

**Modeliranje ventilacionih sistema drumskih tunela**  
*Modeling of the road tunnel ventilation systems*

*P.V. Vukoslavčević, M.B. Šekularac*





## UVOD

**Modeliranje ventilacionih sistema saobraćajnih tunela se pokazalo kao najbolji pristup rješavanju problema ventilacije odnosno razvoju metodologija projektovanja ventilacionih sistema:**

- **Ne postoje egzatna analitička rješenja strujnih polja u tunelima (strujanje je turbulentno, nestacionarno i neizotermno, naročito u uslovima požara).**
- **Pojava sve kompleksnijih tunela i ventilacionih sistema.**
- **Sve veći zahtjevi u pogledu dužine tunela i gustine saobraćaja.**
- **Nedostatak iskustvenih podataka za nove objekte – specifičnosti novih saobraćajnica.**
- **Porast ekoloških standarda.**
- **Incidenti u tunelima (požar)**



# MODELIRANJE VENTILACIONI SISTEMA

## EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA

REALNI OBJEKTI

NAPUŠTENI OBJEKTI  
OBJEKTI U IZGRAD.

LABOR.  
MODELI

SLIČNOST: geometr.,  
kinematska, dinamička

KARAKTERISTIČNI BR.

Fr, Re, Gr, Nu.....

KOEF. SLIČNOSTI:

$K_L$ ,  $K_V$ ,  $K_F$ ,  $K_P$ ,  $K_T$ .....

NOVOIZGR. OBJ.

KONTRJNI TESTOVI

## NUMERICKE SIMULACIJE

CFD METODE

*Reynolds stress model,*

$k$    $\epsilon$

$k$    $\omega$

ANSIS – FLUENT, CFX

3D CAD



## Eksperimentalna istraživanja na realnim objektima

### **OBJEKAT:**

**Ofenegg tunel (Švajcarska 1965): BxH=4.2x6 m (želj. tunel)**

### **IZVOR I SNAGA POŽARA:**

**Benzinske kade; 6.6, 47.5 i 95 m<sup>2</sup>, šir. 3.8 m i duž. 1.7, 12.5 i 25 m (14-33) MW**

### **CILJ ISTRAŽIVANJA:**

**Kapacitet podužne i polupoprečne ventilacije pri požarima različitog inteziteta (snage), uticaj požara na instalacije, mogućnost spasavanja putnika**

### **MJERENJA:**

**Intezitet (snaga požara), brzina strujanja, temperatura**

### ***OSNOVNE KARAKTERISTIKE***

**relativno uzak tunel, velike količine dima, brzina dimnih gasova do 11 m/s, visok uticaj brzine strujanja vazduha na intezitet požara**



## Eksperimentalna istraživanja na realnim objektima

### **OBJEKAT:**

**West Meon Test (Engleska 1970). BxH=8x6 m. (želj. tunel)**

### **IZVOR I SNAGA POŽARA:**

**Putnički automobili**

### **CILJ ISTRAŽIVANJA:**

**Kontrola širenja (stratifikacija) dima pri podužnoj ventilaciji**

### **MJERENJA:**

**Brzina strujanja, temperatura, sloj dima**

### ***OSNOVNE KARAKTERISTIKE***

**stratifikacija dimnih gasova, relativno širok postor oko izvora požara  
bez prisustva dimnih gasova (CO??)**



## Eksperimentalna istraživanja na realnim objektima

### **OBJEKAT:**

**Zwenberg tunel (Austrija 1975). BxH=4.4x3.8 m (želj. tunel)**

### **IZVOR I SNAGA POŽARA:**

**20 benzinskih kade 1x1.7 m do 20 m<sup>2</sup>; (8-21)MW**

### **CILJ ISTRAŽIVANJA:**

**Uticaj podužne, polup. i poprečne ventilacije (optimalne količine i brzine strujanja svježeg vazduha) na distribuciju dima i toksičnih gasova, vidljivost, uticaj požara na instalacije, mogućnost evakuacije putnika**

### **MJERENJA:**

**Mjereno je temperatursko, koncentraciono i brzinsko polje i vidljivost ; (CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>)**

### **OSNOVNE KARAKTERISTIKE**

**Varirano mjesta dovoda svježeg vazduha, količina odvedenih dimnih gasova i dovedenog svježeg vazduha. Definisane vrste opasnog prostora.**



## Eksperimentalna istraživanja na realnim objektima

### **OBJEKAT:**

**Public Work Research Institute - PWRI (Japan 1980).**

**BxHxL=8.4x6.8x3277m (drumski tunel)**

### **IZVOR I SNAGA POŽARA:**

**Benzinske kade od 4 i 6 m<sup>2</sup>; stvarna vozila; (-14.4, autob.-?)MW**

### **CILJ ISTRAŽIVANJA:**

**Evakuacija putnika u slučaju požara**

### **MJERENJA:**

**Mjerenje je temperaturno, koncentraciono (CO) i brzinsko polje i vidljivost .**

### ***OSNOVNE KARAKTERISTIKE***

**Utvrđeno je da se uslovi za evakuaciju u slučaju požara na autobusu ili kadi od 4 m<sup>2</sup> mogu obezbijediti u trajanju od 10 min, na dužini do 300 do 400 m, samo ako je brzina strujanja vazduha manja od 2 m/s.**

