



**Tiešsaistes apmācību seminārs
būvspeciālistiem un projektētājiem**
ID Nr. EM 2023/28

Rīga, 2023

21.09.2023



Training seminar / Apmācību seminārs
**"ĒKU DŪMU AIZSARDZĪBAS SISTĒMU
PROJEKTĒŠANA"**
**DESIGN OF SMOKE PROTECTION SYSTEMS FOR
BUILDINGS**

September 21st, 2023

Wojciech Węgrzyński (Polija)

21.09.2023

Programma	
9:30 – 10:00	Reģistrācija
10:00 – 11:40	Ievads Dūmu aizsardzība: Dūmu aizsardzības stratēģijas; Dūmu aizsardzības risinājumu veidi; Dūmu aizsardzības risinājumu projektēšanas metodes, instrumenti, standarti un nacionālās likumdošanas īpatnības. Jautājumi un atbildes
11:40 – 12:00	Pārtraukums
12:00 – 13:30	Dabīgās vilkmes dūmu un karstuma vēdināšanas sistēmas, pielietojuma un projektēšanas piemēri: Risinājumu piemēri ar aizsardzības stratēģiju - cilvēku glābšana; Risinājumu piemēri ar aizsardzības stratēģiju - ugunsdzēsības procesa nodrošinājums; Risinājumu piemēri ar aizsardzības stratēģiju - īpašuma glābšana un/vai procesa nepārtrauktības nodrošinājums; Jautājumi un atbildes
13:30 – 14:10	Pārtraukums
14:10 – 16:00	Sistēmu elementu tehnisko rādītāju raksturojums un savstarpējais salīdzinājums; Galvenās kļūdas un projektēšanas stereotipi. Piespiedu vilkmes dūmu un karstuma vēdināšanas sistēmas – sistēmu projektēšanas metožu un rezultātu raksturojums atbilstoši iepriekš definētajām aizsardzības stratēģijām. Gaisa virspiediena sistēmas – sistēmu projektēšanas metožu un labās prakses raksturojums. Dūmu apjoma prognozēšanas metodika; Jautājumi un atbildes

21.09.2023

Programma/ 10:00 – 11:40
Ievads Dūmu aizsardzība: Dūmu aizsardzības stratēģijas; Dūmu aizsardzības risinājumu veidi; Dūmu aizsardzības risinājumu projektēšanas metodes, instrumenti, standarti un nacionālās likumdošanas īpatnības. Jautājumi un atbildes

21.09.2023

Par lektoru



Dr hab. Inż. Wojciech Węgrzyński, prof. ITB

- **Strādā ITB par pētnieks** : Redzamība dūmos, vēja un uguns mijiedarbības modelēšana, dūmu vēdināšanas sistēmas, degšanas fenomēns un telpu ugunsgrēki.
- **Strādā ITB par inženieri**: Dūmu vēdināšana tuneļos, auto novietnēs, tirdzniecības centros. Karstu dūmgāzu testēšana. Ugunsizturības testēšana dūmu ventilātoriem, dabīgās vilkmes lūkām un pilna izmēra testēšana. Kopumā iesaistīts vairāk nekā 200 projektos un līdzdarbojies gandrīz visu tuneļu projektēšanā un būvniecībā Polijā kopš 2010
- **Pētniecības sludinātājs**: Vada populārzinātnisko podkāstu www.FireScienceShow.com, kuram ir vairāk nekā 120 sēriju un kurā piedalās jomas pētniecības un industrijas līderi. Raidījumu sponsorē «OFR Consultants»



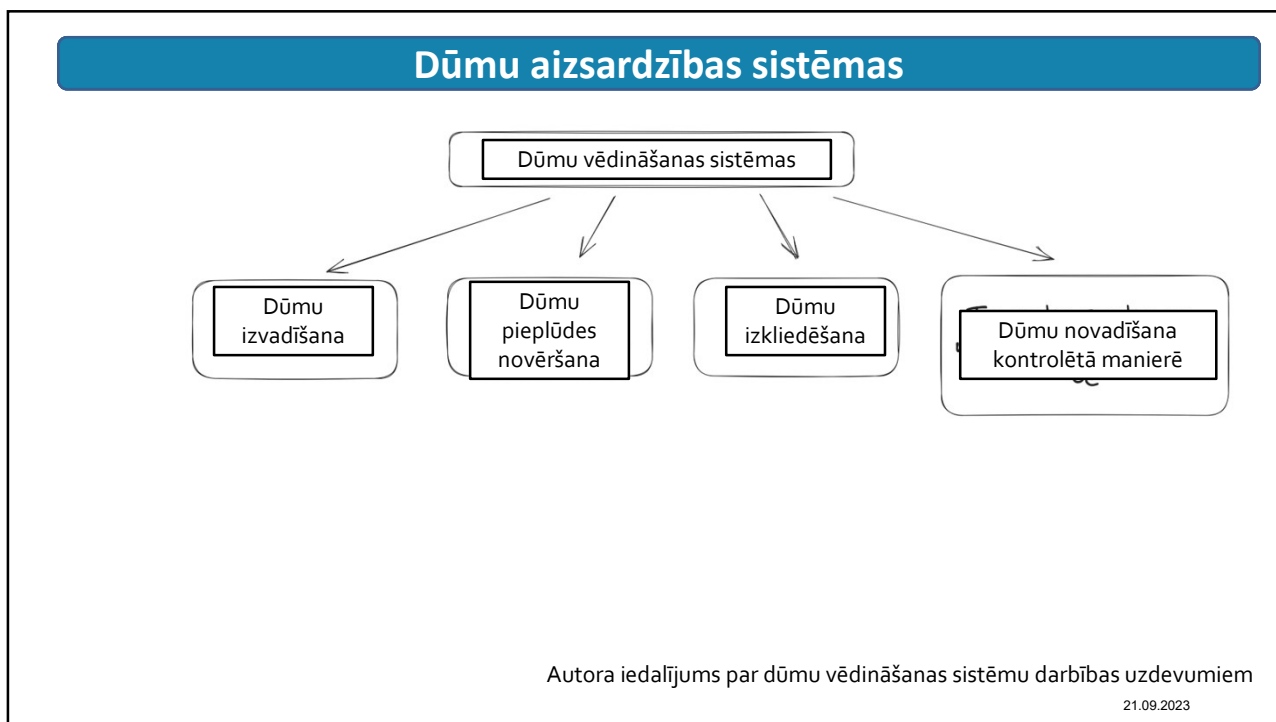
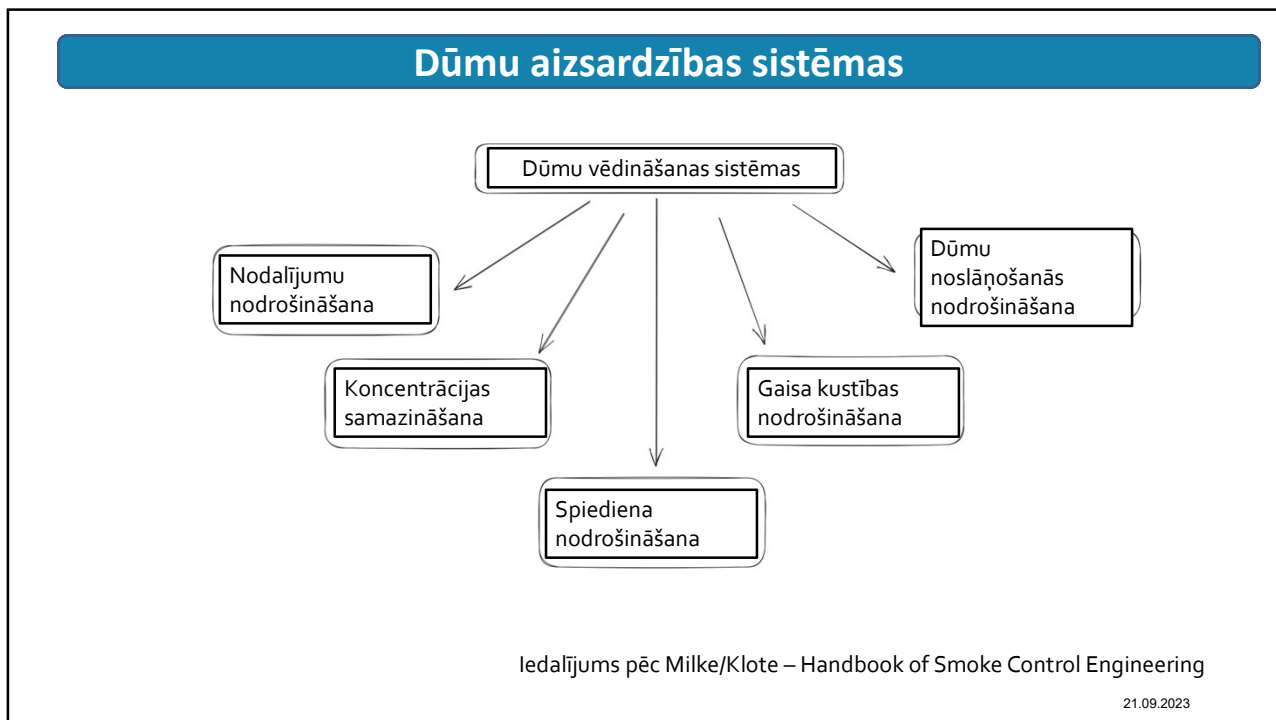
Par lektoru

