

# Študijsko gradivo PRIMER RAČUNA S PROGRAMOM PYROSIM 3. del

# II. stopnja – magistrski študij GRADBENIŠTVO, predmet **POŽARNA VARNOST**

Avtorja: Anita Treven, Tomaž Hozjan

Ljubljana, april 2016

#### UVOD

Namen študijskega gradiva je na preprostem primeru predstaviti osnovne možnosti uporabe grafičnega vmesnika PyroSim, ki je narejen za program Fire Dynamics Simulator (FDS), Verzija 6. Poudarek v tretjem delu je na prikazu uporabe elementov za prezračevanje.

#### LASTNOSTI PROSTORA IN OBRAVNAVANI POŽAR

Osnova primera, predstavljenega v nadaljevanju, je primer, ki smo ga na vajah poračunali že s programom OZone. Prostor je dimenzij 24x12m<sup>2</sup> in višine 4m. Odprtine, ki so visoke 2m, razporedimo poljubno, njihova skupna dolžina je 24m (na primer dva okna dolžine 6m na vsaki od daljših stranic).

Stene in strop so iz 10cm betona prekritega z 1.6cm MKP. Tla so iz 15cm debelega betona. Lastnosti betona in MKP:

K Edit Materials					🔀 Edit Materials					
CONCRETE A GYPSUM	Material ID:	CONCRETE			CONCRETE GYPSUM	^	Material ID:	GYPSUM		
	Description:	NBSIR 88-3752	- ATF NIST Multi-Floo	or Validation			Description:	NBSIR 88-3752	- ATF NIST Multi-Floo	or Validation
	Material Type:	Solid 👻					Material Type:	Solid 👻		
	Thermal Proper	ties Pyrolysis	Advanced				Thermal Proper	ties Pyrolysis	Advanced	
	Density:		2500.0	kg/m³			Density:		900.0	kg/m³
	Specific Heat	Constant 👻	1.0	kJ/(kg·K)			Specific Heat	Constant 👻	1.0	kJ/(kg·K)
	Conductivity	Constant 👻	1.6	W/(m•K)			Conductivity	Constant 👻	0.25	W/(m•K)
	Emissivity:		0.9	]			Emissivity:		0.9	
	Absorption Co	oefficient:	5.0E4	1/m			Absorption Co	efficient:	5.0E4	1/m

HRR krivuljo smo poračunali s programom OZone, pri čemer je bila HRR<sub>max</sub> 72MW.

#### MODELIRANJE OSNOVNEGA PROSTORA IN OBRAVNAVANEGA POŽARA V PROGRAMU PYROSIM

Najprej modeliramo tak prostor kot smo ga obravnavali s programom OZone, da bomo lahko primerjali rezultate. Pri tem si pomagamo z navodili za »Primer računa s programom PyroSim – 1. del« in uporabimo prave podatke. Ponovno izberemo mrežo s celicami velikosti 1m x 1m x 1m.

Požar definiramo na levi polovici prostora. HRR krivuljo izvozimo iz programa OZone v Excel, kjer jo normiramo in nato skopiramo v

ADIABATIC + Surface ID: Open HVAC Description:		slovica			
MIRROR Notified OPEN	Color: Europe: Burner	Appearance:	0		
PERIODIC	Therma	Centrea A Livaració sideo	teon   wavenced		
Dia	Heat Release				
	Heat Release	Rate Per Area (HRRPUA):	720.0 kW/m <sup>3</sup>		
	C Mass Loss Ra	te:	0.0 kg/(m <sup>2</sup> %)		
	Ramp-Up Time:	Custom -	Edit Values	1	
	Extinguishing Coe	Extinguishing Coefficient:			
		Time (6)	Fraction		Insert Row
		1 0.0 2 50.9117	7	0.0 A	Remove Row
		3 101.824 4 152.735	5	0.0016 1	A Move Lip
Nimw		201.647	1	11 11116-0	Mave Down
New Add From Library	85URF ID='Open/Pold	6 254.558	1	0.01	
New Add From Library Rename	85LRF ID='Ogen/Pok BRAMP ID='Ogen/Pok BRAMP ID='Ogen/Pok	6 254.538 7 305.47 8 356.382	8	0.01 0.0144 0.0196	Its Copy
New Add From Library Rename Delete	85URF ID='Ogen/Pol BRAMP ID='Ogen/Pol BRAMP ID='Ogen/Pol RRAMP ID='Ogen/Pol SO EMD ID='Ogen/Pol	6 254.558 7 305.47 8 356.382 9 407.294 10 458.205	5 7 6	0.01 0.0144 0.0196 0.0256 0.0324	D Copy
New Add Prom Library Rename Delete	86LRP ID ='Ogen/Pole BRAMP ID ='Ogen/Pole BRAMP ID ='Ogen/Pole BRAMP ID ='Ogen/Pole BRAMP ID ='Ogen/Pole	6 254,538 7 305,47 8 356,382 9 407,294 10 458,205 11 509,11 12 560,029	2	0.01 0.0144 0.0196 0.0256 0.0324 0.04 0.04	ID Copy IB Poste X Cut
New Add From Library Rename Delete	80.8P ID='OgenPole BRAMP ID='OgenPole BRAMP ID='OgenPole BRAMP ID='OgenPole BRAMP ID='OgenPole	6 254-558 7 305-47 8 356-32 9 4452-25 10 4458.205 11 509.117 12 560.029 13 610.938 14 60.855		0.000 0.014 0.0196 0.0256 0.0324 0.04 0.0484 0.0576 0.0576 *	D Copy Poste X Cut

