v obliki dolgega termičnega kabla, ki sproži alarm, ko pride med dvema vodnikoma v njem do stika. Druga oblika linijskega javljalnika je t.i. žarkovni javljalnik dima, ki uporablja za odkrivanje požara infrardeči žarek med sprejemnikom in oddajnikom.

### 4.2.1 Dimni javljalniki

Dimni javljalniki so požarni javljalniki, ki so občutljivi na delce, ki nastajajo kot stranski produkt gorenja in/ali tlenja in so razpršeni v zraku (aerosoli). Ločimo ionizacijske, optične točkovne in linijske ter aspiracijske dimne javljalnike<sup>8</sup>.

**Ionizacijski** dimni javljalnik je starejša in dandanašnji dokaj redka vrsta dimnih javljalnikov. Občutljiv je na produkte gorenja, ki lahko vplivajo na ionizacijski tok v javljalniku. V telesu javljalnika je komora z majhno količino radioaktivnega vira, ki povzroči v komori ionizacijo (za shematski prikaz javljalnika glej sliko 4-2). Ko je komora brez dima, steče zaradi ionizacije v komori, med pozitivnim in negativnim polom, električni tok.

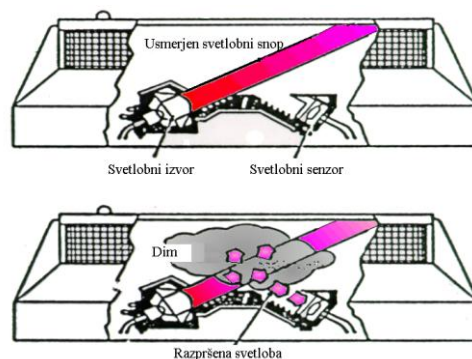


Slika 4-2: Shema ionizacijskega javljalnika

Ko v komoro vstopi dim, le ta vpliva na ionizacijo v komori in vrednost električnega toka pade. To zazna javljalnik in tako javi prisotnost dima v prostoru.

Ionizacijski javljalnik se bolje izkaže pri vrstah požarov z pojavom plamena in manjšimi dimnimi delci. Slaba lastnost ionizacijskih javljalnikov je, da so občutljivi na nekatere vrste prahu, vodno meglo ipd, kar posledično povzroča lažne alarme.

**Optični točkovni** dimni javljalnik je dandanašnji najpogostejši javljalnik<sup>8</sup>. Občutljiv je na produkte gorenja, ki lahko vplivajo na absorpcijo ali razpršitev sevanja v infrardečem, vidnem in/ali ultravijoličnem delu spektra elektromagnetnega valovanja, kar zaznava fotocelica (za shematski prikaz javljalnika glej sliko 4-3).



Slika 4-3: Shema optičnega javljalnika

Javljalnik ima svetlobni izvor in svetlobni senzor ali sprejemnik. Ko v telesu javljalnika ni delcev dima, je svetlobni snop, ki ga oddaja svetlobni izvor v celoti usmerjen stran od svetlobnega sprejemnika. Ko v telo javljalnika vstopi dim, le ta povzroči lom svetlobnega snopa in del tega pade tudi na svetlobni sprejemnik. To zazna javljalnik in tako javi prisotnost dima v prostoru. Optični javljalnik je primeren za vrste požarov, kjer je pričakovati predvsem dolgo fazo dima, torej večje dimne delce, ki nastajajo ob nepopolnem izgorevanju.

**Optični linijski ali žarkovni javljalnik** je dimni javljalnik, ki je namenjen odkrivanju dima na večjih površinah. Javljalnik sestavljata oddajna in sprejemna enota, ki sta medsebojno v vidnem polju. Oddajna enota neprestano oddaja snop infrardeče svetlobe, ki ga sprejema sprejemna enota (za shematski prikaz javljalnika glej sliko 4-4).



Slika 4-4: Shematski prikaz delovanja žarkovnega javljalnika

Javljalnik javi požar, ko je z dimom zastrtega okoli 93% vidnega polja od 5 do 10 sekund.

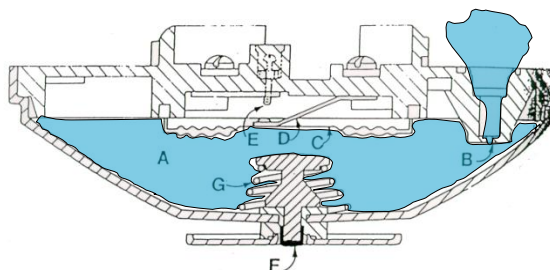
**Aspiracijski dimni javljalnik** je dimni javljalnik z ventilatorjem, ki srka vzorce zraka v posebni cevovod z odprtini na enakomernih razdaljah, skozi katere vstopa zrak in v primeru požara tudi dimni delci<sup>8</sup>. Vzorci se vodijo skozi filtre, ki zadržijo grobe prašne delce, manjši dimni delci pa lahko vstopijo v merilno komoro, v kateri je zelo občutljiv optični dimni javljalnik z lasersko diodo. Optični laserski sistem omogoča, da lahko javljalnik "šteje" posamezne dimne delce, dimne delce razlikuje po velikosti in s tem omogoča tudi do 1000 krat večjo občutljivost kot pri običajnih optičnih dimnih javljalnikih.

### 4.2.2 Toplotni javljalniki

Toplotni javljalniki so požarni javljalniki, ki reagirajo na porast temperature. Ločimo statične in dinamične javljalnike.

**Statični** toplotni javljalnik sproži požarni alarm, ko velikost temperature doseže oz. preseže določeno vrednost. Prožilni elementi toplotnih javljalnikov so lahko npr. taljivi člen, bimetalni trak, termistor ali temperaturno občutljivi kabel.

**Dinamični toplotni javljalnik** je požarni javljalnik, ki sproži požarni alarm, ko hitrost spremembe temperature na časovno enoto preseže določeno vrednost. Navadno velja, da mora biti porast temperature, ki aktivira javljalnik okoli 6-8 °C/minuto<sup>9</sup>. Primer dinamičnega (v povezavi s statičnim delom) toplotnega javljalnika je prikazan na sliki 4-5. Telo javljalnika vsebuje komoro (A). Zaradi toplote, ki jo oddaja požar ali kak drug vir, tlak v komori naraste. Če tlak narašča počasi, npr. počasneje kot 6 °C/minuto, se povečani tlak v komori odvaja preko ventila (B). Če tlak narašča hitro, se le ta ne more več sproščati preko ventila (B) temveč pritisne opno (C), ki pomakne kontakt (D) do kontaktnega vijaka (E). Javljalnik tako zazna požar. V primeru, ko je dosežen prag temperature (statični del javljalnika), se raztali taljivi člen, tako postane prosta pot za vzmet (G), ki tako pomakne kontakt (D) do kontaktnega vijaka (E).



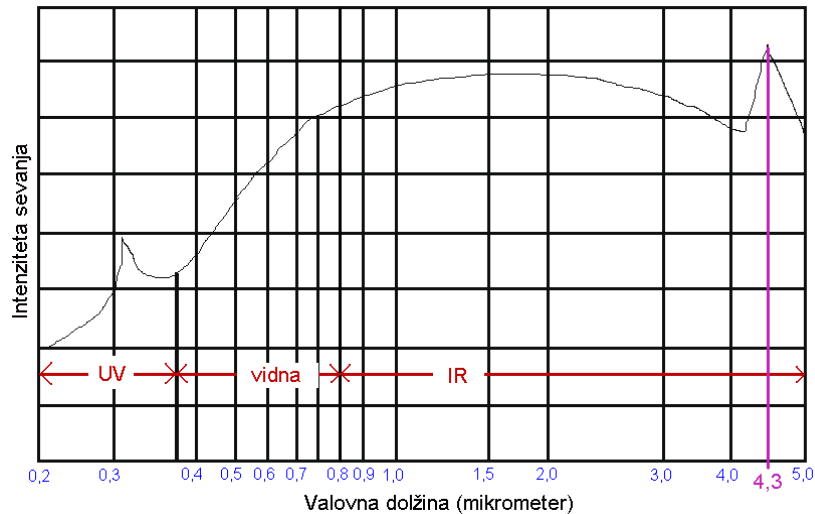
Slika 4-5: Shematski prikaz dinamičnega toplotnega javljalnika

Temperaturni javljalniki se vgrajujejo predvsem takrat, ko zaradi motilnih vplivov ni smiselno vgrajevati dimnih, ki lahko mnogo hitreje sprožijo alarm, ali v primeru možnosti požara brez izrazite začetne faze dima (vnetljive tekočine).



### 4.2.3 Plamenski javljalniki

Plamenski ali svetlobni javljalniki reagirajo na sevanje plamena. Velja namreč, da goriva, ki zgorevajo s plamenom oddajajo značilen svetlobni spekter. Spekter, ki je značilen za gorenje večine ogljikovodikov je prikazan na sliki 4-6.



Slika 4-6: Svetlobni spekter, ki ga med gorenjem oddaja večina ogljikovodikov

Svetlobni javljalnik lahko najhitreje od vseh zazna požar, ko snov gori s plamenom. Javljalnik lahko za odkrivanje plamena reagira na različne dele spektra. Največkrat se uporabljajo:

- **ultravijoličen** del (UV - javljalniki so občutljivi tudi na motilne signale: na varjenje in bliske. Dim močno slabi UV del spektra, zato se pri požaru z dimom občutljivost lahko močno zmanjša) in
- **infrardeči** del (IR - javljalniki so lahko občutljivi tudi na druga vroča telesa, stroje, ali sevanje sonca, posebno če pride do odboja sevanja od valujoče vodne površine ali vrtečega ali vibrirajočega se stroja). Da bi zmanjšali možnost lažnih alarmov so pričeli uporabljati
- **kombinirani** spekter UV+IR ali IR+IR ali celo IR+IR+IR (IR<sup>3</sup>) in na ta način izločili skoraj vse neželene vplive.

