

---

# **Deo II – Tragovi požara na materijalima i delovima objekta**

---

# 1. Tragovi na materijalima – drvo

---

**Sa aspekta utvrđivanja uzroka i centra požara, drvo spada u najpogodnije materijale za ekspertizu.**

Osim direktnog izlaganja visokoj temperaturi, drvo se najčešće pali provođenjem toplote (kondukcijom), i to:

- paljenjem drvene grede krovne konstrukcije ugrađene u dimnjak ili u neposrednoj blizini,
- paljenjem drvenog poda (parket, daske) ispod peći na čvrsta goriva,
- paljenjem daske za peglanje rublja, ili zbog sličnog pregrevavanja koje nastaje neposrednim kontaktom neke zagrejane ploče sa drvenim materijalom, itd.

# 1. Tragovi na materijalima – drvo

---

Do paljenja drveta dolazi na temperaturama od 250 – 300 °C. Raspadanje drveta počinje već na temperaturi od 100 do 130 °C.

| Vrsta drveta | Temperatura paljenja [°C] |
|--------------|---------------------------|
| brest        | 270                       |
| jasen        | 270                       |
| bukva        | 275                       |
| mahagoni     | 285                       |
| hrast        | 290                       |
| smreka       | 270                       |
| orah         | 275                       |
| jelovina     | 290                       |
| omorika      | 270                       |
| grab         | 275                       |
| šperploča    | 285                       |

# 1. Tragovi na materijalima – drvo

---

Drvo je porozni materijal koji se po pravilu sastoji od 40 do 60 % celuloze (najvažnija komponenta), 25 do 30 % lignina, 12 do 17 % smole, tanina, gume, voska, šećera i minerala, prosečne specifične mase oko  $1.50 \text{ g/cm}^3$ . Elementarni sastav suve drvene mase je: 50 % ugljenika, 43 % kiseonika, 6 % vodonika, 0,3 % azota i 0,7 % pepela.

Stepen zapaljivosti zavisi od:

- vrste drveta,
  - stepena obrađenosti,
  - gustine,
  - stepena vlažnosti,
  - od postojanja premaza itd.
- Izgaranje će biti brže ako je manja specifična težina, kada je drveni sloj drva, izložena površina pri izgaranju veća.
  - Zapaljivost zavisi i od vrste drveta, pa je npr. hrastovina otpornija od četinara, a prisutnost smole, gume i sličnih materija znatno povećavaju gorivost.
  - **Tvrdo drvo se teže pali.**
  - **Manji komadi se lakše pale.**
  - **Komadi sa hrapavom površinom se lakše pale od onih sa glatkom.**

# 1. Tragovi na materijalima – drvo

---

- Na temperaturi od oko 110°C drvo gubi površinsku vlagu, a pri 230°C dolazi do intenzivnog isparavanja pirolitičkih produkata drveta uz pojavu stvaranja sloja ugljenika na površini.
- Faza izgaranja otvorenim plamenom je faza izgaranja drveta. U toj fazi dolazi do prenosa toplote sa površine komada drveta u unutrašnjost. Posledica ove pojave je oslobađanje gasnih pirolitičkih produkata u unutrašnjosti drvene mase i izlaska na površinu.

Na osnovu mesta pronalaska drvenih delova, tj. pretpostavljenog mesta pre požara, **na osnovu stepena i strane nagorelosti**, a uzimajući u obzir smer strujanja vazduha i akciju gašenja požara, sigurno se može odrediti pravac širenja požara, i samim tim i centar požara.

# 1. Tragovi na materijalima – drvo

---

- Promene nastale gorenjem na površini drveta se manifestuju naprslinama u obliku kockica – poznate kao “**krokodilska koža**”.
- Naprsline su dublje, a komadići krokodilske kože sitniji i izraženiji gde je vatra duže trajala, tj. na delu koji je bliži centru požara. Plamen je po pravilu uvek došao sa strane gde su kockice mekše i manje.
- Ploče od drveta koje se dobijaju mlevenjem drvenih otpadaka, a zatim presovanjem iverja pod visokom temperaturom, zbog prisustva lepka skoro uvek potpuno sagorevaju u požaru.
- Na osnovu mesta pronalaska drvenih delova, na osnovu mesta gde su se nalazili pre požara, na osnovu stepena i strane nagorelosti, a uvek uzimajući u obzir smer strujanja vazduha, sigurno ćemo odrediti pravac širenja požara i samim tim i centar požara.

