

Управљање кретањем дима уз помоћ шпринклера у гаражи средње величине покривеном системом шпринклера

Smoke Management in Sprinklers in a Medium Sized Sprinklered Car Park

Dalia. E. KHALIL, и Essam E. KHALIL,

ASHRAE Унивезитет у Каиру, Факултет за инжењерство, Каиру –Египат

Кључне речи:
паркиралишта
са шпринклера;
CFD симулација;
стварање дима;
стабилан видљивост

У овом раду, симулатор динамике пожара (СДП) коришћен је за симулирање шпринклера у гаражи средње величине и за истраживање њиховог утицаја на кретање дима. Уобичајени приступ који се користи у моделовању мерљиве динамике флуида (CFD) за верификацију система за управљање димом у гаражи са шпринклерима је да се замени стална јачина од 8 MW за пожар на возилу са усталеном јачином од 4 MW, не узимајући у обзир физички ефекат активирања шпринклера.

Истражана су два основна модела случаја где је узет у обзир утицај шпринклера на пожарну криву (4 MW), али у једном случају обликован је физички ефекат шпринклера, а у другом није. Ови базични случајеви проучавани су са два система за одвођење дима; тачније, каналским и импулсним системом вентилације.

Из резултата је утврђено да је активирање шпринклера драстично смањило видљивост на нивоу посетилаца. Након активирања шпринклера, кретање водених честица на доле својом силом је спустило слој дима.

Може се закључити да спровођење CFD симулација система за управљање димом у гаражама са шпринклерима, не узимајући у обзир физички утицај водених честица и њиховог утицаја на ширење дима, може дати привидно добре резултате и није исприван приступ проучавању ефикасности система за управљање димом.

Key words:
sprinklered car parks;
CFD simulation; smoke
logging; visibility
levels

In this paper, the fire dynamic simulator (FDS) was used to simulate fire sprinklers in a medium sized sprinklered car park and to investigate their effect on the smoke behaviour. The common approach used in CFD modelling for sprinklered car park smoke management system verification is to replace the steady 8MW car fire size with steady 4MW fire size without taking the physical effect of sprinklers activation into account.

Two base case models were investigated where the sprinklers effect on the fire curve (4MW) was taken into consideration but in one case the sprinklers physical effect was modelled and in the other case sprinklers were not modelled. These base cases were studied with two smoke extraction systems; namely ducted system and impulse ventilation system.

From the results, it was obtained that the sprinklers activation drastically decreased the visibility at occupant's level. Upon sprinklers activation, water particles downward movement dragged the smoke layer along due to its momentum.

It can be concluded that conducting CFD simulations for smoke management system in sprinklered car parks without taking into consideration the physical effect of water particles and their effect on smoke propagation, can give misleadingly good results and is not the correct approach to study the effectiveness of the smoke management system.

1. Увод

У протеклих неколико година, систем шпринклера постао је важан део заштите од пожара система у подземним гаражама. Шпринклери не само да контролишу и гасе пожар, већ и штите људе и имовину. Стога многи национални законици и стандарди намећу употребу шпринклера у подземним гаражама [1-5].

Овај рад има за циљ да проучи утицај активирања шпринклера у пожару и утицај на дим настао током пожара и интеракцију млаза воде са слојем дима.