**Određena kritična brzina (povratno srujanje) 2.5 m/s.**



## Eksperimentalna istraživanja na realnim objektima

### **OBJEKAT:**

**TUB-VTT test** (Finska 1986). BxHxL=5x6x140m (test tunel bez obloge, stijena)

### **IZVOR I SNAGA POŽARA:**

**drvo, do 8MW**

### **CILJ ISTRAŽIVANJA:**

**Uticaj materijala zidova tunela na sigurnost putnika, uticaj količine kiseonika na razvoj požara.**

### **MJERENJA:**

**Mjereno je temperatursko, koncentraciono (CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>) i brzinsko polje.**

### ***OSNOVNE KARAKTERISTIKE***

**Obrušavanje zidova tunela. Nepouzdanost teorijskih proračuna razvoja požara.**





## Eksperimentalna istraživanja na realnim objektima

### **OBJEKAT:**

**Reppafjord tunel** (Norveška, 1990-1992); EUREKA EU 499.

$B \times H = (5.3-7) \times (4.8-5.5) m$  (drumski tunel)

### **IZVOR I SNAGA POŽARA:**

**Benzinske kade i stvarna vozila; (6-120)MW**

### **CILJ ISTRAŽIVANJA:**

Sagorijevanje različitih vrsta goriva, stvarnih vozila i raznih materijala (drvo, guma, plastika). Mogućnost napuštanja tunela, gašenja požara i nivo oštećenja instalacija.

Širenje dimnih gasova pri promenljivim brzinama vjetra na portalima za razne tipove ventilacije, temperatursko polje, intezitet požara itd

### **MJERENJA:**

**Mjereno je temperatursko, koncentraciono (CO) i brzinsko polje i vidljivost .**

### **OSNOVNE KARAKTERISTIKE**

**Dobijeni jedinstveni podaci mjerenja snage požara na stvarnim vozilima.**

**Utvrđen značaj vrste materijala oplata vozila i kvaliteta prozora na razvoj požara. Precizno definisani izvori požara.**



## Eksperimentalna istraživanja na realnim objektima

### **OBJEKAT:**

**Memorial tunel (USA, 1993-1995).**

**BxHxL=8.3x6.4x853m (dvosmjerni drumski tunel)**

### **IZVOR I SNAGA POŽARA:**

**Benzinske kade i stvarna vozila; (10-100)MW**

### **CILJ ISTRAŽIVANJA:**

**Ispitivanje poprečnih, polupoprečnih i podužnih ventilacionih sistema. Snimanje inteziteta propagacije požara.**

### **MJERENJA:**

**Mjereno je temperatursko, koncentraciono (CO, CO<sub>2</sub>, THC) i brzinsko polje i vidljivost; 98 testova, 1400 mjernih mjesta.**

### ***OSNOVNE KARAKTERISTIKE***

**Dobijeni jedinstveni podaci mjerenja i formirana baza od  $4 \times 10^6$  podataka od posebnog značaja za projektovanje svih vrsta ventilacionih sistema.**

**Utvrđena kritična brzina strujanja 3 m/s.**

**Podužni ventilacioni sistemi omogućuju kontrolu požara snage do 100MW.**



## Eksperimentalna istraživanja na realnim objektima

### **OBJEKAT:**

**Shimizu No. 3** (Japan, 2001)

$B \times H \times L = 16.5 \times 8.5 \times 1119m$  (drumski tunel sa tri saobraćajne trake)

### **IZVOR I SNAGA POŽARA:**

**Benzinske kade (1.4-9) m<sup>2</sup>, putnički automobili i autobusi.**

### **CILJ ISTRAŽIVANJA:**

**Formiranje dima, interakcija dima i podužnog strujanja, uticaj inteziteta požara na ponašanje dimnog sloja, rizik širenja požara itd. u tunelima velike širine.**

### **MJERENJA:**

**Temperatursko i brzinsko polje, stepen radijacije, gustina dima.**

### ***OSNOVNE KARAKTERISTIKE***

**Jedinstvena mjerenja. Poređenje rezultata na tunelima sa dvije (PWRI) i tri saobraćajne trake**



## Eksperimentalna istraživanja na realnim objektima

### **OBJEKAT:**

**Second Benelux test** (Holandija 2002).

$B \times H \times L = 9.8 \times 5.1 \times 900m$  (drumski tunel prav. poprečnog presjeka)

### **IZVOR I SNAGA POŽARA:**

**Benzinske kade (1.4-9) m<sup>2</sup>, putnički automobili i teretna vozila.**

### **CILJ ISTRAŽIVANJA:**

**Efikasnost ventilacionog i detekcionog sistema, dinamika požara i mogućnost bezbjednog napuštanja tunela, različiti materijali sagorijevanja**

### **MJERENJA:**

**Temperatursko i brzinsko polje, stepen radijacije, brzina dimnih gasova, nivo vidljivosti.**

### ***OSNOVNE KARAKTERISTIKE***

**Dobijeni su značajni rezultati koji se odnose na uticaj podužne ventilacije na razvoj i intezitet požara pri sagorijevanju različitih materijala.**



## Eksperimentalna istraživanja na realnim objektima

### **OBJEKAT:**

**Runehamar** (Norveška; 2003, 2013)

$B \times H \times L = 9 \times 6 \times 1600m$  (dvosmjerni asfaltirani drumski tunel)

### **IZVOR I SNAGA POŽARA:**

**Teretna vozila. (60-200) MW**

### **CILJ ISTRAŽIVANJA:**

Požar sa različitim materijalima (drvo, plastika, namještaj, karton). Širenje i gašenje požara. Uticaj longitudinalne ventilacije.

### **MJERENJA:**

**Intezitet požara, temperatursko i brzinsko polje.**

### ***OSNOVNE KARAKTERISTIKE***

Požari velike snage. Pokazalo se da sagorijevanje ovakvih materijala može biti ekvivalentno požaru na tankerima i da vatrogasci mogu imati ozbiljne probleme i uz optimalnu upotrebu ventilacionog sistema.