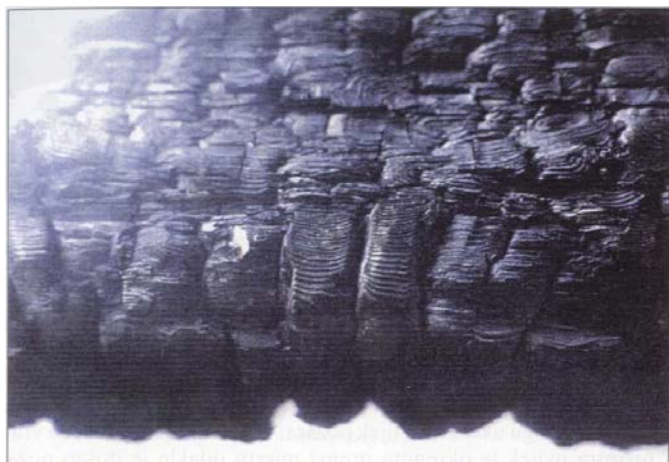
# 1. Tragovi na materijalima – drvo

---



# 1. Tragovi na materijalima – drvo

---



**Krokodilska koža**



**Izgaranje greda.**



# 1. Tragovi na materijalima – drvo

---



*Primer delovanja požara na krovnu konstrukciju*

## 2. Tragovi na materijalima – staklo

Staklo je nezaobilazan materijal u gradnji. Postoji mnogo tipova stakla, najčešća podela je na:

- *natrijumovo staklo* - naziva se takođe prozorskim staklom i upotrebljava se za izradu ravnog, prozorskog i različitog šupljeg stakla;
- *olovno staklo* - naziva se takođe optičkim ili *flint* staklom ili teškim kristalom zbog svojih optičkih osobina - velikog indeksa loma i velike disperzije. Koristi za izradu lupa i prizmi za optičke instrumente, u proizvodnji sijalica i elektronskih cevi, za izradu ukrasnih predmeta;
- *aluminijumsko* - služi za proizvodnju ambalažnog stakla (običnih boca za vino, pivo itd.).

| Vrsta stakla                                | Temperatura [°C]  |
|---------------------------------------------|-------------------|
| silikatno staklo (jednofazno)               | mekšanje na 1.580 |
| natrijumovo staklo (90% svih stakala)       | topljenje na 695  |
| borsilikatno staklo (laboratorijsko staklo) | topljenje na 780  |
| alumosilikatno staklo (avionski prozori)    | topljenje na 910  |
| olovno staklo (kristal, case, pepeljare)    | topljenje na 380  |
| porculan                                    | 900 do 1.700      |

## 2. Izgled materijala – tragovi na staklu

---

- Staklo je u požaru razbijeno ili istopljeno ako bilo izloženo temperaturi većoj od 680°C, najčešća temperatura topljenja je 770°C.
- Treba razlikovati lom i prskanje stakla usled udara što može da ukaže na nasilni ulazak u prostor radi podmetanja požara. Lomovi od udara su mnogo duži i izraženiji nego kod prskanja usled toplote.
- Staklo je veoma neotporno na nagle promene temperature zbog malog koeficijenta provodljivosti. Ako se postepeno greje, mekša i topi se. Kod nagle promene temperature prska na sitne komade. Prskanje staklenih površina nastaje već u **prvoj fazi razvoja požara**.
- Kod udara groma komadići stakla su veoma sitni i postoje okrugle rupe koje su prema spoljašnjoj strani zatopljene.
- Kod **armiranog stakla** dolazi do prskanja stakla, ali se komadi malo razilaze, tako da je neka vrsta prepreke za prolaz plamena.
- **Staklena vuna** je dobar izolator do temperature od 450°C.

## 2. Izgled materijala – tragovi na staklu

---



**Priklad tragovala intenzivno oštećenog drvenog prozorskog okvira sa unutrašnje strane i ostataka termički oštećenog stakla**



**Tragovi na staklenim površinama**

## 2. Izgled materijala – tragovi na staklu

---



**Tragovi od požara**

Kod požara na automobilima, kada na komadima stakla van automobila nema tragova gareži pri čemu je požar izbio u unutrašnjosti automobila, može se tvrditi da je staklo prethodno razbijeno.