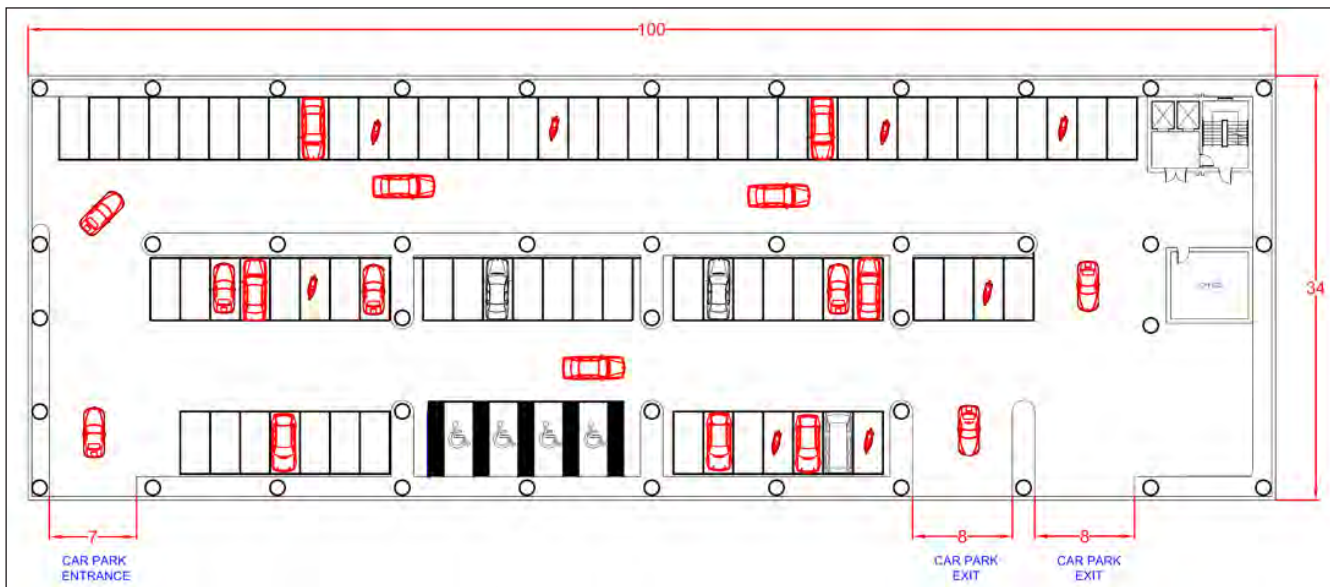
У овом раду користиће се СДП који представља апликацију за креирање протока, топлоте и хемије која користи

мерљиву динамику флуида (CFD) за моделовање пожара и других токова који су важни за инжењере заштите од пожара и противпожарне истражитеље.

2. Студија случаја

2.1. Геометрија

У следећој студији разматрана је виртуална подземна гаража дужине 100 m, ширине 34 m и висине 3 m. Ова геометрија изабрана је као модул за контролу дима који ће се даље проучавати и затим користити као референтни случај за будуће студије. У гаражи се налазио један улаз за аутомобиле ширине 7 m, висине 3 m на југозападној страни



Слика 1. Симулиран приказ гараже

зграде. Два излаза за паркиралишта ширине 8 m, висине 3 m на југоисточној страни зграде доступна су за излазак аутомобила, као што је приказано на слици 1.

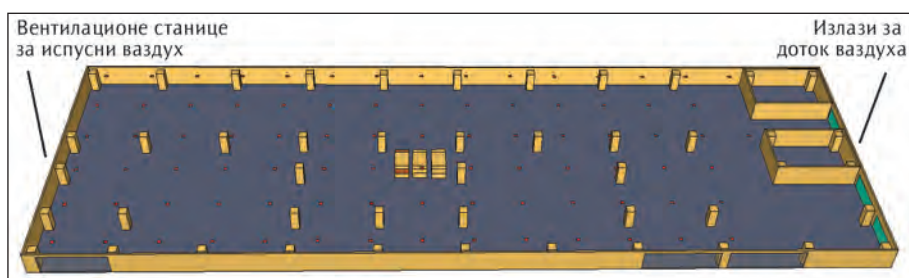
2.2. Систем за управљање димом

Свеж ваздух се на паркиралиште доводи механичким системом за ваздух.

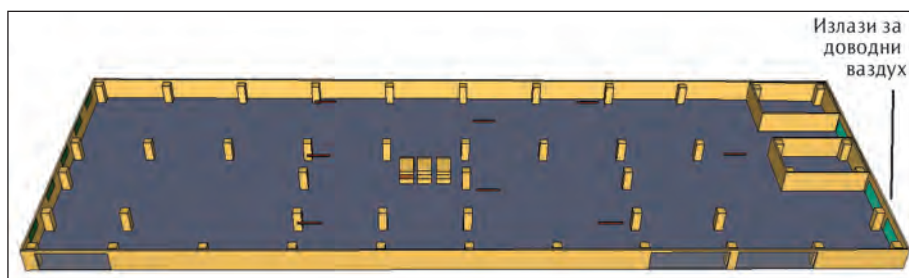
- Доводни или свеж ваздух уводи се кроз шест доводних вентилатора, са десне стране паркиралишта.
- Вентилатори за убацавање ваздуха симулирани су као три вентилациона отвора површине 8 m сваки (ширине 4 m и висине 2 m) и са протоком од $6,14 \text{ m}^3/\text{c}$ за сваки (65% укупног испусног ваздуха).