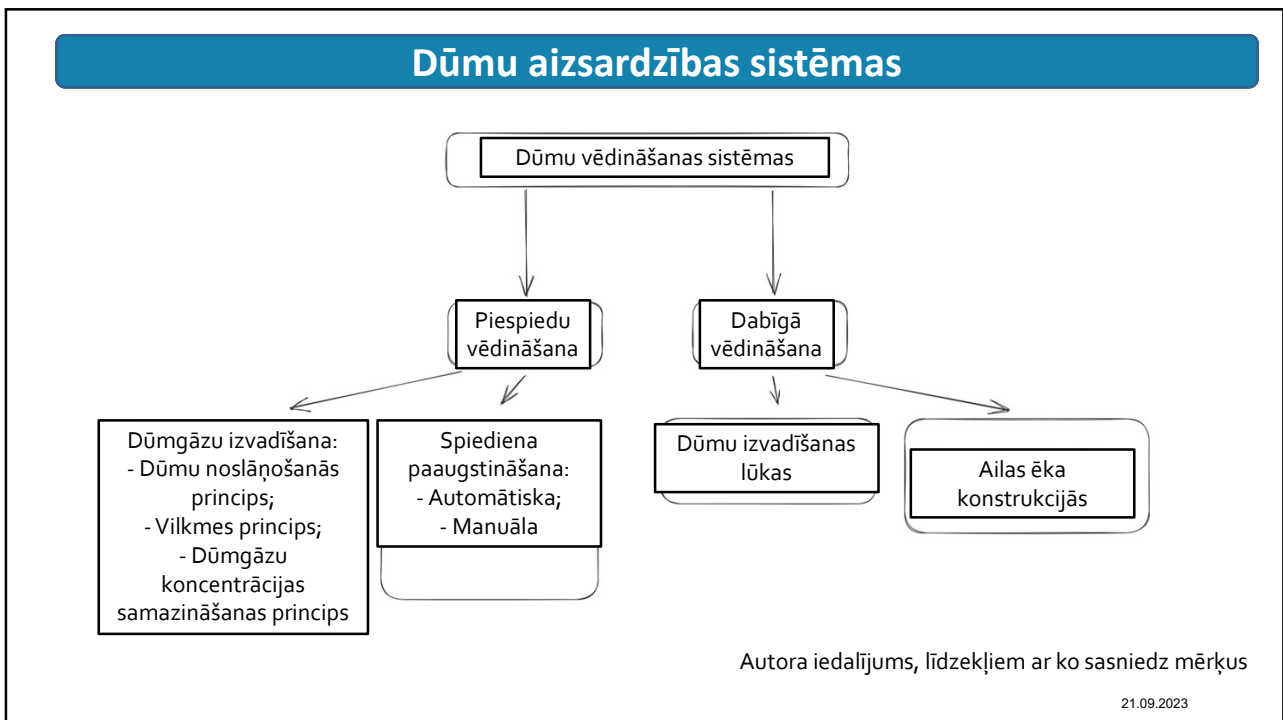
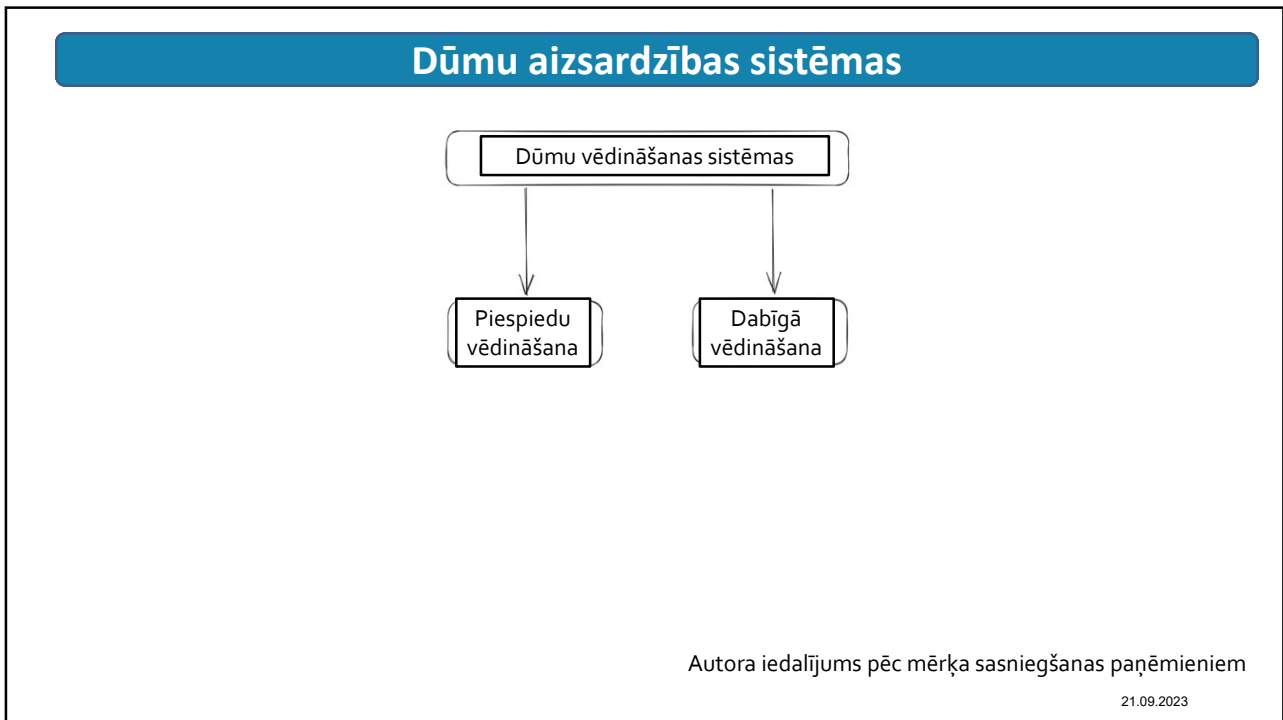