Isto važi i za komade stakla u objektu, jer posle pada ne mogu da se nagarave!!!



**Fizički lom stakla**

### 3. Izgled materijala – tragovi na hartiji

---

Osnovne sirovine u savremenoj proizvodnji papira su celuloza, drvenjača i stari papir, uz dodatak lepka, punila i boje. Manje se upotrebljavaju otpaci biljnih tekstilnih vlakana i tkanine. S obzirom na zapaljivost, papir pripada grupi lakozapaljivih materijala koje intenzivno gore. Izgaranje ovisi o vrsti papira i načinu pakovanja. Ako je složen u obliku listova, izgaranje će se, zbog nedostatka kiseonika u unutrašnjosti odvijati samo na spoljnim - ivičnim delovima (knjiga, role papira, složeni papir).

- Hartija intenzivno gori, ali tok sagorevanja zavisi od vrste i oblika pakovanja.
- Hartija složena u listove (ris, knjiga, ...) nagoreva samo na površini zbog nedostatka kiseonika unutar pakovanja.
- Pri određivanju centra požara utvrđuje se koja je strana paketa, rolne ili pakovanja papira više sagorela po dubini, jer sa te strane naišao požar.
- Ako je na zgarištu pronađena potpuno sagorela hartija koja je zadržala svoj oblik, tu najverovatnije **NIJE CENTAR POŽARA**, jer u centru požara ne bi ostao nijedan delić hartije ako je ona korišćena za iniciranje požara. Verovatnije je da se takvim tragom **prikriva** stvarni centar požara.

### 3. Izgled materijala – tragovi na hartiji

---

Ako se radi o papirnim otpacima, odnosno o hartiji u rastresitom stanju, proces sagorevanja ide do POTPUNOG sagorevanja, pa se koristi za podmetanje požara.

Na POTPUNO izgoreloj hartiji se može pročitati tekst, ako hartija nije uništena tokom gašenja.



## 4. Izgled materijala – tragovi na metalnim elementima

---

- U građevinarstvu se najčešće koriste čelici različitih profila. Čelične konstrukcije su veoma neotporne u požarima jer imaju malu specifičnu toplotu i dobru provodljivost, pa se brzo zagrevaju i brzo deformišu.
- Većina čeličnih konstrukcija gubi nosivost posle 15 min. (*primer: “kule bliznakinje”*).
- Pri utvrđivanju kako se požar kretao pomaže pojava boje oksida na površini čelika, i to:

|               |                |           |            |                   |                 |           |           |
|---------------|----------------|-----------|------------|-------------------|-----------------|-----------|-----------|
| bledo<br>žuta | zlatno<br>žuta | purpurna  | ljubičasta | Tamno<br>purpurna | Svetlo<br>plava | plava     | crna      |
| do 220 °C     | do 245 °C      | do 250 °C | do 265 °C  | do 280 °C         | do 300 °C       | do 320 °C | do 420 °C |

- Čelične konstrukcije sa premazima mogu da izdrže i do 3 h u požaru. Premazi boje ostaju u vidu ljuspica, pa se na osnovu njihovog stanja može odrediti smer kretanja. Tamo gde su bile više temperature, ima ih manje ili ih uopšte nema, pa se može odrediti smer kretanja požara.