## Eksperimentalna istraživanja na realnim objektima

### **OBJEKAT:**

**A86 tunel** (Francuska, 2003-2005)  
(jednosmjerni drumski tunel na dva nivoa)

### **IZVOR I SNAGA POŽARA:**

**Benzinske kade, putnička vozila**

### **CILJ ISTRAŽIVANJA:**

Različite incidentne situacije u tunelu sa putničkim vozilima u dvije i tri saobraćajne trake. Upravljanje dimnim gasovima, gašenje požara vodom.

Efikasnost podužne ventilacije

### **MJERENJA:**

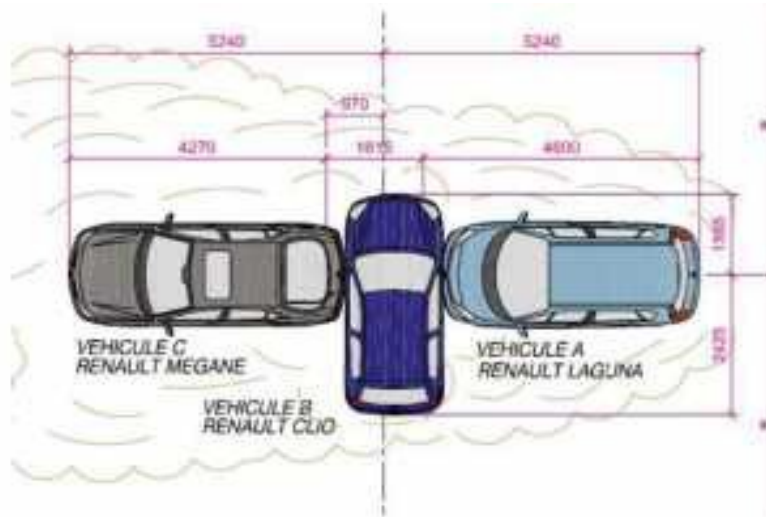
**Intezitet požara, temperatursko i brzinsko polje, koncentracija polutanata, vidljivost. Snimanje požara.**

### ***OSNOVNE KARAKTERISTIKE***

**Pripreme za prvi eksperiment su trajale oko 9 mjeseci, testiranja oko 3 mjeseca a analiza podataka oko 4 mjeseca.**



## Eksperimentalna istraživanja na realnim objektima



**Simulacija požara u A86 tunelu. (a) Šematski prikaz sudara tri vozila. (b) Snimak požara**



# Eksperimentalna istraživanja na labor. modelima

---

## **PREDNOSTI**

- **Smanjeni troškovi istraživanja**
- **Geometrijska sličnost sa objektom**
- **Jednostavna provjera numeričkih simulacija**
- **Vizualizacija požara**
- **Kvalitativna analiza**
- **Okvirna kvantitativna analiza**

## **NEDOSTACI**

- **Teško izvodljiva potpuna sličnost odnosno jednakost karakteristični h brojeva (Re, Fr, Gr, Nu itd) osim na modelima čije su dimenzije identične objektima.**





## Eksperimentalna istraživanja na labor. modelima

### **MODEL:**

**Carleton University laboratory Train Test (Kanada, 2011)**

**$B \times H \times L = 10 \times 5.5 \times 38.5 m$**

### **IZVOR I INTEZITET POŽARA**

**Šinska vozila. Do 52MW**

### **KOEFICIJENT GEOMETRIJSKE SLIČNOSTI:**

**$K_L = 1$  za poprečni presjek;  $K_L \gg 1$  za dužinu tunela**

### **CILJ ISTRAŽIVANJA:**

**Razvoj i intezitet požara.**

### **MJERENJA:**

**Temperatursko i brzinsko polje i koncentracija polutanata  
(CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, koncentracija dima)**

### ***OSNOVNE KARAKTERISTIKE***

**Relativno mala dužina tunela koja može imati znatan uticaj na stvarne parametre.**



## Eksperimentalna istraživanja na labor. modelima

### **MODEL:**

**TNO test** (Holandija, 1980)

$B \times H \times L = 2 \times 2 \times 8 \text{ m}$

### **IZVOR I INTEZITET POŽARA**

### **KOEFICIJENT GEOMETRIJSKE SLIČNOSTI:**

$K_L \sim 3$  za poprečni presjek;  $K_L \gg 3$  za dužinu tunela

### **CILJ ISTRAŽIVANJA:**

Razvoj i intezitet požara.

### **MJERENJA:**

Temperatursko i brzinsko polje i koncentracija polutanata  
(CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, koncentracija dima)

### **OSNOVNE KARAKTERISTIKE**

Izmjerene su visoke temperature kao i zavisnost temperature od vremena, tzv. RWS kriva,



### **MODEL:**

**Automatic Water Spray System Tests (Švedska, 2013).**

**$B \times H \times L = 0.6 \times 0.4 \times 10 \text{ m}$**

### **IZVOR I INTEZITET POŽARA**

**Drvo. Snaga ekvivalentnog požara 200MW**

### **KOEFICIJENT GEOMETRIJSKE SLIČNOSTI:**

**$K_L \sim 15$  za poprečni presjek;  $K_L > 15$  za dužinu tunela**

**$K_v = 3.84$  – jednakost Fr brojeva!**

### **CILJ ISTRAŽIVANJA:**

**Mogućnost upotrebe automatskih vodenih prskalica**

### **MJERENJA:**

**Temperatursko i brzinsko polje i koncentracija polutanata  
( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ , koncentracija dima)**

### **OSNOVNE KARAKTERISTIKE**

**Ispitivani su efekti brzine strujanja i protoka vode na intezitet požara, nivo radijacije, temperaturu dimnih gasova i širenje požara**



## Eksperimentalna istraživanja na labor. modelima



*Test sekcija laboratorijskog moela za ispitivanje „water spray“ sistema*



### **MODEL:**

**Longitudinal ventilation test (2010).**

$B \times H \times L = 0.4 \times (0.3; 0.2) \times 15 \text{ m}$

### **IZVOR I INTEZITET POŽARA**

**Drvo.**

### **KOEFICIJENT GEOMETRIJSKE SLIČNOSTI:**

$K_L \sim 23$  za poprečni presjek;  $K_V = 4.8$

### **CILJ ISTRAŽIVANJA:**

Uticaj brzine strujanja i visine tunela na razvoj požara, dužinu plamena, povratno strujanje i temperaturu dimnih gasova.