Dr hab. Inż. Wojciech Węgrzyński, prof. ITB

- 40 recenzētas zinātniskās publikācijas atzītos žurnālos
- SFPE Europe direktors
- 2019 NFPA H.C. Bigglestone apbalvojums par darbu vēja un uguns mijiedarbības modelēšanā
- 2020 SFPE 5 līdz 35 apbalvojums
- 2020-23 OPUS19 finansējuma grants dabīgās vilkmes dūmu vēdināšanas sistēmu attīstīšanai
- Iesaistīts 250+ ēku projektēšanā
- Vada populārzinātnisko podkāstu @ firescienceshow.com

21.09.2023





Piespiedu un dabīgās vilkmes dūmu ventilācija

Piespiedu vilkmes dūmu vēdināšana



Dabīgās vilkmes dūmu vēdināšana



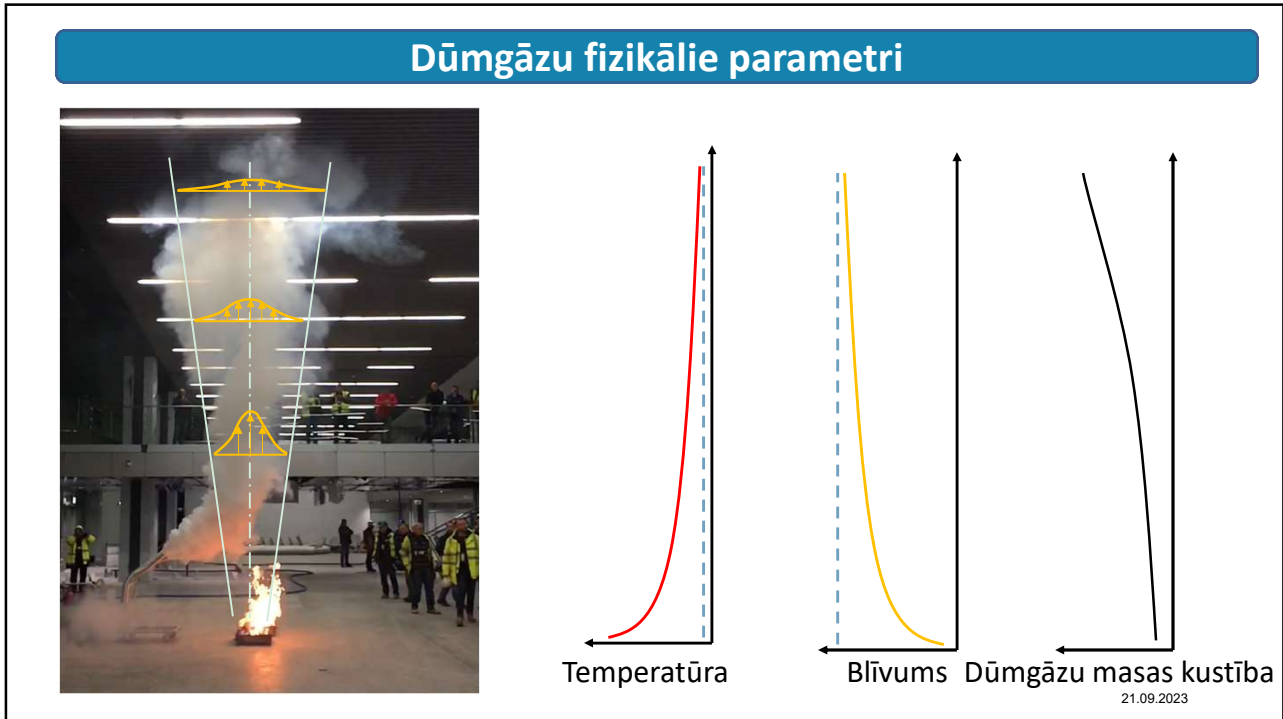
21.09.2023

Projektēšanas mērķi

Dūmu vēdināšanas sistēmu darbības mērķi

- Ēkas lietotāju aizsardzība – cilvēku drošība ir tiešā veidā saistīta ar to spēju pamest ēku ugunsgrēka **agrīnajā stadijā**.
- Glābēju aizsardzība – Cilvēku drošība, kas iekļūst ēkā, kad **ugunsgrēks ir jau attīstījies** (potenciāli brīdī, kad ir sākusies pilna mēroga degšana)
- Īpašuma aizsardzība – Konstruktīvu aizsardzību un/vai preču vai lietu aizsardzību, kas atrodas telpās, **neatkarīgi no ugunsgrēka ilguma**

21.09.2023



Dūmgāzu fizikālie parametri

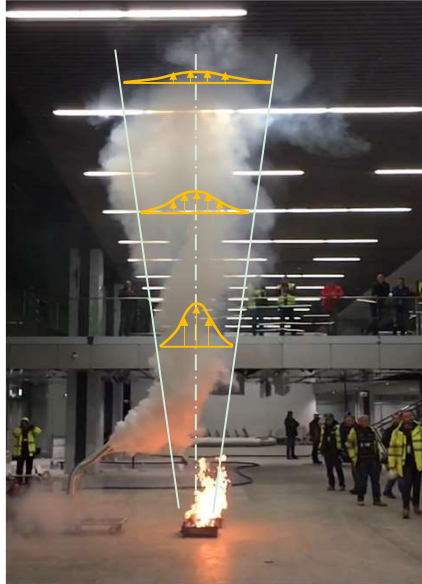
Table 1
Degšanas matemātiskie modeļi, kas lietoti dažādu valstu normatīvos

