

# Določitev požarne odpornosti konstrukcijskih elementov skladno s standardi Evrokod



Tomaž Hozjan

e-mail: [tomaz.hozjan@fgg.uni-lj.si](mailto:tomaz.hozjan@fgg.uni-lj.si)

soba: 503

# Postopek projektiranja konstrukcij v požarnem projektne stanju

Pri projektni analizi konstrukcije za primer požara je treba kot relevantne upoštevati naslednje korake:

- izbira za projektiranje merodajnih požarnih scenarijev (*poznamo*),
- določitev ustreznih projektnih požarov (*poznamo*),
- izračun razvoja temperaturnega polja konstrukcijskih elementov
- **CILJ: izračun mehanskega odziva obravnavane konstrukcije v požaru (požarna odpornost)**

# Merila za določitev požarne odpornosti

Požarna odpornost je opredeljena v smislu časa kot:

- To je ustrezen čas izpostavljenosti požaru, v katerem konstrukcija ohrani svojo funkcijo kljub požaru.

V skladu z evropskim standardom poznamo 3 kriterije, merila za določitev požarne odpornosti:

- ❖ **R** – nosilnost
- ❖ **E** – celovitost
- ❖ **I** – izolativnost

# Merila za določitev požarne odpornosti

Kriteriji se lahko uporabljajo posamezno ali v kombinaciji glede na namen uporabe:

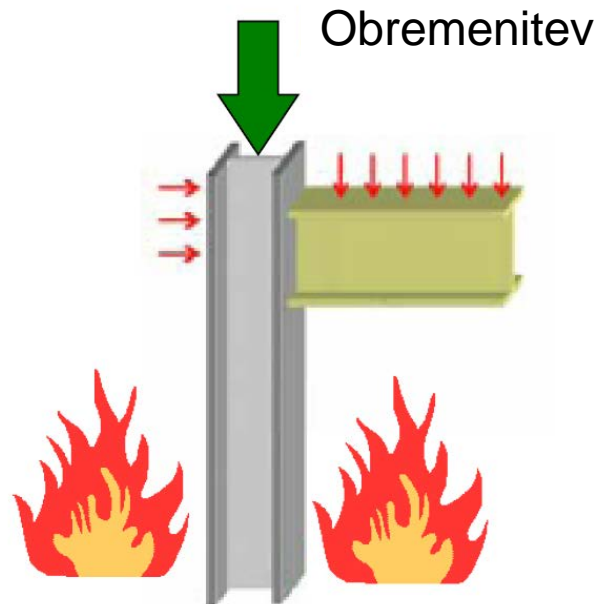
- ločevanje: kriterij **E** in, kadar se to zahteva, kriterij **I** (vrata,...)
- obremenitev v smislu nosilnosti: mehanska odpornost (kriterij **R**) (konstrukcija,...)
- ločevanje in nosilnost: merila **R**, **E** in **I**, ko se zahteva (obodne stene, plošče,...)

# Kriterij R - nosilnost

Sposobnost konstrukcije, da ohrani svojo nosilnost v primeru požara, torej da ne izgubi nosilnosti.