## 4. Izgled materijala – tragovi na metalnim elementima

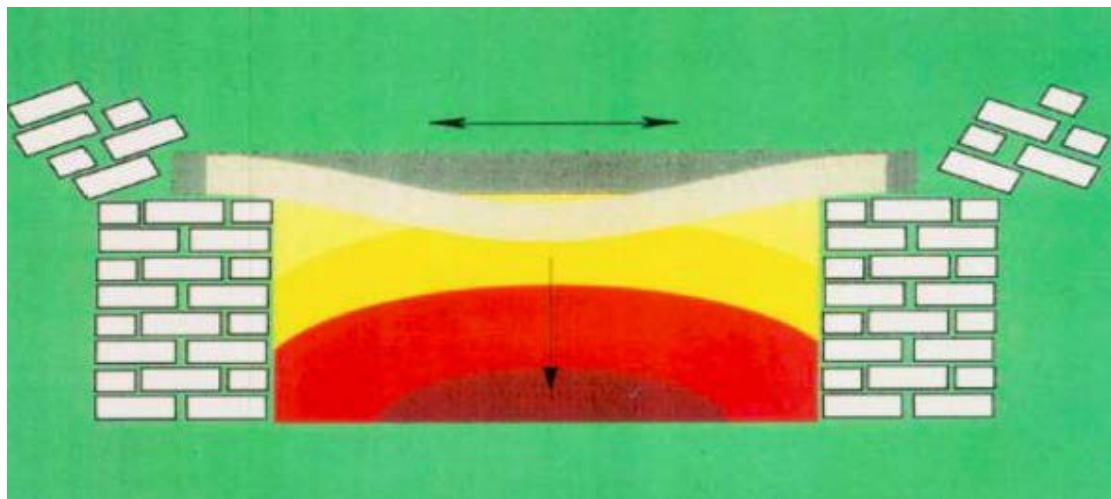
- Da bi se stvorila temperaturna slika dešavanja u požara potrebno je poznavati:
  - Razvoj temperature standardnog požara (kriva ISO 834)
  - Temperature topljenja pojedinih materijala koji su iskorišćeni za izradu metalnih elemenata

|               |         |
|---------------|---------|
| Aluminijum    | 658 °C  |
| Bakar         | 1083 °C |
| Bronza        | 900 °C  |
| Cink          | 420 °C  |
| Hrom          | 1615 °C |
| Mesing        | 900 °C  |
| Olovo         | 328 °C  |
| Gvožđe        | 1530 °C |
| Liveno gvožđe | 1200 °C |



## 4. Izgled materiala – tragovi na metalnim elementima

---



Delovanje toplote na čeličnu gredu

## 5. Izgled materijala – opeka, kamen, betoni

---

- **Opeka** ima dobru vatrootpornost jer se dobija pečenjem na 900 °C. U požarima mogu da izdrži do 1200 °C.
- U požaru ne dolazi do većih oštećenja pa zidovi od opeke pod delovanjem visokih temperatura ne pucaju u površinskom sloju. Oštećenja ovog materijala, prskotine i deformacije na koje se nailazi u izgorelom objektu nisu nastale kao posledica požara, već iz drugih razloga (mehanička oštećenja, potresi i sl.).



## 5. Izgled materijala – opeka, kamen, betoni

---

- **Kamen** u gradnji: sedimentne stene (*krečnjaci, dolomiti, peščari*) i metamorfne stene (*mramor, semperin*), magmatske stene (*granit*), itd.
- **Granit** -> zagrevanjem do 200 °C povećava čvrstoću koja zatim naglo pada. Pukotine se javljaju na 550 do 600 °C, a na 800 °C se urušava.
- **Krečnjački kamen** počinje da puca na oko 600 °C, a zatim raspada.

Prilikom analize tragova na kamenu u izgorelom objektu, ne treba izgubiti iz vida razne premaze kojima se povećava otpornost kamena prema vatri, pa ponekad na njemu nema karakterističnih prskotina iako su na tome mjestu delovale relativno visoke temperature. Kao premaz se najčešće koristi vodeno staklo.

## 5. Izgled materijala – opeka, kamen, betoni

---

**Beton** se ponaša zavisno od sastavnih komponenata agregata i cementa.

- **Običan beton** u većini slučajeva na 570 °C puca, tragovi požara se ne vide na prvi pogled. Promene nastaju tek na temperaturama iznad 500 °C i manifestuju se u vidu ljuštenja. Tragovi se otkrivaju tek posle PAŽLJIVOG pregleda.
- **Armirani betoni** na 200 – 300 °C ne trpe promene, ali na 400 – 600 °C dolazi do rušenja konstrukcije.
- **Laki betoni** su otporni na visoke temperature, tako da u toku požara ne trpe promene. To znači da nađena oštećenja ne bi trebalo da potiču od požara.