### 4.2.4. Specialni javljalniki

Poleg opisanih obstajajo še drugi specialni javljalniki, ki se redkeje uporabljajo. Omeniti je potrebno predvsem javljalnike plinov (CO, metan itd) ter razne kombinirane javljalnike, ki so ponavadi kombinacija že omenjenih javljalnikov. Nekateri proizvajalci vgrajujejo več senzorjev v isto ohišje, n.pr. temperaturni /optični dimni, temperaturni / optični dimni / ionizacijski dimni.

### 4.2.5. Ročni javljalniki

Ročni javljalniki so neka vrsta električnih stikal. Vgrajena so v razpoznavno ohišje, rdeče barve. Aktiviranje ročnih javljalnikov je lahko večstopenjsko, kar otežuje lažno alarmiranje in zlorabe. Nekatero vrsto ročnih javljalnikov imajo poseben pokrov. Odstranitev pokrova pošlje v požarno centralo prvi signal.

### 4.2.6 Sistemi za odkrivanje in javljanje požarov

Javljalniki so v sistem skupaj s požarno centralo lahko povezani preko *konvencionalnega* požarnega sistema ali preko *adresnega* sistema.

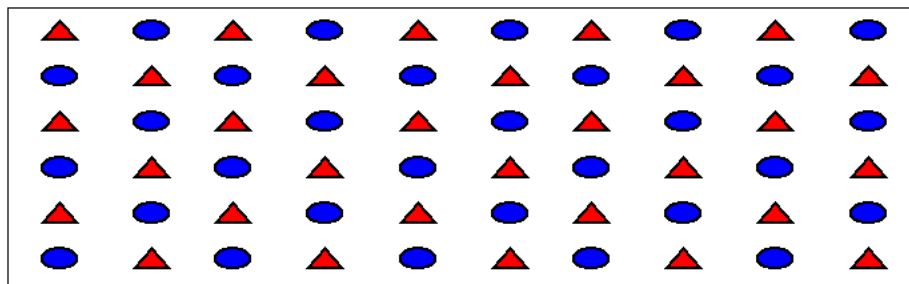
Značilnost *konvencionalnega* požarnega sistema je, da javljalniki ovrednotijo izmerjene fizikalne ali kemične veličine po najpreprostejši logiki (presežen prag, ki je tovarniško nastavljen) in s povečanjem toka sprožijo alarm (tok v normalnem stanju je velikostnega razreda 60  $\mu$ A, ob alarmu se poveča na preko 15 mA). Požarna centrala lahko prikaže samo alarm s posamezne linije, ne more pa prikazati javljalnika oz. prostora, v katerem je prišlo do požara.

## 4. poglavje: Aktivni ukrepi varstva pred požarom

V *adresnem sistemu* pomeni, da se prenaša analogna vrednost izmerjene veličine (temperature, koncentracije dima... - v vseh sistemih v digitalni obliki) iz javljalnika v centralo, ki zbira podatke za vsak javljalnik posebej in na osnovi predhodnih vrednosti in izračunanih povprečij in trendov odloča, ali je na mestu javljalnika prišlo do požara. Iz opisanega načina delovanja je takoj vidno, da mora imeti centrala možnost identifikacije vsakega posameznega javljalnika - vsak javljalnik ima svojo adresu. Komunikacija poteka po principu, kjer centrala zaporedoma kliče posamezne javljalnike enega za drugim in vsakokrat počaka na odgovor s podatki.

Sistem požarnega javljanja je razdeljen v cone. Omogočeno je tudi krmiljenje vgrajene naprave za gašenje. V nekaterih primerih je pri proženju naprav za gašenje izvedeno večstopenjsko alarmiranje, kjer bo do stanja alarma v požarni centrali in proženja naprave prišlo šele po aktiviranju dveh vrst oz. vej javljalnikov (slika 4-7).

▲ - Javljalniki veje A  
● - Javljalniki veje B



Slika 4-7: Sistem aktiviranja dveh vej javljalnikov

V sistemu, prikazanem na sliki 4-7 se morajo za aktiviranje vgrajene naprave za gašenje sprožiti javljalniki veje A in javljalniki veje B.

### 4.2.7 Požarna centrala

Požarna centrala vrši osrednji nadzor sistema za odkrivanje, javljanje in alarmiranje. Osnovne naloge centrale so:

- nadzor delovanja sistema – centrala nadzira delovanje posameznih javljalnikov in ostalih komponent, priključenih na centralo. Na napake opozarja z ustrezno indikacijo, ki je odvisna od vrste in proizvajalca centrale.
- sprejem in prikaz signala iz javljalnikov – ena od ključnih funkcij centrale je sprejem in prikaz signala iz javljalnikov. Sodobne centrale, ki delujejo v adresnem sistemu omogočajo izpis številke javljalnika oz. lokacijo javljalnika, ki je v okvari oz. je zaznal zgorevalne produkte.
- krmiljenje na centralo priključenih komponent - požarna centrala krmili komponente, ki so na centralo priključene. Sem spada npr. avtomatska zaustavitev prezračevanja, vklop odvoda dima in toplote, spuščanje dimnih zaves, krmiljenje izhodov na evakuacijskih poteh, zaustavitev dela tehnološkega procesa ipd.
- prenos signala do stalno zasedenega mesta – cilj sistema za odkrivanje, javljanje in alarmiranje požarov je, da signal požarnega javljanja doseže odziv oseb, ki se lahko ustrezno odzovejo na prispeli signal (odgovorna oseba za gašenje začetnih požarov, pooblaščen oseba, gasilci, zaposleni ipd). Tako je ena od funkcij požarne centrale tudi prenos signala do stalno zasedenega mesta.
- oskrba z električno energijo – požarna centrala nekatere enote (javljalniki, sirene), ki so priključene na centralo, tudi oskrbuje z električno energijo. Centrala zagotavlja oskrbo z energijo tudi ob izpadih električnega toka. Za te primere se v ohišju požarne centrale nahaja rezervna baterija.

### 4.2.8. Alarmiranje

Sistem alarmiranja spada v slop odkrivanja, javljanja in alarmiranja. Glavna naloga alarmiranja je obveščanje uporabnikov objekta o požaru. Obveščanje je lahko s pomočjo zvočnih ali svetlobnih obvestil oz. kombinacija zvočnih in svetlobnih opozoril. Ločimo dve vrsti zvočnih opozoril: opozorilo v obliki tona, ki ga oddajajo sirene in predhodno posneto glasovno opozorilo. Na podlagi izsledkov nekaterih študij, je slednja vrsta opozoril primernejša, saj se uporabniki na podlagi le te hitreje odločajo za evakuacijo.

Na splošno velja, da mora jakost alarmnih signalov zagotavljati slišnost v vseh delih alarmnega področja, praksa pa je, da doseže jakost alarmnih signalov vsaj 75 dBA v najoddaljenejši točki objekta.

### 4.3. Vgrajeni gasilni sistemi s tekočimi gasili, plini in praški

Najpogosteje jih delimo glede na gasilo<sup>3</sup>:

- Vgrajeni gasilni sistemi z vodo;
- Vgrajeni gasilni sistemi s peno;
- Vgrajeni gasilni sistemi z gasilnim praškom;
- Vgrajeni gasilni sistemi s plinastimi gasili.

#### 4.3.1 Vgrajeni gasilni sistemi z vodo

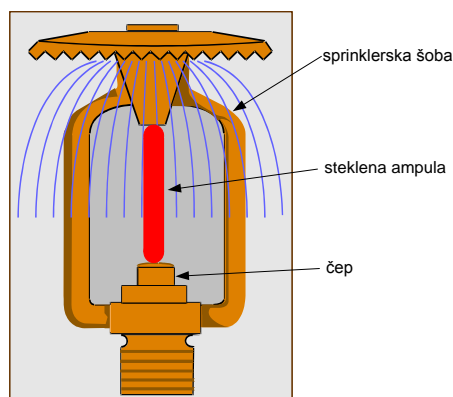
Primarno gasilo v vgrajenih gasilnih sistemih z vodo je voda. Le ta se lahko v napravah uporablja samostojno ali v povezavi z dodatki (retardanti, penilo ipd). V nadaljevanju so v tem poglavju opisani zgolj vgrajeni gasilni sistemi za gašenje z vodo, vgrajeni gasilni sistemi za gašenje z peno pa so opisane v poglavju 4.3.2.

Med vgrajene gasilne sisteme z vodo, kjer je gasilo zgolj voda uvrščamo ti. sprinklerski sistem za gašenje z vodo in vgrajeni gasilne sisteme za gašenje z vodno meglo ali vodno prho.

##### 4.3.1.1. Sprinklerski sistem za gašenje z vodo

Eden najstarejših avtomatskih vgrajenih gasilnih sistemih je t.i. sprinklerski sistem za gašenje z vodo. Začetki uporabe segajo v leto 1878. Ob nenehnem razvoju predstavlja danes sprinklerski sistem predvsem zanesljivo napravo za gašenje ali nadzor nad razvojem požara v objektu.

Na splošno je moč sprinklerski sistem opisati kot razvod cevi, povezan z vodnim virom na eni strani in šobami na drugi strani<sup>3</sup>. Šobe so lahko zaprte ali odprte, prav tako pa so lahko sprinklerske glave viseče, stoječe in stenske. Zaprte šobe zapira čep, ki ga v ustju šobe zadržujeta steklena ampula ali taljivi člen (slika 4-8).



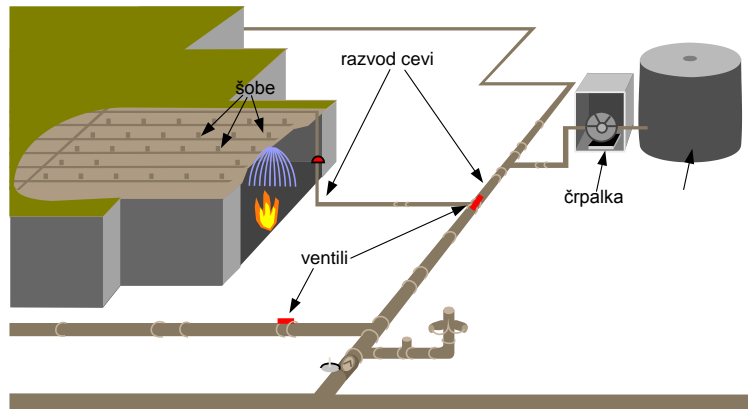
Slika 4-8: Shema sprinklerske šobe

## 4. poglavje: Aktivni ukrepi varstva pred požarom

Odprta šoba je po zasnovi enaka zaprti šobi, le da nima čepa in steklene ampule oz. taljivega člena.

