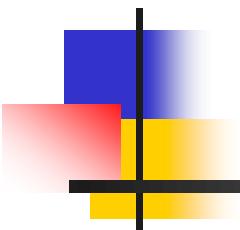


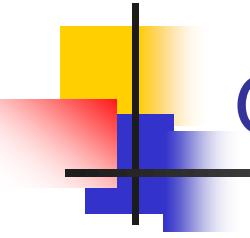
# VAROGASNI DOČASNICI



# GORENJE I GAŠENJE

4 ŠKOLSKA SATA

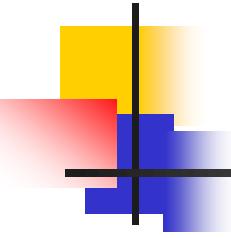
VZG NOVI MAROF



# GORENJE i GAŠENJE

- GORENJE
  - GAŠENJE
-

- PROCES GORENJA
  - OKSIDACIJA
  - TOPLINA
  - GORIVA TVAR
  - FLASHOVER
  - BACKDRAUGHT
  - BLEVE
  - POŽARNE ZNAČAJKE
-

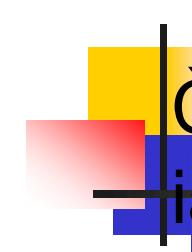


# Fizikalno – kemijske osnove gojenja

**G O R E N j E** = složeni fizikalno – kemijski proces gdje dolazi do reakcije oksidansa (kisika) s gorivom tvari uz postignutu temperaturu paljenja, pri čemu se oslobođaju velike količine topline produkata potpunog i nepotpunog sagorijevanja, uz pojavu:

- plamena,
  - žara i
  - vidljive svjetlosti.
-





Često se poistovjećuju pojmovi "vatra" i "požar", iako među njima postoji bitna razlika. Vjerojatno je tome razlog što se pod pojmom i "vatre" i "požara" podrazumijeva gorenje.

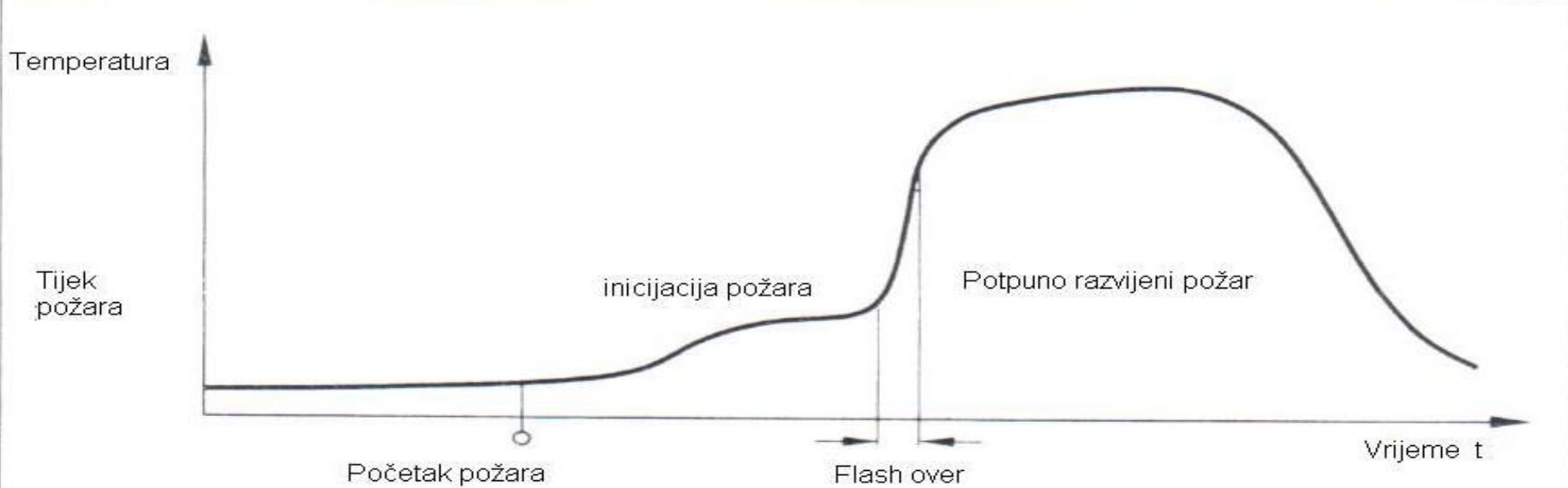
"**vatra**" podrazumijeva svako *kontrolirano gorenje*,

"**požar**" svako *nekontrolirano gorenje* u kojem su ugroženi ljudski životi i nastaje materijalna šteta.

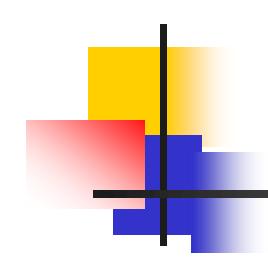
# VATRA ≠ POŽAR

---

# RAZVOJ POŽARA



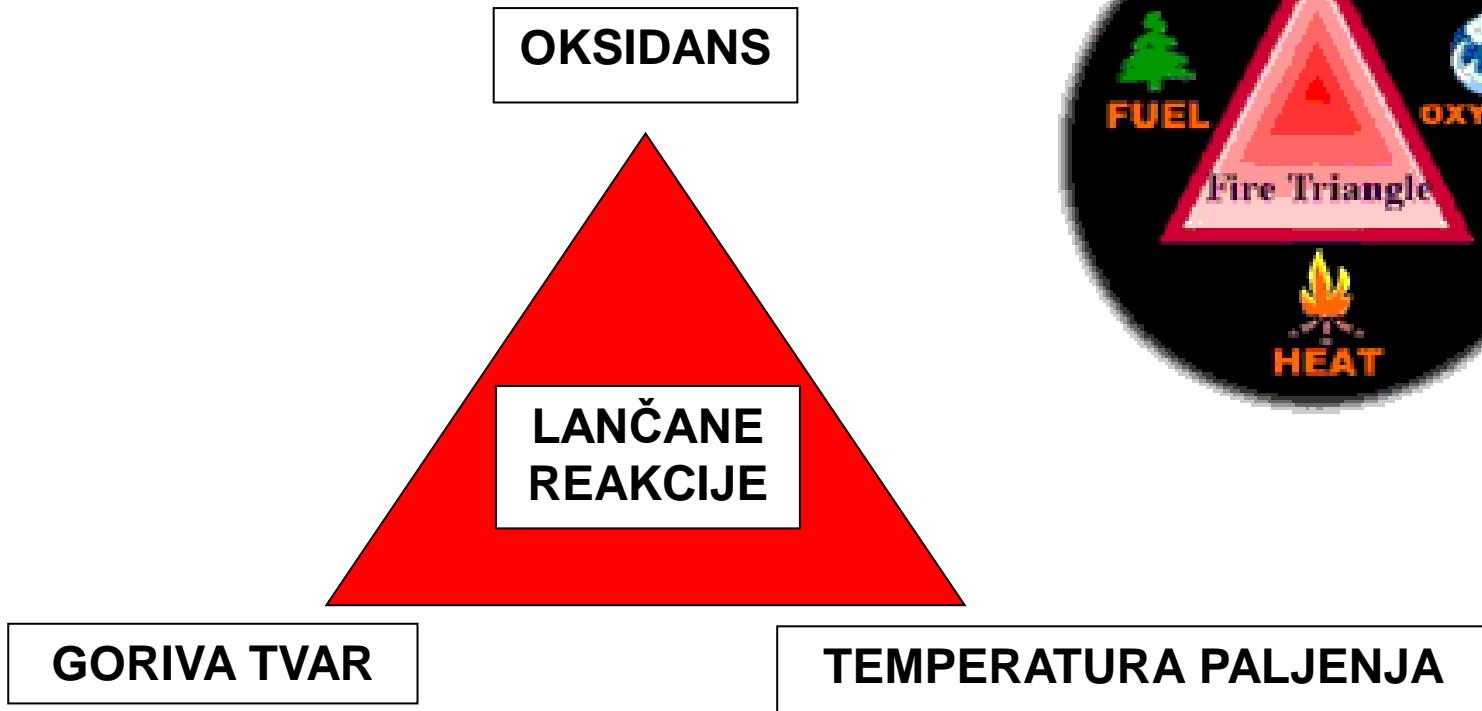
Opasnosti	Izvori paljenja zapaljivost Paljenje	Širenje plamena Oslobađanje topline	Penetracija požara
	Dim, iritacija, otrovnost, korozivnost		



# UVJETI GORENJA

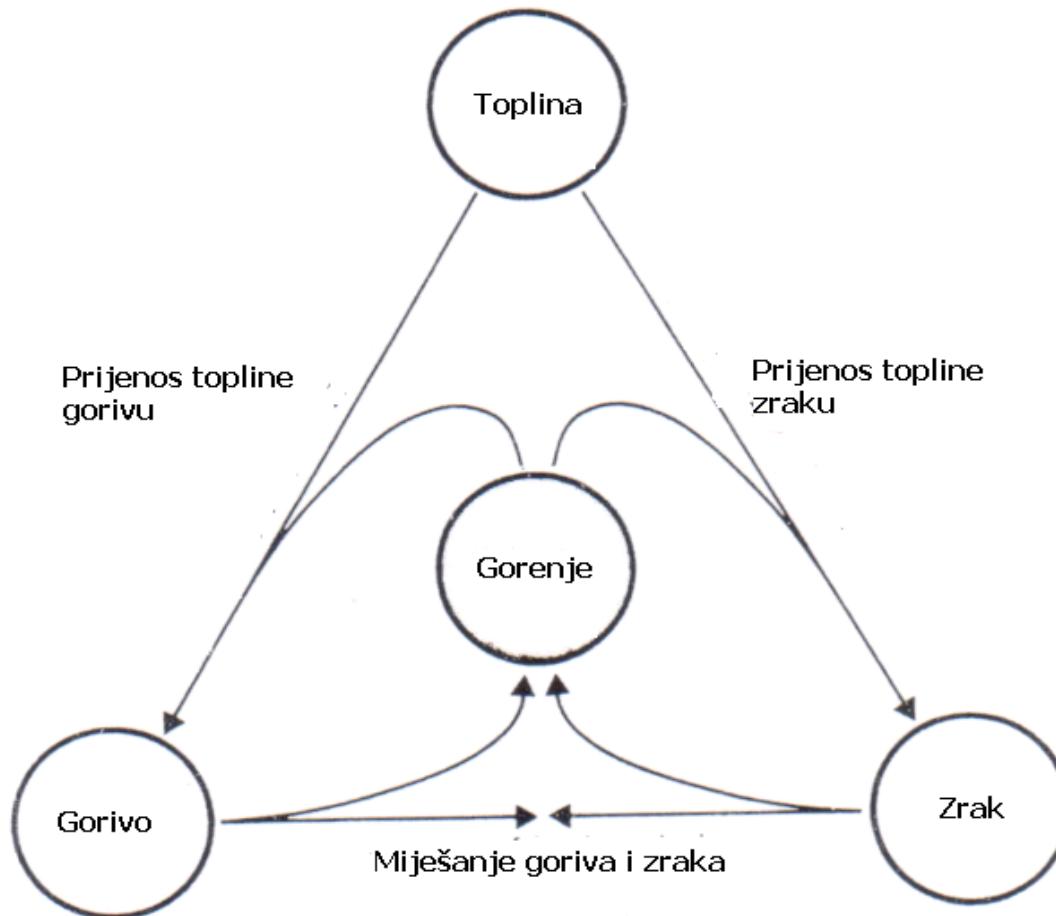
- Osnovni uvjeti za nastanak gorenja i nesmetano izgaranje, odnosno za izbjeganje i nastanak požara su istovremeno:
  - prisutnost dovoljne količine gorive tvari,
  - prisutnost dovoljne količine oksidansa (kisika),
  - djelovanje dovoljno jakog izvora energije i temperature paljenja,
  - slobodno odvijanje (ne zaustavljanje razvijenih lančanih reakcija u plamenu (za sve slučajeve paljenja i izgaranja gorive tvari u obliku plamena i plamena i žara).

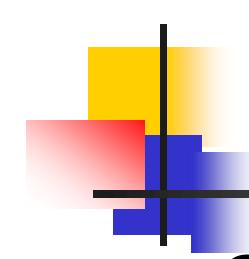
# UVJETI GORENJA



- Uklanjanjem bilo kojeg od prikazanih uvjeta sprječava se nastanak gorenja.
  - Djelovanjem na bilo koji od prikazanih uvjeta dolazi do prestanka gorenja, tj. gašenja, a na tim principima se i temelji **cjelokupan sustav zaštite od požara**.
-

# PROCES GORENJA

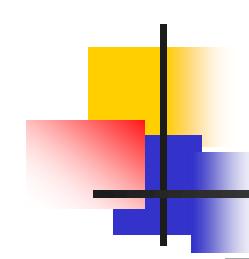




# PROCES GORENJA

---

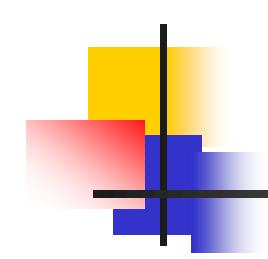
- Goriva tvar i oksidans moraju biti zagrijani do određene temperature nekim izvorom paljenja:
    - plamenom,
    - iskrom,
    - vrućim predmetom,
    - toplinom kemijske reakcije ili
    - toplinom mehaničkog rada.
  - Postizavanjem određene temperature gorive tvari i oksidansa (ili u pojedinim njihovim dijelovima) pojavljuje se **zona gorenja**, tj. područje gdje nastaje reakcija – **oslobađa se svjetlo i toplina**.
-



## PROCES GORENJA

---

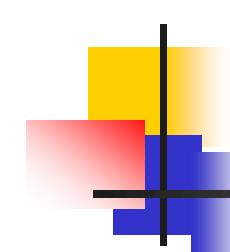
- Za početak i nastavljanje procesa gorenja potrebno je da goriva tvar i oksidacijsko sredstvo budu u određenim minimalnim koncentracijama odnosno određenim međusobnim odnosima.
  - Tako pri gorenju u zraku koncentracija kisika ne smije biti niža od 16%.
  - Za neke tvari gorenje se može odvijati i pri nižim koncentracijama kisika.
-



# PROCES GORENJA

---

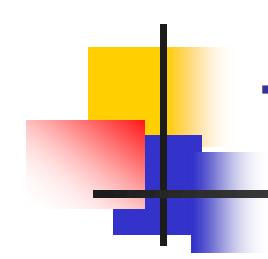
- Toplina se može prenijeti u gorivo radijacijom, iskrama i plamenom. Od posebnog značaja za nastavak gorenja je intenzitet (udaljenost izvora topline od gorive tvari) i trajanje izvora paljenja;
  - Kisik je potreban za nastavak procesa gorenja, npr. za kemijske reakcije s gorivom. Mora ga biti u suvišku (npr. putem ventilacije) na mjestu gorenja;
-