### **MJERENJA:**

**Temperatursko i brzinsko polje**

### **OSNOVNE KARAKTERISTIKE**

Uslovi sličnosti djelimično zadovoljeni. Jednakost Fr brojeva



## Eksperimentalna istraživanja na labor. modelima

### **MODEL:**

**Tunnel cross-section test (2007)**

**$B \times H \times L = (0.3, 0.45 \text{ i } 0.6) \times (0.25-0.4) \times 10m$**

**Ofenegg tunel 4.2/3.8**

**Zwenberg tunel 4.4/1**

### **IZVOR I INTEZITET POŽARA**

**Drvo. Kada sa heptanom.**

### **KOEFICIJENT GEOMETRIJSKE SLIČNOSTI:**

**$K_L \sim 20$  za poprečni presjek;  $K_v \sim 4.5$**

### **CILJ ISTRAŽIVANJA:**

**Uticaj poprečnog presjeka tunela na intezitet požara i temperatursko polje pri podužnoj ventilaciji.**

### **MJERENJA:**

**Temperatursko i brzinsko polje i koncentracija polutanata**

### **OSNOVNE KARAKTERISTIKE**

**Uslovi sličnosti djelimično zadovoljeni. Jednakost Fr brojeva.**



## Eksperimentalna istraživanja na labor. modelima

---



**Testiranje uticaja poprečnog presjeka tunela**



## Eksperimentalna istraživanja na labor. modelima

### **MODEL:**

**Laboratorijska instalacija na Mašinskom fakultetu UCG.**

$B \times H \times L = 0.47 \times 0.36 \times 20.55 \text{ m}$

### **IZVOR I INTEZITET POŽARA**

**TNG**

### **KOEFICIJENT GEOMETRIJSKE SLIČNOSTI:**

$K_L \sim 19$ ;  $K_v$  -promenljivo ( $F_r \rightarrow K_v = 4.35$ )

### **CILJ ISTRAŽIVANJA:**

- Testiranje efikasnosti instalacije pri različitim gustinama saobraćaja
- Testiranje numeričkih simulacija.
- Analiza brzinskog, temperaturskog i koncentracionog polja.

### • **MJERENJA:**

**Temperatursko i brzinsko i koncentraciono polje, koeficijenti otpora, potisna sila ventilatora**

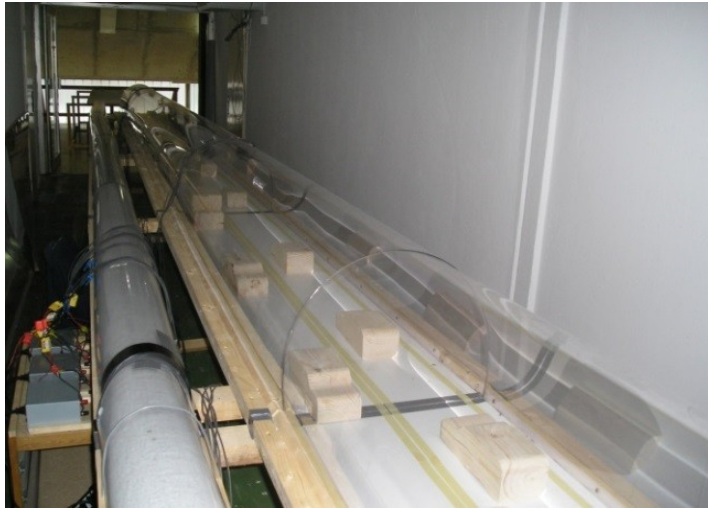
### **OSNOVNE KARAKTERISTIKE**

**Kombinacija saobraćajnog i evakuacionog tunela.**





## Labor. model na Mašinskom fakultetu UCG



### Laboratorijski model tunela: (a) pogled na tunel; (b) unutrašnjost tunela

**Tuneli su povezani providnim evakuacionim putevima u koje su montirane regulacione klapne, pomoću kojih se može zatvoriti ili otvoriti prolaz vazduha između tunela.**

**Duž tunela su raspoređena tri para ventilatora, dok se po jedan ventilator nalazi na oba kraja evakuacionog tunela u cilju obezbjeđenja natpritiska u slučaju požara.**



## Labor. model na Mašinskom fakultetu UCG



### **Sekcija za simuliranje požara u tunelu**

**Sekcija je opremljena sensorima za temperaturu, brzinu i koncentraciju CO<sub>2</sub>. Požar se simulira pomoću TNG gasa i nafte. Intezitet požara odgovara intezitetu požara automobila u tunelu. Kroz poseban otvor omogućen je uvid u propagaciju požara u tunelu.**