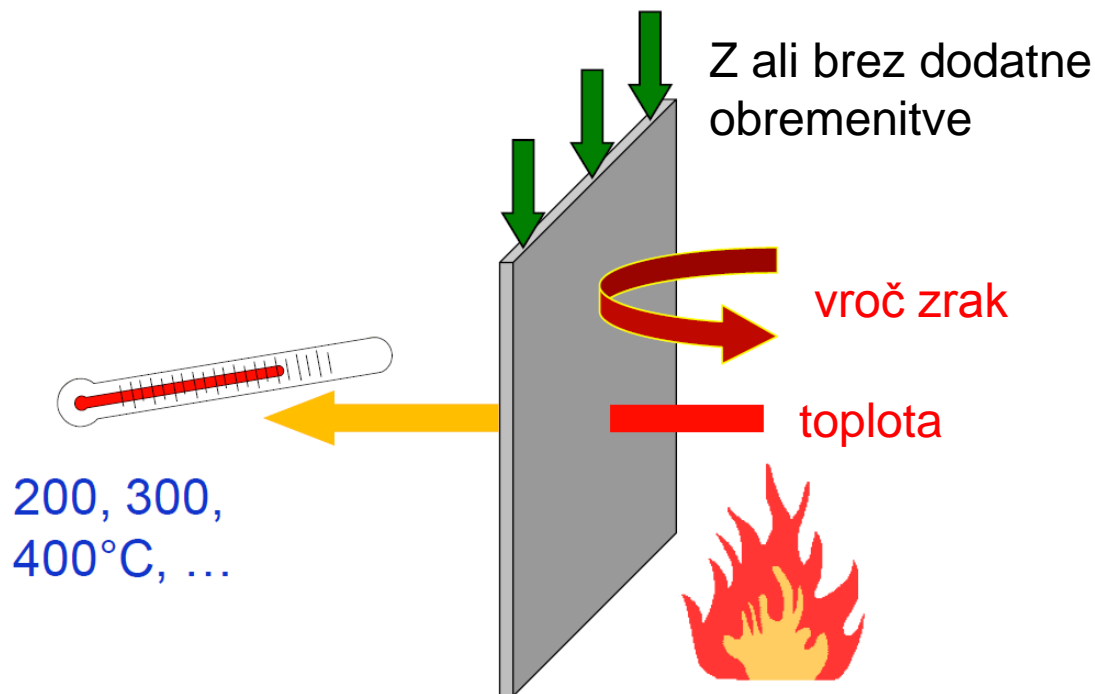
Izražena v minutah: R15, R30, R60, R90,...

R30 – pomeni, da element ali konstrukcija preživi 30 minut standardne požarne obremenitve (standarden požar ISO 834).



# Kriterij E - celovitost

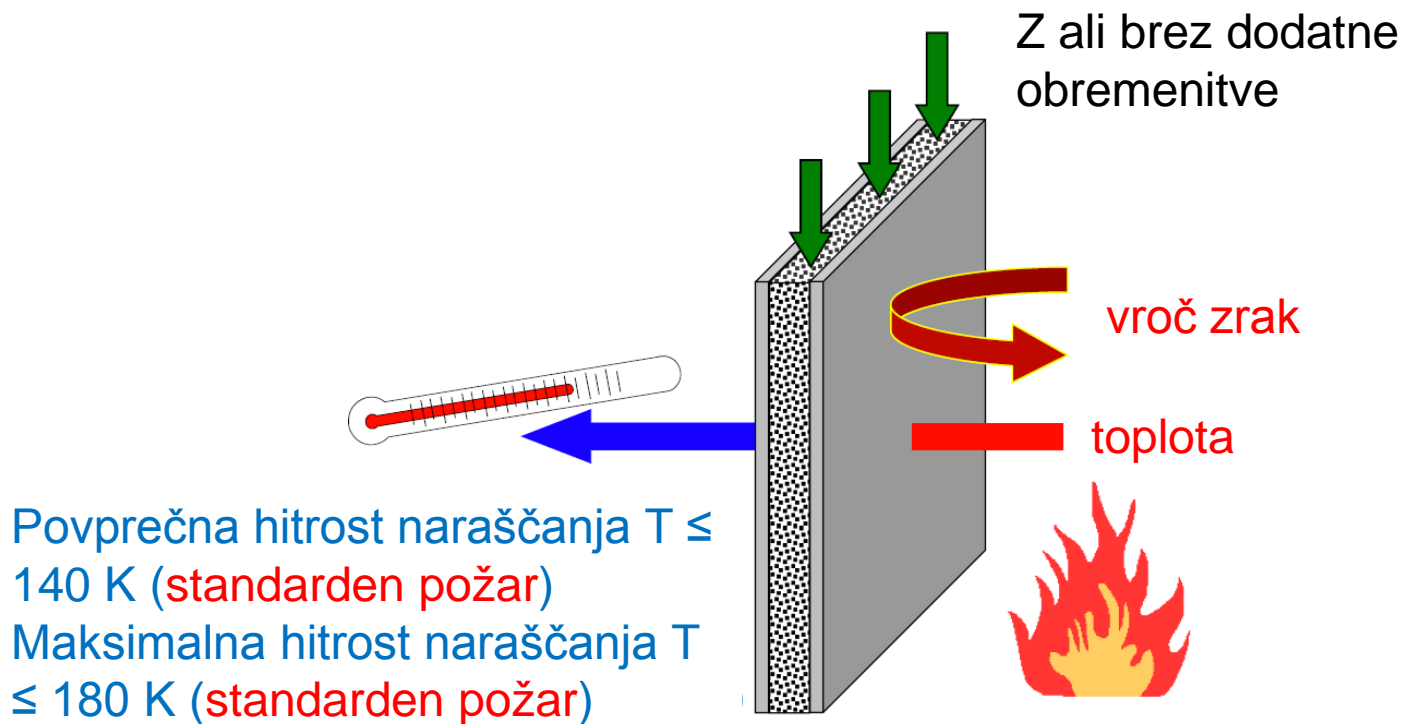
Sposobnost gradbenega elementa, da prepreči prehod plamena in vročih dimnih plinov. Element, ki je izpostavljen ognju ne sme formirati razpoka ali odprtin. Izražena v minutah: E15, E30, E60, E90,...