# TEMPERATURA

- **Temperatura** nekog sustava izražava intenzivnost gibanja atoma i molekula koji se nalaze u tom sustavu.
- Drugim riječima, ako je mirovanje atoma i molekula u nekom sustavu apsolutno, temperatura je nula. Tu temperaturu nazivamo apsolutnom ili termodinamičkom ( $T$ ), za razliku od nule na Celsiusovoj skali ( $t$ ) koja odgovara talištu leda, odnosno ledištu vode. Isto vrijedi i za  $100^{\circ}\text{C}$  što odgovara vrelištu vode pri 101325 PA.
- $T=0\text{ K (kelvin)}$
- $t=-273,15^{\circ}\text{C}$

$$t = T - 273,15\text{K}$$

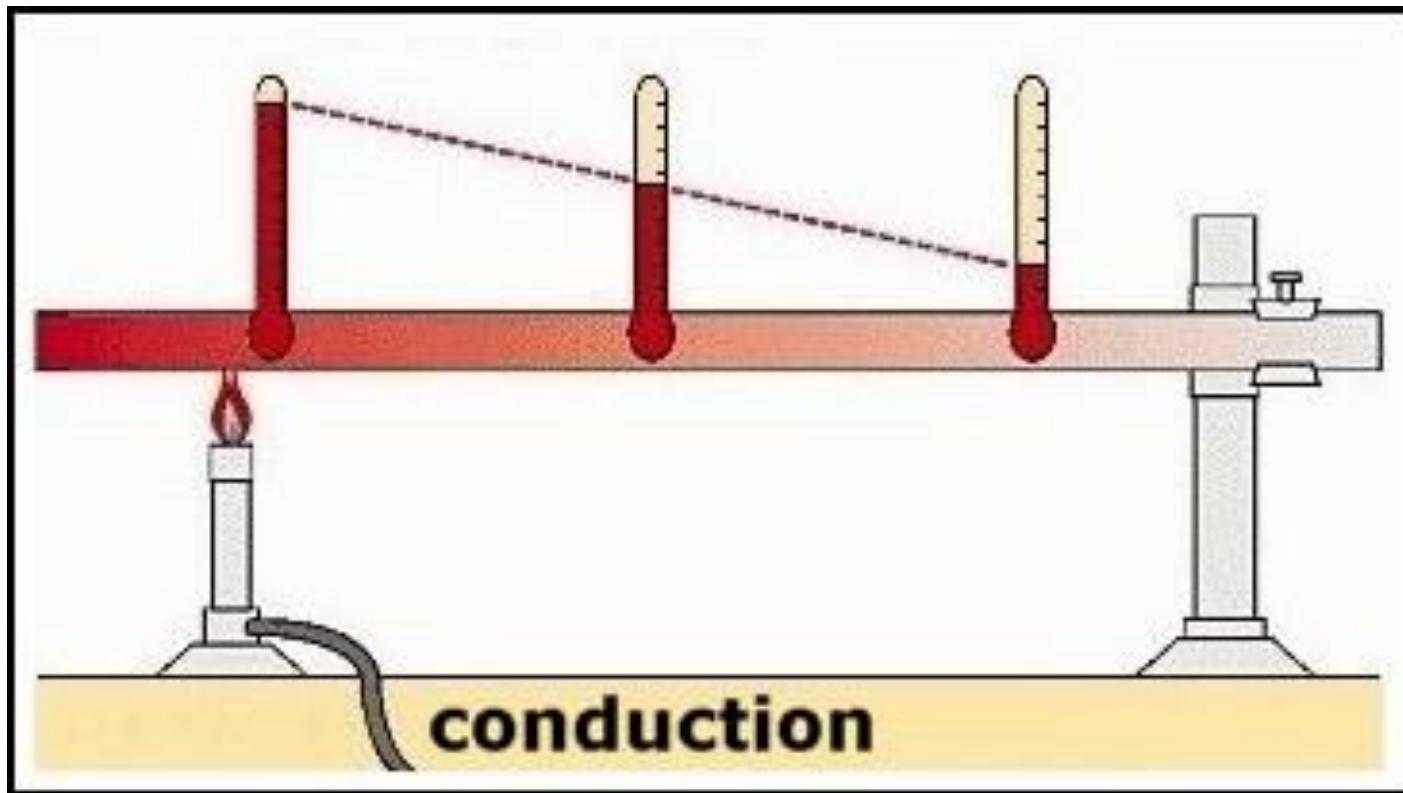


# TOPLINA

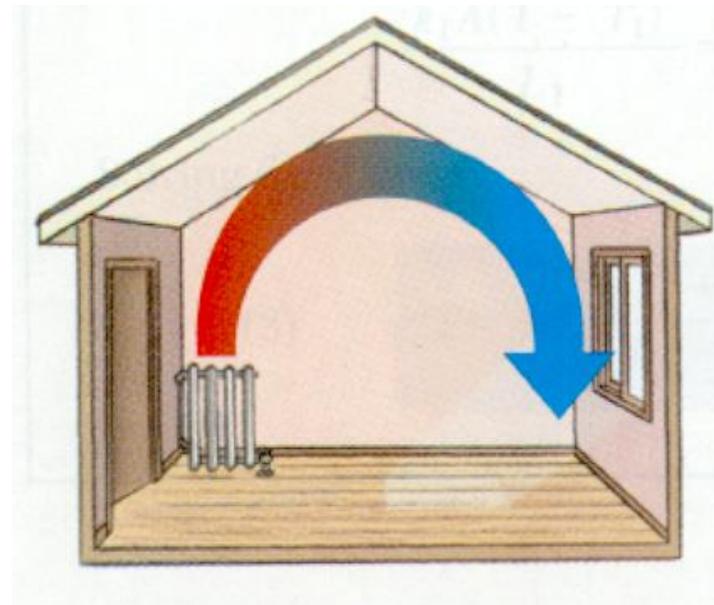
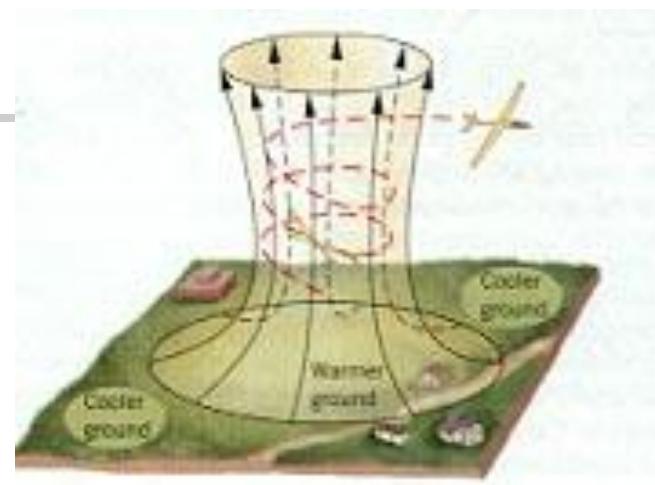
---

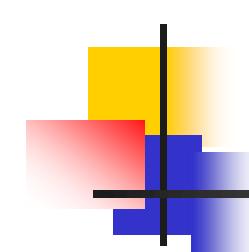
- ***Toplina*** je oblik energije čiju veličinu (veću ili manju količinu topline) osjećamo čulima – dodirom; objektivno mjerilo o toplini dobiva se promatranjem i mjerenjem djelovanja zagrijanih tijela na druga tijela.
  - Prenošenje topline je uzrok širenje požara na okolne tvari i predmete.
  - Prijenos topline:
    - Kondukcija (vođenje)
    - Konvekcija (strujanje)
    - Radijacija (zračenje).
-

# VOĐENJE - KONDUKCIJA



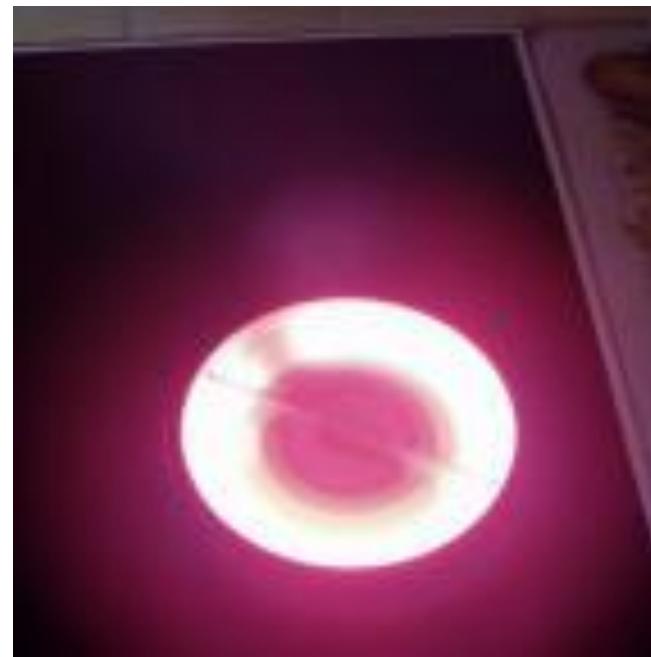
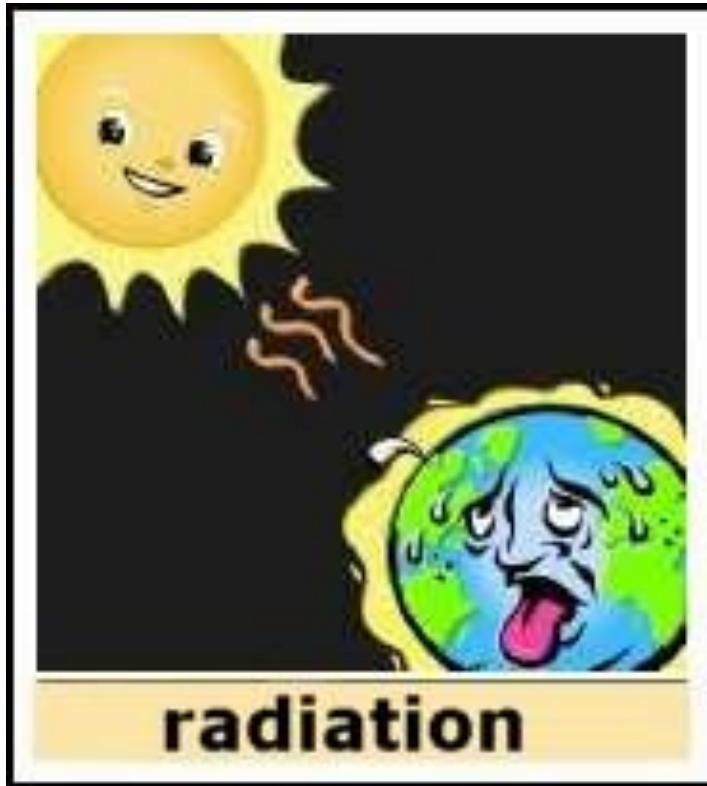
# KONVEKCIJA -STRUJANJE



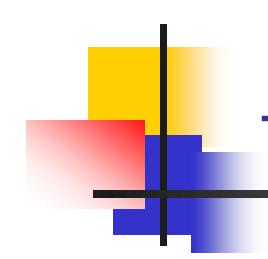


# ZRAČENJE

---

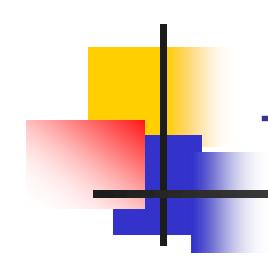


---



## TOPLINA-TEMPERATURA

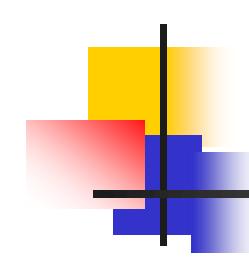
- Kemijske reakcije protječu dovođenjem ili oslobađanjem energije u obliku topline.
  - *Toplina je oblik energije, a jedinica za količinu topline je džul (Joul) J ili vatsekunda (Ws) (1 J = 0,2388 cal ili 0,000238 kcal; **1 kcal = 4186,8 J**)*
  - *Temperatura je stupanj zagrijanosti tijela, a predstavlja kretanje čestica – molekula i atoma u njima i izražava se u stupnjevima Celzija ili u Kelvinima.*
-



# TOPLINA

- Reakcije za čije je odvijanje potrebno dovođenje topline, nazivaju se *endoternnim* reakcijama.
  - Pri endoternnim reakcijama zagrijavanje komponenata reakcije je potrebno ne samo za početak reakcije nego i u tijeku vremena njezina odvijanja. Bez vanjskog dovođenje topline, endotermna reakcija se prekida.
- Reakcije u čijem se tijeku oslobađa toplina, nazivaju se *egzoternnim*.
  - Sve *reakcije gorenja* spadaju u grupu egzoternih reakcija. Uslijed toga što se reakcijom oslobodi toplina, ona je sposobna, počevši u jednoj točki, proširiti se na sve reakcijske komponente.
- Količina topline koja se oslobodi pri potpunom izgaranju i koja se odnosi na jedan mol, jedinicu mase (kg ili g) ili jedinicu volumena ( $\text{m}^3$ ) gorive tvari, naziva se *topljinom izgaranja ili kalorična moć*.

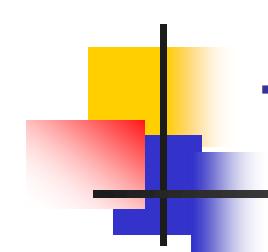
- **Toplina izgaranja ili kalorična moć materijala** vrlo je važan parametar jer se na temelju njega vrši proračun požarnog opterećenja o određenoj građevini odnosno u određenom požarnom sektoru.
  - Toplina izgaranja je ukupna količina topline koja se može osloboditi gorenjem neke tvari.
-



# KALORIČNA MOĆ

## ■ Razlikujemo:

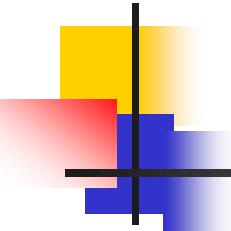
- gornja kalorična moć
  - je ukupna količina topline koja se oslobađa pri potpunom izgaranju 1 kg ( $1 \text{ m}^3$ ) neke gorive tvari pri uvjetima da se prisutni vodik u izgaranju pretvara u vodu koja ostaje u tekućem agregatnom stanju.
- donja kalorična moć.
  - (realna) je ukupna količina topline koja se stvara pri potpunom izgaranju 1 kg ( $1\text{m}^3$ ) neke gorive tvari pri uvjetima da je voda koja nastaje u plinovitom stanju.
  - $1 \text{ kg C} \rightarrow 8100 \text{ kcal} \cdot 4,18 = 33858 \text{ kJ}$
  - $1 \text{ kg H} \rightarrow 30000 \text{ kcal} \cdot 4,18 = 125400 \text{ kJ}$
  - $1 \text{ kg S} \rightarrow 2600 \text{ kcal} \cdot 4,18 = 10868 \text{ kJ}$
  - $1 \text{ kg O} \rightarrow 2600 \text{ kcal} \cdot 4,18 = 10868 \text{ kJ}$       troši toliko topline!