Med osnovne komponente sprinklerskega sistema poleg sprinklerskih šob prištevamo (slika 4-9)<sup>3</sup>:

- razvod cevi s sprinklerskimi šobami;
- sprinklersko črpalko;
- rezervoar za vodo;
- ventile in ostale armature.



Slika 4-9: Shematski prikaz sprinklerske instalacije

Ločimo štiri izvedbo sprinklerskih sistemov: mokra izvedba, suha izvedba, izvedba s predaktiviranjem in poplavna izvedba. Najpogostejši in osnovni sprinklerski sistem je ti. mokri sprinklerski sistem.

Pri *mokrem sprinklerskem sistemu* je cevna mreža v stanju pripravljenosti napolnjena z vodo pod tlakom. Ob razpoku ampule ali raztalitvi spoja na taljivem členu prične iz sprinklerskih šob teči voda. Zaradi lastnosti vode, ki zmrzne pri temperaturah pod lediščem, mokra izvedba sprinklerja ni primerna za prostore, ki so pozimi odprti, hladilnice ipd.

Druga najpogostejša izvedba sprinklerja je ti. *suhi sprinklerski sistem*. Pri tej izvedbi sprnklerja je v cevni mreži komprimiran zrak ali dušik. Ob razpoku ampule ali raztalitvi spoja na taljivem členu iz sprinklerskih šob najprej uhaja zrak in šele kasneje tudi voda. Suha izvedba sprinklerja je primerna za prostore, kjer ni mogoče uporabiti mokre izvedbe.

Posebna izvedba sprinklerskega sistema je ti. *predaktivirani sistem*. To je sistem, kjer je v cevni mreži zrak, aktiviranje sistema pa se vrši elektronsko preko javljalnikov. Prednost predaktiviranega sistema je v tem, da do neželenega aktiviranja sprinklerskega sistema in tako iztekanja vode iz sprinklerskih šob ne more priti. Razlog za to je v načinu aktiviranja sistema, kjer morata požar zaznati tako javljalnik, kot taljivi člen ali steklena ampula na sprinklerski šobi.

### 4.3.1.2. Drugi vgrajeni gasilni sistemi z vodo

Med vgrajene gasilne sisteme z vodo lahko prištevamo tudi nekatere druge gasilne sisteme. Le ti delujejo podobno, kot sprinklerski sistem (deluge sistem), enaki pa so tudi glavni sestavni deli.

#### Sistem s pršečo vodo

Pri tem sistemu je razvod cevi in šob podoben klasičnem sprinklerskem sistemu. Šobe so odprte, cevna mreža pa je suha. Sistem gašenja se lahko aktivira ročno z odprtjem ventila ali pa avtomatsko s pomočjo vgrajenih javljalnikov. Najpomembnejša lastnost sistema s pršečo vodo je v tem, da ob aktiviranju sistema, voda izteka iz vseh šob. Ta sistem je primeren za gašenje površin, kjer pričakujemo hiter razvoj požara.

#### Vodna zavesa

Poseben primer vgrajene naprave za gašenje z vodo je vodna zavesa. Tvori jo več šob, ki so nameščene po obodu odprtine na mejah požarnega sektorja. Pogosto primer uporabe vodne zavese je zaščita prehodov požarnih sektorjev, ko dva sektorja povezujejo odprte stopnice (npr. v

nakupovalnih središčih). Sistem delovanja požarne zavese je enak kot pri delovanju sistema s pršečo vodo.

### Vgrajeni gasilni sistemi z vodno meglo

Sistemi z vodno meglo so vgrajeni gasilni sistemi, kjer je gasilni medij voda. Na tržišču so različni tipi sistemov z meglo. Razlike v sistemih temeljijo na več dejavnikih, glavna pa sta velikost vodnih kapljic in tlak, pod katerim kapljice prihajajo iz šob. Tlake delovanja sistemov z vodno meglo razvrščamo v naslednje kategorije:

- nizek tlak (12 bar ali manj),
- srednji tlak (12 do 34,5 bar),
- visok tlak (večji od 34,5 bar).

Zaradi velike površinske napetosti vode je nastajanje fine megle odvisno od tlaka delovanja in oblike šob. Zato pri sistemih s srednjim in visokim tlakom in dvofaznih sistemih z meglo nastaja finejša megla kot pri sistemih z nizkim tlakom.

Glede na tveganje lahko izberemo sistem lokalne uporabe, popolnega poplavljenja (total flooding) ali delnega poplavljenja (zone flooding). Sistemi za popolno poplavljenje kot nadomestilo za plinske sisteme so ponavadi tisti, ki proizvajajo fino meglo z uporabo odprtih posameznih šob ali šob v skupinah, medtem ko se pri splošni lažji ali navadni nevarnosti uporabljajo nizkotlačni sistemi z delnim poplavljanjem ali sistemi za lokalno uporabo. Ti sistemi so najbolj učinkoviti, če se uporabljajo v prostoru z minimalnimi odprtini.

#### **4.3.1.3. Načrtovanje in posebne zahteve pri vgradnji in uporabi vgrajenih gasilnih sistemov z vodo**

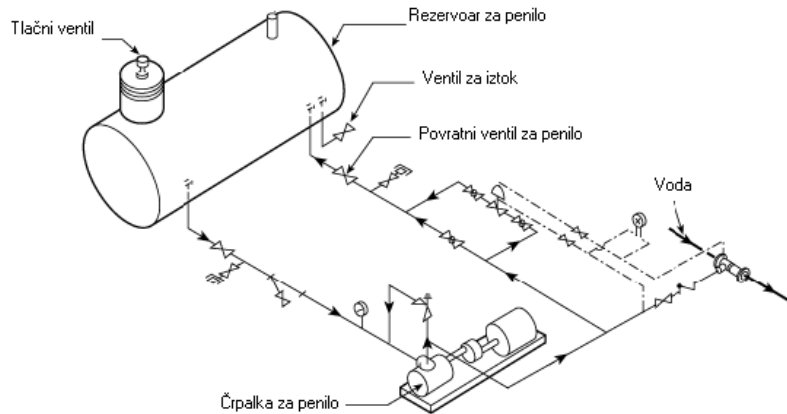
*Vgrajene gasilne sisteme z vodo se izvaja po načrtu, ki ga izdelata projektant strojnih instalacij na osnovi predpostavk, ki jih v študiji požarne varnosti predpostavi projektant požarne varnosti.*

Za vsak nov sprinklerski sistem mora lastnik glede na Pravilnik o pregledovanju in preizkušanju vgrajenih sistemov aktivne požarne zaščite<sup>1</sup>, pridobiti potrdilo o brezhibnem delovanju, ki ga izda pooblaščen izvajalec pregledov oziroma tehnični preglednik po uspešno opravljenem pregledu in preizkusu vgrajenega sistema aktivne požarne zaščite. Potrdilo o brezhibnem delovanju za vgrajene naprave za gašenje z vodo velja 2 leti.

Lastnik ali uporabnik objekta mora v požarnem redu določiti periodične preglede vgrajenih naprav za gašenje z vodo. To so lahko pregledi enostavni dnevni, tedenski, mesečni, polletni ali letni pregledi.

#### **4.3.2. Vgrajeni gasilni sistemi s peno**

Vgrajeni gasilni sistemi s peno so v osnovi podobne komponentam sistema za gašenje z vodo. Razlika je predvsem v tem, da ima sistem za gašenje s peno dodano penilo in medmešalni ventil, ki skrbi za mešanje vode in penila in tako preko šob nastaja zračna pena (slika 4-10). Zračna pena se glede na stopnjo penjenja deli na težko (4-20), srednjo (21-200) in lahko (201-1000) peno. Stopnja penjenja je število, ki ga dobimo iz razmerja med prostornino nastale pene in prostornino penilne raztopine, iz katere je nastala pena.



Slika 4-10: Sistem za gašenje s peno<sup>9</sup>

Pri vgrajenih gasilnih sistemih s peno so v ščitene objekte speljani cevovodi, ki imajo na konceh posebne šobe za peno. Napajanje sistema je podobno kot pri sprinklerskem sistemu, iz bazena ali tlačnega rezervoarja.

Vgrajeni gasilni sistemi s peno se ločijo glede na vrsto pene, s katero gasijo, saj za različne vrste goriv uporabljamo različne vrste pene. Ločimo sisteme s težko, srednjo in lahko peno.

Sistemi s težko peno se vgrajujejo tam, kjer je pričakovati požare rezervoarjev gorljivih tekočin in lovilnih bazenov okoli rezervoarjev. Po ceveh se v trenutku aktiviranja sistema pretaka mešanica vode in penila. Le ta je speljana v posebne komore za penjenje, ki se nahajajo pri rezervoarjih. Iz sistema tako izhaja pena, ki glede na vrsto pene bolj ali manj uspešno prekriva gorečo površino. Ena od lastnosti sistemov s težko peno je tudi v tem, da ima pena zaradi velike količine vode v mešanici domet.

Sistemi s srednjo peno se uporabljajo predvsem za gašenje požarov vnetljivih tekočin v skladiščih vnetljivih tekočin. Pena, ki izhaja iz šob na stropu ali steni prekrije horizontalne dele prostora prostor in tako gasi požar (slika 4-10).