Што се тиче система за екстракцију ваздуха, предложена су два система:

- *Импулсни систем вентилације.* Пет одсисних вентилатора који се налазе на левој страни паркиралишта користе се заједно са осам издувних вентилатора. Ове издувне вентилације симулиране су као вентилациони отвори са површином од 3 m^2 сваки (3 m широк и 1 m висок) и протоком од $17 \text{ m}^3/\text{c}$ на основу претпостављених 30 асн. Вентилатори са потисном снагом од 50 N (запремински проток $2 \text{ m}^3/\text{c}$) били су смештени директно испод плафона. Сваки вентилатор симулиран је са округлим пресеком пречника 35 cm и дужином од 2,9 m. Брзина протока се одржава у нормалном режиму од 180 секунди при $1 \text{ m}^3/\text{s}$, а затим се користи димни режим $2 \text{ m}^3/\text{s}$ до краја трајања симулације.
- *Систем канала.* 86 одводних решетки постављено је на нивоу плафона, извлачећи $86 \text{ m}^3/\text{s}$ на основу претпостављених 30 АСН. Свака решетка има $0,16 \text{ m}^2$ слободне површине и проток од $0,5 \text{ m}^3/\text{c}$ у нормалном режиму и $1 \text{ m}^3/\text{c}$ у димном режиму.



Слика 2. Предложени нацрт ИСВ



Слика 3. Предложени нацрт канала одводног система

Што се тиче пожара аутомобила, предвиђен је развој пожара квадратног облика од 4 MW који се брзо шири, где је приметар ватре следећи - ширина 4,4 m, дужина 1,8 m и висине 0,5 m са степеном развоја топлоте по јединици површине $505 \text{ kW}/\text{m}^2$. Пожар аутомобила симулиран је запаљеним полиуретаном као горивом са приносом чађи од $0,1 \text{ kg}$ чађи/kg.

Испитивано паркиралиште прекривено је плафонским шпринклерма са размаком од 4 m између сваке две узастопне прскалице. Систем који се користи је систем мокрих цеви. Следећа табела сажима употребљене податке за креирање шпринклера.

2.3. Симулирани случајеви

Сврха следећих симулација је урађена да се пронађе одговарајућа конфигурацију система за управљање димом, како би се обезбедио сигуран излазак посетилаца у току пожара

ра у сваком тренутку, као и остварен приступ ватрогасцима 20 минута од настанка пожара са различитим сценаријима пожара.

Циљ система за управљање димом је следећи:

- Одржавати пут за евакуацију до излаза из гараже, са видљивошћу од 10 m у сваком тренутку
- Ослободити од дима 10-15 m од места настанка пожара како би ватрогасци могли лако прићи до места пожара

Табела 1. Параметри симулираних шпринклера

Параметри шпринклера	Вредности
Радни притисак	1 bar
Стопа протока	80 l/min
К-фактор	5.6
Пречник отвора	0.5 inch
Пречник честица	1 mm
Расподела честица воде	Rosin-Rammler lognormal
Ток честица	10000 по секунди
Активациона температура	68 степени Целзијуса
Густина шпринклера	0.15 gpm/ft ²

3. Резултати и дискусија

3.1. Импулсни систем вентилације без моделовања шпринклера (Случај С1а)

У овој симулацији модел гараже је са уграђеним шпринклерма са импулсним вентилационим системом без узимања у обзир физичког ефекта шпринклера. Цетрифугални вентилатори, распоређени по гаражи, радили су у нормалном режиму (проток млазног вентилатора = 1 m³/s) до 3 минуте пре него што се укључи режим рада дима (проток цетрифугалног вентилатора = 2 m³/s).

Табела 2. Симулирани основни случајеви

Улазни подаци	C1a	C1b	C2a	C2b
	Импулсни систем вентилације		Одводни систем	
Топлота у пожару	Константан на 4 MW			
Одводни ваздух	30 АСН			
свеж ваздух	65% испушног ваздуха			
Количина аксијалних вентилатора	8 млазних вентилатора		-	
Потисак аксијалних вентилатора и стопа протока	50 N & 2m ³ /s		-	
Одводни систем	-		86 испушних решетки са стопом протока од 1 m ³ /s	
Шпринклери	Подручје покривено шпринклерма			
Физички ефекат шпринклера	Није моделовано	Моделовано	Није моделовано	Моделовано

Слика 4 приказује контуре видљивости на нивоу посетиоца на 1,8 m изнад нивоа пода после 180, 240, 300, 360, 480 и 600 s.