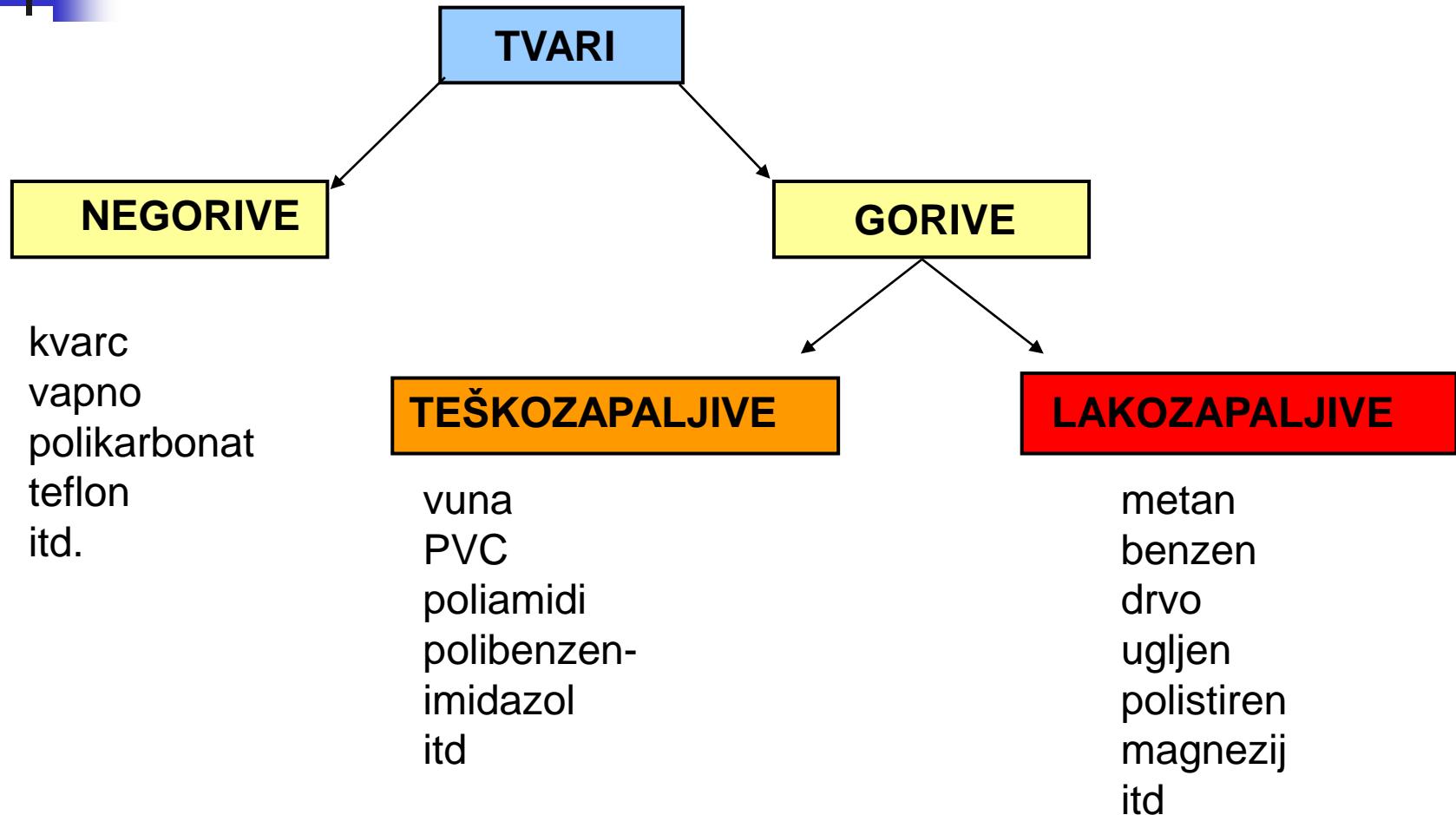
# TVARI

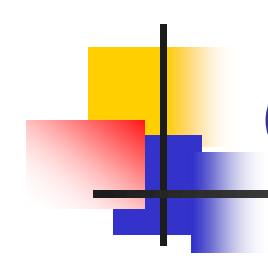
---

- *Negorive tvari* su one koje se ne mogu zapaliti pri normalnim uvjetima pripaljivanja ( $815,6^{\circ}\text{C}$  u vremenu od 5 minuta), a mnoge ni kada su izložene djelovanju ekstremno povišene temperature (primjerice: beton, staklo, azbest, kamen).
  - *Gorive tvari* su one koje se pri normalnim (standardnim) uvjetima pripaljivanja mogu lakše ili teže zapaliti i dovesti do pojave požara ili u uvjetima požara potpomagati njegov nesmetani razvoj i širenje (zapaljivi plinovi, zapaljive tekućine, zapaljive krutine).
-



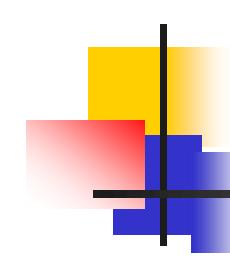
# GORIVE TVARI





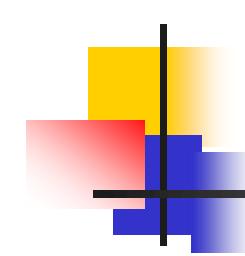
# GORIVE TVARI

- *La k o z a p a l j i v e t v a r i* – su one tvari koje se pod normalnim uvjetima ili na određenoj povišenoj temperaturi pod utjecajem inicijalnog plamena zapale i gore (primjerice: neke zapaljive krute tvari, zapaljive tekućine ili zapaljivi plinovi).
- *T e š k o z a p a l j i v e t v a r i* – koje se pod utjecajem inicijalnog plamena zapale, ali gore samo dok na njih izravno djeluje plamen (primjerice: sve vrste životinjskih vlakana, polimerne sintetičke tvari, impregnirano drvo ili tekstil i dr.).



# GORIVE TVARI

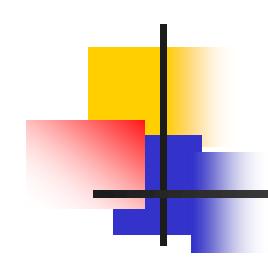
- Goriva tvar sama po sebi utječe na svoje gorenje na nekoliko načina.
- Osnovni parametri koji značajno utječu na ponašanje gorive tvari u požaru uključuju:
  - mjesto gorenja u prostoriji,
  - građevinsku izvedbu prostorije,
  - oblik (forma, debljina, karakteristike površine, razmještaj, gustoću itd.) i konačno
  - fizikalno – kemijske karakteristike (plamište, temperatura zapaljenja, toplinska provodljivost, specifična toplina, toplina gorenja itd.)



# GORIVE TVARI

---

- Goriva tvar po agregatno stanju može biti:
  - Goriva krutina
  - Goriva tekućina
  - Gorivi plinovi
-



# PLAMEN

---

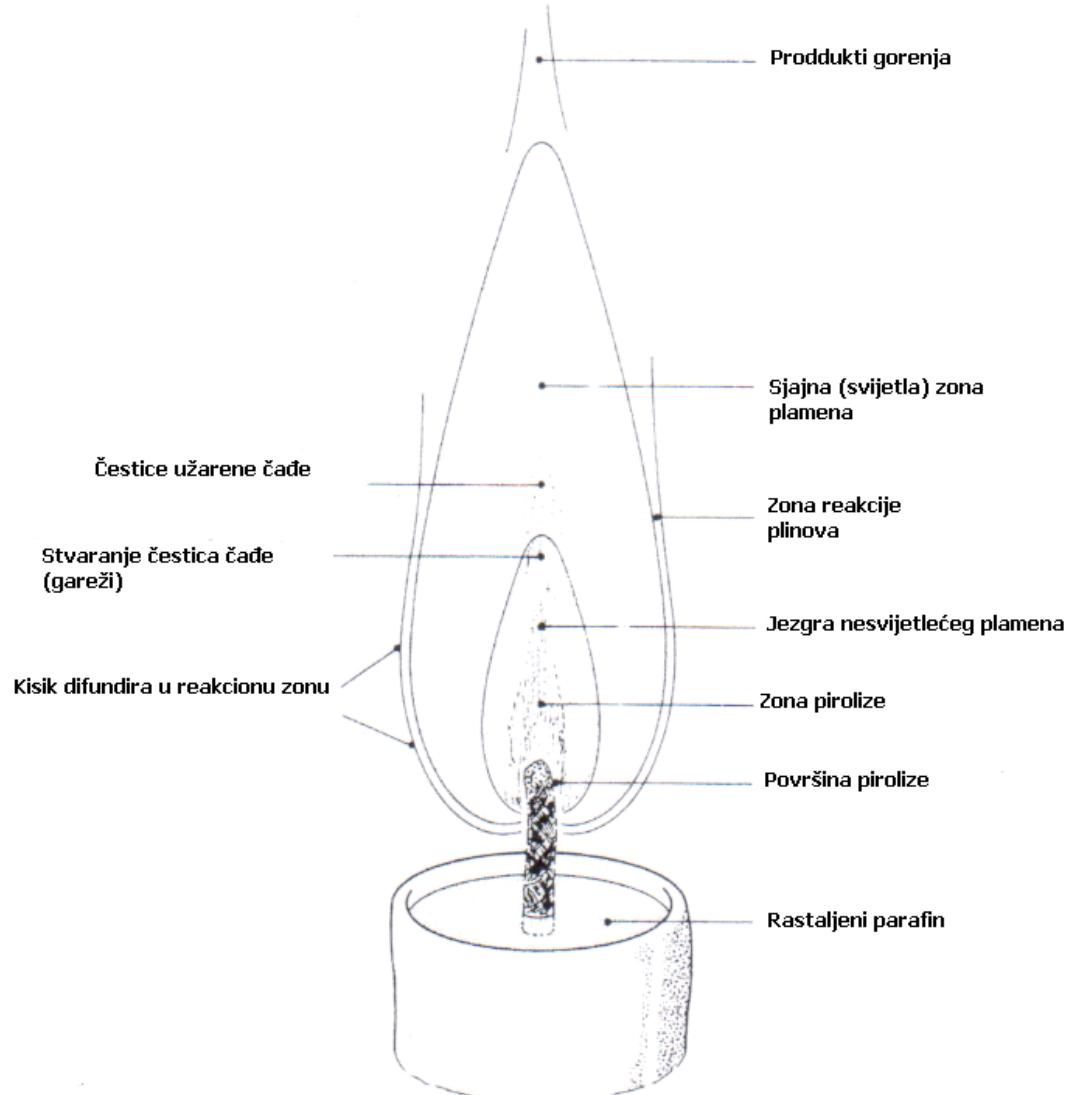
- Dok je požar vanjska manifestacija procesa nekontroliranog gorenja i zbog toga se ne može egzaktno definirati, **plamen** se može proučavati kao pojava kontroliranog gorenja i može se opisati.
-

# PLAMEN

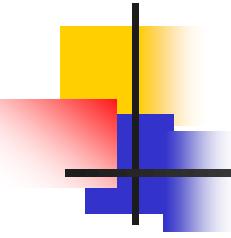
- U osnovi, postoje dva tipa plamena:
  - Predmiješani plamen u kojem je plin prije zapaljenja pomiješan sa zrakom (npr. Bunsen plamenik) i
  - difuzijski plamen – tako je nazvan jer kisik potreban za gorenje difuzijom ulazi u plinsku smjesu iz okolne atmosfere.



Najbolji primjer za difuzijski plamen je plamen svijeće.

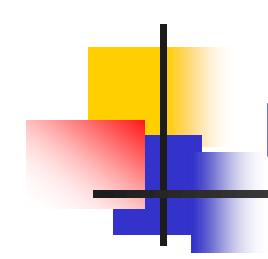


Ilustracija gorenja svijeće



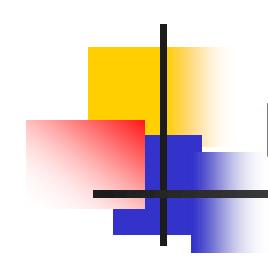
# PLAMEN – Održavanje reakcije izgaranja

- Parafin se tali zbog isijavanja topline i diže se gore u fitilj pomoću kapilara i pirolizira se na površini fitilja gdje je temperatura između 600 - 800 °C.
- Pirolitički plinovi migriraju dalje (povrh toga) i također zaostaju u unutarnjem dijelu plamena, plamena jezgra, ili obogaćuju vanjski plameni plašt



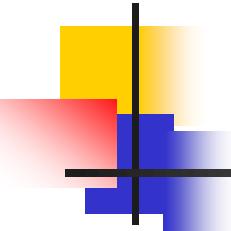
# PLAMEN – Održavanje reakcije izgaranja

- Reducirajuća atmosfera postoji u jezgri nesvijetlećeg plamena u kojoj postoji pomanjkanje kisika.
- Dijelovi ugljikovodika nastali pirolizom migriraju u područje u kojoj temperatura dostiže  $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Stvaraju se konjugirane dvostrukе veze praćene ciklizacijom i aromatizacijom što dovodi do stvaranje čestica čađe.
- Potonje sudjeluju u stvaranju svjetlosti i plamena.
- One se istroše u zoni sjajnog plamena reakcijom s vodom i ugljikovim dioksidom stvarajući ugljikov monoksid.



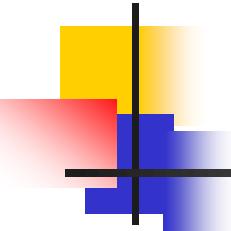
# PLAMEN – Održavanje reakcije izgaranja

- Plinovi nastali pirolizom se odvode prema vani gdje dolaze u dodir s kisikom koji difuzijom prodire prema unutrašnjosti plamena.
- U tom plaštu od plamena – reakcijskoj zoni, visoke energije, naročito kisika koji se sastoji od radikala, nastaju temperature od oko 1400 °C. To održava reakciju izgaranja.