V prostor kot nov »obstruction« dodatno pod strop postavimo betonski nosilec, na katerega bomo namestili različne merilnike, ter meritve uporabili kot vhodni podatek za toplotno analizo v programu

#### Heatko na kasnejših vajah.

Prerez nosilca je 1m x 1m. Ker program prevajanje toplote po elementih računa kot 1-D z vsake izpostavljene stranice posebej, pri »surface« določimo, da ima nosilec debelino 1m.

Geometrija nosilca:	Površina nosilca:		
Obstruction Properties       X         General       Geometry       Surfaces       Advanced         Box Properties       Min X:       13.0 m       Min Y:       0.0 m       Min Z:       3.0 m         Max X:       14.0 m       Max Y:       12.0 m       Max Z:       4.0 m	ADIABATIC       Surface ID:       Noslec         HVAC       Description:       Description:         Visite       Open/Polovica       Open/Polovica         Open/Polovica       Open/Polovica       Open/Polovica         Strace Type:       Layered       Open/Socies         Tia       Layer Divide:       0.0         Material Layers       Thickness (m)       Material Composition         1       1.0 m       1.0 CONCRETE		

ADIABATIC NVAC NART MRROR MIRROR OgenPolovica OPEN PERIODIC StenaStrop Tia Layer Divde: 0.0 Material Layers Tochaner (m) Material Composition Edit / Editore (m) Material Composition Edit / Edit / Editore (m) Material Composition Edit / Edit / E	Edit Surfaces		
	ADIABATIC HVAC NERT MIRROR Kostec OgenjPolovica OPEN OPENODIC StenaStrop Tia	Surface ID: Noslec Description: Color: Appearance: Surface Type: Layered Geometry Reaction Material Layers Layer Divide: 0.0 Material Layers Tributers Material Composition Edit	Advance Thermal

#### Postavitev merilnikov:



Na površini nosilca določimo tri sklope merilnikov - na sredini leve, desne in spodnje stranice, kot prikazuje slika. Merimo temperaturo na površini (»devices«  $\rightarrow$  »new solid phase device«  $\rightarrow$ »adiabatic surface temperature«), skupen toplotni tok skozi površino (»devices«  $\rightarrow$  »new solid phase device«  $\rightarrow$  »heat flux«) ter posebej še radiacijski in konvekcijski tok skozi površino (»devices«  $\rightarrow$ »new solid phase device«  $\rightarrow$  »radiative heat flux«, »devices«  $\rightarrow$  »new solid phase device«  $\rightarrow$ »convective heat flux«).

Za primer prikazujemo določitev merilcev toplotnega toka:

ſ	Solid-phase Device	Solid-phase Device	
	Name:       Quantity:     Heat Flux	Name: [q_D] Quantity: Heat Flux	]
	Enable Setpoint: 0.0 kW/m <sup>2</sup> Trigger only once	Enable Setpoint: 0.0 kW/m <sup>2</sup> Trigger only once	
l	Initially activated		-
	Location         X:         13.0 m         Y:         5.99 m         Z:         3.5 m           Normal of Solid         X:         -1.0         Y:         0.0         Z:         0.0	Location         X:         14.0 m         Y:         5.99 m         Z:         3.5 m           Normal of Solid         X:         1.0         Y:         0.0         Z:         0.0	]
	Rotation: 0.0 °	Rotation: 0.0 °	
	Solid-phase Device		
	Name: q_5		
l	Quantity: Heat Flux		
	Enable Settpoint: 0.0 kW/m <sup>2</sup> Trigger only once		
	Initially activated		
	Location X: 13.5 m Y: 5.99 m Z: 3.0 m		
	Rotation: 0.0 °		

X in Z koordinati sta izbrani tako, da merilec leži na površini nosilca. Y koordinata pa je izbrana tako, da merilec ne leži na mreži ampak v celici.