# Kriterij I - izolativnost

Sposobnost gradbenega elementa, da prepreči prevelik prenos oz. prevod toplote. Elementi morajo imeti toplotno izolativne lastnosti.

Izražena v minutah: I15, I30, I60, I90,...





# Preizkušanje požarne odpornosti, ZAG



**ZAG** LJUBLJANA

Oddelek za gradbeno fiziko/Department for Building Physics  
Požarni laboratorij/Fire Laboratory

Zased za gradbeništva Slovenija  
Slovenian Network Building and Civil Engineering Institute  
Draviceva 12, 1000 Ljubljana, Slovenija  
Id./Phone: +386 61/188 81 00  
Faks/Fax: +386 61/188 84 84, 34 83 69

Ljubljana, 2. 3. 1999  
*Kraj in datum izklopja/Place and date of issue*

**POTRDILO O SKLADNOSTI**  
**CERTIFICATE OF CONFORMITY**

**Št./No. C 783/96-530-21**

Proizvod/Product:  
**POŽARNA LOPUTA**  
**PL-12-K60**

Naročnik/Applicant	IMP KLIMA d.o.o., Vojkova 4, 5280 Idrija
Naročila ali pogodba št./Contract or Order No.	pogodba št. 351/96 z dne 28.5.1996
Proizvajalec ali dobavitelj/Producer or Supplier	IMP KLIMA d.o.o., Vojkova 4, 5280 Idrija
Potrditilo o skladnosti je izdano na podlagi poročila št./This Certificate of conformity is based on Test Report No.	P 783/96-530-5
Preizkušeni vzorec proizvoda je skladen z zahtevami/The tested sample of the Product is in conformity with the requirements of	ÖNORM M 7625 - požarna odpornost 60 minut
Velja za vs. del/Valid for or until	2.3.2001
Opomba/Remark	Loputa ima vgrajeno termično pregrado, lahko pa je dodano elektromagnetno ščitilo ali pa elektromotorni pogon. Potrdilo velja za lopute velikosti do 1500 x 800 mm, ki so po navodilih proizvajalca vgrajene v steno ali strop požarne odpornosti najmanj 60 minut.

Vodja laboratorija/Head of Laboratory  
Milan Hajdukovič, univ. dipl. inž.

Pooblaščenca/Authorized person  
mag. Miran Pipnat, univ. dipl. inž.