# PLAMEN – Održavanje reakcije izgaranja

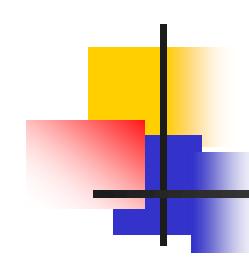
- Ako je proces neometen i odgovarajuće snabdijevan s kisikom on se održava, a konačni produkti gorenja svijeće su ugljikov dioksid i voda.
  - Procesi koji se javljaju kod gorenja plastike su u principu slični procesu u plamenu svijeće.
-



# IZGARANJE

---

- Izgaranje je katalitička egzotermna reakcija koja se održava pomoću interno stvorenih slobodnih radikala uz pojavu svjetlosti i topline.
-

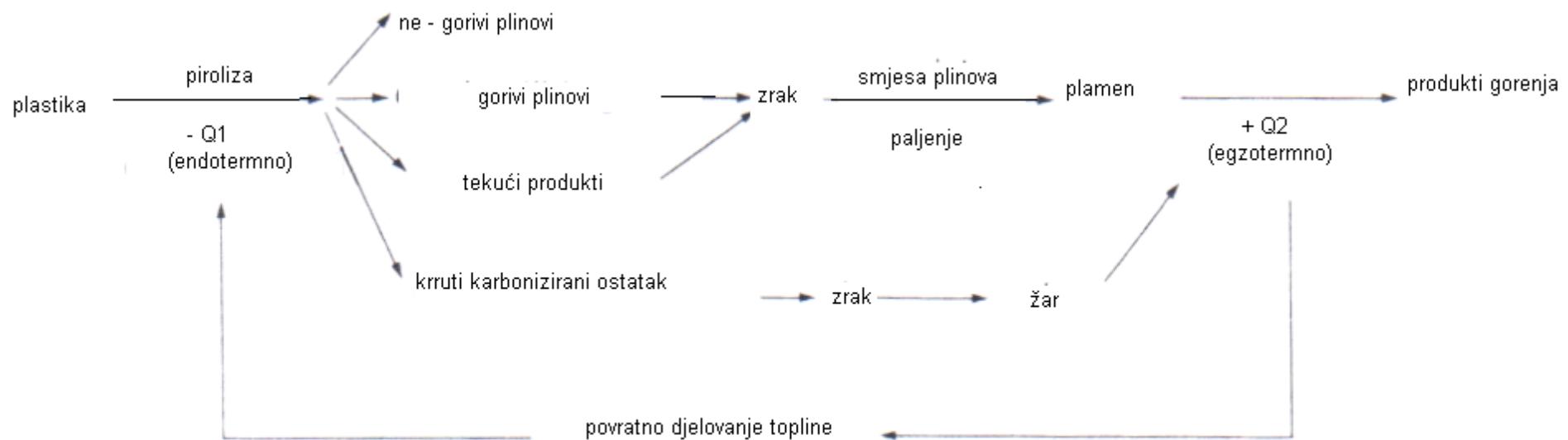


# IZGARANJE

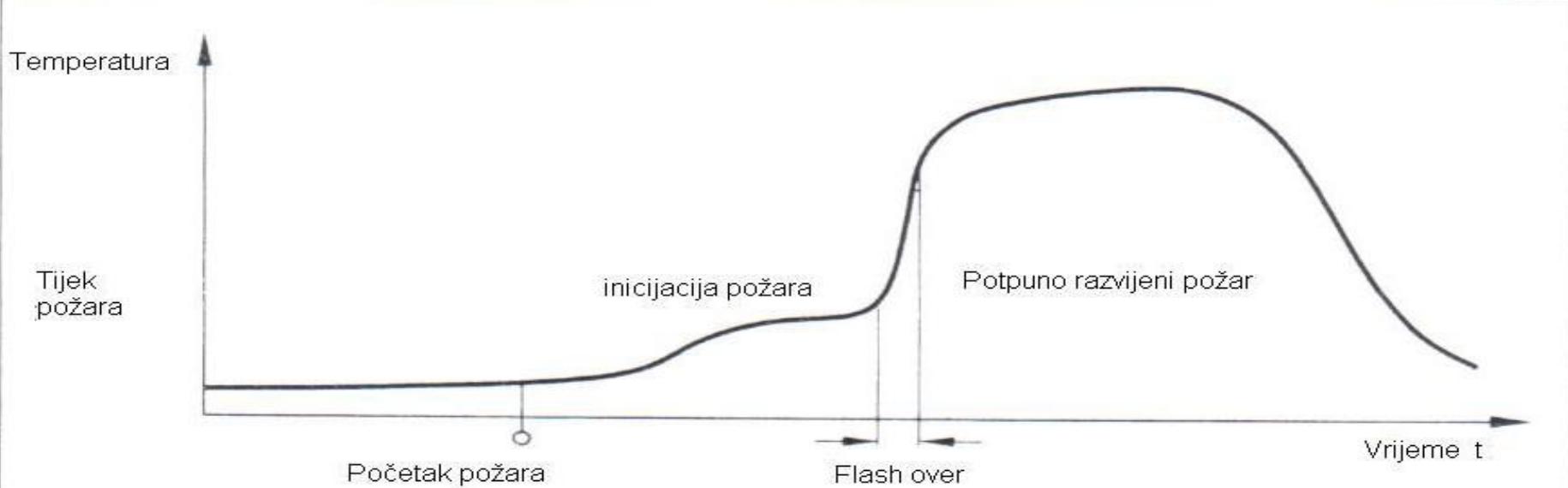
---

- Plamen je dio procesa izgaranja koji se javlja samo u plinskoj fazi. To predstavlja, katkad, samo jedan aspekt gorenja obzirom da postoje i drugi tipovi gorenja. Na primjer, u nekom sustavu reakcjske komponente su prisutne u plinskoj i krutoj fazi.
  - Ako je temperatura isparavanja krutine veća od njezine temperature gorenja, proces gorenja se direktno javlja na njezinoj površini.
  - Kod nižih temperatura u prisustvu viška kisika, javlja se usijani žar, to jest javlja se gorenje bez plamena.
  - Kod smanjenog dotoka kisika, javlja se tinjanje bez pojave plamena ili usijanog žara.
-

# PRIMJER: Gorenje plastike (polimera)

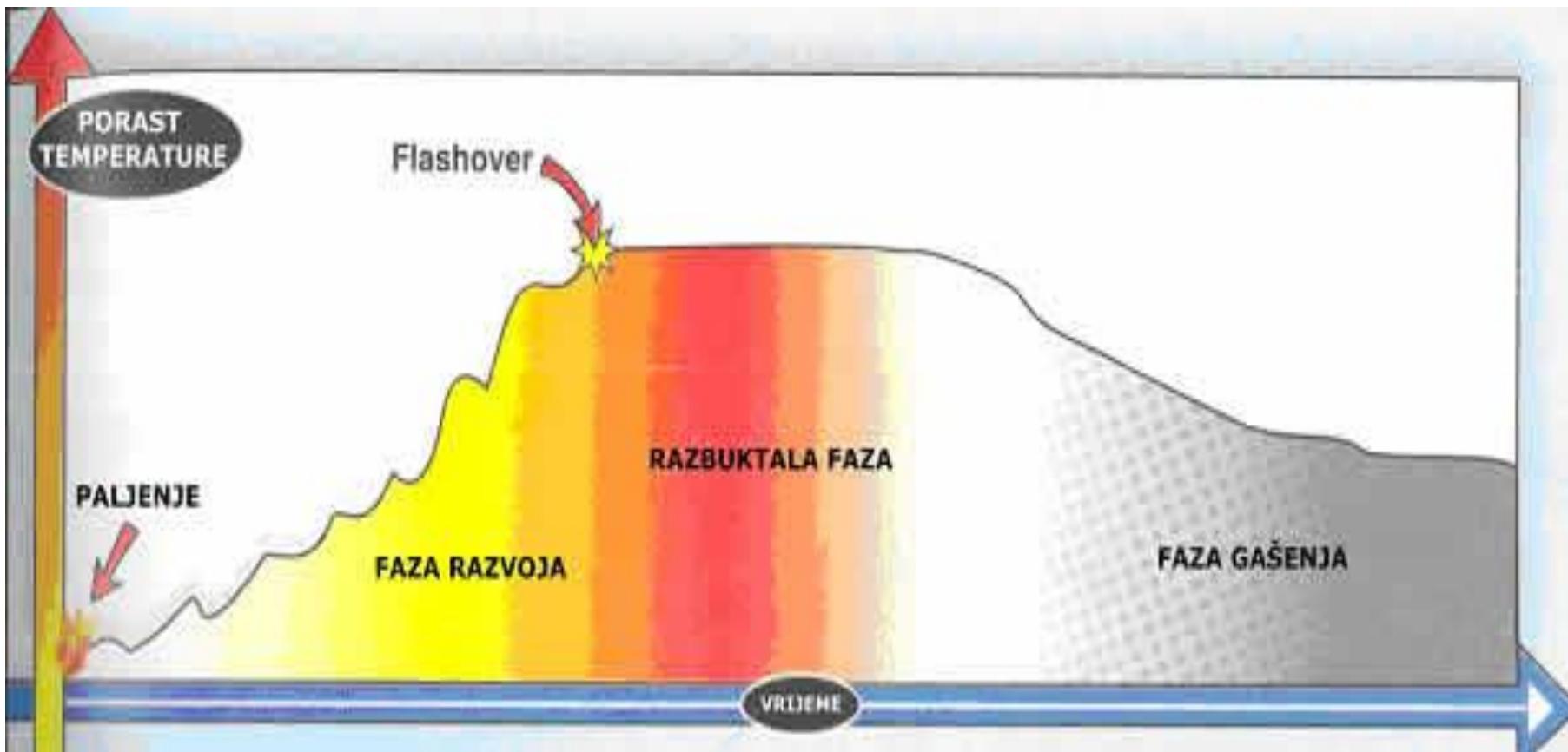


# RAZVOJ POŽARA

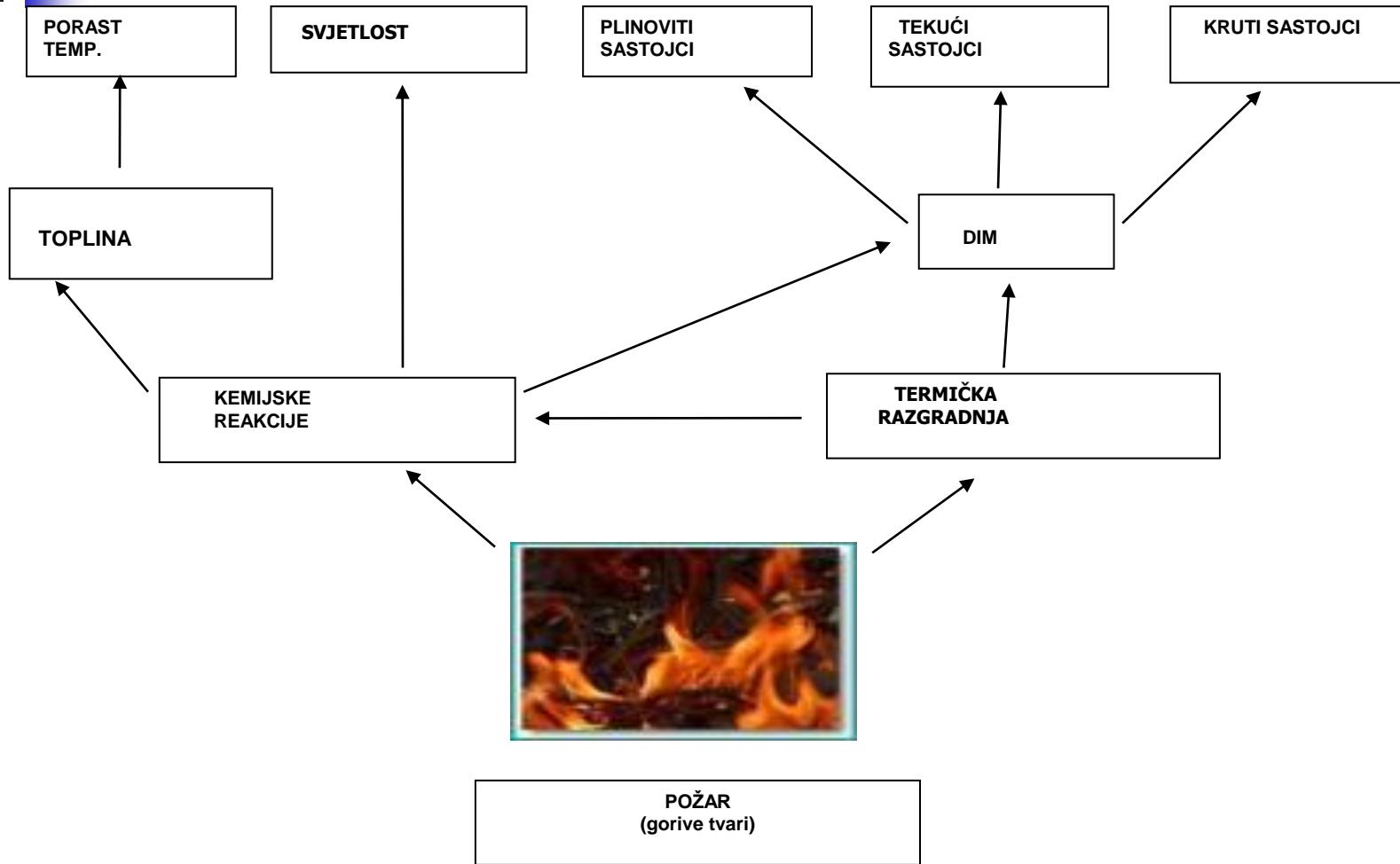


Opasnosti	Izvori paljenja zapaljivost Paljenje	Širenje plamena Oslobađanje topline	Penetracija požara
	Dim, iritacija, otrovnost, korozivnost		

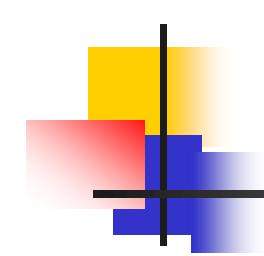
# RAZVOJ POŽARA



# RAZVOJ POŽARA



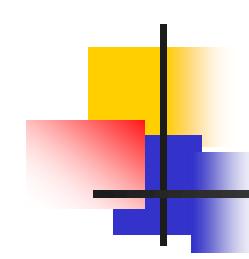




# FLASHOVER

---

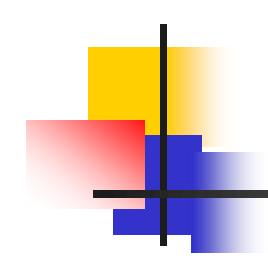
- Nagli napredak požara
  - Termin "**flashover**" bi se mogao definirati na sljedeći način:
    - "U požarnom sektoru požar može ući u fazu u kojoj ukupna toplinska energija od radijacije nastala u požaru, vrući plinovi i vruće stjenke požarnog sektora uzrokuju nastanak zapaljivih produkata pirolizi izloženih površina unutar sektora.
    - Uz postojeći izvor paljenja, situacija će rezultirati iznenadnim i naglim prijelazom rastućeg požara u potpuno razvijeni požar".
-



# FLASHOVER

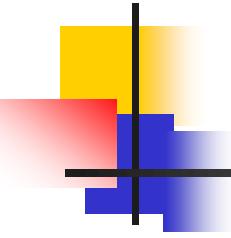
---

- Ta definicija u osnovi znači: kako se požar u sektoru razvija, tako se nastali požarni plinovi skupljaju pod stropom.
  - Temperatura u sektoru rast će zbog:
    - toplinskog zračenja nastalog samim gorenjem,
    - toplinskog zračenja nastalog unutar granica požarnog sektora (minimalna temperatura treba biti  $600^{\circ}\text{C}$ ).
-



# FLASHOVER

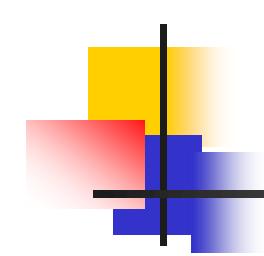
- Dvije trećine nastale topline zračenjem bit će zadržano i usmjерeno od stropa (neutralne površine) prema dolje, uz povećan nastanak požarnih plinova kao rezultat pirolize. Tada nastaje kritičan trenutak kada se sav gorivi materijal i svi plinovi nastali pirolizom odjednom upale. Upravo taj opisani trenutak nazivamo flashoverom.
- Dogodi li se da je dotok zraka u požarni sektor prevelik, prostor se hlađi i ne može doseći potrebnih  $600^{\circ}\text{C}$ . Isto vrijedi i za slučaj kad u sektor ne doći dovoljno zraka, intenzitet gorenja će biti nizak te zbog toga temperatura opada.