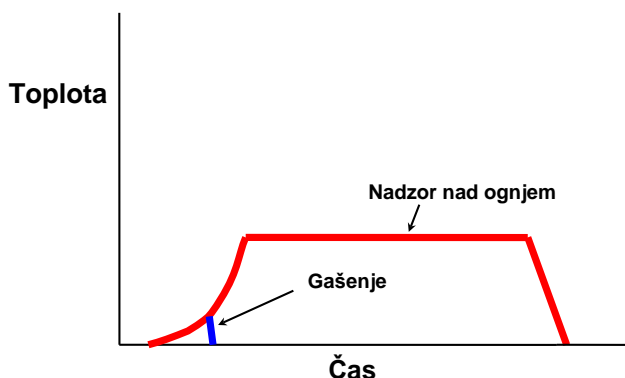
Slika 4-10: Aktiviranje sistema za gašenje s srednjo peno

(vir: <http://www.af.mil/weekinphotos/wipgallery.asp?week=127>)

Sistemi z lahko peno se uporabljajo in vgrajujejo v prostorih, kjer mora zaradi vrst gorljive snovi in pričakovanega požara pena zapolniti prostor v celoti. Za gašenje z lahko peno se uporablja generator lahke pene. To je naprava za pridobivanje lahke zračne pene. Glavni del generatorja lahke pene je ventilator, ki ima po obodu šobe za dovajanje penila. Do ventilatorja pod tlakom dovajamo vodo, ki se na območju ventilatorja meša s penilom. Taka mešanica napreduje do mrežice, kjer nastaja lahka pena, ki zapolni prostor. Prostor, kjer je vgrajen gasilni sistem za lahko peno mora biti opremljen s ti. razbremenilnimi odprtini, ki omogočajo odvajanje zraka, ki ga izpodriva lahka pena.

### 4.3.3. Vgrajeni gasilni sistemi s plinastimi gasili

Vgrajeni gasilni sistemi s plinastimi gasili imajo lahko pri zagotavljanju varstva pred požarom v podjetju dve nalogi. Prva je gašenje požarov, druga pa se nanaša na nadzor nad požarom. Vgrajeni gasilni sistemi s plinskimi gasili spadajo v skupino sistemov, katerih naloga je gašenje požarov. Sprinkler lahko požar le nadzira in tako vpliva na zmanjšanje toplote v okolico in posledično na požarno krivuljo (slika 4-11).



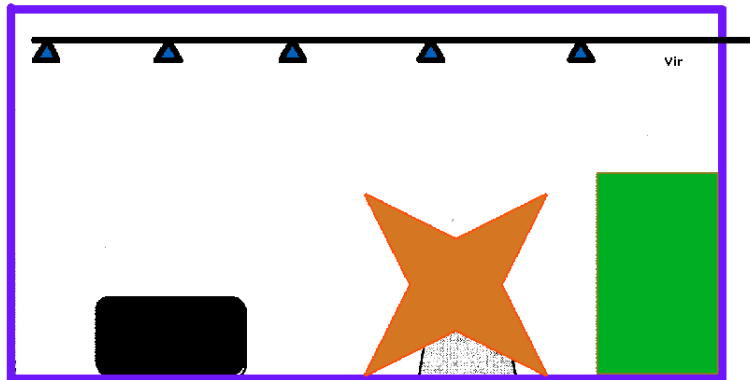
Slika 4-11: Vpliv na požarno krivuljo s sistemi za gašenje

Vgrajene gasilne sisteme s plinastimi gasili uporabljamo, kadar z drugimi gasili požara ne moremo pogasiti in najpogosteje tudi takrat, ko bi druga gasila lahko povzročila škodo ali kako drugače negativno vplivala na posledice požara. Tradicionalno ločimo sisteme za gašenje s plinskimi gasili po gasilu samem. Tako poznamo:

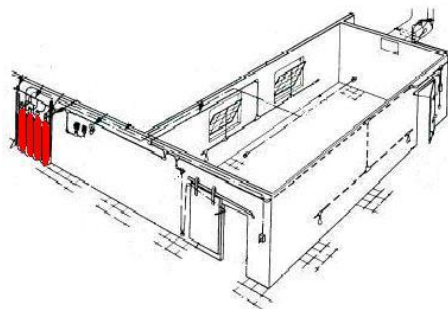
- sisteme s halogeniranimi ogljikovodiki oz njihovimi nadomestki, pri katerih se za pogasitev požara uporablja princip kemijske inhibicije oz. kemijsko zaviranje plamenov. Najstarejši predstavniki halogeniziranih ogljikovodikov so haloni, ki pa so dandanašnji zaradi škodljivega vpliva na okolje prepovedani. Od prenehanja uporabe halonov, se je pojavilo več novih gasil. Zahteve pri uvedbi novih gasil so predvsem:
  - čisto gasilo,
  - nizka raven toksičnosti,
  - učinkovitost,
  - nizka ali nična razgradnja ozonske plasti in majhen potencial za ogrevanje ozračja,
  - cena,
  - obstojnost,
  - združljivost z drugimi materiali.
- sisteme z inertnimi plini, ki dušijo požar, dokler ga ne pogasijo. V začetku izpraznitve imajo tudi nekaj hladilnega učinka. Na razpolago je več gasilk i običajno temeljijo na temelju ogljikovega dioksidu, argonu in dušiku.

Vgrajene gasilne sisteme požarov s plinastimi gasili aktivirajo javljalniki, ki morajo biti prilagojeni vrsti pričakovanega požara.

Za vgrajene gasilne sisteme s plinastimi gasili velja, da se mora gasilo določen čas zadrževati v prostoru, ki ima lahko samo minimalne odprtine oziroma netesnosti. Prostor je v celoti zapolnjen z gasilom. To je ti. način gašenja s popolnim prekrivanjem oz. zapolnitvijo (sliki 4-12 in 4-13).



Slika 4-12: Shema sistema s popolnim prekrivanjem

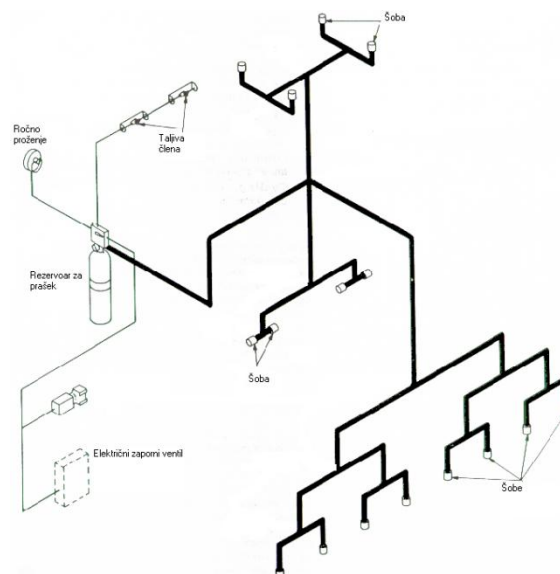


Slika 4-13: Prikaz sistema s popolnim prekrivanjem v prostoru

V nekaterih primerih se plinasto gasilo dovaja na mesto požara lokalno, kar navadno imenujemo sistem za lokalno uporabo. Za lokalno gašenje s plinastimi gasili so primerna samo nekatera plinasta gasila (npr. haloni in njihovi nadomestki).

### 4.3.4. Vgrajeni gasilni sistemi z gasilnim praškom

Resnejša uporaba gasilnih praškov se je začela leta 1912, ko je bil v Nemčiji patentiran način gašenja s praškom s prenosnimi gasilniki. Kmalu po tej iznajdbi so se pojavili tudi 80 kilogramski prevozni gasilniki. Danes je gasilni prašek v uporabi v prenosnih gasilnikih in v nekaterih avtomatskih vgrajenih sistemih za gašenje (slika 4-14).



Slika 4-14: Sistem za gašenje z gasilnim praškom



Gasilni prašek je običajno mešanica kemijskih spojin različne sestave v prašnatem stanju. Te snovi so skladiščene vlagotesnih posodah in jih na pnevmatski način, s pomočjo različnih pod tlakom stisnjenih plinov vpihavamo na gorečo površino. Stisnjeni plini imajo v tem primeru vlogo potisnega plina. Splošne lastnosti, ki jih morajo imeti gasilni praški so: gasilna sposobnost, nestrupenost, obstojnost, sipkost, izolativnost in združljivost z drugimi gasilnimi sredstvi.

Večji del vgrajenih gasilnih sistemov z gasilnim praškom je tipskih (kuhinjske nape in friteze), kjer naročnik dobi sistem od gasila do šob v celoti. Preostanek sistemov je posebej prilagojen zahtevam uporabnika.

### 4.4. Varnostna razsvetljava

Sistem varnostne razsvetljave lahko povežemo z evakuacijo iz objekta ob požaru. Namen sistema varnostne razsvetljave je ob izpadu napajanja splošne razsvetljave zagotoviti minimalno osvetljenost.

Razsvetljava v stavbi lahko razdelimo na:

- osnovno, ki normalno sveti (v nočnem času ali preko celega dneva) in
- zasilno, ki sveti takrat, ko osnovna razsvetljava zaradi prekinitve napajanja ugasne. Pojem zasilne razsvetljave predstavlja varnostno in nadomestno razsvetljava. Medtem, ko je varnostna razsvetljava podrobneje opredeljena v nadaljevanju, velja, da je nadomestna razsvetljava tista razsvetljava, ki v objekt ali delu objekta omogoča normalno nadaljevanje dejavnosti.

S sistemom varnostne razsvetljave moramo v primeru izpada razsvetljave zagotoviti ustrezno varnostno razsvetljava, ki omogoča:

- da lahko varno končamo delo,
- da lahko hitro in varno zapustimo stavbo.

Varnostna razsvetljava je lahko izvedena s:

- svetilkami s posameznim akumulatorskim napajanjem, ki imajo vgrajeno indikacijo polnjenja. Te svetilke se vklopijo ob izpadu napetosti (npr. zaradi požara v objektu) in delujejo na lasten akumulator. Na tržišču so na voljo tudi svetilke, kjer je v običajno svetilko za splošno razsvetljava vgrajen modul z akumulatorjem za delovanje ob izpadu napetosti.
- svetilkami s centralnim akumulatorskim napajanjem. Vir oskrbe z energijo mora biti neodvisen in v prostoru, ki je določen čas odporen proti požaru.