Po navodilih za »Primer računa s programom PyroSim – 1. del« po prostoru (plinu) določimo še merilce preostalih količin, ki nas zanimajo: temperatura, kisik, ogljikov monoksid,...

#### SPREMEMBE GEOMETRIJE ZA PRIMER PREZRAČEVANJA

Nosilec spremenimo v steno, ki prostor razdeli na dva približno enako velika dela (spremenimo Z koordinato, da »obstruction« poteka od 0 do 4).

Eno okno v polovici prostora, kjer je požar, izbrišemo.

Ker preurejamo prejšnji primer, pazimo, da so vsi merilci postavljeni tako, kot morajo biti – "gas phase device" v zraku, "solid phase device" na površini. Če niso, jih prestavimo (ali izbrišemo).

Vgradili bomo prezračevalni kanal znotraj obravnavanega požarnega sektorja (med obema prostoroma) in ventilator iz prostora s požarom skozi zunanjo steno v okolico, ki bo v prostor vpihoval svež zrak.

#### PREZRAČEVALNI KANAL (znotraj požarnega sektorja) IN VENTILATOR (na zunanji steni)

Kot nov "obstruction" vgradimo prezračevalni kanal. Za tip površine izberemo ADIABATIC. Program nato te površine upošteva kot izolirane.

Del kanala v prostoru s požarom:

	Obstruction Pro	perties		
	General Geo	ometry Surfaces Adva	anced	
Obstruction Properties	Single	ADIABATIC 🔻		
	Multiple	Face	Surface	
General Geometry Surfaces Advanced		Min X	ADIABATIC	
Dev December		Max X	ADIABATIC	
Box Properties		Min Y	ADIABATIC	
Min X: 12.0 m Min Y: 6.0 m Min Z: 3.0 m		Max Y	ADIABATIC	
		Min Z	ADIABATIC	
Max X: 13.0 m Max Y: 12.0 m Max Z: 4.0 m		Max Z	ADIABATIC	

Del kanala v drugem prostoru:

	Obstruction Pro	perties		
	General Geo	metry Surfaces Adv	anced	
Obstruction Properties	Single	ADIABATIC -		
General Geometry Surfaces Advanced	🖉 💿 Multiple	Face	Surface	
		Min X	ADIABATIC	
Box Properties		Max X	ADIABATIC	
Mar V. 14 0 ml Mar V. 11 0 m Mar 7. 2 0 m		Min Y	ADIABATIC	
Min X: 14.0 m Min Y: 11.0 m Min Z: 5.0 m		Max Y	ADIABATIC	
Max X: 22.0 m Max Y: 12.0 m Max Z: 4.0 m		Min Z	ADIABATIC	
		Max Z	ADIABATIC	

Treven, A., Hozjan, T. 2016. Primer računa s programom PyroSim – 3. del. Študijsko gradivo – II. stopnja magistrski študij GRADBENIŠTVO, predmet POŽARNA VARNOST.

Določimo nov tip HVAC naprave (HVAC naprava je lahko le enega tipa naenkrat).

a) Za ventilacijo

K Edit HVAC		Edit HVAC
Z Edit HVAC	Fan Id:       Zid         Description:	Zeli Edit HVAC       AircoliKanal         KinaBrvi       Fan Id:         KanaBrvi       Description:         Properties       Activation:         Activation:       Calways On> •         Flow Loss:       0.0         Fan Model       Initial Ramp up time:         Initial Ramp up time:       Default •         @ Quadratic       Maximum Flow Rate:       0.0 m³/s         Maximum Pressure:       0.0 Pa         @ Constant Flow       Volume Flow Rate:       2.0 m³/s         Defined Ramp       Fan Curve:       Edit Values
Rename	8HVAC ID=ZId, TYPE_ID=FAN, VOLUME_FLOW=2.0/	8HVAC ID=KanalPrvi', TYPE_ID='FAN', VOLUME_FLOW=2.0/
bucch	Apply OK Cancel	Delete Apply OK Cancel

b) Za segrevanje/ohlajanje zraka

K Edit HVAC	×
AircoliKanal KanaPrvi Zid	Aircol Id:       AircolKanal         Description:
New Rename Delete	&HVAC ID='AircollKanal', TYPE_ID='AIRCOIL', FIXED_Q=5.0/
	Apply OK Cancel

# Z novimi VENT elementi določimo položaj zračnikov/ventilatorjev.

Opomba: VENT elemente kot običajno definiramo tik ob površini »obstruction«-a, ter izberemo surface »HVAC«.