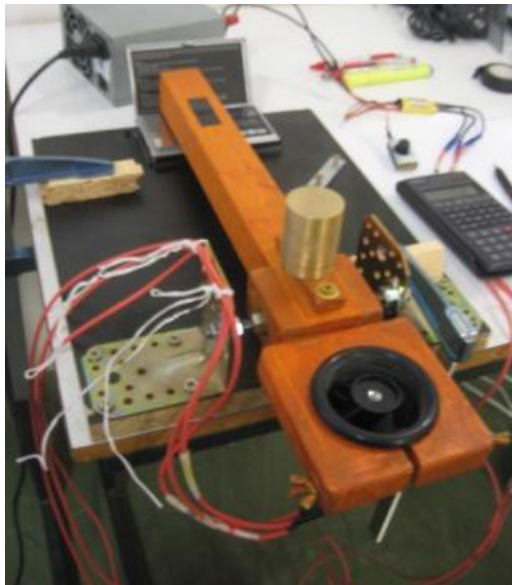


### **Laboratorijski model je omogućio sprovođenje sljedećih mjerenja:**

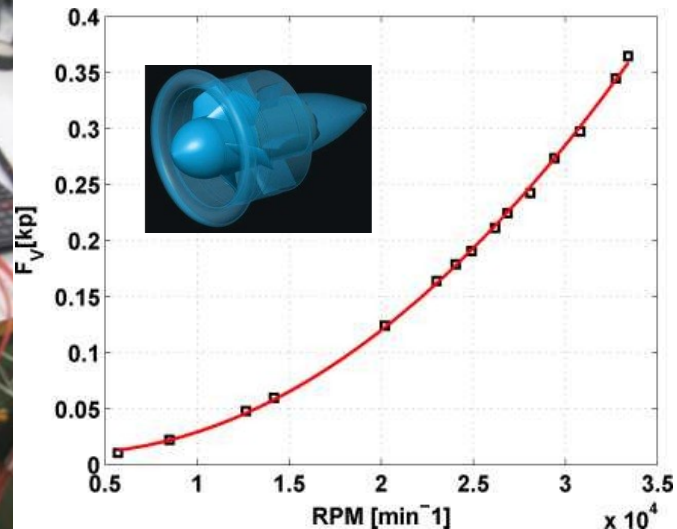
1. Provjera uobičajene metodologije projektovanja podužne ventilacije saobraćajnih tunela; sila potiska ventilacionog sistema, hidraulički otpori tunela i vozila, pad pritiska u tunelu, efikasnost podužne ventilacije, idr.
2. **Analiza prelaznih (neustaljenih) režima strujanja vazduha pri kojima se javljaju nagle promjene u intenzitetu i smjeru strujanja vazduha.**
3. **Analiza incidentnih režima strujanja vazduha u sistemu spojenih tunela, koji se sastoji iz glavnog saobraćajnog dvosmjernog tunela i pomoćnog evakuacionog tunela (situacije kada je jedan ili više evakuacionih puteva otvoren za prolaz vazduha).**
4. **Analiza propagacije temperaturskog polja i polutanata (CO<sub>2</sub>) u slučaju požara.**
5. **Testiranje numeričkih simulacija.**



## EFIKASNOST SISTEMA VENTILACIJE



(a)



(b)



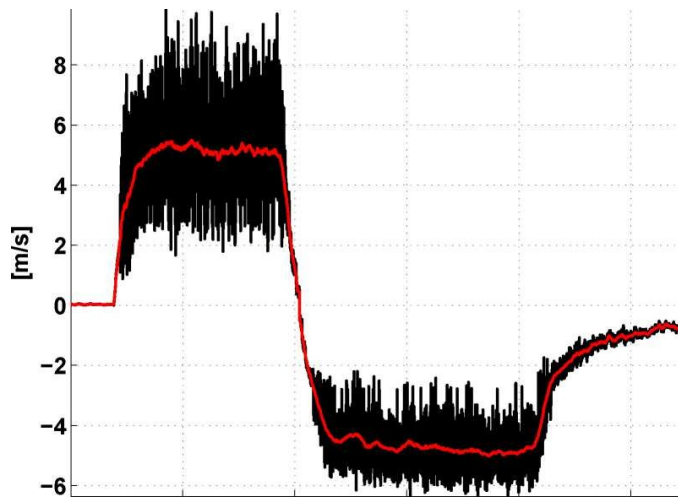
(c)

Laboratorijska instalacija za ispitivanje sile potiska ventilatora (a) i zavisnost sile potiska od broja obrtaja (b), mjerenje otpora (c)

Sila potiska $F_P$ [N]	Napor ventilacionog sistema: $\Delta p_V$ [Pa]	Izmjerena brzina vazduha $v$ [m/s]	Pad pritiska $\Delta p$ [Pa]	Efikasnost ventilacije $\eta_V$
7.17 [N]	49 [Pa]	2.89 [m/s]	25.60 [Pa]	0.5225
12.76 [N]	87.2 [Pa]	4.12 [m/s]	51.47 [Pa]	0.6060

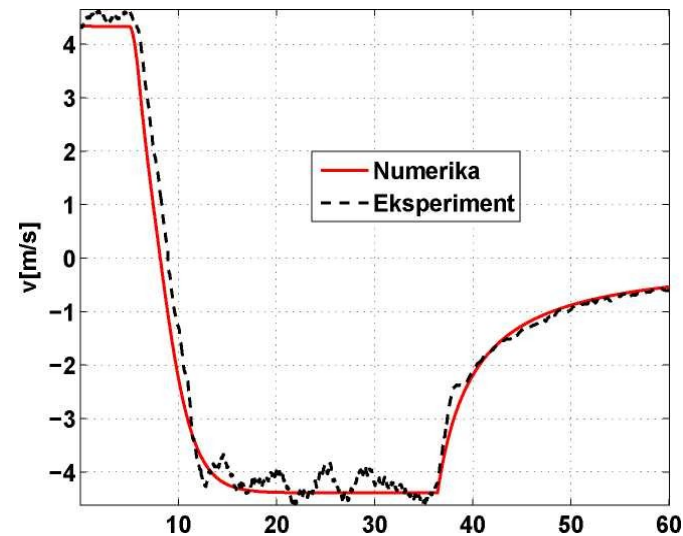


## PROMJENA SMJERA STRUJANJA VAZDUHA



(a)