# FLASHOVER

---

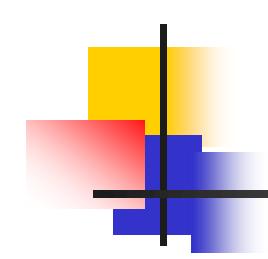
- Znaci nastupajućeg flashovera:
    - vruć, dinamičan i taman dim koji izlazi iz prostorije i proplamsavanje u visini stropa (plameni jezičci u dimu),
    - povećana stopa pirolize,
    - upadljivo nagli porast temperature, kojeg vatrogasci mogu osjetiti i preko zaštitne odjeće.
-



# FLASHOVER

---

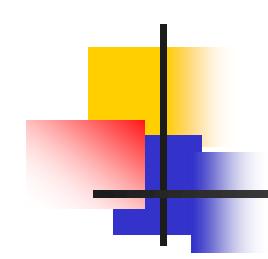
- Flashover se može sprječiti:
  - odimljavanjem
  - a zatim ubacivanjem vode na žarište požara.
- Odimljavanje je poželjno izvesti neposredno iznad žarišta požara kako bi se na taj način onemogućilo širenje dima prostorom.



# FLASHOVER

---

- Drugi način sprječavanja jest:
    - primjena ubacivanja vode na mjesto požara ili
    - usmjeravanjem vodene magle izravno u vruće požarne plinove.
      - Sitne kapljice vode će ishlapiti u vrućim požarnim plinovima, ohladiti će ih na temperaturu nižu od njihove temperature paljenja i razrijediti će njihovu zapaljivu smjesu.
-

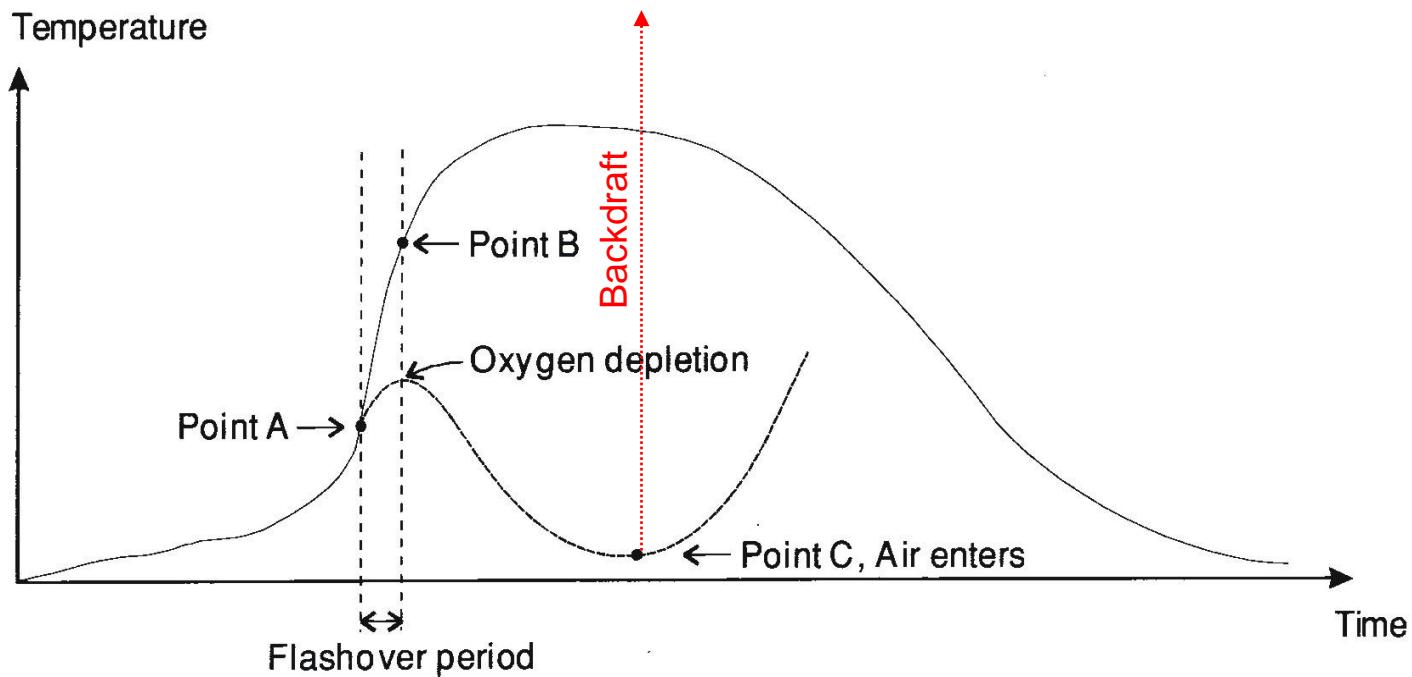


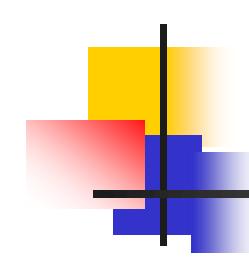
# BACKDRAUGHT

---

- Iznenadno sagorijevanje, koje se kreće poput vala kroz prostor prema van.
  - Ograničena ventilacija može rezultirati značajnjom koncentracijom smjese produkata djelomičnog izgaranja i nesagorjelih produkata pirolize.
  - Pri prodoru novih količina svježeg zraka, kada se tijekom akcije gašenja požara uđe u požarni sektor gdje se stvorila ova smjesa produkata, može doći do njenog iznenadnog sagorijevanja.
-

# BACKDRAUGHT



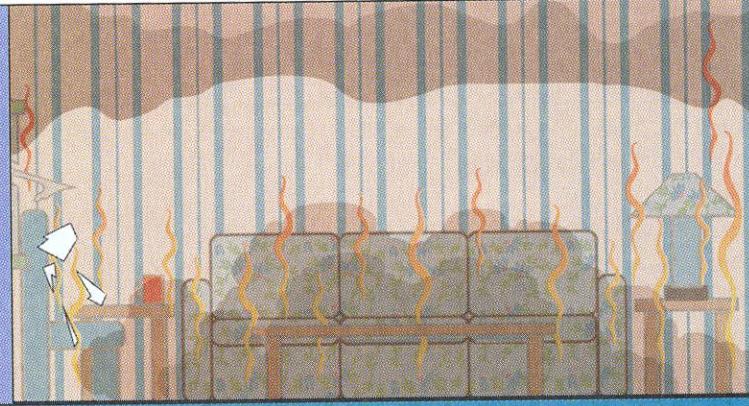


# Odgodeni backdraught

- U slučaju tinjajućeg i u prostoru duboko pozicioniranog požara, ako su k tome vrata prema požaru otvorena, ulazak zraka u okolinu u kojoj manjka kisika mijenja eksplozivnu granicu od prezasićene mješavine plinova ka idealnoj mješavini, ne izazivajući backdraught.
  - Odgođeni backdraught se događa u slučaju kada se pougljenjeni sloj tinjajućeg požara uskomeša, ili ga se vatrogasnom cijevi razgrne, i u slučajevima kada se pomakne nagorjelo pokućstvo i time otkrije izvor paljenja.
-

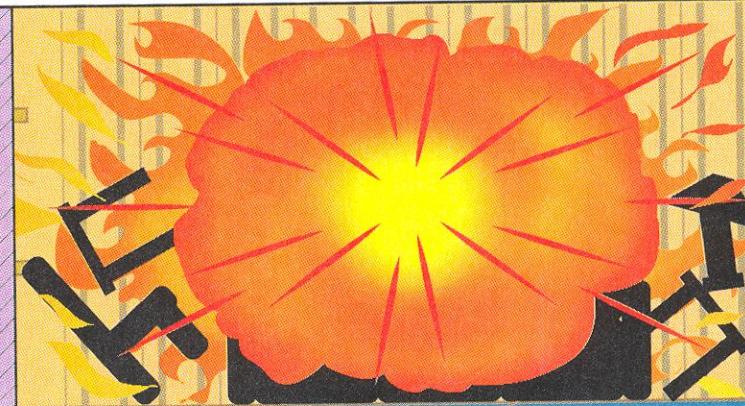
# BACKDRAUGHT

- visoke temperature
- tinjajuće gojenje
- visoka koncentracija zapaljivih plinova
- niska koncentracija kisika

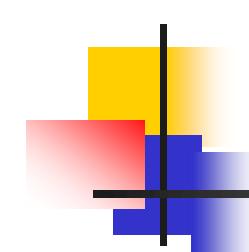


*uvjeti za nastanak backdrafta*

- naglim uvođenjem kisika dolazi do eksplozije

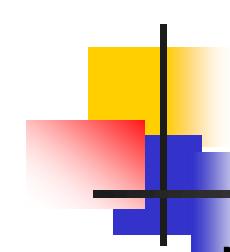


*backdraft*



# PIROLIZA DRVA

- Suha destilacija drva zvana također pougljenjivanje drva je kemijski proces u kojem se drvo bez pristupa zraka podvrgava pirogenoj reakciji, tj. reakciji razgradnje na visokoj temperaturi. Pri tom niz kemijskih spojeva izlazi u plinovitom i parovitom stanju, a u čvrstom stanju zaostaje drveni ugljen.
  - Pirolizom 100 kg drva s oko 20% vlage nastaje:
    - ~ 29 kg drvenog ugljena,
    - ~ 45 kg sirovog drvenog octa (bez katrana) i
    - ~ 18 kg plina.
  - Sirovi drveni ocat pored vode sadrži:
    - 10% niskomolekularnih hlapljivih masnih kiselina,
    - 3% drvenog špirit i
    - 7% otopljenih katranskih ulja .
-



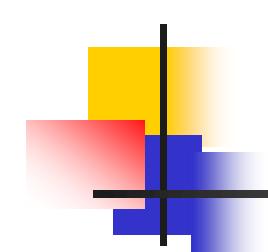
# PIROLIZA DRVA

---

- Niskomolekularne hlapljive masne kiseline sastoje se:
  - od octene kiseline,
  - mravlje kiseline i
  - viših homologa octene kiseline (maslačna, propionska, krotonska kiselina i dr.)
  
- Drveni špirit sastoji se od:
  - acetaldehida,
  - acetona,
  - metilaceteta,
  - alil i propil alkohola,
  - metilalkohola,
  - raznih aldehida i ketona.

.

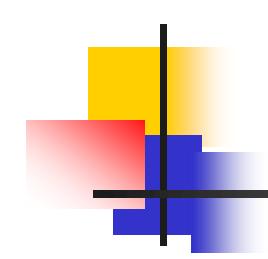
---



# PIROLIZA DRVA

---

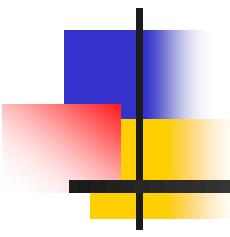
- Pirolizom drva na ~ 400°C nastaje:
    - ~ 20% plinova, ili
    - 12,5 m<sup>3</sup>/kg drva.
  - Kemijski sastav (po volumenu) je ovaj:
    - CO 34%,
    - H<sub>2</sub> 2%,
    - CH<sub>4</sub> 10%,
    - C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 2%,
    - CO<sub>2</sub> 50%.
  - Toplina sagorjevanja 2130 kcal/kg.
-



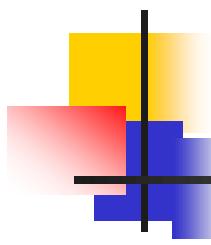
# BLEVE

---

- Eksplozija ekspandirajućih para kipuće tekućine (**B**oiling **L**iquid **E**xpanding **V**apour **E**xplosion ili BLEVE) javlja se kada dođe do požara spremnika s ukapljenim naftnim plinom.
  - BLEVE se može pojaviti kada plamen pregrijava i oslabi stjenke spremnika, naročito u dijelu iznad uskladištene tekućine gdje je hlađenje manje učinkovito. U jednom momentu oslabljeni spremnik ne može izdržati unutarnji tlak i spremnik eksplodira, stvarajući fragmente koji se razlijeću na razne strane.
-



# POŽARNE ZNAČAJKE

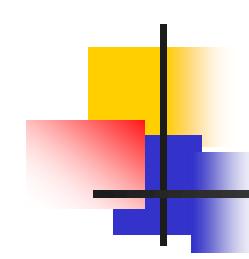


# POŽARNE ZNAČAJKE

---

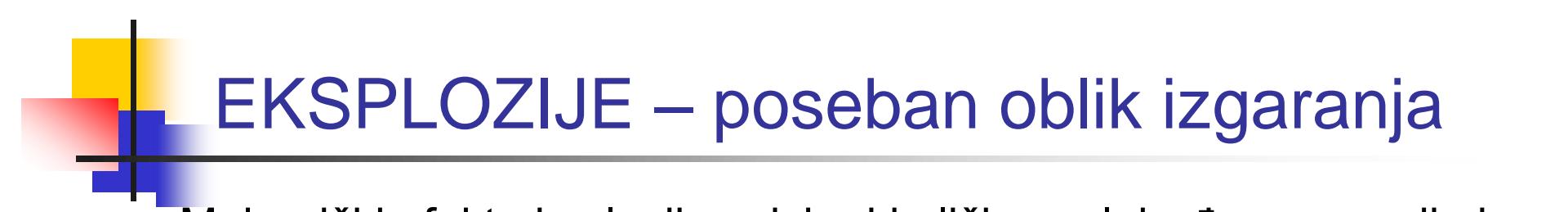
- DIM
  - EKSPLOZIJA
  - SAMOZAPALJENJE
-

- Pored topline koja se stvara u uvjetima gorenja – požara i koja dovodi do povišenja temperature, bitan parametar koji prati svaki požar je dim.
- Dim najčešće predstavlja disperzni sustav u kojem njegovu disperznu fazu čine čestice čvrste tvari i sitne kapi kondenzirane tekućine a ostalo su plinovite i parne komponente. U sastavu produkta sagorijevanja najčešće ima otrovnih tvari, pored toga ima i tvari s izraženim korozivnim svojstvima.
- Dim također apsorbira svjetlost što dovodi do smanjenja vidljivosti. Kako je dim zagrijan na visoku temperaturu on može da dovede do proširenja požara ako na svom putu najde na zapaljive tvari – materijale.



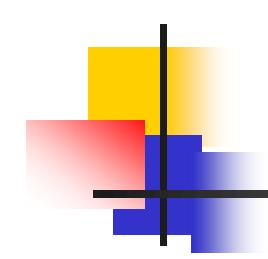
# EKSPLOZIJE – poseban oblik izgaranja

- Pored količine toplinske energije, koja se oslobodi pri sagorijevanju, značajan je čimbenik i brzina kojom se obavlja sagorijevanje.
  - Ako je oslobođanje energije raspoređeno na duži vremenski period, takav proces se naziva oksidacija ili gorenje. Ako je, međutim, proces oslobođanja toplinske energije vrlo brz, proces poprima karakter eksplozije.
  - Za svaku eksploziju karakteristična je pojava plina pod tlakom koji je veći od tlaka okoline. Značaj tlaka i temperature u kemijskim eksplozijama (razlika od eksplozije parnog kotla) može se zorno prikazati ako se ima u vidu činjenica da se brzina kemijske reakcije povećava u prosjeku 2 do 4 puta s povišenjem temperature za svakih  $10^{\circ}\text{C}$  i da se s povećanjem tlaka od 1 na 1000 bara može povećati brzina kemijske reakcije u plinskoj fazi i za 106 puta.
-



# EKSPLOZIJE – poseban oblik izgaranja

- Mehanički efekt eksplozije ovisi od količine oslobođene energije i zapremine oslobođenih plinovitih produkata.
- Zapaljivi plinovi i pare zapaljivih tekućina mogu u smjesi sa zrakom stvoriti opasnost za nastanak eksplozije. Nisu sve smjese zapaljivih plinova i para sa zrakom eksplozivne.
  - **DGE** (donja granica eksplozivnosti) - najniža koncentracija plina (pare) zapaljivih tvari u smjesi sa zrakom koja još može eksplodirati uz otvoreni izvor paljenja.
  - **GGE** (gornja granica eksplozivnosti) - najveća koncentracija plina (pare) zapaljivih tvari u smjesi sa zrakom koja još može eksplodirati uz otvoreni izvor paljenja.
  - **PE** (područje eksplozivnosti) – sve koncentracije između DGE i GGE



# EKSPLOZIJE – poseban oblik izgaranja

- Treba napomenuti da pored zapaljivih plinova i para zapaljivih tekućina eksplodirati mogu još i prašine organskog porijekla (brašno, šećer, piljevina, plastične mase, žitarice) kao i prašine lakih metala Al, Mg.
- Opasnije su tvari čije je DGE niži, a PE šire.
- **SK** (stehiometrijska koncentracija) – idealni omjer plina/pare sa zrakom gdje je eksplozija najjača.