Varnostna razsvetljava mora na splošno izpolnjevati naslednje pogoje (podrobni pogoji so odvisni od predpisanih zahtev in zahtev, podanih v študiji požarne varnosti, ki naj ob upoštevanju slovenske zakonodaje izhajajo iz tehnične smernice Požarna varnost v stavbah, TSG-1-001:2007.

### 4.5. Odvod dima in toplote

Na področju varstva pred požarom je moč najti nekaj definicij pojma »dim«. Na splošno predstavlja dim v zraku porazdeljeno suspenzijo trdnih, tekočih in plinastih delcev, ki nastajajo kot produkt nepopolne oksidacije. Osnovna znanja o nastanku dima so pomembna še toliko bolj, če vemo, da več kot polovica oseb, ki v požarih umro, utrpi smrtne posledice ravno zaradi dima. Na človeka deluje dim na tri načine, kot strup, kot sredstvo za prenos toplote iz požara na okolico in kot medij, ki zmanjšuje vidljivost v prostoru. Med merljive parametre, ki običajno opredeljujejo količino dima, prištevamo gostoto dima v prostoru in vidljivost v prostoru.

Dim predstavlja nevarnost zaradi zmanjšanja vidljivosti in strupenih plinov, ki so del suspenzije dima v zraku. Med strupenimi plini predstavlja največjo nevarnost ogljikov oksid (CO), ogljikov dioksid (CO<sub>2</sub>), vodikov cianid (HCN) in vodikov klorid (HCl), kjer je njihovo delovanje predvsem omamno in tako spadajo v skupino narkotikov.

### 4.5.1. Zmanjšanje vidljivosti zaradi dima

Ena od negativnih posledic prisotnosti dima je tudi zmanjšanje vidljivosti. Dovolj visoka gostota dima lahko prepreči varen izhod iz objekta ter podaljša pot umika in tako osebe v objektu še dalj časa zadržuje v nevarni atmosferi strupenega dima. Na tem področju igrajo pomembno vlogo splošna merila, ki opredeljujejo maksimalne koncentracije dimnih plinov in optično gostoto dimnih delcev, ki ob požaru še omogoča razbrati znake evakuacije in najti izhod. Na podlagi splošnih meril velja, da naj bo vidljivost v objektu v času požara od 15-20 metrov (velja kot merilo za varno evakuacijo, ko ljudje objekta ne poznajo) oz. 3-5 metrov, ko ljudje objekt poznajo.

Glede na opisane nevarnosti je treba dim ob požaru nadzirati in, v kolikor je to možno, s tehničnimi ukrepi iz objekta tudi odvajati.

### 4.5.2. Ukrepi za nadzor nad dimom

Obstaja več različnih vrst sistemov za kontrolo dima. Vsaka vrsta ima nekaj prednosti pri posameznih vrstah in namembnostih stavb. Kjer so predpisani sistemi za kontrolo dima in drugi kontrolni sistemi, morajo biti projektirani in vgrajeni po ustreznih standardih.

#### 4.5.2.1. Odvod dima in toplote

Cilj odvoda dima je ohraniti sloj brez dima na predvidenih področjih stavbe, da se tako omogoči evakuacija ljudi iz stavbe in prihod gasilcev v stavbo zaradi gašenja požara in pomoči pri evakuaciji. Običajen sistem za odvod dima vključuje naslednje<sup>4,5</sup>:

- odvodne naprave, ki so vgrajene visoko v prostoru in omogočajo izhajanje produktov gorenja. Prezračevanje je lahko naravno ali prisilno.
- zbiralnik dima, v katerem se zbere dim za nadaljnje odvajanje. Velikost zbiralnika ne sme biti prevelika, da ne pride do neželenega ohlajanja dima.
- dovodne naprave, ki so nameščene na spodnjih delih prostora ali v sosednjih conah in zagotavljajo, da se odvedeni produkti gorenja nadomestijo s čistim zrakom.

Običajno se odvod dima uporablja na velikih odprtih področjih, kot so atriji ali nakupovalna središča, kjer lahko evakuacija poteka skozi področje atrija. V takih primerih je stavba lahko razdeljena na več dimnih zbiralnikov.

#### 4.5.2.2. Nadtlak

Ti sistemi se običajno uporabljajo za preprečevanje vdora dima na zaščitene evakuacijske poti in v jaške za gasilce<sup>5</sup>. Sistem napolni zaščiteno prostor z dodatnim zrakom in tako ustvari nadtlak (običajno ne manj kot 50 Pa). To povzroči razliko v tlakih med zaprtimi področji evakuacijskih poti in drugimi področji in s tem preprečuje, da bi dim vdril na evakuacijske poti.

Ta sistem je mehanski sistem, ki dovaja zrak v zaščiteno prostor, običajno s cevovodnim razdelilnim sistemom z odprtinami v ta prostor. En ali več ventilatorjev prisilno dovajajo zrak. Pri dimenzioniranju je treba upoštevati netesnosti in možnost, da ostanejo posamezna vrata odprta.

#### 4.5.2.3. Redčenje s prezračevanjem

Po tej metodi se v posamezne dele zaščitene stavbe dovaja svež zrak, ki razredči dim do sprejemljive stopnje<sup>5</sup>.

Sistem za odvod dima in toplote lahko aktivirajo javljalniki, le tak sistem je torej avtomatski sistem. V nekaterih primerih je aktiviranje posamezne lopute za odvod dima urejeno preko ampul oz. taljivih členov, kjer je aktiviranje podobno, kot pri sprinklerskem sistemu.

Poleg odvajanja dima in toplote na prosto, lahko kontrolo dima v stavbah dosežemo tudi z omejevanjem dima s formiranjem pregrad in tlačnih razlik<sup>4</sup>.

### 4.5.2.4. Pregrade in conski nadzor

V primeru pregrad gre za formiranje dimnih odsekov ali sektorjev z namenom, da preprečimo širjenje dima s področja požara v druge dele stavbe<sup>5</sup>. Dimne pregrade vključujejo stene, strope, tla ter zapore za komunikacijske in inštalacijske odprtine. Vključena so tudi dimna vrata, ki imajo pomembno vlogo pri nadzoru dima v stavbah. Nivo dimne tesnitve v pregradah mora biti primeren namenu dimnega nadzora. Veliki volumni, kot so atriji, odprti pisarniški prostori ali industrijski objekti ipd., ne zahtevajo pretiranega tesnjenja. Po drugi strani pa morajo biti majhni volumni kar dobro tesnjeni, ker jih je v splošnem mogoče hitro zadimiti. Vrata in dimne pregrade so med požarom lahko izpostavljene visokim temperaturam. Te lahko povzročijo deformacijo pregrad ali vrat, kar lahko izniči delovanje celotnega sistema nadzora dima v stavbi. Take pregrade morajo biti zato iz ustreznih materialov in ustrezne izdelave, da bodo vzdržale predvidene toplotne učinke.

Conski nadzor zahteva delitev stavbe z dimnimi pregradami v dimne sektorje. Pri požaru v enem od požarnih sektorjev preklopimo posebno prilagojen mehanski prezračevalni sistem v »režim kontrole dima«, tako da ta ustvari podtlak v sektorju s požarom in nadtlak v sosednjih sektorjih. Rezultat je tlačni gradient v smeri prostora požara in s tem gibanje zraka proti temu prostoru. S tem se prepreči širjenje dima iz prostora požara v sosednje dele stavbe. Da ustvarimo primeren podtlak v prostoru požara, moramo zagotoviti dvoje:

1. ustaviti moramo dovod svežega zraka in nadaljevati z odvodom zraka iz prostora požara;
2. v sosednjih dimnih sektorjih je postopek obraten: ustavimo odvod zraka in nadaljujemo z dovodom svežega zraka.

Celoten prezračevalni sistem mora seveda takoj izključiti recirkulacijo. Ta pristop je smiseln in stroškovno učinkovit, ker omogoča dobre rezultate z uporabo rahlo spremenjenega sicer pa normalnega prezračevalnega sistema. Velja opozoriti, da zahteva ta pristop popolno evakuacijo dimnega sektorja.

## 4.6. Viri – poglavje 4:

Predpisi:

1. Pravilnik o pregledovanju in preizkušanju vgrajenih sistemov aktivne požarne zaščite

Drugi viri:

2. Aktivna požarna zaščita, SZPV/DSIT – zbornik seminarja, Maribor, 2001
3. Gagnon R., Design of Water-Based Fire Protection Systems, Thomson Delmar Learning, 1996
4. Klote J.H., Milke J.A., Design of Smoke Management Systems, American Society of Heating, 1992
5. Kontrola dima v stavbah, SZPV – zbornik seminarja, Ljubljana, 2003
6. Lataille J., Fire Protection Engineering in Building Design, First Edition, Butterworth-Heinemann, 2002
7. NFPA, Automatic Sprinkler Systems Handbook, NFPA, Boston, 2007 Edition
8. Projektiranje javljanja in alarmiranja požara, SZPV – zbornik seminarja, Ljubljana, 2005
9. NFPA Protection Handbook, 18<sup>th</sup> edition, NFPA, February 1997
10. R.W. Fitzgerald, The Anatomy of Building Firesafety, Volume 2, WPI, 1999
11. Sistemi za avtomatsko gašenje, SZPV – zbornik seminarja, Ljubljana, 2002

## 4.7. Dodatna literatura

- SIST EN 54-1:1996; Sistemi za odkrivanje in javljanje požara - 1. del: Uvod
- SIST EN 12845:2005 - Vgrajene naprave za gašenje – Avtomatski sprinklerski sistemi - Projektiranje, vgradnja in vzdrževanje
- CEA 4001: 1995 (2000-04), Sprinkler Systems – Planning and Instalation
- CEA 4007: 1997, CO<sub>2</sub> systems – Planning and Instalation

## 5. OPREMA, NAPRAVE IN DRUGA SREDSTVA ZA VARSTVO PRED POŽAROM

### 5.1. Uvod

V poglavju 5 v nadaljevanju so opisane naprave in druga sredstva za varstvo pred požarom. Največ poudarka je namenjenega napravam za začetno gašenje požarov. Začetno gašenje požarov je skupek vseh ukrepov za pogasitev požara pred prihodom gasilcev. Izvaja ga lahko katerakoli oseba s priročnimi gasilnimi sredstvi, predvsem prenosnimi gasilniki, ki se nahajajo v bližini mesta nastanka požara.