(b)



(c)

**(a) Sonda za mjerenje nestacionarnog strujnog polja; (b) Trenutna i osrednjena brzina u centru tunela; (c) poređenje eksperimentalnih i numeričkih rezultata**

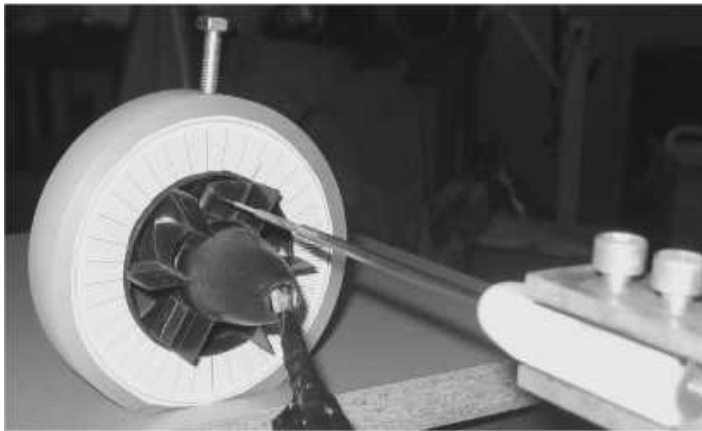




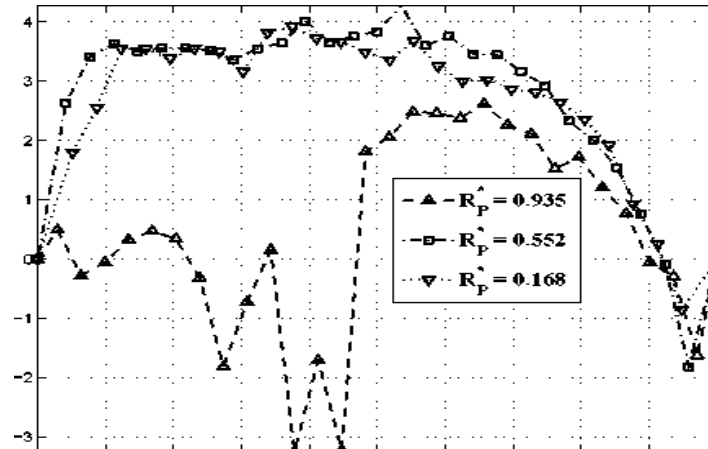
## NUMERIČKE SIMULACIJE – CFD TEHNOLOGIJE

CFD (ANSYS - FLUENT, CFX), 3D CAD

Granični uslovi:



(a)

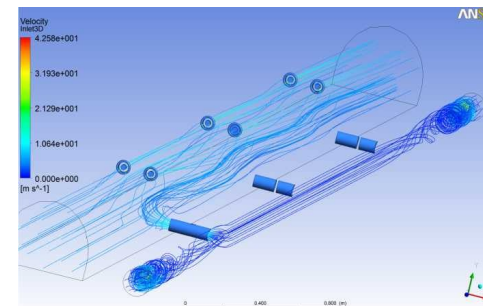
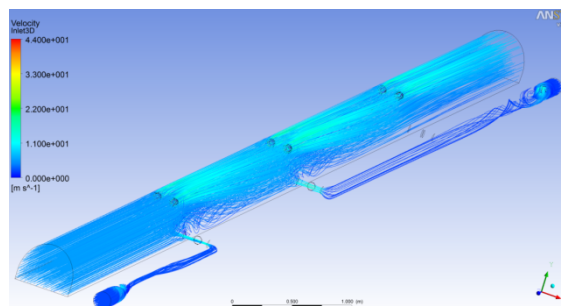
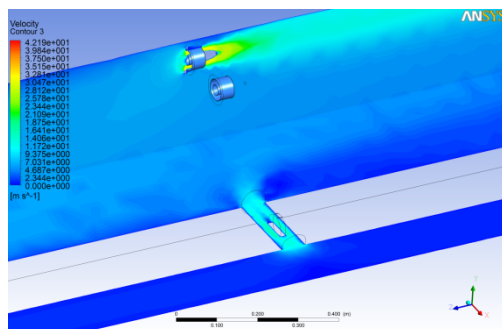
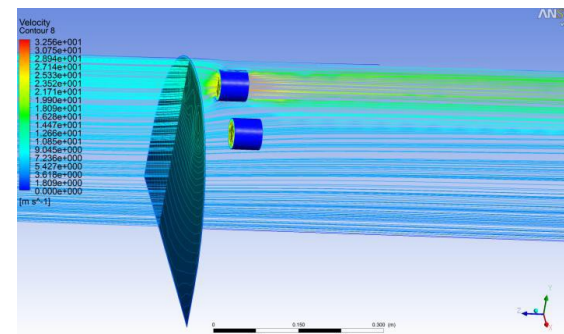
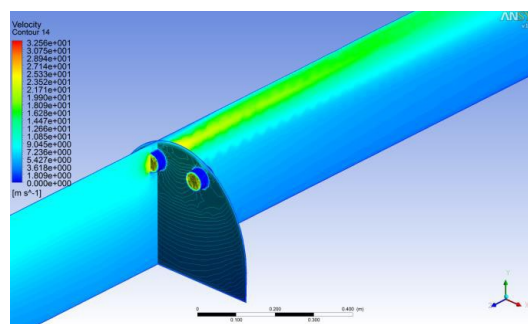
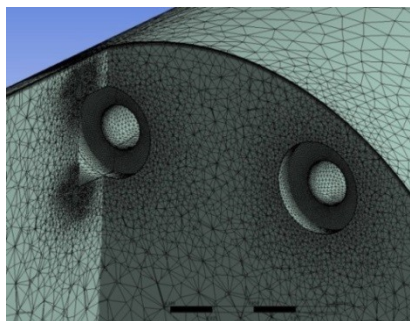