# Mogućnost nastanka eksplozivne koncentracije uzvitlane prašine

Donja odnosno gornja granica eksplozivnosti za prašine izražava se u g/m<sup>3</sup>.

$$d \cdot I \cdot F$$

$$CDGE = \frac{d \cdot I \cdot F}{V} \quad [g/m^3]$$

d – nasipna težina staložene prašine [g/cm<sup>2</sup>]

I – debljina sloja prašine [cm]

F – površina sloja prašine [cm<sup>2</sup>]

V – volumen prostora u kojem je prisutna  
uzvitlana prašina [m<sup>3</sup>]

Primjer: Izračunajte da li će uskovitlanjem prašine koja je staložena na površini 5 m<sup>2</sup> (50.000 cm<sup>2</sup>) u sloju od 2 mm (0,2 cm) nastati eksplozivna koncentracija te prašine uz pretpostavke:

nasipna težina prašine 0,2 g/cm<sup>3</sup>

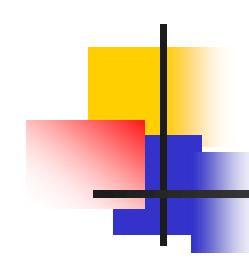
volumen prostora gdje se ta prašina uskovitlala je 100 m<sup>3</sup>

DGE te prašine je 45 g/m<sup>3</sup>

$$d \cdot I \cdot F \quad 0,2 \cdot 0,2 \cdot 50000$$

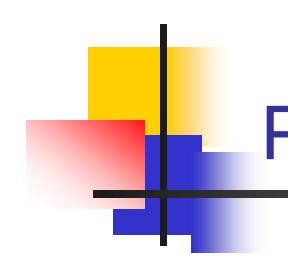
$$CDGE = \frac{d \cdot I \cdot F}{V} = \frac{0,2 \cdot 0,2 \cdot 50000}{100} = 20 \text{ g/m}^3$$

20 < 45 - ne bi došlo do eksplozije jer nije postignuta DGE.



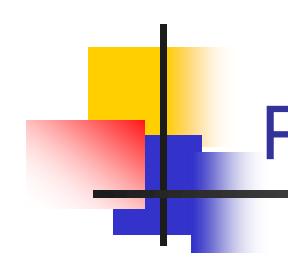
# POŽARNE ZNAČAJKE TVARI

- Ocjena vatrootpornosti neke tvari ovisi o vrijednostima razlicitih osobina određene tvari. Te osobine prvenstveno ovise o agregatnom stanju tvari.
- Najvažniji pokazatelji opasnosti su za :
  - *Plinovite zapaljive tvari*
    - Temperatura paljenja (T1 – T6 određuje temperaturne razrede)
    - Granice eksplozivnosti (DGE, GGE)
    - Područje eksplozivnosti (PE široko ili usko)



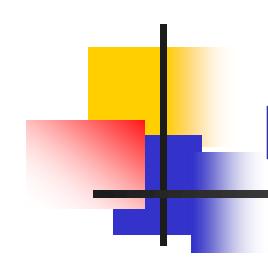
## POŽARNE ZNAČAJKE TVARI

- Minimalna energija paljenja - količina toplinskog impulsa koja može dovesti do zapaljenja neke tvari (najmanja količina topline koju goriva tvar mora apsorbirati od izvora paljenja – uzročnika paljenja da bi došlo do njenog paljenja i gorenja)



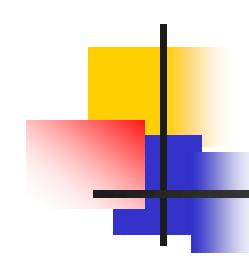
## POŽARNE ZNAČAJKE TVARI

- Minimalno eksplozivni sadržaj kisika - najniža koncentracija kisika u smjesi para ili plina sa zrakom koja još uvijek prihvata gorenje ili eksploziju u vol %.
  - Brzina izgaranja - količina tvari koja izgori u jedinici vremena na jedinicu površine  
 $m^3/m^2\text{min}$  ( $m^3/m^2\text{h}$ )
-



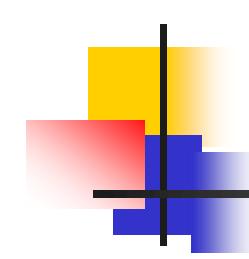
# POŽARNE ZNAČAJKE TVARI

- Vrelište - temperatura pri kojoj tlak para tekućine dostigne vrijednost tlaka okoline (stvaraju se pare unutar tekućine i izlaze u obliku mjeđurića)
- Prema plamištu i vrelištu zapaljive tekućine dijele se na 3 skupine i poskupine:
  - **I - Skupina zapaljivih tekućina – tekućine s plamištem do 38°C**
    - IA – plamište niže od 23°C, a vrelište ispod 38°C
    - IB – plamište niže od 23°C, a vrelište iznad 38°C
    - IC – plamište od 23°C do 38°C
  - **II - Skupina zapaljivih tekućina s plamištem od 38°C do 60°C**
  - **III - Skupina zapaljivih tekućina dijeli se u podskupine**
    - III.A – plamište od 60°C do 93°C
    - III.B – plamište više od 93°C ali ne više od 100°C



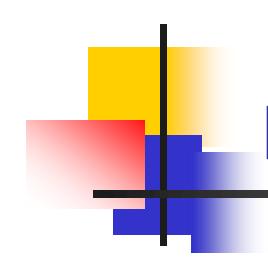
# POŽARNE ZNAČAJKE TVARI

- *Temperatura pripaljiva* (prinudnog ili inicijalnog paljenja) – je najniža temperatura na kojoj se vanjskim izvorom paljenja mogu inicirati procesi samostalnog gorenja neke gorive tvari. Temperatura vanjskog izvora je u principu znatno viša od temperature samopaljenja.
- *Temperatura samopaljiva* (spontanog ili toplinskog paljenja) – je najniža temperatura zagrijavanog gorivog sistema kod koje je brzina egzoternih reakcija najveća, tj. najniža temperatura kod koje se gorivi sistem zapali uslijed zagrijavanja cijelog gorivog sistema ili uslijed samozagrijavanja samooksidacijom i drugim egzoternim reakcijama koje se odvijaju unutar gorivog sistema. Ova temperatura ujedno predstavlja i graničnu temperaturu ispod koje je, u normalnim uvjetima, rad s kemikalijama i drugim gorivim tvarima u smislu njihove zapaljivosti, gorivosti i eksplozivnosti siguran.



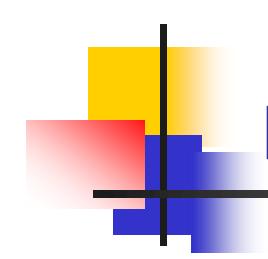
## POŽARNE ZNAČAJKE TVARI

- *Temperatura gorenja* – je najniža temperatura gorive tvari na kojoj se iznad njene površine oslobađaju gorive pare ili plinovi takvom brzinom da nakon njihova zapaljenja tvar nastavlja samostalno gorjeti.
  - *Temperatura plamista* – je najniža temperatura gorive tekućine na kojoj se iznad njene površine stvaraju dovoljne količine pare koje se kratkotrajnim djelovanjem vanjskog izvora paljenja mogu zapaliti.
  - *Temperatura plamena* – je maksimalna temperatura koju dostižu produkti sagorijevanja u zoni intenzivnih reakcija.
-



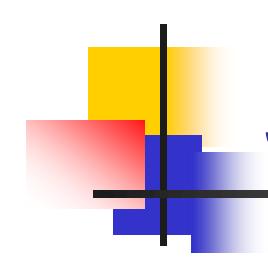
## POŽARNE ZNAČAJKE TVARI

- *Temperatura samozagrijava* – je najniža temperatura na kojoj se u gorivoj tvari iniciraju različiti egzotermni procesi koji mogu izazvati samozapaljenje.
- *Temperatura samozapljava* – je najniža temperatura gorive tvari na kojoj u standardnim uvjetima mjerjenja dolazi do naglog povećanja brzine egzoternih reakcija, koje uzrokuju tinjanje, plamćenje i žarenje.



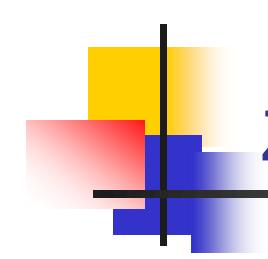
## POŽARNE ZNAČAJKE TVARI

- *Temperatura tinjanja* – je kritična temperatura usitnjene čvrste gorive tvari pri kojoj se naglo povećava brzina procesa oksidacije i dolazi do pojave tinjanja.
  - *Temperatura dimljenja* – je najniža temperatura na kojoj se iznad površine masti ili ulja najprije pojavi dim. Ova temperatura se daje isključivo kao podatak za masti i ulja i služi za određivanje termičke stabilnosti masti i ulja pri zagrijavanju na zraku.
-



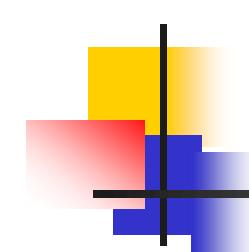
# SAMOZAPALJENJE

- Zagrijavanjem krutih tvari do njihove temperature samozagrijavanja može rezultirati njihovim zapaljenjem. Neke tvari imaju vrlo nisku temperaturu samozagrijavanja koja može biti niža i od sobne temperature ( $25^{\circ}$ ).
  - S tvarima koje imaju svojstvo samozagrijavanja mora se voditi velika pažnja pri prijevozu, skladištenju, uporabi jer nakon samozagrijavanja može doći do samozapaljenja.
-



# ZAPALJENJE TVARI KEMIJSKOM REAKCIJOM

- Neke tvari mogu se zapaliti u kontaktu s vodom, oksidansom ili sa zrakom.
- U grupu tvari koje mogu dovesti do zapaljenja u kontaktu s vodom su slijedeće:
  - zemnoalkalni metali (Na, K, Rb, Cs)
  - karbidi alkalnih i zemnoalkalnih metala (kalcijev karbid)
  - hidridi alkalnih i zemnoalkalnih metala
  - silani (spojevi silicija s metalima)
  - živo vapno (CaO)
  - hidrosulfid natrija

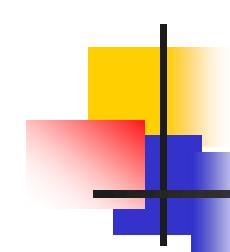


## ZAPALJENJE TVARI KEMIJSKOM REAKCIJOM

- *Reakcija alkalnih metala s vodom*

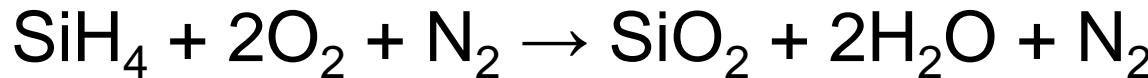
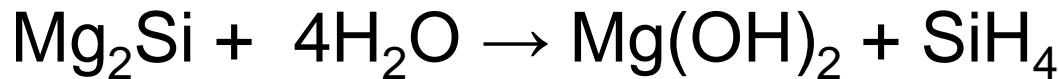


- nastali plin vodik se zapali i gori istovremeno s metalom, ako je metal iznad vode.
- Ove reakcije često završe eksplozijom pri čemu postoji opasnost od razbacivanja rastaljenog metala.

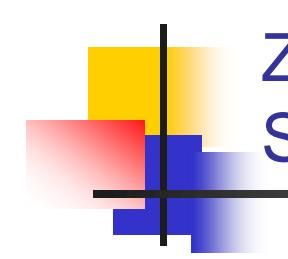


## ZAPALJENJE TVARI KEMIJSKOM REAKCIJOM

- Reakcijom silana (spojevi silicija s metalima:  $Mg_2Si$ ,  $Fe_2Si$ ) s vodom nastaje lužina metala i silikovodik (samoupala).

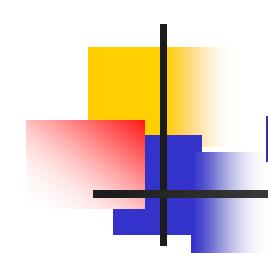


- Neke tvari kao peroksidi metala reagiraju s vodom.
  - U reakciji ne nastaje zapaljiv plin, ali nastaje toplina koja može zapaliti prisutne zapaljive tvari.
  - Živo vapno ( $CaO$ ) reagira s vodom pri čemu se oslobađa toplina koja može izazvati žarenje i zapaliti prisutne zapaljive tvari.
-



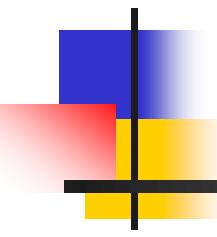
## ZAPALJENJE TVARI SAMOUPALOM U KONTAKTU S OKSIDANSIMA

- Komprimirani kisik može izazvati zapaljenje mineralnih ulja i masti.
  - Halogeni elementi (Cl, F, Br, I) mogu vrlo burno reagirati s nekim zapaljivim tvarima.
  - Acetilen, metan, etilen i sl. u smjesi s klorom mogu se zapaliti i bez topline uz prisustvo intenzivne svjetlosti.
-

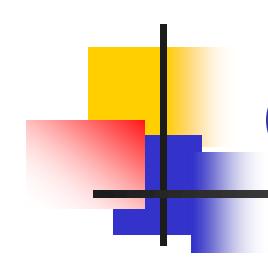


## IZVORI PALJENJA I NJIHOVE TEMPERATURE

<b>IZVOR PALJENJA</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>
Otvoreni plamen	1000 – 1100
Opušak do	650
Mehanička iskra (brušenje) do	1800
Plinsko zavarivanje (acetilen i kisik)	3000
Iskra kod elektrozavarivanja do	3600

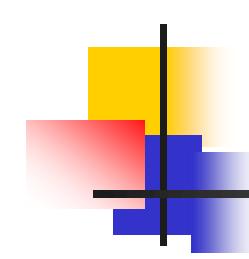


GAŠENJE



# GAŠENJE

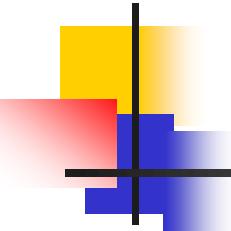
- Proces u kojemu se pomoću sredstva za gašenje iz požara oduzima jedan ili više uvjeta potrebnih za gorenje.
- Sredstvo za gašenje - tvari kojima se postiže gašenje.
- Najčešća sredstva za gašenje:
  - Voda,
  - pjena,
  - prah,
  - CO<sub>2</sub>,
  - dušik,
  - vodena para,
  - haloni,
  - zamjenski haloni.