Normatīvs	Normatīva tips	Izelsmes valsts	Liesmas matemātiskā modeļa nosaukums
NFPA 92 [1]	National code	USA	Heskestad (2.5)
EN 12101-5 [22]	International code	EU	Thomas (2.2) and Heskestad (2.5)
TM19 [23]	Design guideline	UK	Heskestad (2.5) Thomas (2.2) as an alternative
NBS S21-208-1 [24]	National code	Belgium	Thomas (2.2)
BRE 368 [25]	Design guideline	Europe	Thomas (2.2) Zukoski (2.3)
BS 5588-7 [26]	Design guideline	UK	Redirect to BS EN 12101-5 [22]
BS 9999:2017 [27]	National code	UK	Redirect to BS EN 12101-5 [22]
AS 1668.3-2001 [28]	National code	Australia	Thomas (2.2)
Principles of Smoke Management [29]	Design guideline	USA	Heskestad (2.5)
Handbook of Smoke Control Eng. [30]	Design guideline	USA	Heskestad (2.5)

G. Vigne, C. Gutierrez-Montes, A. Cantizano, W. Węgrzyński, G. Rein, Review and Validation of the Current Smoke Plume Entrainment Models for Large-Volume Buildings, Fire Technol. 55 (2019) 789–816. <https://doi.org/10.1007/s10694-018-0801-4>.

21.09.2023

Dūmgāzu fizikālie parametri



$$\dot{m}_p = 0.21 \left(\frac{\rho_\infty^2 g}{c_p T_\infty} \right)^{1/3} \dot{Q}^{1/3} z^{5/3} \quad (5)$$

This equation is also commonly shown in the form below where the ambient air properties are assumed to be $T_\infty = 293 \text{ K}$, $\rho_\infty = 1.1 \text{ kg/m}^3$, $c_p = 1.0 \text{ kJ/kg K}$ and $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.

$$\dot{m}_p = 0.071 \dot{Q}^{1/3} (z)^{5/3} \quad (6)$$

Formulu (5) var pārrakstīt kā formulu (6), ja pieņem telpas gaisa fizikālos parametrus

G. Vigne, C. Gutierrez-Montes, A. Cantizano, W. Węgrzyński, G. Rein, Review and Validation of the Current Smoke Plume Entrainment Models for Large-Volume Buildings, *Fire Technol.* 55 (2019) 789–816. <https://doi.org/10.1007/s10694-018-0801-4>.

21.09.2023

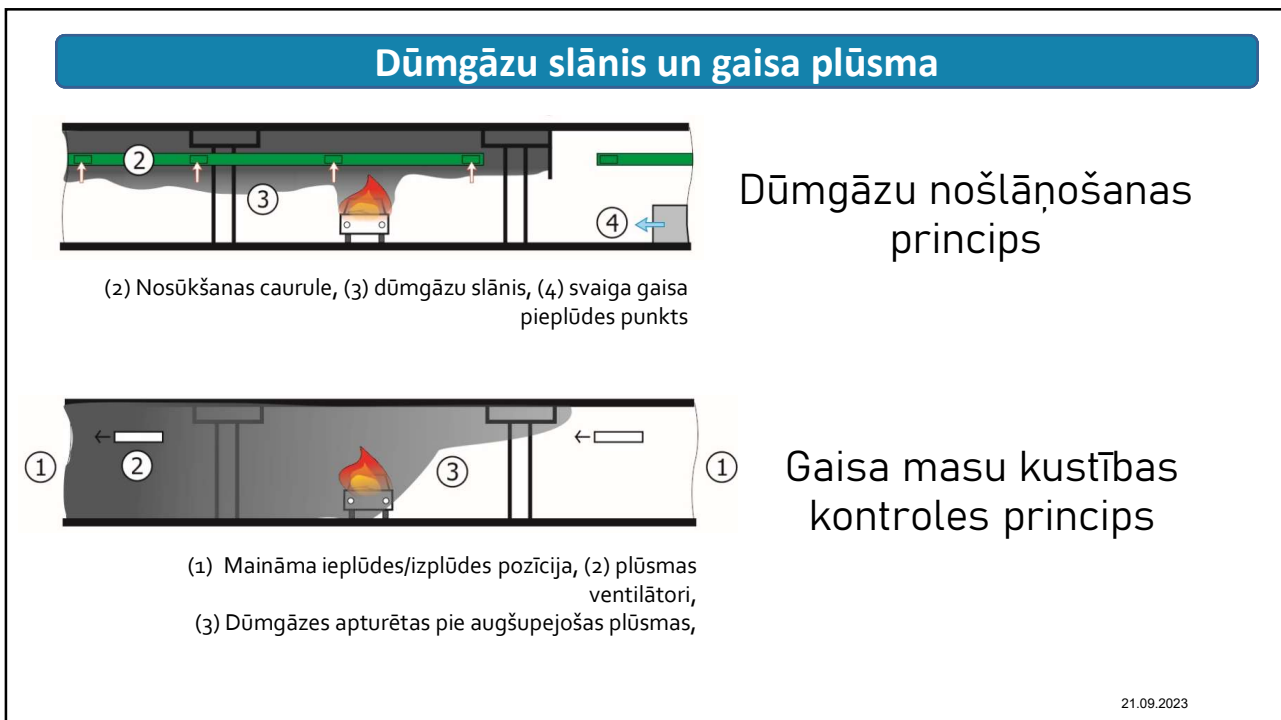
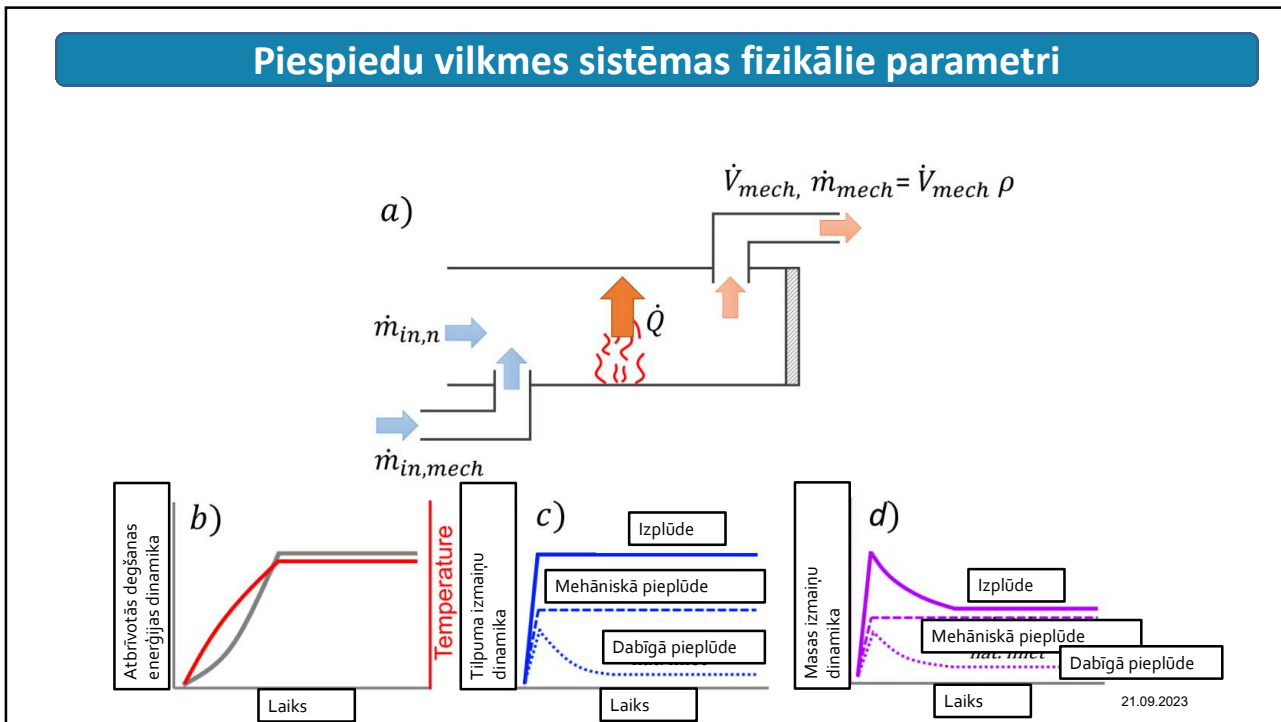
Dūmgāzu fizikālie parametri