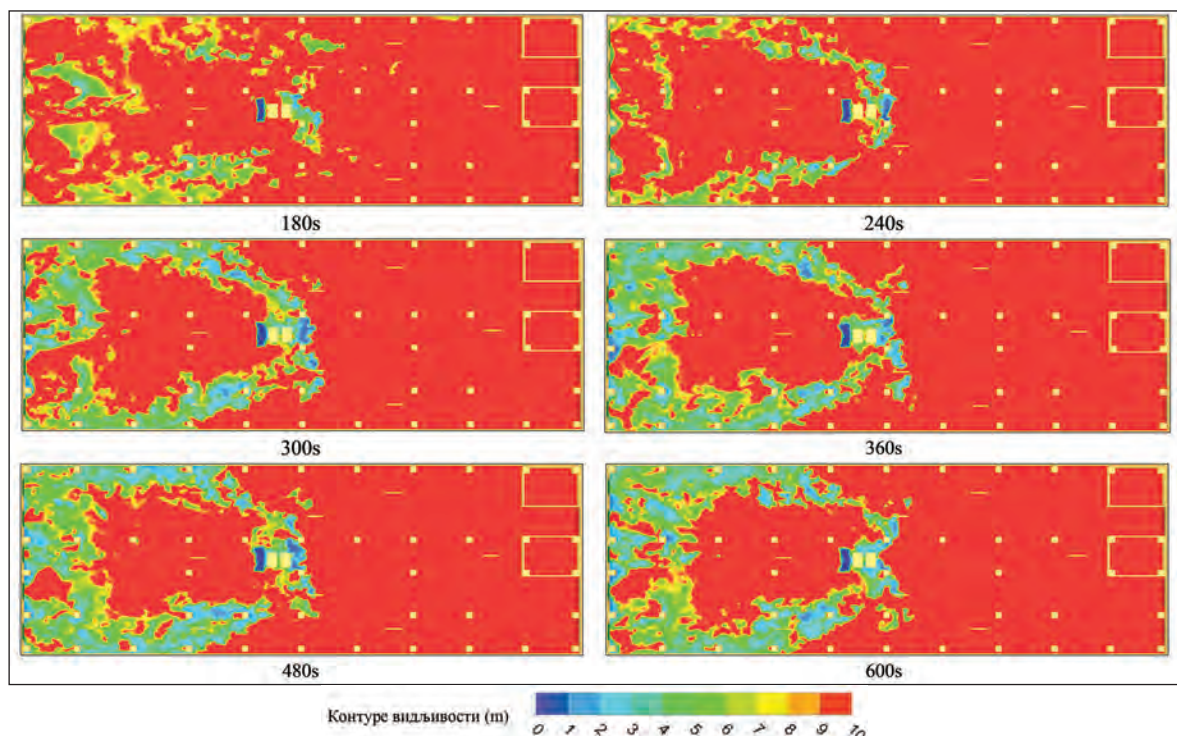
Из слика горе може се видети да је рад вентилатора довео до мешања ваздуха са димом што је довело до смањења нивоа видљивости на чак 3 m у неким деловима.

3.2. Одводни систем без моделовања шпринклера (Случај С2а)

