

Gorenje in dinamika požarov

8. predavanje

Vsebina

Prenos toplote
prevajanje
konvekcija
sevanje

Prenos toplote

je tok energije zaradi temperaturne razlike

prevajanje (kondukcija)

prenos toplote skozi trdno snov

prestop (konvekcija)

poteka z mešanjem snovi

sevanje (radiacija)

prenos toplote z elektromagnetnim valovanjem

Prenos toplote v požaru

prevajanje

faza vžiga, širjenje plamena po trdni snovi

konvekcija

vse faze požara, prevladuje v začetni fazi požara, ko je sevanje zanemarljivo

sevanje

razviti požar, pri visokih temperaturah ($T > 400^{\circ}\text{C}$)

Prevajanje toplote

$$\dot{q} = k \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad \dot{q}'' = \frac{\dot{q}}{A} = k \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

\dot{q} toplotni tok [J/s] ali [W] \dot{q}'' toplotni tok [J/s m²] ali [W/ m²]

k koeficient toplotne prevodnosti [J/s cm °C] ali [W/cm °C]

A površina prečnega preseka [m²]

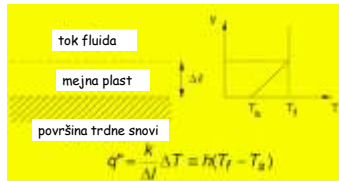
Δx debelina materiala [m]

Koeficient toplotne prevodnosti

material	k (Wm ⁻¹ K ⁻¹)
steklo	0,76
polietilen	0,45
polipropen	0,22
zrak	0°C: 0,023; 120°C: 0,028
jeklo	85,2
aluminij	211
baker	20°C: 385; 600°C: 353
hrastov les	0,16
beton	0,81-1,40
opeka	0,69
polistiren	0,034
poliuretanska pena	0,024

Konvekcija (prestop)

$$\dot{q} = h \cdot A \cdot \Delta T$$



- \dot{q} toplotni tok [W]
 h koeficient toplotne prestopnosti [W/m² °C]
 A stična površina med trdno snovjo in medijem [m²]
 h ni konstanta snovi!

Koeficient toplotne prestopnosti - h

	h [W/m ² °C]
vzgonski tok v zraku	5 – 10
laminarni plamen vžigalice	~30
površina turbulentnega plamena	~20
vzgonski tok iz plamena na stropu	5 – 50
veter 2 m/s	~10
veter 35 m/s	~75

Sevanje

Sevanje je prenos toplote z elektromagnetnim valovanjem v območju vidnega in IR dela spektra (0,4 - 100 μm)

Barva vročih predmetov je odvisna od temperature.

550°C žari rdeče
 1100°C oranžno
 1400°C beli žar

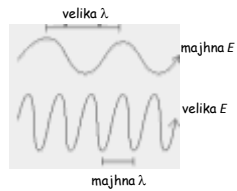
Elektromagnetno valovanje

dvojna narava
delec (fotoefekt)
valovanje (lom, uklon, ...)

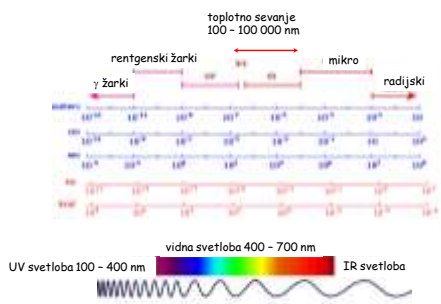
$c = \lambda \nu$
 c hitrost svetlobe $3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
 ν frekvenca $[\text{Hz}]$ ali $[\text{s}^{-1}]$
 λ valovna dolžina $[\text{m}]$

energija foton

$E = h \nu = h c / \lambda$
 ν - frekvenca,
 h - Planckova konstanta $6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$



Spekter elektromagnetnega valovanja



Sevanje

$$\dot{q} = \varepsilon \cdot A \cdot \sigma \cdot T^4 \quad \dot{q}^- = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4$$

\dot{q} toplota sevanja na površinsko enoto $[\text{W}/\text{m}^2]$
 ε emisivnost
 σ Stefan-Boltzmanova konstanta $[5,67 \times 10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2 \text{ K}^4]$
 T temperatura $[\text{K}]$

ε emisivnost črnega telesa je 1
 ε emisivnost površin tekočin ali trdnih snovi je 0,6 do 0,8

Sevanje plamena

Sevajo
saje
 CO_2 in H_2O (manj)

Sevanje vpliva na:

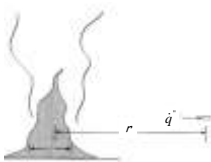
- hitrost gorenja (segrevanje goriva je predvsem posledica sevanja)
- širjenje plamena (posledica sevanja je vžig oddaljeni predmetov)
- potek gašenja (prepreči dostop gasilcem)

Intenzivnost sevanja plamena

na predmete v okolici je odvisna od

površine plamena, ki je usmerjena k "tarči"
temperature plamena
emisivnosti plamena (količina saj)
razdalje od plamena do "tarče"

Sevanje



$$\dot{q}'' = \frac{\dot{Q} \chi_r}{4\pi r^2}$$

\dot{q}'' toplotni tok na površino v oddaljenosti r zaradi sevanja plamena [kW/m²]

\dot{Q} hitrost sproščanja toplote med gorenjem [kW]

χ_r delež toplote, ki seva iz plamena

Prenos toplote med gorenjem

plin	% ΔH_{gor}		
	sevanje	konvekcija	ni sprošč.
vodik	9	91	0
metan	18	81	1
etan	20	79	1
propan	27	68	5
etilen	32	59	9
propilen	39	50	11
butadien	43	37-42	15-20

Učinki toplotnega sevanja

\dot{q}'' [kW/m ²]	učinek
0,67	poletno sonce
1	koža prenese brez posledic
6,4	bolečina po 8 s
10,4	bolečina po 3 s
12,5	pilotni vžig piroliznih produktov lesa po daljšem času
16	poškodba kože po 5 s
29	spontani vžig lesa po daljšem času
52	spontani vžig ivernih plošč po 5 s

Vprašanja

Po katerih mehanizmih poteka prenos toplote? V kateri fazi požara so pomembni posamezni mehanizmi?

Kako vpliva sevanje na razvoj požara?

Za katere snovi je značilna zelo visoka oziroma zelo nizka toplotna prevodnost?

Kaj je sevanje, katere snovi omogočajo sevanje v požaru?