Augšējais slānis

Apakšējais slānis

21.09.2023



Dūmgāzu slānis un gaisa plūsma



Dūmgāzu noslāņošanas sistēmas piemērs

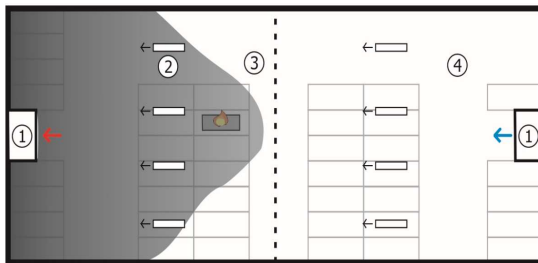


Gaisa masu kustības kontroles sistēmu piemērs

21.09.2023

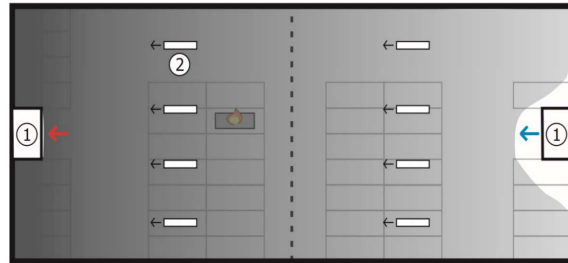
Kontrole un izklīdināšana

Kontrolēta sistēma



Ir pilna kontrole pār dūmu kustību

Izklīdēšanas sistēma
(Dūmgāzu koncentrācijas samazināšana)

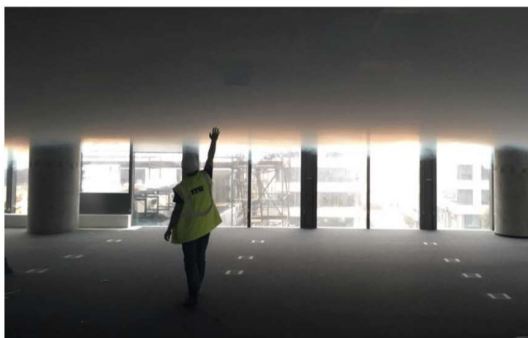


Ir pieņemams, ka dūmgāzes aizpildīs visu telpu, tādēļ saglabā vilkmi, kas dūmus pakāpeniski izklīdē

21.09.2023

Kontrole un izklīdināšana

Dūmgāzu noslāņošanas sistēma



Dūmgāzes tiek noturētas projektētā augstumā

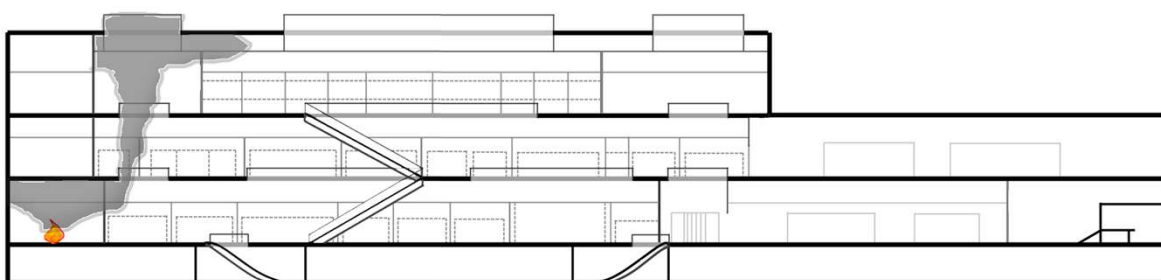
Dūmgāzu izklīdēšanas sistēma



Nodrošina piesārņotā gaisa apmaiņu vairākas reizes stundā

21.09.2023

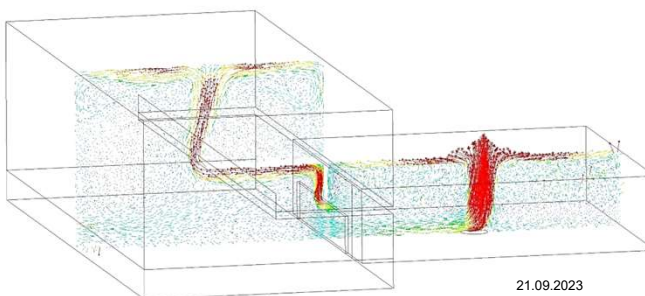
Sarežģīta arhitektūra



Biežāk pielietotās sistēmas

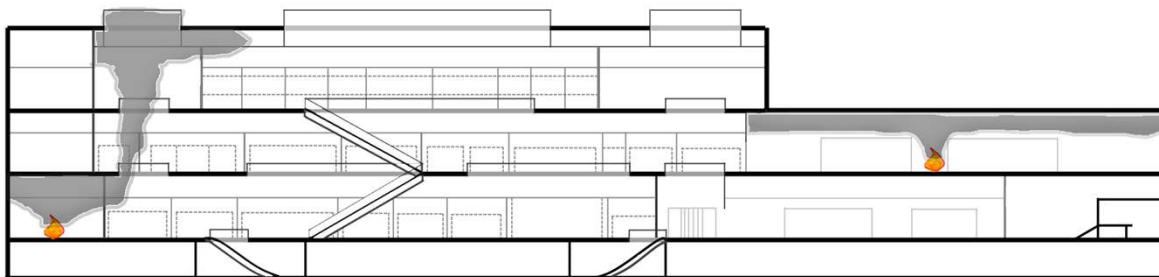
Dažkārt ēkas sarežģītās konfigurācijas dēļ, dūmgāzu vēdināšanu racionāli ir veikt caur blakus esošajiem nodalījumiem.

Tā ir tipiska stratēģija lielos tirdzniecības centros, dzelzceļa stacijās, autoostās un lidostās.



21.09.2023

Sarežģīta arhitektūra



Biežāk lietotās sistēmas

Dažkārt ēkas sarežģītās konfigurācijas dēļ, dūmgāzu vēdināšanu racionāli ir veikt caur blakus esošajiem nodalījumiem.