ZAG  
LJUBLJANA  
1  
POŽARNO  
ODPORNO  
STROJNICE

Obv. P.S. 12-001-04/2



# Metode preverjanja mehanske odpornosti konstrukcije v požaru

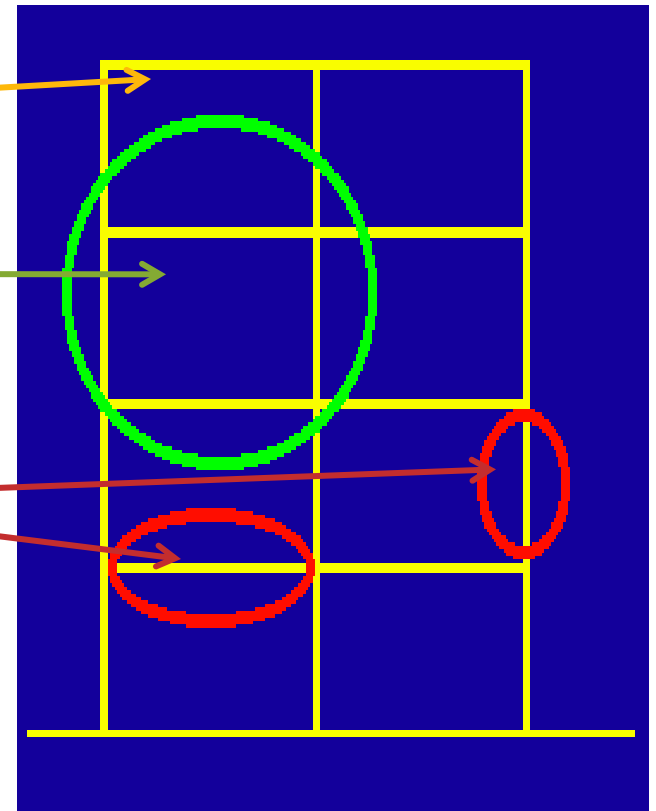
Možnosti analize računa odziva konstrukcije:

❖ **globalna analiza**

❖ **Analiza dela konstrukcije**

❖ **Analiza posameznega nosilnega elementa konstrukcije**

- ❖ Obravnavamo tukaj
- ❖ Običajno v primerih standardne požarne odpornosti

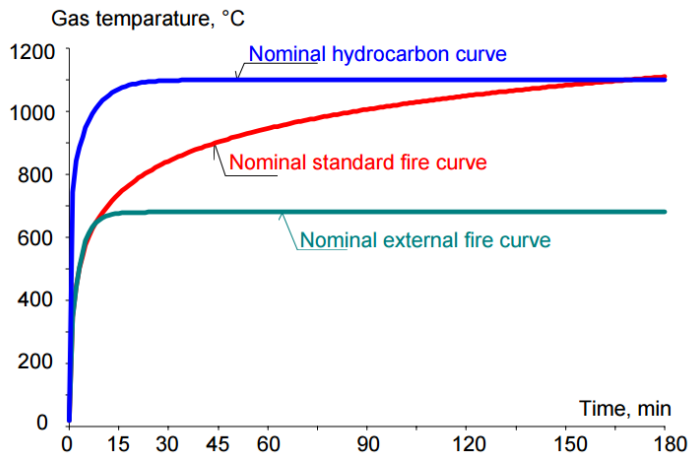


# Pristop k določitvi požarne odpornosti

Možni pristopi

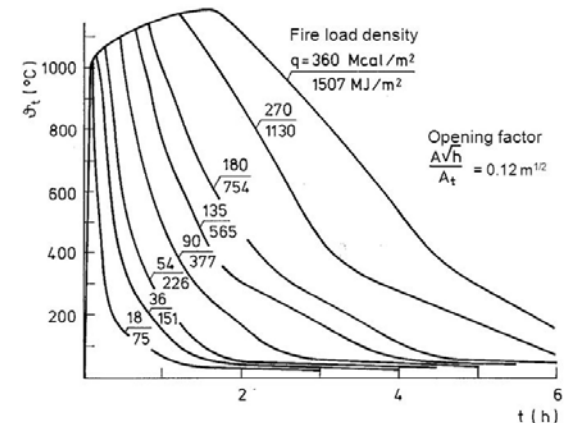
Predpisni način  
Nominalne požarne krivulje

Cilni (performančni) način  
Naravni požari



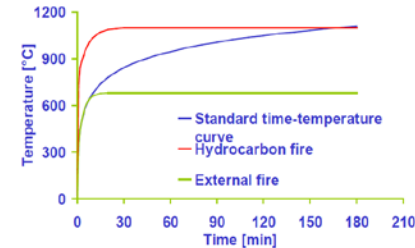
## Natural fire - Design curves

- Fully developed compartment fire



# Možnosti uporabe omenjenih računskih metod

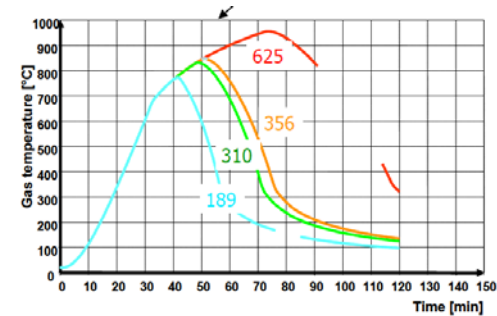
## V primeru standardnega požara



Analiza	Uporaba tabel	Enostavni računski modeli	Globalna analiza
Element konstrukcije	DA (ISO 834)	DA	DA
Podkonstrukcija	NE	DA (vprašanje veljavnosti)	DA
Celotna konstrukcija	NE	NE	DA