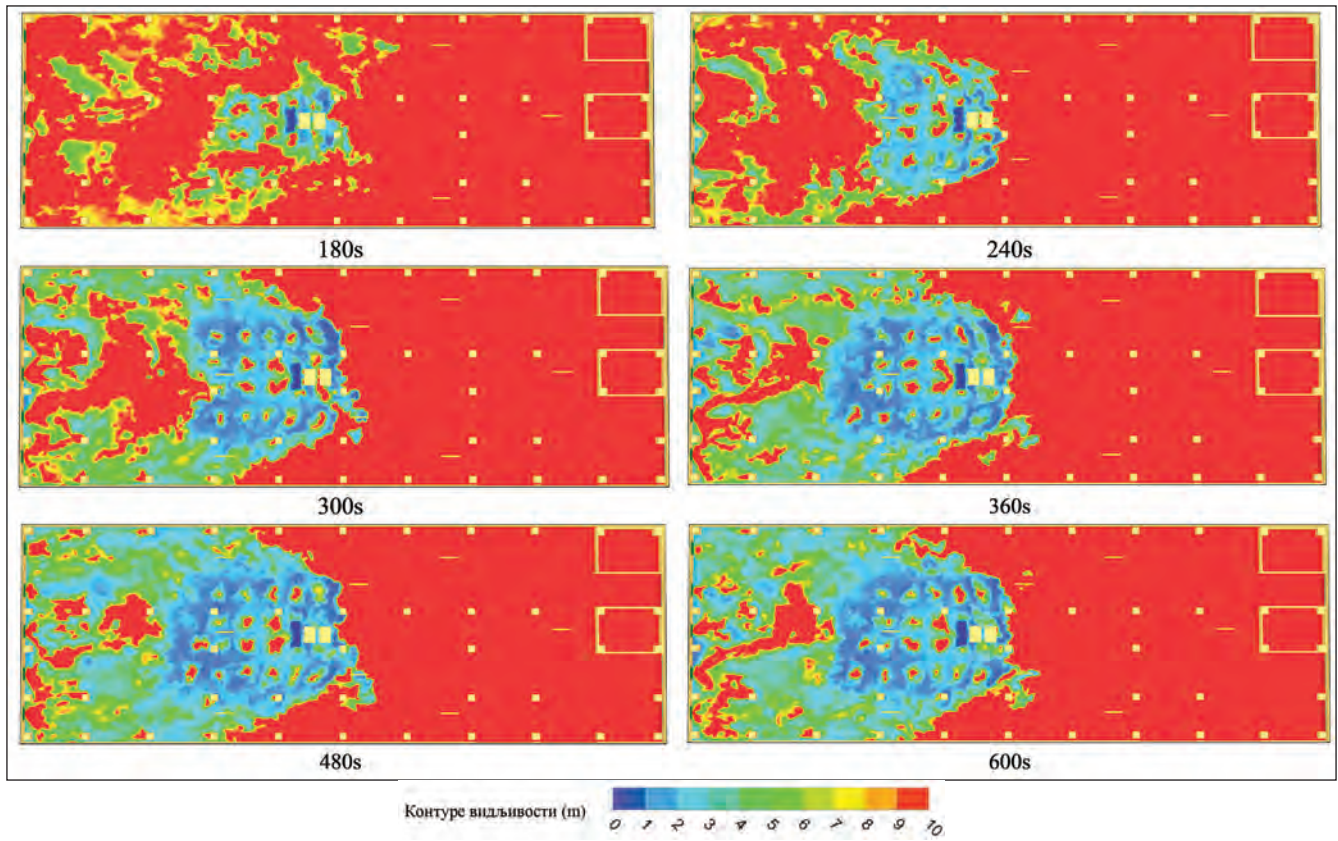
У овој симулацији, са шпринклерма са одсисним системом креира се без моделовања физичког ефекта шпринклер.

Слика 5 приказује контуре видљивости на нивоу посетиоца на 1,8 m изнад нивоа пода после 180, 240, 300, 360, 480 и 600 s.