Tā ir tipiska stratēģija lielos tirdzniecības centros, dzelzceļa stacijās, autoostās un lidostās.

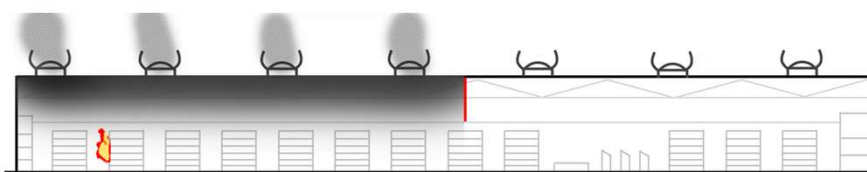
Individuālās sistēmas

Tipiski, dūmgāzes ir jāvēdina no telpas, kurā ir izcēlies ugunsgrēks.

Tā ir tipiska stratēģija lielām tirdzniecības hallēm, birojiem, gaitenīem, auto novietnēm, noliktavām un citām liela tilpuma telpām.

21.09.2023

Dūmu kontroles zonas

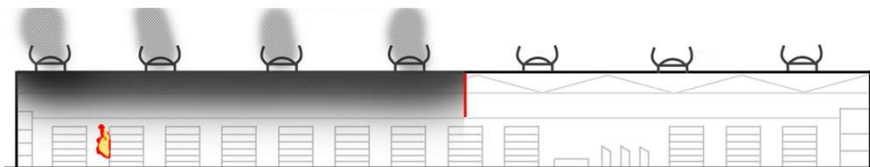


Dūmu aizsardzības zonas

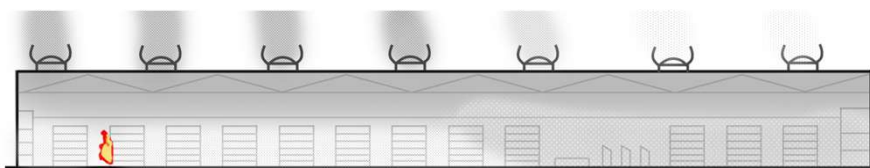
Lai saglabātu dūmu aizsardzības sistēmas efektivitāti, ir jānovērš dūmgāzu strauja atdzišana (kas izraisa konvekcijas radītās vilkmes gaisa masu kustības apstāšanos). Tas nozīmē, ka pastāv dūmu savākšanai paredzētā tilpuma (dūmgāzu rezervuāra) maksimālā pieļaujamā tilpuma robeža – parasti kā „zelta risinājums” tiek pieņemta platība starp 2000 – 2600 m².

21.09.2023

Dūmu kontroles zonas



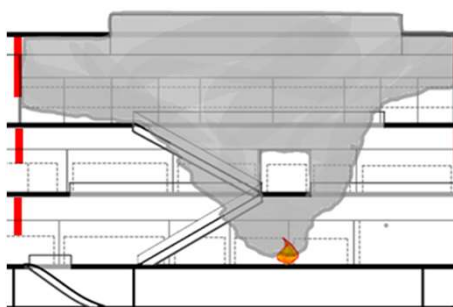
Dūmu aizsardzības zonas- Kas notiek, ja risinājums nedarbojas?



Ja projektētā sistēma nenostrādā vai nedarbojas, kā iecerēts, tad dūmi var piepildīt visu telpas tilpumu. Šādā gadījumā dūmgāzes ir atdzisušas, konvekcijas ierosinātā kustība notiek lēni, vai nenotiek nemaz un šādas dūmgāzes ir grūtāk izvēdināt.

21.09.2023

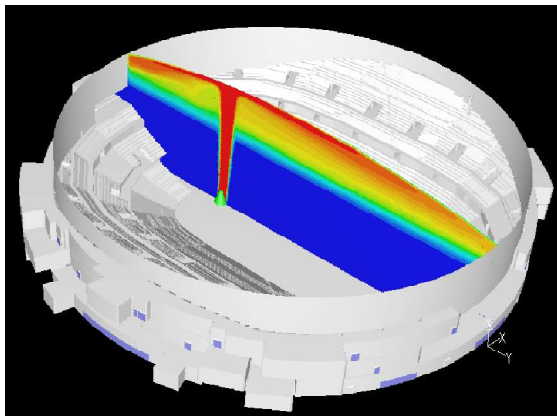
(par) sarežģītu arhitektūru



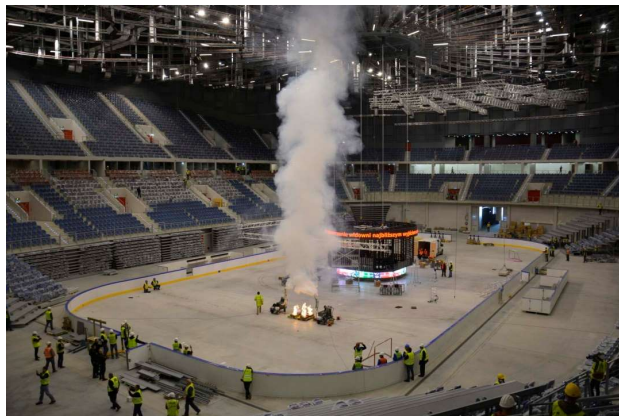
«Vienkāršas liesmas teorija» un citi vienkārši ugunsgrēka matemātiskie modeļi nav pielietojami, kad arhitektūras risinājums kļūst sarežģītāks, kad dūmgāzēm ir jāmaina kustības virziens telpā vairākkārtīgi. Sarežģītos gadījumus var risināt zinošs un prasmīgs inženieris, kas prot pielietot dažādus matemātiskos modeļus un programmatūru.

21.09.2023

Datormodeļi



Datormodelēta ugunsgrēka prognoze

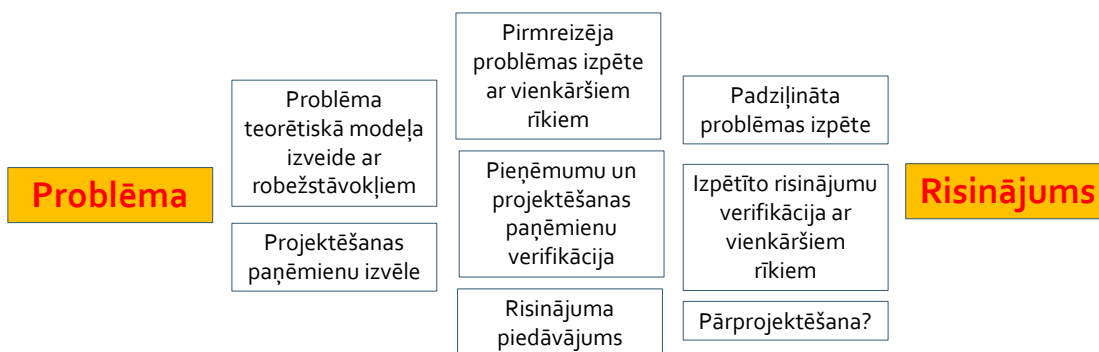


Pilna mēroga ugunsgrēka tests

21.09.2023

Plānotā darbu secība

Pielietojot uz parametriem balstītu projektēšanas pieeju ir sagaidāms sekojošais:



21.09.2023

Praktizētā darbu secība ...