### 5.2. Razdelitev opreme, naprav in drugih sredstev za varstvo pred požarom

Med opremo in nekatere naprave za varstvo pred požarom lahko na splošno prištevamo aktivne naprave za gašenje požarov, ki so podrobneje opisane že v 4. poglavju. Poleg navedenih, spadajo med opremo, naprave in druga sredstva za varstvo pred požarom:

- gasilniki,
- hidranti,
- druga priročna sredstva za gašenje požarov,
- armature,
- gasilska vozila in oprema.

Posebej so v tem poglavju opisane tudi dostopne poti in postavitvene površine, ki se nanašajo na dostopnost objektov za gasilska vozila.

### 5.3. Gasilniki

Gasilnik je naprava za gašenje začetnih požarov. Napolnjen je z gasilom, ki se izprazni zaradi notranjega tlaka. Sestavlja ga posoda z gasilom, ventil za aktiviranje in šoba za oblikovanje curka, običajno pa tudi cev za usmerjanje gasila v požar. Zahteve za gasilnike opredeljuje standard SIST EN 3.




Gasilnik je v skladu s SIST EN 3 preskušen in certificiran za gašenje določene vrste požara. Učinkovitost gasilnika mora biti navedena tudi na gasilniku. Po SIST EN 3 mora vsak gasilnik glede učinkovitosti gašenja izpolnjevati minimalne zahteve, medtem ko je označba učinkovitosti navzgor prepuščena nadaljnjim preskusom.

Gasilnike uporabljamo za gašenje požarov razredov A, B, C, D in F, kjer so:

- A – gorljive trdne snovi,
- B – vnetljive tekočine,
- C – gorljivi plini,
- D – lahke kovine in
- F – jedilna olja in maščobe

Vrste goriv opredeljujejo tudi oznake, ki so prikazane v tabeli 5-1.

Tabela 5-2: Vrste gorljivih snovi in oznake

Vrsta goriva	Oznaka
A – gorljive trdne snovi	
B – vnetljive tekočine	
C – gorljivi plini	
D – lahke kovine	
F – jedilna olja in maščobe	

Gasilnike delimo glede na:

- način delovanja gasilnika glede na tlak v gasilniku,
- vrsto gasila, ki je v gasilniku,
- prenosno oz. prevozno obliko gasilnika.

### 5.3.1. Delitev gasilnikov glede na tlak v gasilniku

Gasilnike v osnovi delimo glede na tlak v gasilniku. Tako ločimo gasilnike pod stalnim tlakom in gasilnike, ki vsebujejo potisno jeklenko na CO<sub>2</sub>, ki v primeru gašenja predstavlja potisni plin. Vsled fizikalnih lastnosti gasila, gasilniki na plinska gasila ne potrebujejo dodatne opreme ali naprav za ustvarjanje nadtlaka v gasilniku. Za to namreč poskrbi samo gasilo.

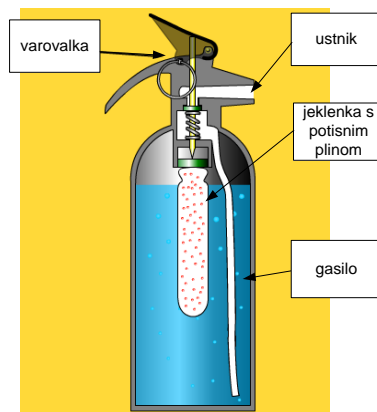
Gasilnik, ki je pod stalnim tlakom se od ostalih gasilnikov loči po manometru, ki uporabniku omogoča nadzor nad tlakom v gasilniku (slika 5-1).



Slika 5-1: Primer tlačnega manometra na ročnem gasilniku

Naloga uporabnika je, da manometre periodično pregleda in tako vizualno ugotovi stanje posameznega gasilnika. Aktiviranje gasilnika, ki je pod stalnim tlakom ali gasilnika, kjer stalni nadtlak ustvarja gasilo je enostavno. Uporabnik mora po odstranitvi varovalke običajno le odpreti oz. pritisniti vzvod ventila in gasilo prične izhajati iz gasilnika.

Druga vrsta gasilnikov so gasilniki, ki vsebujejo potisno jeklenko s potisnim plinom, ki ga spustimo v gasilnik ob aktiviranju gasilnika. Kot potisni plin se lahko uporabljajo zrak, argon ali helij, najpogosteje pa se uporabljata ogljikov dioksid in dušik. Tak gasilnika ima torej v posodi jeklenko s potisnim plinom (slika 5-2).



Slika 5-2: Shema gasilnika s potisno jeklenko

Aktiviranje gasilnika s potisno jeklenko je v primerjavi z aktiviranjem gasilnika pod stalnim tlakom drugačno, saj mora uporabnik s pritiskom na vzvod ali tipko (odvisno od tipa gasilnika) najprej sprostiti potisni plin. Navodila za aktiviranje gasilnika so napisana na etiketi, ki je prilepljena na gasilniku.

Dolžnost uporabnika objekta, še posebej pa pooblaščenih oseb za varstvo pred požarom in odgovornih oseb za gašenje začetnih požarov je, da se z navodili za uporabo gasilnika seznanijo.

Delovanje prevoznih gasilnikov je enako delovanju prenosnih gasilnikov, le da vsebujejo večjo količino gasila. Zaradi večje teže so mu dodana kolesa, ker pa je zaradi velikosti njihova uporaba omejena, imajo daljšo cev – 5 m. Uporablja jih lahko le usposobljena oseba.

### 5.3.2. Delitev gasilnikov glede na gasilni medij

Gasilniki so lahko po vrsti gasila napolnjeni z:

- vodo in vodo z dodatki,
- praškom,
- peno,
- plinskimi gasili in
- tekočimi kemičnimi gasili.

Gasilniki z vodo se uporabljajo za gašenje požarov razreda A. Voda izhaja iz gasilnika s pomočjo potisne jeklenke s CO<sub>2</sub>. Ob aktiviranju gasilnika je v gasilniku tlak od 4 – 6 barov. Domet curka gasilnika znaša od 2 – 3 m, v gasilnikih pa se lahko nahaja 6 ali 9 litrov vode. Gasilnik je opremljen s šobo, ki omogoča razprševanje vode v kapljice. S tem se poveča gasilna učinkovitost vode, gasilo pa je tudi čimbolj izkoriščeno. Polnjenja gasilnikov so 6 in 9 litrov.

Gasilniki s praški se uporabljajo za gašenje požarov A, B, C, D in F. Praški v gasilnikih so lahko natrijev in kalijev bikarbonat, amonijev fosfat, kalijev fosfat, pomešan z dodatki aluminijevega in magnezijevega stearata, ki pospešujeta pretočnost praška po ceveh in preprečujeta vezavo praška z vlago. Gasilniki na praške so lahko pod stalnim tlakom ali pa imajo potisno jeklenko s potisnim plinom. Polnjenja gasilnikov so 1, 2, 3, 6, 9 kg za prenosne gasilnike in 12, 50, 100 in 250 kg za prevozne gasilnike.

Gasilnik s peno je namenjen za gašenje požarov razreda A in B. Gasilniki s peno imajo lahko vodo in penilo pomešano ali pa v ločeni kartuši – spajanje šele ob aktiviranju gasilnika. Potisni element v gasilniku je potisna jeklenka s CO<sub>2</sub>. Domet curka gasilnika znaša od 3 – 5 m, z 9 l gasilnikom pa lahko gasimo 40 s.

Gasilniki s plinskimi gasili so namenjeni za gašenje požarov razreda B in C. Najpogostejši je gasilnik, polnjen s CO<sub>2</sub>. V tem gasilniku je CO<sub>2</sub> v pod tlakom in v tekoči obliki. Domet curka je 3 m, čas delovanja 5 kg gasilnika znaša 15 s. Polnjenja prenosnih gasilnikov s CO<sub>2</sub> so 3 in 5 kg za prenosne gasilnike ter 10, 30 in 60 kg za prevozne gasilnike. Poleg CO<sub>2</sub> se za polnjenje gasilnikov s plinskimi gasili uporabljajo še haloni (Halon 1211 in 1301) nadomestki halonov (FE 36, FM 200, Novec) in inertni plini (dušik, argon) ter mešanice inertnih plinov (inergen, argonit).

Gasilniki s tekočimi kemičnimi gasili so posebna vrsta gasilnikov. Najpogosteje se uporabljajo za gašenje požarov razreda A in F. Primer gasilnika s tekočimi kemičnimi gasili je npr. gasilnik za gašenje požarov razreda F, polnjen s kalijevim acetatom in citratom.

### 5.3.3. Postopki gašenja z gasilnikom

Osnovno pravilo pri gašenju požarov z gasilniki je, da se moramo najprej prepričati o velikosti požara ter ustreznosti gasilnika (gasilnega medija, ki je v gasilniku) za gašenje požara. Požara z gasilnikom ne gasimo, če je dimna raven že blizu naše glave oz. je v prostoru tako vroče, da to občutimo na izpostavljениh delih kože.

Če presodimo, da smo požaru kos, izberemo ustrezen gasilnik in se požaru približamo v smeri vetra. Priporočljivo je, da si za gašenje pripravimo vsaj dva gasilnika, saj lahko kakšen od gasilnikov tudi zataji.

Pred gašenjem snamemo gasilnik s podstavka, pregledamo navodila za uporabo, izvlečemo varovalko in razmislimo o morebitni smeri umika, če gašenje ne bo uspešno.

Za začetek gašenja gasilnik najprej aktiviramo (običajno tako, da izvlečemo varovalko in pritisnemo vzvod) in usmerimo ročnik gasilnika v ogenj.