# GAŠENJE

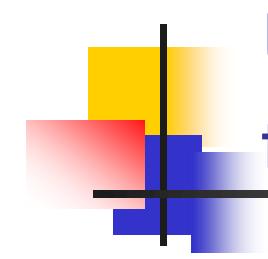
---

- Svako sredstvo ima efekte i podefekte koji pridonose njegovoj sposobnosti gašenja.
  - **GLAVNI UČINCI (EFEKTI) GAŠENJA**
    - Prekidanje ili oduzimanje gorive tvari,
    - Ugušivanje požara tj. izoliranjem gorive tvari od okolnog zraka,
    - Ohlađivanjem ispod temperature gorenja,
    - Antikatalitički efekt na plamen,
-



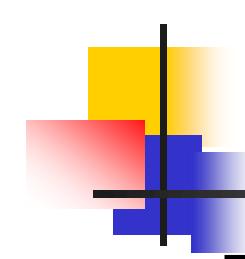
# Prekidanje ili oduzimanje gorive tvari

- Požar se može ugasiti tako da spriječimo dotok gorive tvari ili oduzmemo gorivu tvar zoni izgaranja.
- Ovaj način gašenja u praksi se rijetko rabi jer je za to potrebno mnogo vremena i gasitelj se izlaže velikom riziku.
- Na primjer, gašenje požara naftne bušotine kada se udarom zračnog vala nastalog od aktiviranja eksploziva otpuhuje plamen, odnosno prekida dotok plina i nafte u zonu gorenja.
- Također, gašenje požara zatvaranjem ventila na cjevovodu gorivih plinova ili tekućina, ili uklanjanje pokućstva iz zgrade u kojoj je požar.



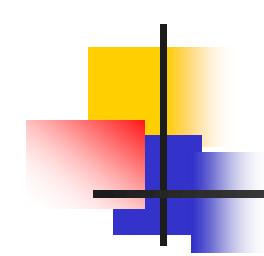
# Ugušivanje požara tj. izoliranjem gorive tvari od okolnog zraka

- Glavni učinak gašenja požara ugušivanjem djeluje na način da sredstvo za gašenje u obliku lebdećeg ili plutajućeg oblaka plina, pare, pjene, magle ili prašine omotava i prodire u gorivu tvar ili je prekriva. Na taj način u potpunosti ili djelomično sprječava (reducira) dolazak kisika gorivoj tvari.
- Ugušivanjem se na mogu gasiti požari onih tvari koje u svom sastavu imaju kisik potreban za gorenje (npr. barut, eksplozivi, organski peroksidi)



# Ugušivanje požara tj. izoliranjem gorive tvari od okolnog zraka

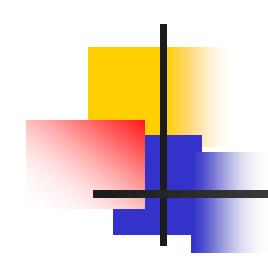
- Podučinci gašenja ugušivanjem su:
  - istiskivanje: istiskivanje zraka ubacivanjem CO<sub>2</sub>, dušika, vodene pare
  - odvajanje: odvajanje parne faze od tekuće faze ta plinske i parne faze od krute faze
  - prekrivanje: kompaktni sloj sredstva za gašenje (pjena) prekriva gorivu tvar i sprječava ekspanziju para i plinova gorive tvari koje se još neko vrijeme stvaraju pod utjecajem topline,
  - emulgiranje: nastaje kada sredstvo za gašenje s gorivim tvarima stvara emulziju, npr. pri gašenju ulja s vodom uz turbulentno miješanje voda preuzima funkciju emulgatora. Negorivi sloj emulzije je pjenušav



# Hlađenje

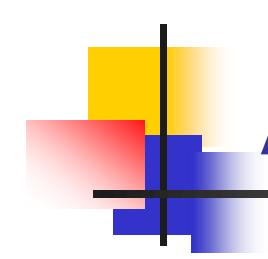
---

- Gorenje tvari će prestati kada joj se temperatura snizi ispod temperature gorenja (samopaljenja).
  - Učinak gašenja požara ohlađivanjem rabi se kod gašenja požara krutih tvari, kod sprječavanja širenja požara i hlađenja posuda koje su zahvaćene vatrom.
  - Npr. hlađenje vodom (dolazi do isparavanja)  
 $\Delta H_{H_2O} = 2250 \text{ kJ/kg}$  (latentna toplina).
-



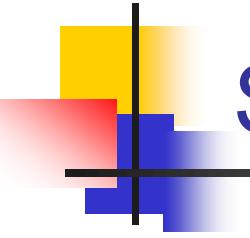
# Hlađenje

- Podučinci gašenja hlađenjem su:
  - *isparavanje*
  - *sublimacija (CO<sub>2</sub>)*
  - *izjednačavanje (miješanje tekućina)*
  - *razlaganje (piroliza)*
  - *termičko izoliranje (uvođenje sredstva za gašenje u struju zapaljenog plina).*



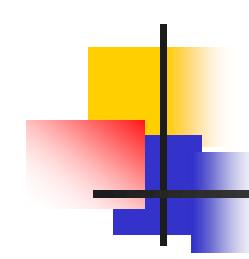
# Antikatalički učinak

- Nastaje kada sredstvo za gašenje ili njegovi produkti termičkog razlaganja unutar plamena djeluju kao negativni katalizatori (antikatalizatori).
  - Na taj način smanjuje se afinitet aktivnih čestica (radikala - produkta razlaganja gorivih tvari) plinova i para ka kisiku.
  - Haloni odnosno prah u požaru stvaraju aktivne radikale koji se brže od kisikovih radikala vežu na radikaliske reakcijske lance gorive tvari kao završni (blokirajući) dijelovi.
-



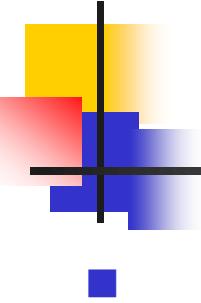
# SREDSTVA ZA GAŠENJE

- VODA
  - PJENE
  - UGLJIČNI DIOKSID, CO<sub>2</sub>
  - HALONI
  - PRAH
  - RETARDANTI
  - SUPRESANTI
-



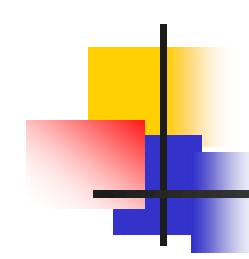
# SREDSTVA ZA GAŠENJE

- Sredstva za gašenje su kemijske tvari, koje gase požar jednim od nabrojanih efekata. Ona mogu biti u sva tri agregatna stanja (plinovita, tekuća ili kruta).
- Prema vrsti tvari koje su obuhvaćene požarom napravljena je klasifikacija požara odnosno navedena su sredstva za gašenje požara klase:
  - **A** (požar krutih tvari – drvo, papir, slama plastika, tekstil, ugljen): voda, prah, pjena, haloni, pijesak;
  - **B** (požari zapaljivih tekućina – benzin, ulja, masti, lakovi, vosak, smole, katran): pjena, prah, haloni, CO<sub>2</sub>, voda;
  - **C** (požari zapaljivih plinova – metan, acetilen, propan, butan): prah, haloni;
  - **D** (požari zapaljivih metala – aluminij, magnezij, natrij, kalij): specijalne vrste praha, pijesak.
  - **F** (požari ulja i masti) – specijalno sredstvo



## Brandklassen Symbole

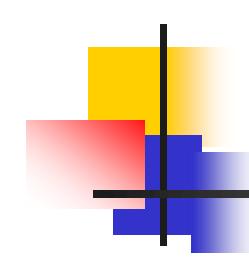




# VODA

---

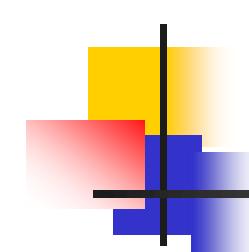
- glavni učinak gašenja je ohlađivanje, a podučinci su isparavanje i izjednačavanje temperature.
  - Karakteristike vode:
    - Temperatura ledišta 273 K ( $0^{\circ}\text{C}$ )
    - Temp. Vrelišta 373 K ( $100^{\circ}\text{C}$ )
    - Gustoća ( $4^{\circ}\text{C}$ ) 1 kg/l
    - Površinska napetost 72,5 din/cm
    - Latentna toplina isparavanja  $L_t$   $100^{\circ}\text{C} \rightarrow L_t$   $100^{\circ}\text{C}$  pare  $\rightarrow 2250 \text{ kJ/kg}$
    - Specifična toplina  $C = 1 \times 4,18 \text{ cal} = 4,18 \text{ kJ/kg}$
    - Volumen leda prema vol. tekućine 110 %
-



# VODA

---

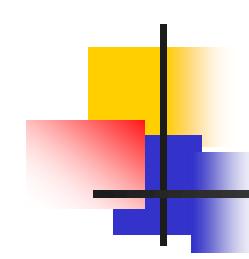
- Toplinska disocijacija na vodik i kisik pri:
    - 1000K – 0,00003%
    - 1800K – 0,199 %
    - 2200K – 1,42%
    - 2400K – 2,92%
  - Električna provodljivost (Siemens/m)
    - Čista – 0,05 S/m
    - Destilirana – 50 S/m
    - Pitka – 270 – 1200 S/m
    - Morska – 12500 – 62800 S/m
-



# VODA

- Voda se koristi kod slijedećih požara:
  - prirodni materijali celulozne građe /drvo, slama, pamuk)
  - mazut, zapaljive tekućine s plamištem > 80°C – raspršeni mlaz
  - industrijski objekti ako nema tvari koje opasno reagiraju s vodom (vodoreaktanti)
  - stanovi, uredi, trgovine
  - šumski požari
  - požari na plovilima i vozilima
  - za hlađenje spremnika (plinova, zapaljivih tekućina)

- Prednosti vode:
    - rasprostranjenost, ekonomičnost
    - relativno laka doprema
    - kemijska stabilnost
    - visoka specifična toplina
    - mogućnost miješanja s retardantima
-



# VODA

---

- Nedostaci vode:

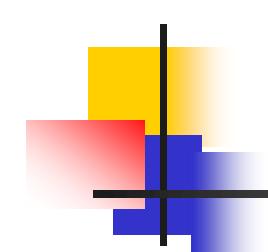
- neefikasno gasi tekućine s plamištem  $< 80^{\circ}\text{C}$
  - opasnost gašenja vodoreaktanta
  - opasnost gašenja rahlih tvari  $\rightarrow$  urušavanje
  - opasnost gašenja praškastih tvari  $\rightarrow$  eksplozija
  - opasnost od nastajanja plina praskavca ( $\text{O}_2 + \text{H}_2$ ) kod uporabe vode pri visokim temperaturama (laki metali), dimnjak (1L vode  $\rightarrow$  1700 L pare)
  - opasnost od izbacivanja sadržaja iz posuda
  - poteškoće pri gašenju kod temperatura zraka  $< 0^{\circ}\text{C}$
  - značajna materijalna šteta na objektu kod uporabe punog mlaza
-



# Primjena vode

u obliku :

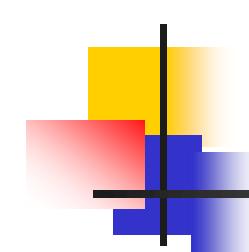
- *punog mlaza:*
  - Puni mlaz vode koristi se za gašenje požara na daljinu u zgradama, na otvorenom prostoru, te za hlađenje plašta spremnika sa zapaljivom tekućinom ili plinovima. Puni mlaz vode ne smije se koristiti za gašenje praškastih tvari jer se može stvoriti oblak prašine koji je eksplozivan.
- *raspršene vode:*
  - Raspršena voda se rabi onda kada se može prići bliže požaru i s manjim utroškom vode kontrolirati požar. Najčešće se rabi za gašenje suhih tvari koji gore žarom, specifički težih ugljikovodika (prije nego se zagriju na temperaturu iznad 100°C – zbog opasnosti od vrenja vode i izbacivanja sadržaja u okoliš



# Primjena vode

---

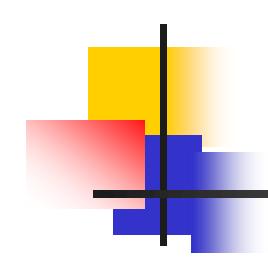
- *vodene magle:*
    - Prosječna veličina čestica vode leži u području koloidnog reda veličina. Vodena magla ima veliki ohlađujući učinak, ali se s njom ne može se gasiti na daljinu.
  - *vodene pare:*
    - Najviše se koristi za gašenje požara u pećima, sušionicima. Djeluju kao inertni pliin te smanjuje količinu kisika u zraku – djeluju ugušujući.
-



# PJENA

---

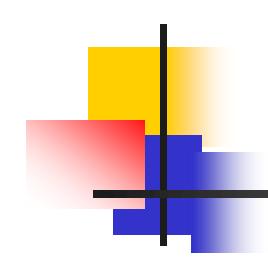
- Pjena se dobiva miješanjem vode i pjenila i upuhivanjem zraka. To je nestabilna masa sastavljena od bezbroj veoma sitnih mjehurića koji su ispunjeni zrakom ili uglikovim dioksidom.
  - Postoji dvije vrste pjena i to:
    - Kemijska
    - Zračna ili mehanička pjena
-



# Kemijska pjena

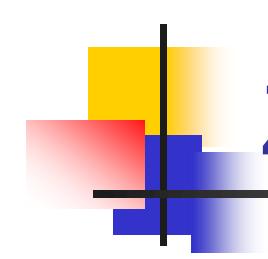
---

- *Kemijska pjena je emulzija nekog plina u vodi kojoj je dodan emulgator (sredstvo za stvaranje pjene).*
  - Za proizvodnju kemijske pjene rabio se  $\text{CO}_2$ , a emulgator je bio ekstrakt biljnog (slatki kesten) ili životinjskog porijekla (bjelančevine - krv, rogovi, papci) ili sintetskog porijekla.