Začetek prezračevalnega kanala med prostorom s požarom in drugim prostorom:

Vent Properties	
General Geometry HVAC Properties Advanced	
Description: KanalIn	
Group: 🛃 Model 👻	
Activation: <pre> <always on=""> -</always></pre>	
Surface: HVAC -	Vent Properties
Specify Color	
Display as Outline	General Geometry HVAC Properties Advanced
Texture Origin	Vent Geometry Properties
Relative to object	Normal Direction: Automatic (Recommended) -
X: 0.0 m Y: 0.0 m Z: 0.0 m	Plane X v = 11.99 m
Fire Spread	Bounds
Spread Rate: 0.0 m/s	Min X: 0.0 m Min Y: 6.0 m Min Z: 3.0 m
Origin X: 11.99 m Y: 6.5 m Z: 3.5 m	Max X: 1.0 m Max Y: 7.0 m Max Z: 4.0 m

Konec prezračevalnega kanala med prostorom s požarom in drugim prostorom:

Vent Properties	
General Geometry HVAC Properties Advanced	
Description: KanalOut	
Group: 🛃 Model 👻	
Activation: <a>Always On&gt; +</a>	
Surface:	Vent Properties
Specify Color	
Display as Outline	General Geometry HVAC Properties Advanced
Texture Origin	Vent Geometry Properties
Relative to object	Normal Direction: Automatic (Recommended) -
X: 0.0 m Y: 0.0 m Z: 0.0 m	Plane Y 🕶 = 10.99 m
Fire Spread	Bounds
Spread Rate: 0.0 m/s	Min X: 21.0 m Min Y: 0.0 m Min Z: 3.0 m
Origin X: 21.5 m Y: 10.99 m Z: 3.5 m	Max X: 22.0 m Max Y: 1.0 m Max Z: 4.0 m

#### Enako naredimo še za začetek in konec ventilatorja med zunanjostjo in prostorom s požarom:

Vent Properties	Vent Properties
General Geometry HVAC Properties Advanced	General Geometry HVAC Properties Advanced
Vent Geometry Properties	Vent Geometry Properties
Normal Direction: Automatic (Recommended) 👻	Normal Direction: Automatic (Recommended) 👻
Plane Y • = -1.01 m	Plane Y v = 0.01 m
Bounds	Bounds
Min X: 11.0 m Min Y: 0.0 m Min Z: 3.0 m	Min X: 11.0 m Min Y: 0.0 m Min Z: 3.0 m
Max X: 12.0 m Max Y: 1.0 m Max Z: 4.0 m	Max X: 12.0 m Max Y: 1.0 m Max Z: 4.0 m

**Določimo vozlišča prezračevalnega kanala z ukazom New HVAC Node**. Vozlišče mora biti na začetku in koncu kanala (t.j. na VENT elementu) ter povsod kjer se pot zraka lomi (glej spodnjo sliko za primer – oranžni krogi so vozlišča »HVAC node«, oranžne linije pa kanal »HVAC duct«, ki ga bomo definirali kasneje).



Pri vozlišču na začetku in koncu kanala izberemo Node Type »Vent Endpoint« ter iz seznama izberemo pravi VENT element.

HVAC Node Properties	HVAC Node Properties
General Geometry	General Geometry
Description: Kanal 1	Description: Kanals
Group: 🔬 Model 👻	Group: 🍰 Model 👻
FYI:	FYI:
Filter: <pre><mathcal{none}< pre=""></mathcal{none}<></pre>	Filter: <none> -</none>
Node Type:	Node Type:
Auto	Auto
Internal	Internal
Maint Endpoint	C Ambient Endpoint
Location: x: 11.99 m y: 6.5 m z: 3.5 m	Location: x: 21.5 m y: 10.99 m z: 3.5 m
Ducts:	Ducts:
Connected Ducts: K1	Connected Ducts: K4
In Loss 0.0	In Loss 0.0
Out Loss 0.0	Out Loss 0.0
Bounding Box	Bounding Box
Min X: 11.99 m Min Y: 6.5 m Min Z: 3.5 m	Min X: 21.5 m Min Y: 10.99 m Min Z: 3.5 m
Max X: 11.99 m Max Y: 6.5 m Max Z: 3.5 m	Max X: 21.5 m Max Y: 10.99 m Max Z: 3.5 m
OK Cancel	OK Cancel

Pri vozliščih znotraj kanala izberemo Node Type »Internal«.