(b)

**(a) Mjerenje turbulentnog strujnog polja na izlazu iz ventilatora, (b) Osrednjena tangenta komponenta brzine na različitim rastojanjima od ose ventilatora**

**NUMERIČKE SIMULACIJE – CFD TEHNOLOGIJE**

**CFD (ANSYS - FLUENT, CFX), 3D CAD**

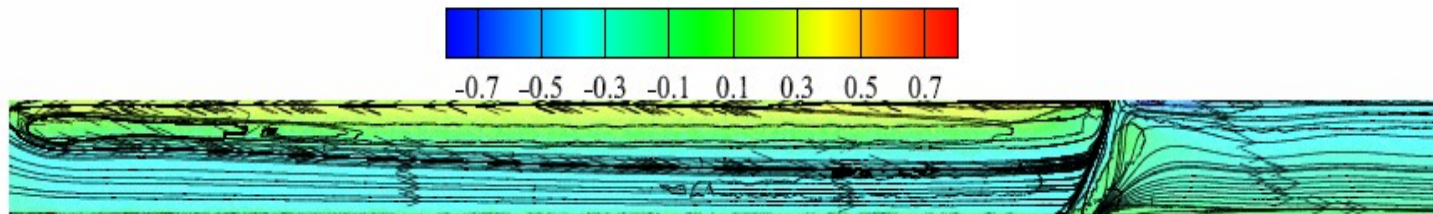


**Strujno polje u glavnom i evakuacionm tunelu**

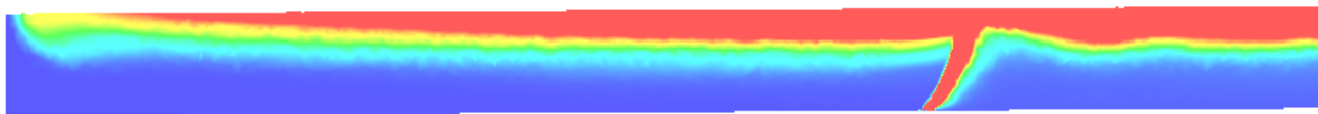


## NUMERIČKE SIMULACIJE – CFD TEHNOLOGIJE- POŽAR

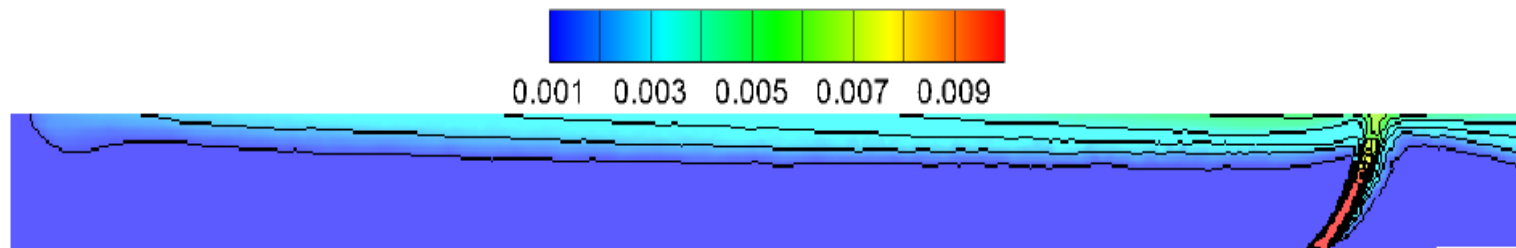
Snagu požara na modelu od  $1.34 \text{ kW}$  ( $2 \text{ MW}$  na objektu)



Povratno strujno polje u ravni simetrije u slučaju požara pri brzini strujanja od  $0.16 \text{ m/s}$



Temperaturska stratifikacija u ravni simetrije tunela  $30 \text{ sec}$  poslije izbijanja pžara.  
 $T=280\text{-}333 \text{ }^\circ\text{K}$ .