Pri gašenju z gasilnikom bomo najuspešnejši, če bomo ročnik gasilnika usmerili v gorečo snov in ga pomikali levo in desno po plamenu. Ker gasilni medij izhaja iz gasilnika pod pritiskom, moramo med gašenjem paziti, da gasilo ne razprši goriva okoli in tako požar še bolj razširi.

### 5.3.4. Namestitev gasilnikov

Namestitev in izbor gasilnikov opredeljujeta Pravilnik o izbiri in namestitvi gasilnih aparatov in standard SIST 1013. Izbrani gasilniki se namestijo na vidnih in dostopnih mestih, v bližini delovnih mest in tako, da je glava z mehanizmom za aktiviranje v višini 80 do 120 cm od tal. Mesta, kjer so nameščeni gasilniki morajo biti označena v skladu s standardom SIST 1013.



Slika 5-3: Oznaka za gasilnik po SIST 1013

### 5.3.5. Določitev minimalnega števila gasilnikov

Osnova za določitev minimalnega števila gasilnikov je Pravilnik o izbiri in namestitvi gasilnih aparatov (Ur.l. RS, št. 67/2005)<sup>6</sup>. Na temelju določil omenjenega pravilnika se število gasilnikov glede na vrsto prostorov določi iz razmerja, ki ga predstavlja število enot gasila<sup>1</sup> ( $EG_{np}$ ) določenega glede na požarno nevarnost in površino prostorov (priloga 2 - Pravilnik o izbiri in namestitvi gasilnih aparatov) ter števila enot gasila ( $EG_{gs}$ ) glede na gasilno sposobnosti gasilnika (priloga 3 - Pravilnik o izbiri in namestitvi gasilnih aparatov).

$$\text{Število gasilnikov} = \frac{EG_{np}}{EG_{gs}}$$

---

<sup>1</sup> Enota gasila (EG) je pomožna vrednost, ki omogoča primerjavo zmogljivosti različnih gasilnikov

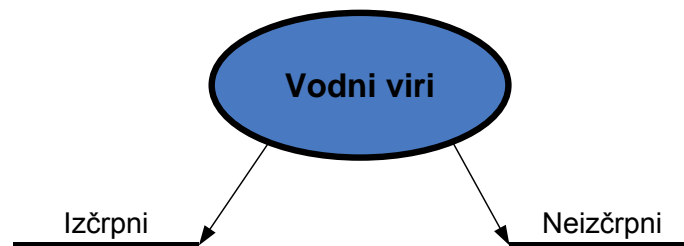
V pravilniku so določene tudi izjeme za določitev števila gasilnikov za posamezne skupine stavb in sicer v:

- stavbah za izobraževanje in znanstveno raziskovalno delo,
- stavbah za zdravstvo in domovih za starejše,
- stanovanjskih stavbah in nestanovanjskih kmetijskih stavbah,
- garažah in
- stavbah za opravljanje verskih obredov.

Pravilnik določa minimalno število gasilnikov, njihovo število pa povečamo, če delovne, obratovalne in bivalne razmere to zahtevajo. Na število gasilnikov vplivajo tudi izvedeni notranji hidranti, saj lahko vgradnja notranjih hidrantov zmanjša število enot gasila za eno tretjino.

### 5.4. Oskrba z vodo za gašenje

Ob gradnji objekta je treba zagotoviti tudi oskrbo z vodo, ki se pri večini požarov uporablja za gašenje in hlajenje<sup>2</sup>. Za ustrezen vir za oskrbo z vodo za gašenje velja vsak vir, katerega zmogljivost in izdatnost lahko zagotovi zahtevano količino vode za gašenje. To se da zagotoviti iz javnega ali posebnega vodovoda, s postavljanjem črpališč na naravnih vodnih virih (potoki, reke, jezera) ali z gradnjo posebnih rezervoarjev. Med ustrezne vire za oskrbo z vodo za gašenje štejemo izčrpne in neizčrpne vodne vire (slika 5-4). Med **izčrpne vodne vire** spadajo javno vodovodno omrežje, požarni bazeni, gasilske cisterne ipd. Med **neizčrpne vodne vire** štejemo naravne in umetne vodne vire, kot so reke, jezera, ribniki, morje ali vodnjaki<sup>2</sup>.



Slika 5-4: Viri vode za gašenje

Pri zagotavljanju zahtevane količine vode za gašenje je treba preveriti, v kolikšni meri je vodo za gašenje dobiti iz lastnih oskrbovalnih naprav in kakšne količine vode se zajemajo iz javnega vodovodnega omrežja.

Slovenska smernica TSG-1-001: 2007 Požarna varnost v stavbah v tabeli v dodatku 2 opredeljuje potrebne količine vode za posamezne vrste stavb. V tabeli 1 omenjenega dodatka, je glede na namembnost objekta podana količina vode v litrih na sekundo, potrebna za en požar v odvisnosti požarnega sektorja v stavbi.

### 5.5. Hidranti

Za oskrbo z vodo za gašenje ločimo več vrst hidrantov. Na splošno jih lahko delimo na zunanje in notranje, ti. zidne hidrante, podrobneje pa bodo posamezne vrste hidrantov pojasnjene v nadaljevanju.

#### 5.5.1. Zunanji hidranti

Zunanji hidranti spadajo k napravam/armaturam za oskrbo z vodo za gašenje. Uporabljajo jih gasilci, glede na določila požarnega reda pa tudi za to usposobljene osebe. Ločimo nadzemne in podzemne zunanje hidrante.

Nadzemni hidranti so fiksno, na vodovodno cev, nameščeni nastavki za oskrbo z vodo za gašenje. Kot pove že ime samo, se priklop za vodo nahaja nad nivojem zemlje. Nadzemni hidranti so označeni



## 5. poglavje: Oprema, naprave in druga sredstva za varstvo pred požarom

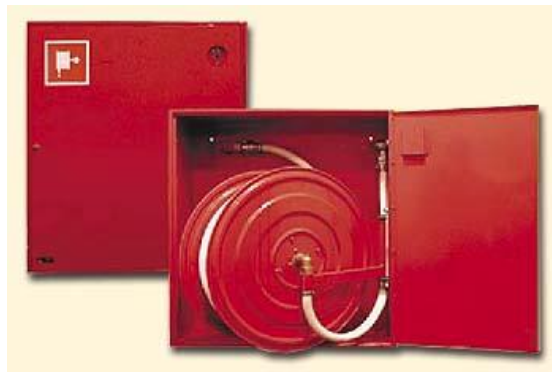
z belo-rdečo-belo barvo. Nadzemni hidrant odpiramo s posebnim ključem. Poznamo več vrst nadzemnih hidrantov, med seboj pa se ločijo po premerih priključkov.

Podzemni hidrant je tako kot nadzemni hidrant fiksno nameščen na vodovodno cev. Hidrant je v celoti vkopan, zavarovan s posebnim litoželeznim ohišjem in pokrit s pokrovom. Za oskrbo z vodo s podzemnega hidranta potrebujemo več opreme, kot pri nadzemnem hidrantu. Tako rabimo hidrantni nastavek, ključ za odpiranje ventila (nekateri podzemni hidranti se odpirajo direktno preko hidrantnega nastavka in ključa, ki je vdolan v nastavek, pri nekaterih pa je ventil posebej) in ključ za dvigovanje pokrova.

### 5.5.2. Notranji hidranti

Notranji hidranti spadajo med opremo za gašenje požarov. Vgrajeni so na stenah objektov, priključeni pa so bodisi stalni vir oskrbe z vodo ali pa so preko cevi zgolj povezani do mesta, ki ga lahko oskrbujemo z vodo. Tako ločimo mokre in suhe notranje hidrante. Oboji so vzdani v stene in spravljeni v kovinske, steklene, lesene ali kakšne druge omarice.

Mokri notranji hidranti so kot rečeno vezani na stalni vir oskrbe z vodo. Tako so lahko vezani na hidrantno omrežje, rezervoar požarne vode ipd. Mokri notranji hidranti so namenjeni gašenju začetnih požarov. V praksi poznamo dve vrsti mokrih notranjih hidrantov. Prvi starejši tip mokrega hidranta vsebuje na kolobarju zvito 15 m dolgo cev, premera 55 mm (C cev), drugi pa ti. poltogo gumijasto cev, premera 25 mm in dolžine od 20 do 30 m, ki je zvita na kolutu (slika 5-5). Poleg cevi je v hidrantni omarici tudi ventil za vodo, na katerega je spojen en konec cevi in ročnik z zasunon, ki je spojen na drugi konec cevi.



Slika 5-5: Mokri notranji hidrant s poltogo cevjo na kolutu

Suhi notranji hidrant je vezan na suho vodovodno omrežje. Hidrant je v glavnem namenjen zgolj gasilcem, saj ga ne moremo šteti med naprave in opremo za začetno gašenje požarov. Oskrba z vodo v takšnem hidrantu je vezana na zunanji vir, kar je običajno gasilsko vozilo s cisterno. Vodovodno omrežje, na katerega je vezan tak hidrant ima nekje na fasadi objekta posebno omarico s priklopom, kjer lahko gasilci oskrbujejo suho vodovodno omrežje z vodo.

Mesta, kjer so nameščeni notranji hidranti morajo biti označena v skladu s standardom SIST 1013.



Slika 5-6: Oznaka za hidrant z gasilsko cevjo po SIST 1013



Slika 5-7: Oznaka za hidrant s poltogo cevjo na kolutu

### 5.6. *Druga priročna sredstva za gašenje*

Poleg gasilnikov in hidrantov se lahko za gašenje začetnih požarov uporabljajo tudi druga priročna sredstva za gašenje. Mednje spadajo krpe, požarne odeje, pesek, razne ponjave, ročno orodje ipd. Priročno sredstvo mora biti prilagojeno vrsti gorljive snovi.

### 5.7. *Oprema za gašenje požarov*

Med opremo za gašenje požarov poleg že omenjenih naprav in opreme (gasilniki, hidranti) prištevamo predvsem opremo, naprave in pripomočke za črpanje, zajem in razvod vode ter nekatere posebne naprave za gašenje.