HVAC Node Properties			<b></b>
General Geometry			
Description: Kanal2			
Group: 🔒 Model	-		
FYI:			
Filter: <none> 💌</none>			
Node Type:			
Auto			
<ul> <li>Internal</li> </ul>			
O Ambient Endpoint			
Vent Endpoint	<b>*</b>		
Location: x: 12.5 m	y: 6.5 m	z: 3.5 m	
Ducts:			
Connected Ducts: K1, K2			
Edit Duct Losses			
Bounding Box			
Min X: 12.5 m N	fin Y: 6.5 m	Min Z: 3.5 m	
Max X: 12.5 m N	lax Y: 6.5 m	Max Z: 3.5 m	
		ОК	Cancel

# Določimo potek kanala z ukazom »New HVAC Duct«.

Z izbiro vozlišča iz seznama pri »Node 1« in »Node 2« določimo začetno in končno vozlišče tega odseka kanala (začne se pri 1 in konča pri 2). S tem določimo smer potovanja zraka – ali ga odvajamo ali dovajamo v prostor. Pri razdelku »Shape« določimo še prerez kanala na tem odseku: s premerom za okrogle kanale oziroma s površino in obsegom za kanale preostalih oblik.

HVAC Duct Properties			
General Flow Model			
Description: K1			
Node 1: Kapalit			
Node 2: Kanal2 -			
Length			
Automatic (0.51m)     Evide			
Shane			
© Circular			
Diameter: 0.3048 m			
Non-circular			
Area: 1.0 m <sup>2</sup>			
Perimeter: 4.0 m			
Bounding Box			
Min X: 11.99 m Min Y: 6.5 m Min Z: 3.5 m			
Max X: 12.5 m Max Y: 6.5 m Max Z: 3.5 m			
OK Cancel			

Treven, A., Hozjan, T. 2016. Primer računa s programom PyroSim – 3. del. Študijsko gradivo – II. stopnja magistrski študij GRADBENIŠTVO, predmet POŽARNA VARNOST.

V zavihku »Flow model« iz seznama pri »Flow device« izberemo HVAC napravo, ki predstavlja lastnost kanala. Če je kanal samo cev, ki omogoča prehod zraka, pri »Flow device«, izberemo »None«. Če je v kanalu ventilator, ki omogoča prehod določene količine zraka na časovno enoto, izberemo eno od HVAC naprav, ki smo ji predpisali lastnost ventilacije (Zid in KanalPrvi). Če zrak v kanalu segrevamo ali hladimo, izberemo eno od HVAC naprav, ki smo ji predpisali lastnost segrevanja/ohlajevanja zraka (AirCoilKanal).

Odsek kanala je samo cev, ki omogoča prehod zraka:

_/	-	
H	VAC Duct Proper	rties
Γ	General Flow N	1odel
L	Foward Loss:	0.0
	Reverse Loss:	0.0
	Roughness:	0.001 m
	Flow Device:	<none> 🔻</none>

# Na odseku kanala je ventilator,

količine zraka na časovno segreva/ohlaja: enoto:

-				
H	VAC Duct Propertie	es	r	
	Cont Flow May	44		HVAC DU
	General How Mod			Gener
	Foward Loss: 0	.0		
	Reverse Loss: 0	.0		Fowa
	Roughness: 0	.001 m		Reve
	Flow Device:	an 🔻		Roug
	-	KanalDuri		Flow
	Fari:			
	Flow Direction	Node 1 to Node 2 👻		,
	Activation:	<always on=""> 👻</always>		· · ·

ki omogoča prehod določene Na odseku kanala se zrak

ſ	H	VAC Duct Proper	ties
		General Flow M	Iodel
		Foward Loss:	0.0
		Reverse Loss:	0.0
		Roughness:	0.001 m
		Flow Device:	Aircoil 👻
		Aircoil:	AircoilKanal 👻
		Activation:	<always on=""> 🔻</always>

# PREZRAČEVALNI KANAL (znotraj požarnega sektorja)

Za daljši odsek kanala v prostoru s požarom izberemo, da se zrak v njem segreva (»AirCoilKanal«), ostale dele tega kanala pa določimo samo kot cev (»none«).

# VENTILATOR (na zunanji steni)

Za kanal med zunanjostjo in prostorom s požarom izberemo HVAC napravo (»Zid«), ki smo ji prej določili sposobnost konstantnega pretok zraka 2m<sup>3</sup>/s.