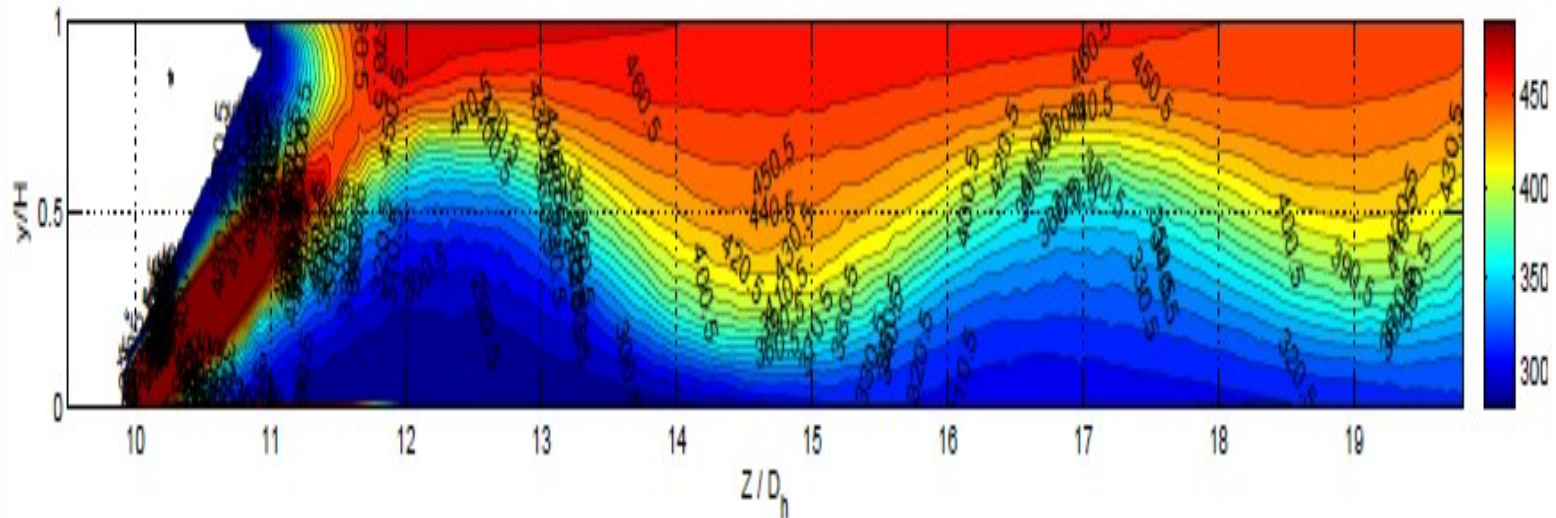
Konture koncentracije ugljendioksida u vertikalnoj ravni simetrije.





## NUMERIČKE SIMULACIJE – CFD TEHNOLOGIJE - POŽAR

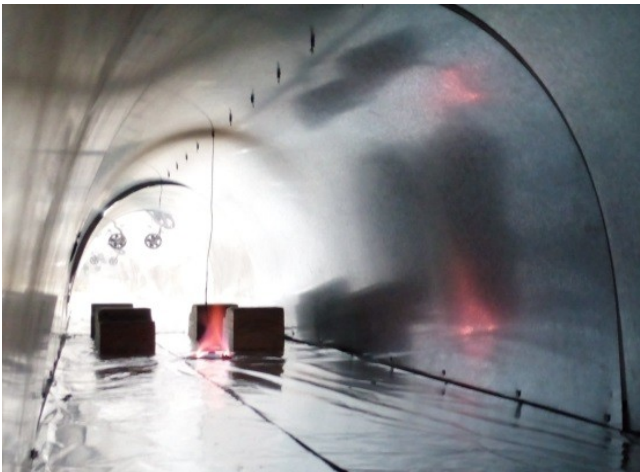
Snagu požara na modelu od  $13.28 \text{ kW}$  ( $20 \text{ MW}$  na objektu)



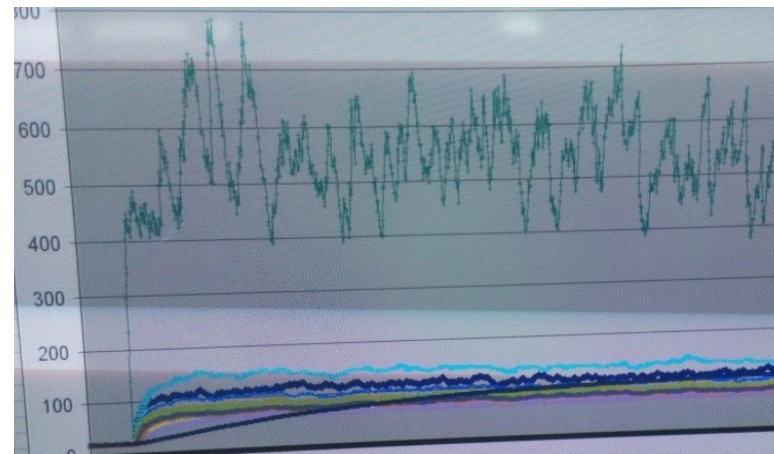
Temperaturno polje u vertikalnoj ravni pri brzini strujanja od  $0.64 \text{ m/s}$  ( $v_{cr} = 0.31 \text{ m/s}$ )



## EKSPERIMENTALNA MJERENJA - POŽAR



(a)



(b)

**(a) Simulacija požara, (b) Promjena temperature na različitim rastojanjima u funkciji vremena**

**OBRADA PODATAKA U TOKU!!!!**



## ZAKLJUČCI

**Eksperimentalna mjerenja na stvarnim objektima i laboratorijskim modelima, kao i numeričke simulacije su od posebnog značaja kada je u pitanju izbor optimalnog rješenja:**

- Ventilacioni sistemi su u investicionom, energetsom i sigurnosnom pogledu izuzetno zahtjevni. Obično su ovi uslovi suprostavljeni.
- Sa povećanjem nivoa sigurnosti i kvaliteta vazduha u tunelu rastu i investicioni troškovi. Potrošnja energije takođe zavisi od vrste ventilacionog sistema.
- Ne postoji rješenje koje se može smatrati apsolutno sigurnim u uslovima požara. Sa tačke gledišta sigurnosti, nivoa investicionih ulaganja i energetske efikasnosti uvijek postoji više mogućih varijanti.
- Na izbor ventilacionog sistema utiče niz faktora, od kojih su mnogi specifični za odgovarajući region odnosno državu.
- Iako su razvijeni različiti algoritmi, ne postoji jedinstvena metodologija optimalnog izbora.

**HVALA NA PAŽNJI !!!**