# Možnosti uporabe omenjenih računskih metod

## V primeru naravnega požara



Analiza	Uporaba tabel	Enostavni računski modeli	Globalna analiza
Element konstrukcije	NE	DA (vprašanje veljavnosti)	DA
Podkonstrukcija	NE	NE	DA
Celotna konstrukcija	NE	NE	DA

# Določitev požarne odpornosti, Splošno

Potrebno je dokazati, da velja:

$$R_{fi,d,t} \geq E_{fi,d,t}$$

kjer je:

- $R_{fi,d,t}$  projektna vrednost odpornosti elementa pri požaru pri času  $t$ , skladno s požarnim delom standardov Evrokod (del 1-2.). Pravila so enaka kot pri projektiranju pri sobni temperaturi, upošteva se vpliv temperature na obnašanje materiala.
- $E_{fi,d,t}$  projektna vrednost ustreznega učinka vpliva pri požaru v času  $t$  (Eurocode 0 in 1; nezgodno projektno stanje)

# Določitev požarne odpornosti, Splošno

Določitev požarne odpornosti:

območje	enote	Požarna odpornost	$\geq$	Požarna obremenitev
Odpornost, napetost	kN, kNcm	$R_{fi,d,t}$	$\geq$	$E_{fi,d}$
Čas	minuta, ura	$t_{fi,d}$	$\geq$	$t_{fi,req}$
Temperatura	°C	$T_{crit}$	$\geq$	$T_{konst}$ pri $t = t_{fi,req}$

# Evrokodi za račun požarne odpornosti, določitev kriterija R

Požarni deli so zajeti v delih 1.2 posameznega standarda:

- **EC 1: ACTIONS on STRUCTURES**
  - *Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-2: General actions - Actions on structures exposed to fire*
- **EC 2: CONCRETE STRUCTURES**
  - *Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design*
- **EC 3: STEEL STRUCTURES**
  - *Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design*
- **EC 4: COMPOSITE STRUCTURES**
- **EC 5: TIMBER STRUCTURES**
  - *Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-2: General - Structural fire design*
- **EC 6: MASONRY**
- **EC 9: ALUMINIUM ALLOYS STRUCTURES**



# Mehanska obtežba in vpliv drugih obtežb

- Merodajne vrednosti spremenljivih vplivov za projektiranje ob upoštevanju nezgodne situacije je treba privzeti skladno z EN 1990.
- Sočasna pojava z ostalimi neodvisnimi nezgodnimi vplivi ni treba upoštevati
- V odvisnosti od obravnavanega nezgodnega stanja je v nekaterih primerih treba upoštevati dodatne vplive, ki nastopijo med izpostavljenostjo požaru.
- Projektno vrednost direktnega vpliva zaradi požara  $A_{fi,d}$  je treba določiti na osnovi projektne vrednosti toplotnih in mehanskih lastnosti materiala, podanih v požarnih delih standarda EN 1992 do EN 1996 in EN 1999, in merodajne izpostavljenosti požaru



# Določitev $E_{fi,d,t}$ - obremenitev

Skladno s standardom SIST EN 1990

$$E_{fi,d,t} = \sum G_{k,j} + (\psi_{1,1} \text{ ali } \psi_{2,1}) Q_{k,1} + \sum \psi_{2,1} Q_{k,j} + A_{fi,d}$$

Priporočena vrednost  
(SIST EN 1991-1-2)  
Nacionalni dodatek

Prevladujoč  
vpliv

Preostali  
vplivi

kjer je:

$G_{k,j}$  - karakteristična vrednost stalne obtežbe;

$Q_{k,1}$  - karakteristična vrednost prevladujoče spremenljive obtežbe;  $Q_{k,j}$  - karakteristična vrednost drugih spremenljivih obtežb;

$\psi_{1,1}$  - kombinacijski faktor za pogosto obtežno kombinacijo vplivov;

$\psi_{2,1}$  - kombinacijski faktor za navidezno stalno obtežno kombinacijo vplivov.