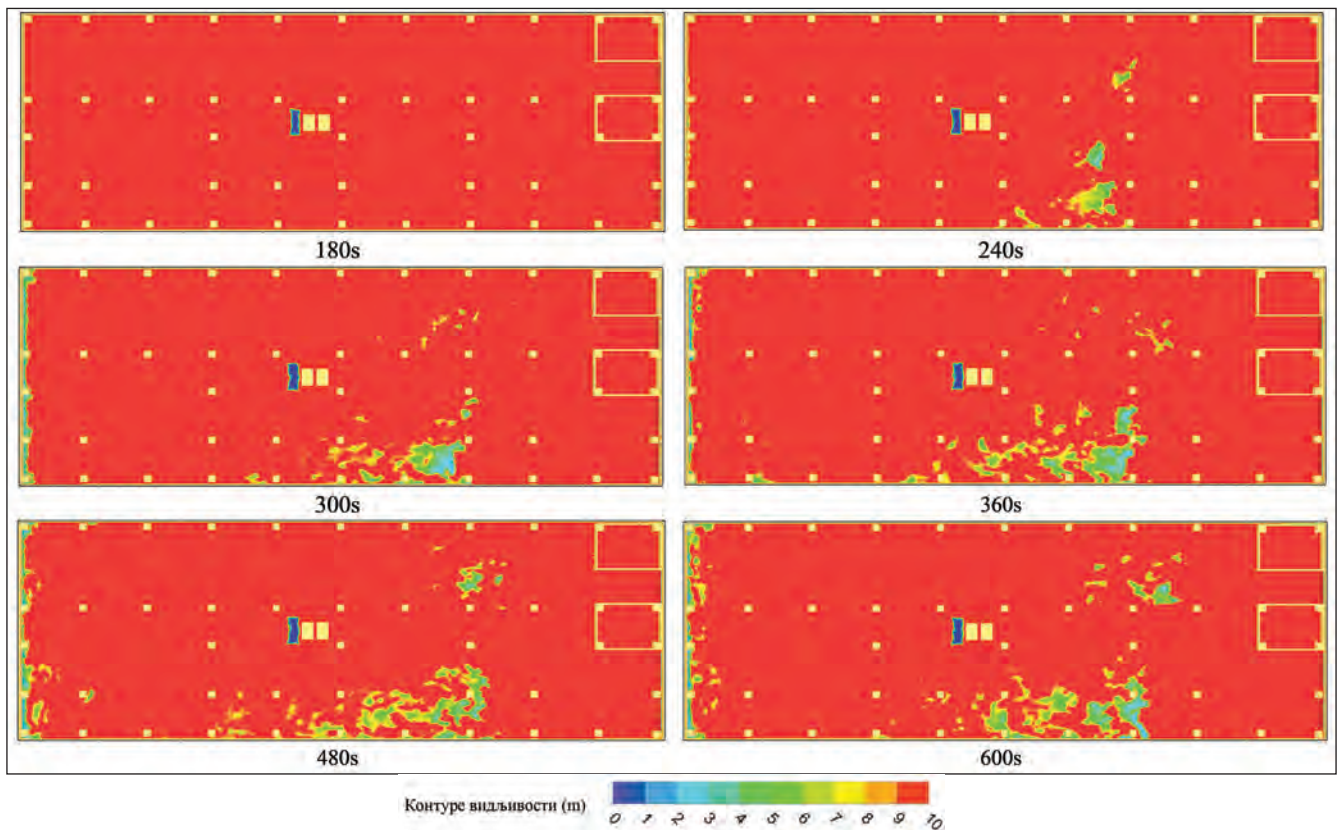
Може се приметити да систем одсиса може да одржава видљивост од 10 m на нивоу посетиоца у гаражи са минималним бројем места, са смањеним нивоом видљивости.



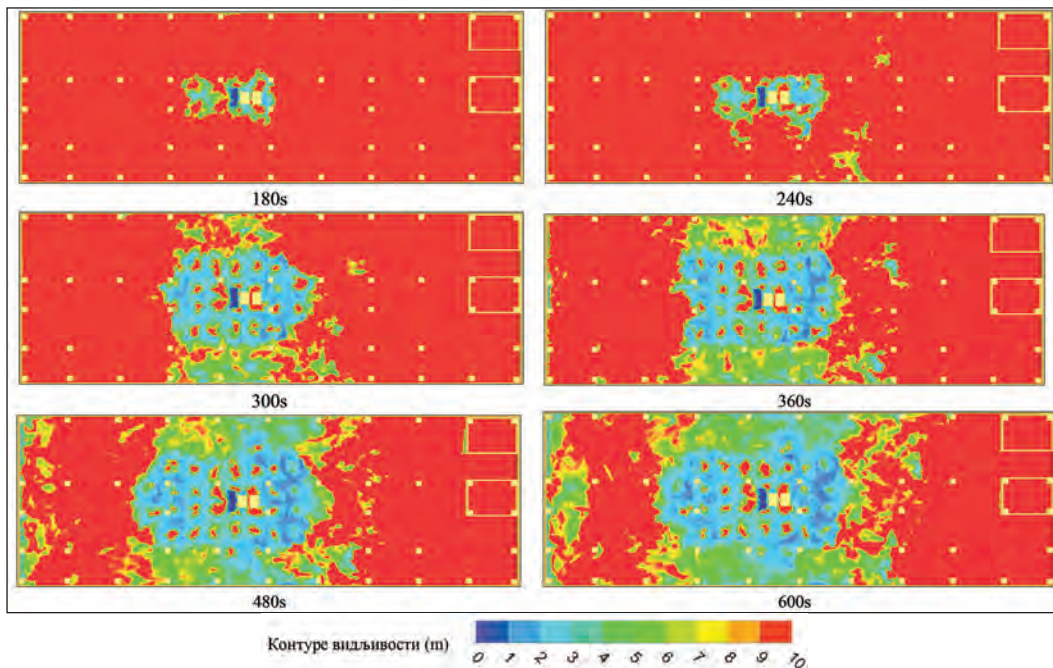
Слика 4. Контуре видљивости на 1,8 m изнад нивоа завршног пода без шпринклера за модел С1а