# Kemijska pjena

- Ugljikov dioksid se sintetizirao kemijskom reakcijom sode bikarbune i aluminijevog sulfata.
$$6\text{NaHCO}_3 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 6\text{CO}_2$$
- Dobiveni natrijev sulfat i aluminijev hidroksid daju blago retardirajuće značajke na zapaljivost gorive tvari. Smjesi za dobivanje kemijske pjene dodaju se i dodaci kao što su pektini (poboljšavaju prijanjanje i postojanost pjene), metilceluloza (poboljšavaju stabilnost pjene). Kemijsku pjenu možemo proizvoditi u ručnim i prijevoznim vatrogasnim aparatima



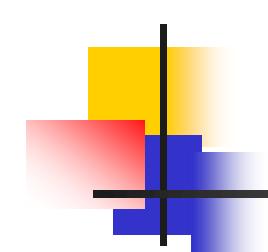
# Zračna ili mehanička pjena

- Zračna pjena je mješavina zraka i vode u kojoj je otopljeno pjenilo (emulgator). Mehanička pjena sastoji se od vode, pjenila i zraka. Dobiva se ubacivanjem zraka u vodenu otopinu sa sredstvima za opjenjivanje. Količina ubačenog zraka može se regulirati pa se dobiva laka, srednja ili teška pjena.
- Pjena:
  - voda – 91% ili više
  - pjenilo – 2 ili 3 do 6 ili 9%
  - zrak

**Ekspanzija** – stupanj opjenjenja (odnos volumena pjene i volumena otopine)

- Teška pjena – do 20
- Srednje teška – 20-200
- Laka – 200 – 1500

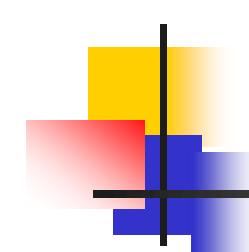
$$E = \frac{V_{pjene}}{V_{otopine}}$$



# PJENILA

---

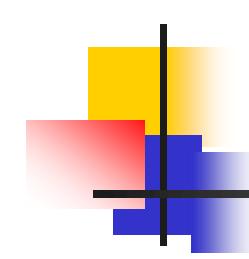
- Pjenilo : prirodno i sintetsko
  - *Proteinska pjenila* – aminokiseline koje nastaju hidrolizom prirodnih sirovina koje sadrže proteine (koža, rogovi, kopita).
    - Aminokiseline su vezane tzv. peptidnom vezom, koja je specifična za sve bjelančevine.
    - Ova pjenila tamne su boje i neugodna mirisa. Rabe se za dobivanje teške pjene.
    - Točka ledišta je -15°C.
    - Nazivi proteinskog pjenila su Tutogen, Nicerol, Foamin – P.
-



# PJENILA

---

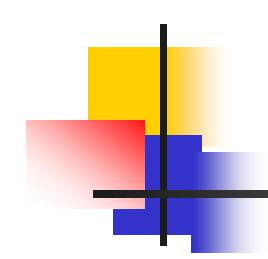
- *Fluorproteinska pjenila* – modificirani proteini s posebnim fluoriranim, površinski aktivnim tvarima.
    - Otporna su na toplinu/plamen i na štetan utjecaj zagadživanja naftnim derivatima. Temperatura ledišta -10°C.
    - Nazivi fluorproteinskog pjenila su Fluoro P6, Apirol FX, Tutogen FP, FP – 6%.
-



# PJENILA

---

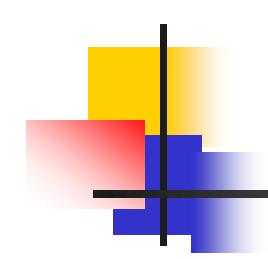
- *Sintetičko obično pjenilo (S)* – površinski aktivne tvari s dodatkom stabilizirajućih tvari.
    - Mogu se proizvesti teške, srednje i lake pjene.
    - Otporne su na plamen.
    - Koriste se za gašenje zapaljivih tekućina kao i krutih tvari. Ledište je na -10°C.
    - Nazivi sintetičkog pjenila su 4S, Stamex, Finiflam, Plurex –N.
-



# PJENILA

---

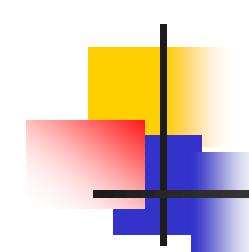
- *Fluorsintetičko pjenilo (AFFF)* – fluor je izravno ugrađen u osnovni spoj, a pjena stvara tzv. vodeni film (engleski: AFFF – **Aqueous Film Forming Foam**).
  - Zbog niske površinske napetosti ovo pjenilo se koristi i za gašenje poroznih ili šupljikavih krutih tvari (pamučne bale, hrpa masnih tvari, spužvasrtih i gumenih tvari).
  - Nazivi fluorsintetičkih pjenila su Light Water (AFFF), Hydral, F-6, Expirol AF.
-



# PJENILA

---

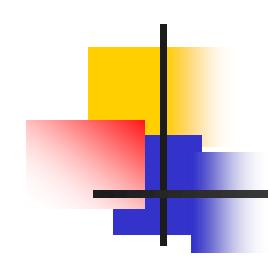
- Film pjene na površini zapaljive tekućine čine molekule koje se sastoje od dugačkih lanaca ugljikovih atoma čiji je jedan kraj fluoriran, a drugi posjeduje skupinu s afinitetom prema vodi. Te molekule se pri nanašanju pjene gusto slažu jedna pored druge, tvoreći tanki sloj koji sprječava dallje isparavanje zapaljive tekućine ispod njega.
  - Film se na mjestima mehaničkog prekida brzo spaja, pa i kada tekućina teče na njenoj površini se stalno nalazi film.
-



# PJENILA

---

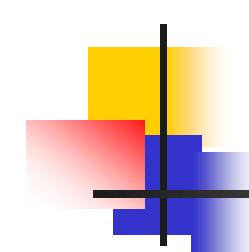
- *Fluorproteinska pjenila (FFFP)* – sastoje se od proteina s površinski aktivnim fluoriranim tvarima koje stvaraju film.
    - Ova pjenila stvaraju kontinuirani plutajući film koji se sam zatvara na površinama ugljikovodika te onemogućava stvaranje eksplozivnih smjesa para i zraka.
    - Temperatura ledišta je do -18°C.
    - Nazivi fluorproteinskog pjenila su Petroseal, Hydrex.
-



# PJENILA

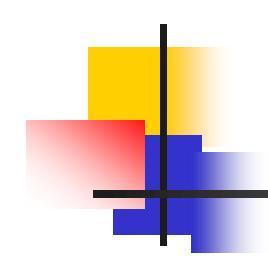
---

- *Polivalentna (alkoholna) pjenila* – rabe se za gašenje požara polarnih otapala - zapaljivih tekućina (alkohola, etera, ketona, organskih kiselina, estera) koje se miješaju s vodom kao i za zapaljive tekućine nepolarnog karaktera one koje se ne miješaju s vodom – naftni derivati.
    - Zbog toga što mogu gasiti i polarne i nepolarne tekućine dobila su naziv polivalentna pjenila.
-



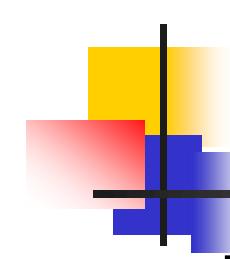
# Djelovanje pjene

- Glavni učinak gašenja kod pjene je ugušivanje.
- Podučinci su:
  - ohlađujuće djelovanje, pjena se raspada i voda isparava a za isparavanje se troši toplina odnosno hlađi tekućina koja gori,
  - izjednačavanje – miješanje vrućeg površinskog sloja s dubljim hladnjim slojem
  - odvajanje pera i plinova od tekućine odnosno krute gorive tvari
  - stvaranje emulzije
- Pjene koje sadrže fluorproteinsko, a naročito fluorsintetičko pjenilo djeluju i antikatalitički.



# UGLJIČNI DIOKSID ( CO<sub>2</sub> )

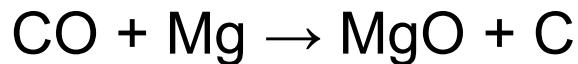
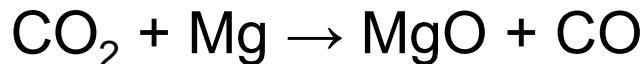
- U zraku ga ima samo oko 0,03 vol.%. On ne gori niti podržava gorenje. Teži je od zraka.
- Fizikalne osobine:
  - plin bez boje i mirisa, kiselkasta okusa.
  - specifična težina :
    - plin: 1,529 g/dm<sup>3</sup>
    - tekućina (20°C): 0,766 g/dm<sup>3</sup>
    - krutina: 1,53 g/dm<sup>3</sup>
  - temperatura vrelišta -78,48°C
  - kod 0°C i 1 bar → **1 kg CO<sub>2</sub> = 509 dm<sup>3</sup> = 0,5 m<sup>3</sup>**



# UGLJIČNI DIOKSID ( CO<sub>2</sub> )

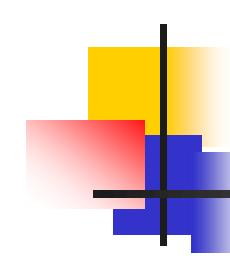
## ■ Kemijske osobine:

- inertna tvar, rijetko stupa u kemijske reakcije
- kod visokih temperatura reagira s Mg, Ca i sličnim metalima



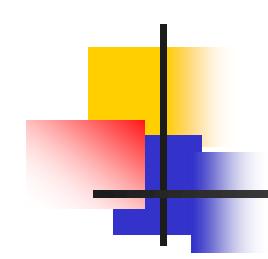
## ■ Toksikološke osobine:

- inertni zagušljivac
- MDK 5000 ppm (0,5% vol)
- Visoke koncentracije → smrtne posljedice
- Pri koncentraciji od 14% počinje gušenje
- Kod 20% CO<sub>2</sub> → nastupa smrt nakon nekoliko minuta



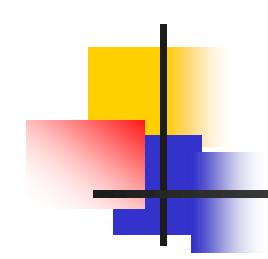
# UGLJIČNI DIOKSID ( CO<sub>2</sub> )

- Efikasnost gašenja: efekt ugušivanja, podesan istiskivanje (smanjenje konc. kisika)
- 1 kg CO<sub>2</sub> ima volumen 0,5 m<sup>3</sup> pa istisne kisik sa 21 vol % na 10,5 vol %. Za gorenje treba 13 – 14% kisika pa nastupa gašenje.
- Područje primjene:
  - električni uređaji i razvodni ormari
  - laboratoriji, tvornice, lakirnice i sl.



# UGLJIČNI DIOKSID ( CO<sub>2</sub> )

- Dobra osobina je što se brzo uklanja iz prostora.
- Loša osobina:
  - Nije efikasan za tinjajuće požare.
  - Treba visoki tlak kod skaldištenja
  - Povećanje koncentracije – opasnost za osoblje i vatrogasce
  - Ne gasi lake i obojene metale



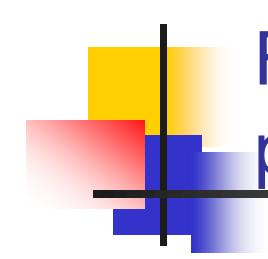
# HALONI

---

- Haloni su halogenizirani ugljikovodici (F, Cl, Br, I), na bazi metana i etana.
  - Haloni gase antikatalitičkim učinkom sve klase požara /A, B i C)
  - U koncentracijama koje gase požar (od 4 – 10%) nisu otrovni za ljudе.
  - Utvrđeno je da haloni koji sadrže klor uništavaju ozonski omotač, pa se uvode novi haloni koji umjesto klora sadrže fluor.
    - $\text{CF}_3\text{Br}$  - trifluormonobrom metan (1301)
    - $\text{CF}_2\text{ClBr}$  - difluormonoklormonobrom metan (1211)
    - $\text{C}_2\text{F}_4\text{Br}_2$  - tetrafluordibrom etan (2402)
    - šifriranje X X X X
    - br. atoma C F Cl Br
-

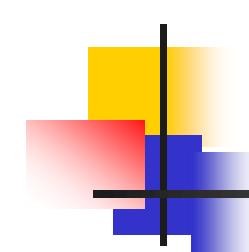
- Prah je vrlo efikasno sredstvo za gašenje požara.
  - Prah se često zamjenjuje pojmom "**suho sredstvo za gašenje**" pa zbog toga vatrogasni aparati s prahom nose oznaku "S" i brojčanu oznaku mase praha koju sadrže.
  - Najveće količine su napravljene od natrijevog bikarbonata ( $\text{NaHCO}_3$ ) kojemu su dodani stearati radi postizanja hidrofobnosti (antihigroskopnost).
  - Prah na bazi  $\text{KHCO}_3$  uz dodatak uree je još efikasniji. Naziva se **MONEX**.
-

- U novije vrijeme prahovi se rade od amonijevog fosfata → D – prah
- $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  – monoamonijev fosfat
- $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  – diamonijev fosfat
- $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$  – triamonijev fosfat
- M – prah sastoji se od mješavine NaCl, grafita i strugotina sivog lijeva, a služi za gašenje požara laktih metala.



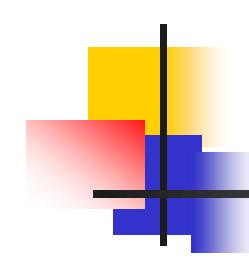
# Fizikalna antikataliza (inhibicija) kod gašenja požara prahom na bazi bikarbonata

- Radikali, atomi i druge čestice u plamenu se sudaraju s česticama praha pri čemu dolazi do predaje energije gibanja (gubi se energija aktivacije koja je neophodna za nastanak i produženje gorenja).
- Jedna čestica praha se može istovremeno sudariti s bilion radikala prisutnih u zoni gorenja i oduzeti im energiju aktivacije.



# Univerzalni prah

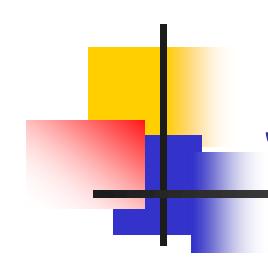
- je smjesa bikarbonata i amonijevog fosfata.
- Gasi požare klase A, B i C .
- Svaki prah mora zadovoljavati slijedeće:
  - što veću specifičnu površinu  $m^2/m^3$
  - antihigroskopnost – da se ne vlaži
  - sipkost
  - stabilnost pri dugotrajnom skladištenju
  - stabilnost pri stalnom i povišenom tlaku
  - stabilnost pri razlici temperatura (-20°C do +60°C)
  - ne provodi električnu struju (provodljivost u granicama dopuštenim za gašenje pod naponom)
  - što manja abrazivna svojstva – da ne haba stroj, ležajeve
  - antikorozivnost
  - kompatibilnost s pjenom
  - antitoksična svojstva (da nije otrovan)



# RETARDANTI

---

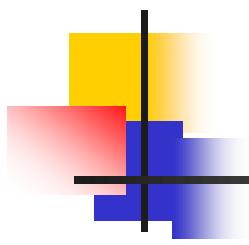
- Retardanti su tvari koje olakšavaju gašenje/otežavaju gojenje ili povećavaju prodornost vode pri gašenju rahlih tvari.
  - Koriste se za gašenje otvorenih prostora: šume, poljoprivredne površine.
  - Zaustavljaju vatru kemijskim putem.
  - Glavni sastojci retardanta su  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$  ili  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  i  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  koji smanjuju zapaljivost gorivih tvari i u požaru endotermno se raspadaju i brzo opjenjuju.
  - Retardanti u požaru potpomažu brzo stvaranje ugljika na površini biljaka i oslobođanje vode. Na taj način voda brzo isparava i hlađi gorivu tvar (biljku), a ugljik teško ili sporo izgara te tako požar ostaje bez dovoljno goriva.
  - Retardantima se dodaju i sredstva kao što su aditivi za poboljšanje protoka te inhibcije korozije.
-



# SUPRESANTI

---

- Mehanički dobivene pjene za suzbijanje prvenstveno šumskih požara.
  - Pored pjenila supresanti sadrže i soli  $\text{CaCl}_2$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  i  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .
  - Koncentracija pjenila je do 1,0%.
  - I retardanti i supresanti se izbacuju na šumski požar pomoću aviona ili helikoptera.
-



---

**Zahvaljujem na pozornosti**

**Pitanja ???**

---