Tragovi na metalu kod armiranog betona

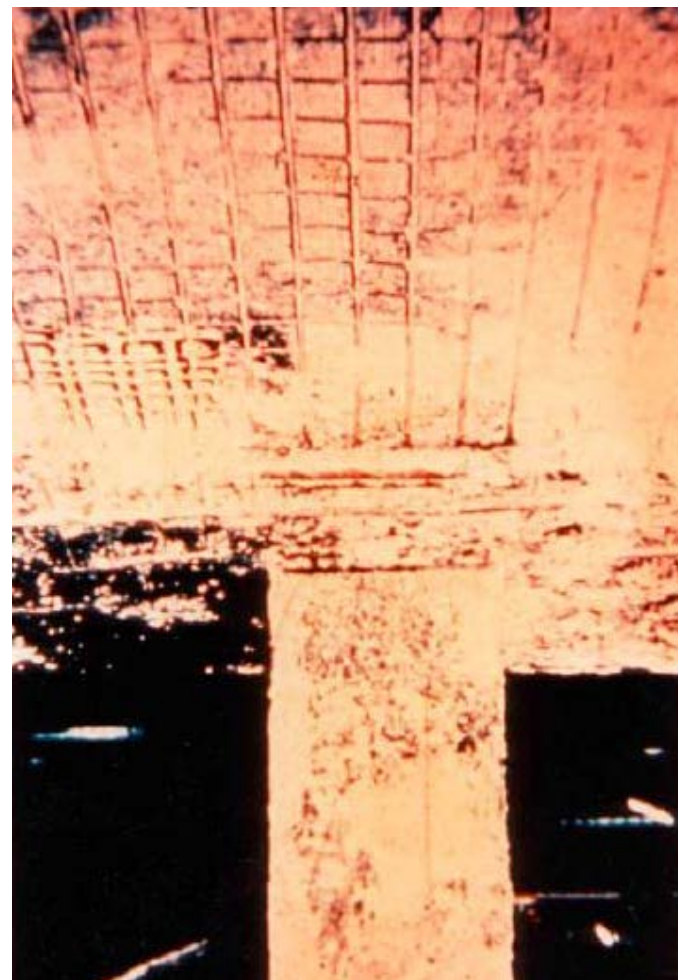
## 5. Izgled materijala – opeka, kamen, betoni

---



## 5. Izgled materijala – opeka, kamen, betoni

---



## 6. Izgled materijala – malteri, plastične mase

---

- **Malteri** (*najčešća mešavina: gašeni kreč, pesak voda*) ima osobinu da se pri temperaturi od 530°C razaraju. Smer kretanja požara se određuje na osnovu veličine otpalih komada maltera i stepena ogoljivanja zida. Malter debljine 25 mm povećava vatrootpornost na 50 minuta, a povećavanjem debljine na 50 mm vatrootpornost se povećava na 2 h.



## 6. Izgled materijala – malteri, plastične mase

---

- **Plastične mase** (*PVC, poliestri, poliuretani, polistirol, itd.*) se različito ponašaju u požaru. Ne spadaju u vrlo zapaljive materijale.
- **Poliestri** armirani staklenom vunom služe za izradu cisterni, silosa i nosećih građevinskih elemenata.
- **Poliuretani** gore u prisustvu plamena, a po uklanjanju plamena se gase (“*samogasivi*”). Koriste se uglavnom za termoizolaciju. Međutim, često se pričvršćuju lepkom ili ter papirom, tako da gore. Variranjem osnovnih komponenata dobijaju se različite vrste, počev od vrlo mekih do tvrdih sa zapreminskim težinama od 30 do 200 kg/m<sup>3</sup>.
- **Polistirol** (“*stiropori*”), niske i visoke gustine mogu da budu “normalni” i “*samogasivi*”. Normalni stiropori oslobadjaju pri gorenju zapaljive gasove koji potpomažu širenje plamena.

## 6. Izgled materijala – malteri, plastične mase

---

- U svim objektima postoji velika količina plastičnih elemenata čija oštećenja tačno ukazuju na smer širenja požara. Plastične garniše posle požara padaju istopljene samo na jedno mesto, zbog toga što strana koja se prva zagreva otpada od plafona i u jednom trenutku garnišla visi i topi se na jedno mesto. Ovo isto važi i kod zaštitnih plastičnih plafonjera.



# Izgled materijala na mestu požara

---



---

**Adresa za kontakt:**

**Dr Milan Blagojević, red. prof.  
Fakultet zaštite na radu u Nišu  
18106 Niš, Čarnojevića 10a**

**E-mail:**

**[milan.blagojevic@znrfa.k.ni.ac.rs](mailto:milan.blagojevic@znrfa.k.ni.ac.rs)**