Слика 6. Видљивост на 1.8 m изнад нивоа пода без активирања шпринклера за модел C1b



Слика 5. Контуре видљивости на 1,8 m изнад нивоа пода без моделовања шпринклера за модел C2a



Слика 7. Видљив простор на 1,8 m изнад нивоа пода без моделовања шпринклера за модел С2б

3.3. Импулсни систем вентилације са употребом шпринклера (Случај С1б)

У овој симулацији предвиђена је гаража са уграђеним шпринклерма са импулсним системом вентилације, узимајући у обзир физички ефекат шпринклера. Утврђена вредност активирања шпринклера је 68 степени Целзијуса.

Слика 6 приказује контуре видљивости на нивоу посетиоца на 1,8 m изнад нивоа пода после 180, 240, 300, 360, 480 и 600 s.

3.4. Одсис са шпринклерима (Случај С2б)

У овој симулацији гараже са уграђеним шпринклерма са системом одсисавања узимајући у обзир и физички ефекат шпринклера.

Слика 7 приказује контуре видљивости на нивоу посетиоца на 1,8 m изнад нивоа пода после 180, 240, 300, 360, 480 и 600 s.

3.5. Општа дискусија

Из горе наведених бројки се види да

- Након активирања шпринклера долази до **акумулације дима** јер се дим спушта на ниво путника због млаза воде према доле.
- Због претпостављене константне брзине отпуштања топлоте, стопа стварања дима остаје константна током времена симулације.

Горенаведене ставке ће довести до:

- **Нижег степена видљивости** због нагомилавања дима након само 3 минуте од настанка пожара, угрожавајући тако безбедну евакуацију посетилаца.
- Ватрогасне екипе ће имати веће потешкоће у лоцирању извора ватре и, према томе, и у гашењу истог.

4. Закључци

Према статистикама и извештајима, постављање система шпринклера не само да може да угаси пожар, већ може спречити ширење ватре на суседне аутомобиле и заштити-

ти путнике, инфраструктуру и имовину. Из ове студије се може закључити да:

- Приликом креирања гаража са шпринклерма потребно је моделовати прскалице и њихов физички ефекат, јер када се активирају прскалице, кретање честица воде под високим притиском надолу повлачи са собом и дим због чега се смањује видљивост на паркиралиштима већ 3 минуте након настанка пожара што није случај када се креирања исто паркиралиште без шпринклера.
- Постављање шпринклера одмах испод плафона унутар димоводног слоја доводи до нагомилавања дима којег честице воде под високим притиском вуку надолу.
- Употреба млазних вентилатора довела је до појачаног мешања и услед тога мање видљивости на нивоу посетиоца у поређењу са конвенционалним одводним системом.
- Одводни систем се показао бољим у одржавању неометаног димног слоја у поређењу са системом млазних вентилатора.
- Примена константног пламена доводи до константне брзине стварања дима током симулације, а самим тим и до великог система за одвод дима, јер брзина ширења дима у великој мери зависи од вредности остварене топлоте.

5. Литература

- [1] National Egyptian code for car parks, 2010 (Национални египатски законик за паркиралишта)
- [2] NFPA. 2019. NFPA 88, *Standard for parking structures*.
- [3] Report submitted by BRE Department for Communities and Local Government "Fire spread in car parks", December 2010 (Извештај Британског Министарства заједнице и локалне управе – „Ширење пожара на паркиралиштима“, децембар 2010.године)
- [4] National Fire Protection Association. NFPA 204, *Guide for smoke and heat venting*. Quincy, MA, 1998 (Национална асоцијација за заштиту од пожара, Упутство за елиминацију дима и топлоте)
- [5] Dalia Khalil, PhD thesis, Cairo University, January 2019. (Докторска дисертација Далије Калил, Универзитет у Каиру, јануар 2019. године)