Tomēr visbiežāk sanāk kaut kas šāds ...

Problēma

Inženieris izdara pirmo pieņēmumu, par risinājumu, kas varētu strādāt

CFD

Daudz attēlu, lai nostiprinātu pirmos pieņēmumus

Risinājums

Ja risinājums nestrādā, tad tā ir problēma ...

21.09.2023

Pieejamie rīki

Kas ir pielietojamie rīki?

- Vienkārši „rokas aprēķini”, matemātiskie modeļi, kad radīti balstoties uz pētījumiem un ir saistīti ar konkrētiem ugunsgrēka izpausmes veidiem;
- Zonu modeļi, kas aplūko ugunsgrēku kopumā, bet ļoti vienkāršotā ģeometrijā un zemu precizitāti.
- CFD un citi matemātiskie instrumenti, dod visdetalizētākās atbildes, bet ir ļoti laika un resursu ietilpīgi.

21.09.2023

Rokas aprēķini

Rokas aprēķini/vienkārši matemātiskie modeļi

- Līdzsvara stāvokļa aprēķini izņemot gadījumu, kad pētāmā norise ir atkarīga no laika (piemēram: sprinkleru ieslēgšanās, ugunsgrēka izplatība pa virsmu);
- **Iespējams noteikt ticamus ugunsgrēka robežlielumus (piemēram: maksimāla ugunsgrēka temperatūra telpā);**
- **Iespējams izmantot sākotnējai problēmas risinājumu analīzei, kad nepieciešami ātri rezultāti;**
- Pētāmā ugunsgrēka izpausme ir tieši atkarīga no ģeometriskiem parametriem;
- Pielietotās metodes detalizācijas līmenis ir tieši atkarīgs no aplūkotās «telpas» izmēra.

21.09.2023

Zonu modeļi

Zonu modeļi

- Laikā mainīgas simulācijas;
- **Noderīga pieeja, gadījumos, kad telpas vidējie rādītāji ir pietiekami, lai pieņemtu lēmumu un lokāli parametri nav būtiski;**
- **Nelielais aprēķinu ilgums, metodi padara par piemērotu instrumentu notikumu varbūtības pētniecībā;**
- Matemātiskie modeļi paredzēti modulāras ģeometrijas telpām un nodalījumiem. Pastāv būtiski izmēru ierobežojumi;
- Iespējams analizēt gāzu kustību starp nodalījumiem;
- Iespējams apvienot ar lokālās liesmas un griestu gāzu plūsmas matemātiskajiem modeļiem, tomēr ir tādi paši ierobežojumi, kā rokas aprēķiniem.

21.09.2023

CFD

CFD

- Laikā mainīgas vai līdzsvara stāvokļa simulācijas sarežģītām gāzu un masas plūsmām gandrīz jebkurā ģeometrijā;
- Novietojums telpā būtiski ietekmē rezultātus – Var izmantot kompleksu ventilācijas sistēmu novērtēšanā un optimizēšanā;
- Modeļa precizitāti ietekmē modeļa izmērs un modelētās norises ilgums;
- **Modeļa izmēru un sarežģītību, ko iespējams novērtēt nosaka pieejamais sagatavošanās laiks un pieejamie dator resursi;**
- Modelī tiek aplūkoti vispārīgi rezultāti nefokusējoties uz ugunsgrēka norises kompleksajām detaļām (Piemēram: lai novērtētu dūmu kustību, modelī tiek iepriekš definēts, fiksēts, telpisks karstuma un dūmu avots)

21.09.2023

Pārtraukums / 11:40 – 12:00



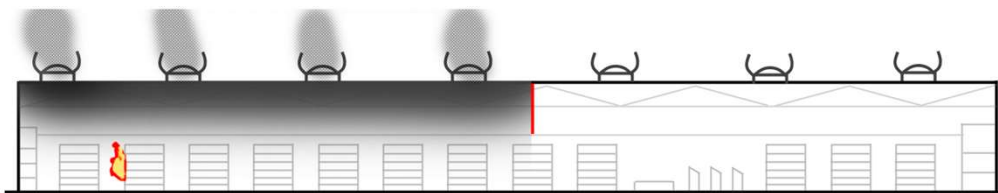
21.09.2023

Programma / 12:00 – 13:30

- Dabīgās vilkmes dūmu un karstuma vēdināšanas sistēmas, pielietojuma un projektēšanas piemēri:
 - ✓ Risinājumu piemēri ar aizsardzības stratēģiju - cilvēku glābšana;
 - ✓ Risinājumu piemēri ar aizsardzības stratēģiju - ugunsdzēsības procesa nodrošinājums;
 - ✓ Risinājumu piemēri ar aizsardzības stratēģiju - īpašuma glābšana un/vai procesa nepārtrauktības nodrošinājums;
- Jautājumi un atbildes