OPOMBA: VPLIV ENAK NE GLEDE NA IZBRAN MATERIAL  
NOSILNE KONSTRUKCIJE.

# Priporočene vrednosti faktorjev $\Psi$ (SIST EN 1990 – preglednica A.1.1)

Preglednica A.1.1: Priporočene vrednosti faktorjev  $\psi$  za stavbe

Vpliv	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Koristna obtežba v stavbah (glej EN 1991-1-1)			
Kategorija A: bivalni prostori	0,7	0,5	0,3
Kategorija B: pisarne	0,7	0,5	0,3
Kategorija C: stavbe, kjer se zbirajo ljudje	0,7	0,7	0,6
Kategorija D: trgovine	0,7	0,7	0,6
Kategorija E: skladišča	1,0	0,9	0,8
Kategorija F: prometne površine vozilo s težo $\leq 30$ kN	0,7	0,7	0,6
Kategorija G: prometne površine $30$ kN < teža vozila $\leq 160$ kN	0,7	0,5	0,3
Kategorija H: strehe	0	0	0
Obtežba snega na stavbah (glej EN 1991-1-3)*			
Finska, Islandija, Norveška, Švedska	0,7	0,5	0,2
Druge članice CEN, za kraje z nadmorsko višino nad 1.000 m	0,7	0,5	0,2
Druge članice CEN, za kraje z nadmorsko višino pod 1.000 m	0,5	0,2	0
Obtežba vetra na stavbah (glej EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Spremembe temperature (ne pri požaru) v stavbah (glej EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
OPOMBA: Vrednosti faktorjev $\psi$ so lahko določene v nacionalnem dodatku. *) Za države, ki niso omenjene v nadaljevanju, glej ustrezne krajevne pogoje.			

# Določitev $E_{fi,d,t}$ - obremenitev

**Poenostavljen pristop** skladno s SIST EN 1991-1-2

- Pri metodah požarnega projektiranja po Evrokodih, se pogosto pojavlja pomembna količina, imenovana **faktor redukcije nivoja obremenitve za požarno projektno stanje**  $\eta_{fi}$  :

$$E_{fi,d,t} = \eta_{fi} E_d$$

Redukcijski faktor

Projektna vrednost notranje sile določena pri sobni temperaturi za trajno projektno stanje ob upoštevanju osnovne kombinacije vplivov (EN 1990).

# Določitev redukcijskega faktorja

$\eta_{fi}$

Skladno z naslednjo enačbo za nezgodno obtežno kombinacijo 6.10 po EN 1990

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,1}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}}$$

Sobna temperatura:

$\gamma_G = 1,35$  – stalna obtežba

$\gamma_{Q,1} = 1,5$  – spremenljiva obtežba

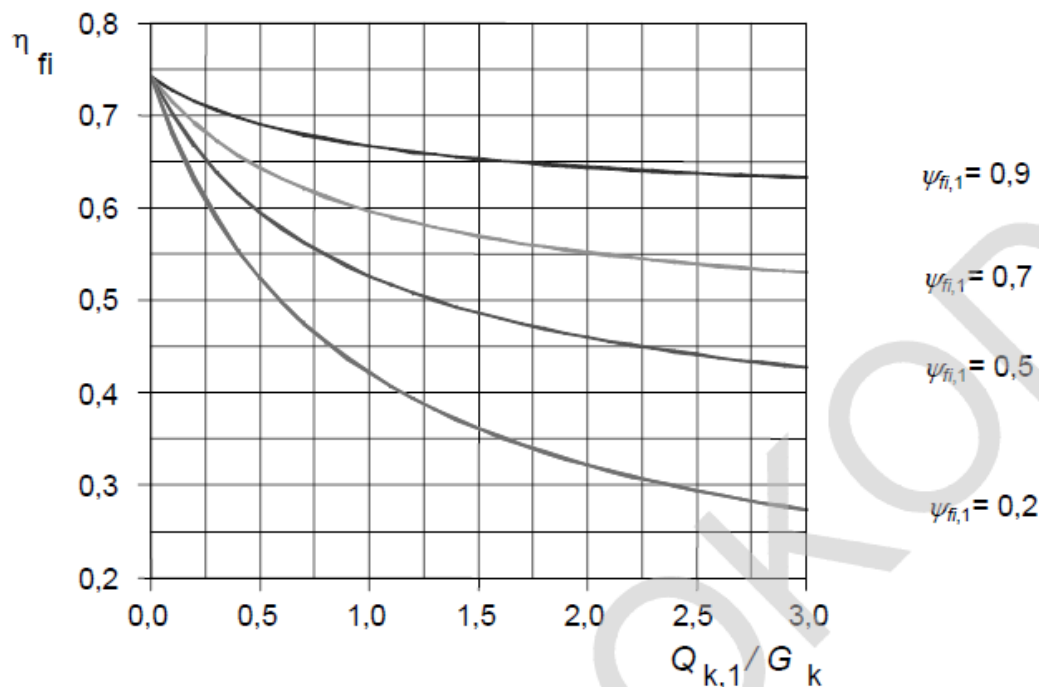
Požarno projektno stanje:

$\gamma_G = 1,0$  – stalna obtežba

$\psi_{1,1} = 0,5$  – za pisarne za spremenljivo obtežbo

# Primer določitev redukcijskega faktorja $\eta_{fi}$ za jeklene elemente

Primer: Vrednost redukcijskega faktorja  $\eta_{fi}$  glede na razmerje  $Q_{k,1}/G_k$ , za različne vrednosti kombinacijskega faktorja  $\Psi_{1,1}$  pri upoštevanju  $\gamma_G = 1,35$  in  $\gamma_{Q,1} = 1,5$



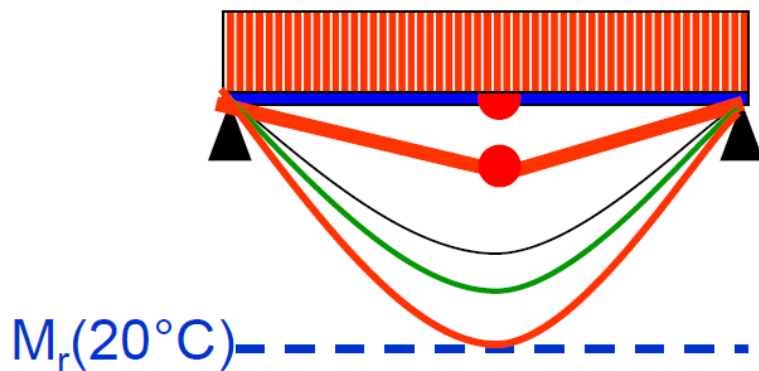
**DODATNA  
POENOSTAVITEV  
(SIST EN 1993-1-2)**

**$\eta_{fi} = 0,65$**

za kategorije stavb  
E pa  **$\eta_{fi} = 0,70$**

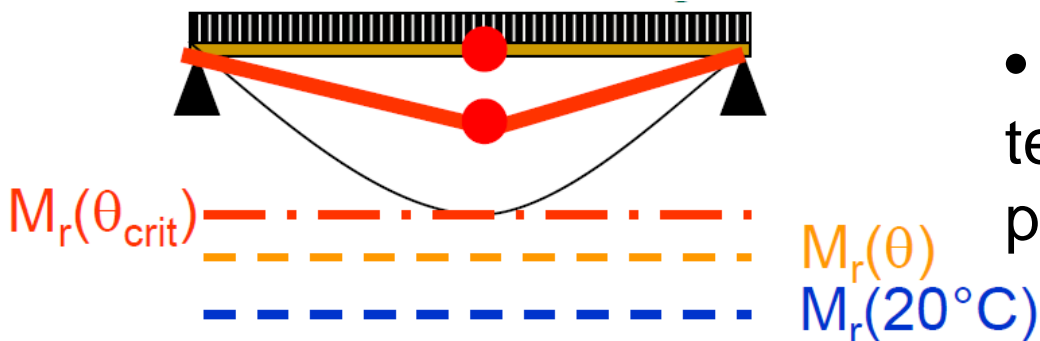
# Kriterij R - nosilnost

SOBNA  
TEMPERATURA



- Konstantna temperatura
- Povečanje obtežbe do porušitve

POVIŠANA TEMPERATURA



- Konstantna obtežba
- Povečanje temperature do porušitve