Črpalke so naprave za črpanje vode iz vodnih virov (rek, potokov, jezer, bazenov ipd.). Zmogljivost črpalk označujemo s karakterističnimi številkami, kot npr. 2/5, 6/6, 8/8 itd., pri čemer pomeni prva številka količino vode (številko pomnožimo s številom 100), druga številka pa tlak potiska črpalke v barih.

Cevi služijo razvodu vode za gašenje. Na splošno jih ločimo po premeru cevi.

- A – premer 110 mm
- B – premer 75 mm
- C – premer 52 mm
- D – premer 25 mm

Poznamo sesalne in tlačne cevi, pri čemer uporabljamo sesalne cevi za črpanje vode iz vodnih virov (rek, potokov, jezer, bazenov ipd.). Sesalne cevi so trdne cevi z notranjo jekleno spiralo in služijo povezavi sesalnega koša (naprava, ki služi vzdrževanju vodnega stolpca v sesalni cevi, ko črpalka ne deluje in delnem filtriranju vode, ki jo črpamo) in črpalke. Dolžina sesalnih cevi je 1,6 m. Tlačne cevi so namenjene za dovajanje vode od črpalke ali hidranta do ročnika. Tlačne cevi so lahko dolge 15 ali 20 m.

Ročniki služijo temu, da lahko vodo ali peno usmerjamo v požar. Najpogostejši so ti. navadni ročniki, ki jih sestavljajo cevasti del, ustnik, toga spojka in tesnilo. Te vrste ročnikov so lahko z zasunom ali brez. Navadni ročnik je tudi del opreme hidrantnih omaric.

Razdelilnik je naprava ali armatura, ki usmerja vodo na več strani. Uporabljamo dvojne in trojne razdelilce, ki jih imenujemo dvojake oz. trojake.

Vodni zbiralnik je naprava ali armatura, ki služi zbiranju vode iz dveh vodnih virov. Uporabljamo ga, ko pri gašenju črpalke oskrbujemo z vodo dveh hidrantov ali ko npr. gasimo požar z vodo iz gasilske cisterne in črpalke, ki zajema vodo v vodnem viru (reke, potoki, jezera, bazeni ipd.).

Mešalnik pene (medmešalec) je naprava za pridobivanje težke in srednje težke pene. Mešalnik pene, v katerem se mešata penilo in voda je spojen v tlačni vod. Za proizvodnjo pene rabimo še ročnik ki ga spojimo na tlačno cev.

Ročniki za peno služijo za pridobivanje srednje in težke pene. Naloga ročnika je, da mešanico penila in vode obogati z zrakom, na koncu ročnika pa tako nastaja srednja ali težka pena.

Generator za pridobivanje lahke pene je naprava za pridobivanje lahke zračne pene. Glavni del generatorja lahke pene je ventilator, ki ima po obodu šobe za dovajanje penila. Do ventilatorja pod tlakom dovajamo vodo, ki se na območju ventilatorja meša s penilom. Taka mešanica napreduje do mrežice, kjer nastaja lahka pena. Peno dovajamo na mesto požara po ceveh.

### 5.8. Gasilska vozila

Gasilska vozila predstavljajo del osnovne opreme, s katero gasilske enote opravljajo svoje naloge gašenja in reševanja. Vozila lahko razdelimo v nekaj skupin, kot so<sup>4,5</sup>:

Poveljniško vozilo - Poveljniško vozilo je gasilsko vozilo, s pomočjo katerega vodja oz. vodstvo intervencije vodi taktične enote. Opremljeno je z ustreznimi sredstvi za vodenje.

Vozila za gašenje - Vozilo za gašenje je gasilsko vozilo, namenjeno predvsem gašenju požarov in opravljanju tehničnih intervencij manjšega obsega.

Vozilo za gašenje in reševanje iz višin - Za reševanje iz višin uporabljamo avto lestve, zgibna in teleskopska dvigala, kakor tudi vsa gasilska vozila z dvigalnimi napravami na motorni pogon. Uporabljajo se tudi za gašenje in tehnično reševanje.

Tehnično vozilo - Tehnično reševalno vozilo je gasilsko vozilo s pogonom na vsa kolesa, uporablja se pri tehničnih intervencijah. Ima trdno vgrajeno vlečno napravo na mehanski pogon prek avtomobilskega motorja. Tehnično reševalno vozilo ima gasilsko opremo za tehnično reševanje ter ima lahko vgrajen ali pritrjen jambor za razsvetljavo ter vgrajen generator.

Orodno vozilo - Orodno vozilo je gasilsko vozilo, ki se uporablja za prevoz orodja pri požarih in tehničnih intervencijah.

Cevno vozilo - Cevno vozilo CV je gasilsko vozilo, ki se uporablja za prevoz cevi in hitro napeljavo tlačnih cevodov. Poleg tlačnih cevi so v vozilu tudi armature ter po potrebi tudi prenosna gasilska črpalka MB 8/8.

Gasilsko vozilo za prevoz gasilnih sredstev - Gasilsko vozilo za prevoz gasilnih sredstev se uporablja za prevoz raznih gasilnih sredstev (vode, penilnih snovi, ogljikovega dioksida, gasilnega prahu, halonov) do mesta intervencije. Lahko ima vgrajeno gasilsko črpalco na pogon prek avtomobilskega motorja, ter mešalno napravo za gasilno peno.

Gasilski priklopnik - Gasilski priklopnik je posebej za gasilske intervencije izdelan priklopnik z določeno opremo.

Druga gasilska vozila, kot so *hitro tehnično reševalno vozilo HTRV, gasilsko avto dvigalo, gasilsko vozilo za razsvetljavo, gasilsko vozilo za prevoz kontejnerjev, gasilsko vozilo za prevoz moštva, gasilska avtociستا in gasilsko vozilo za gozdne požare.*

Najpogostejše gasilsko vozilo in hkrati vozilo, ki je skupaj s posadko možno samostojno opravljati nekaj nalog gašenja in reševanja je gasilsko vozilo za gašenje GVC 16/25 (slika 5-8).



Slika 5-8: Gasilsko vozilo s cisterno, GVC 16/25

Vozilo ima vgrajeno črpalko s pretokom 1600 l vode na minuto (od tod oznaka 16 v nazivu vozila) in 2500 l velik rezervoar za vodo (od tod oznaka 25 v nazivu vozila) ter 120 l penila. Vozilo vozi posadko sedmih oseb (voznik + 6 gasilcev) in opremo za gašenje in reševanje.

### 5.9. Dostopi za gasilska vozila

Pomemben element v zagotavljanju požarne varnosti objektov so tudi interventne poti za gasilska vozila. Izvedene morajo biti skladno z zahtevami SIST DIN 14090:2005<sup>7</sup> - Površine za gasilce na zemljišču, normativno pa jih opredeljuje slovenska smernica TSG-1-001: 2007 Požarna varnost v stavbah.

Dovozne poti so utrjene površine na terenu, ki so neposredno povezane z javnimi prometnicami. Omogočajo dovoz gasilskih vozil do postavitvenih in manipulativnih površin.

Postavitvene površine so namenjene gašenju, reševanju in postavljanju dvižnih reševalnih naprav, to je vozil z lestvijo ali lestvijo s košaro, zgibnim dvigalom s košaro ali teleskopskim dvigalom s košaro.

Interventne poti in površine za gasilsko intervencijo morajo biti ustrezno označene in vedno proste.

Dovozne poti morajo imeti naslednje karakteristike:

1. **nosilnost poti:** minimalno 10 ton osnega pritiska
2. **širina poti:** za ravne dele poti minimalno 3,0 m ali 3,5 m, če je dostopna pot na dolžini več kot 12 m omejena s stenami, stebri ali drugimi ovirami. Če pot ni ravna se minimalna širina poti določi po naslednji tabeli:

Radij poti (m)	Širina poti (m)
10,5 - 12,0	5,0
>12,0 - 15,0	4,5
>15,0 - 20,0	4,0
>20,0 - 40,0	3,5
>40,0 - 70,0	3,2
>70,0	3,0

3. **svetla višina poti:** najmanj 3,5 m na katerikoli točki poti
4. **odmik poti od objekta:** minimalno 3 m, maksimalno 9 m
5. **dovoljeni nakloni poti:** vzdolžni < 10 %, prečni < 5 %  
Prehod iz enega v drug nivo mora biti speljan v vertikalnem radiju večjem od 15 m.

Postavitvene površine za gasilska vozila morajo imeti naslednje karakteristike:

1. **nosilnost:** minimalno 10 ton osnega pritiska
2. **širina:** minimalno 3,5 m, na strani stran od objekta pa mora biti ob postavitveni površini 2 m širok pas vedno proste površine, potreben za manipulacijo gasilske lestve.
3. **odmik od objekta:** minimalno 3 m, maksimalno 9 m
4. **dovoljeni nakloni poti:** vzdolžni < 10 %, prečni < 5 %  
Prehod iz enega v drug nivo mora biti speljan v vertikalnem radiju večjem od 15 m.

Dostopne poti in postavitvene površine morajo biti vedno proste.

### **5.10. Viri – poglavje 5:**

Predpis:

1. Pravilnik o izbiri in namestitvi gasilnih aparatov

Drugi viri:

1. Grm B., Glavnik A. Tomazin M., Oblak J., Oskrba z vodo za gašenje, Razvojno-raziskovalna naloga financirana s strani požarnega sklada, 2005
2. Jug A., Gasilniki za gašenje požarov razreda F: Pregled novosti na področju gasilnikov in praktični preizkus gašenja požarov razreda A, B in F z ročnimi gasilniki, zbornik gradiva, seminar SZPV, Kranj, 2006
3. Tipizacija gasilskih vozil, Gasilska zveza Slovenije, Ljubljana, 2005
4. Verbič M., Kovačič B., Tehnika I – IV, Gasilska zveza Slovenije, Ljubljana, 2004
5. Zupanc A., Izbira in namestitvev gasilnikov, Revija Požar, letnik 11, št. 4, str. 9 – 11, Ljubljana, 2005
6. SIST DIN 14090:2005 - Površine za gasilce na zemljišču