21.09.2023

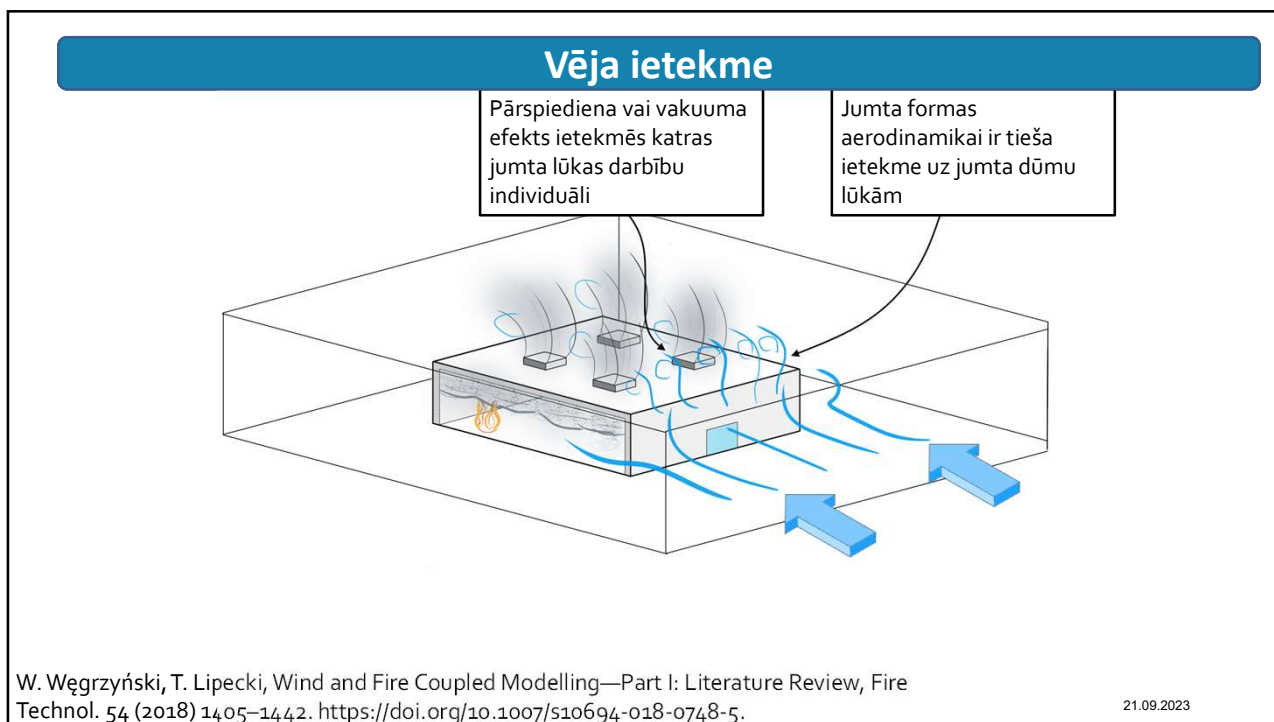
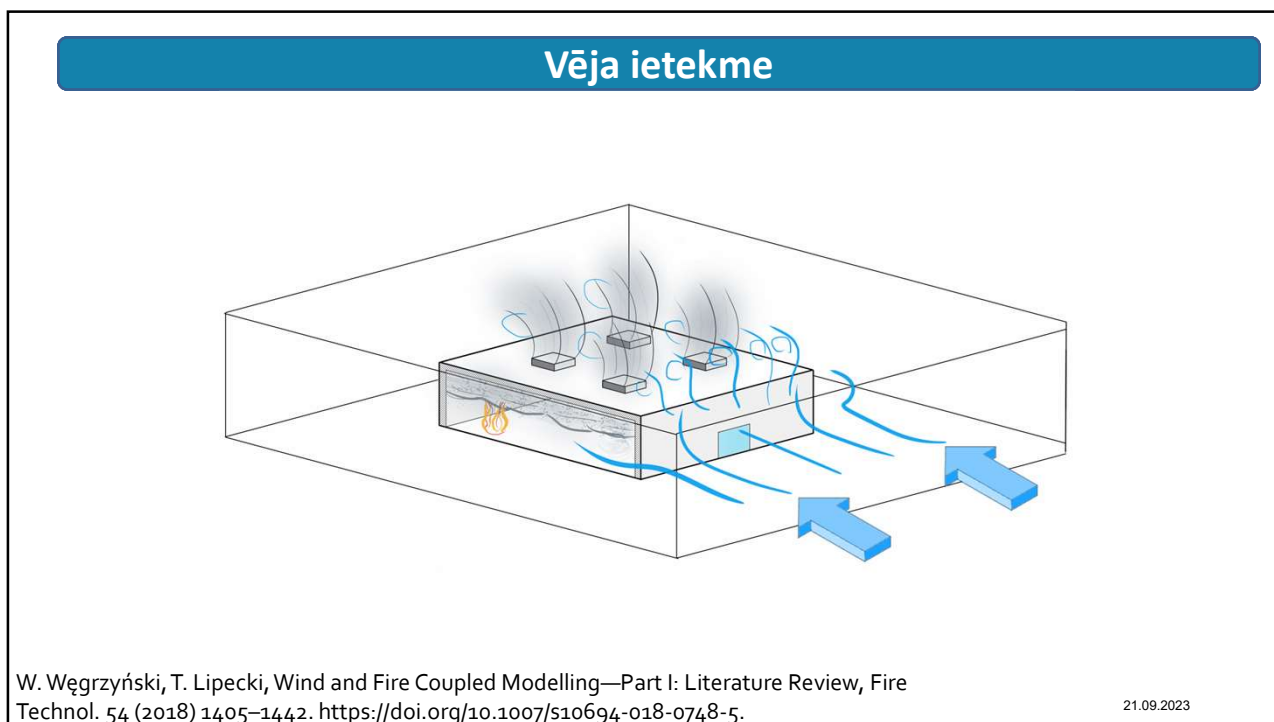
Kas ir dabīgās vilkmes dūmu vēdināšanas sistēmas

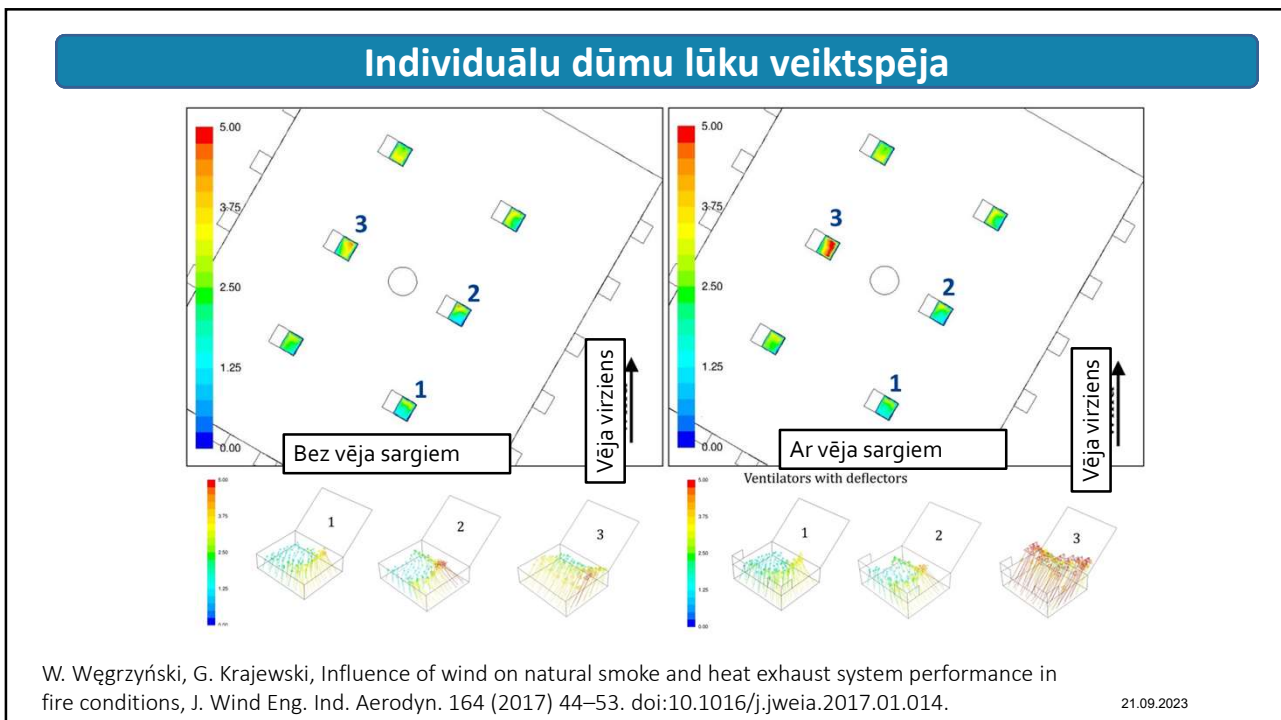
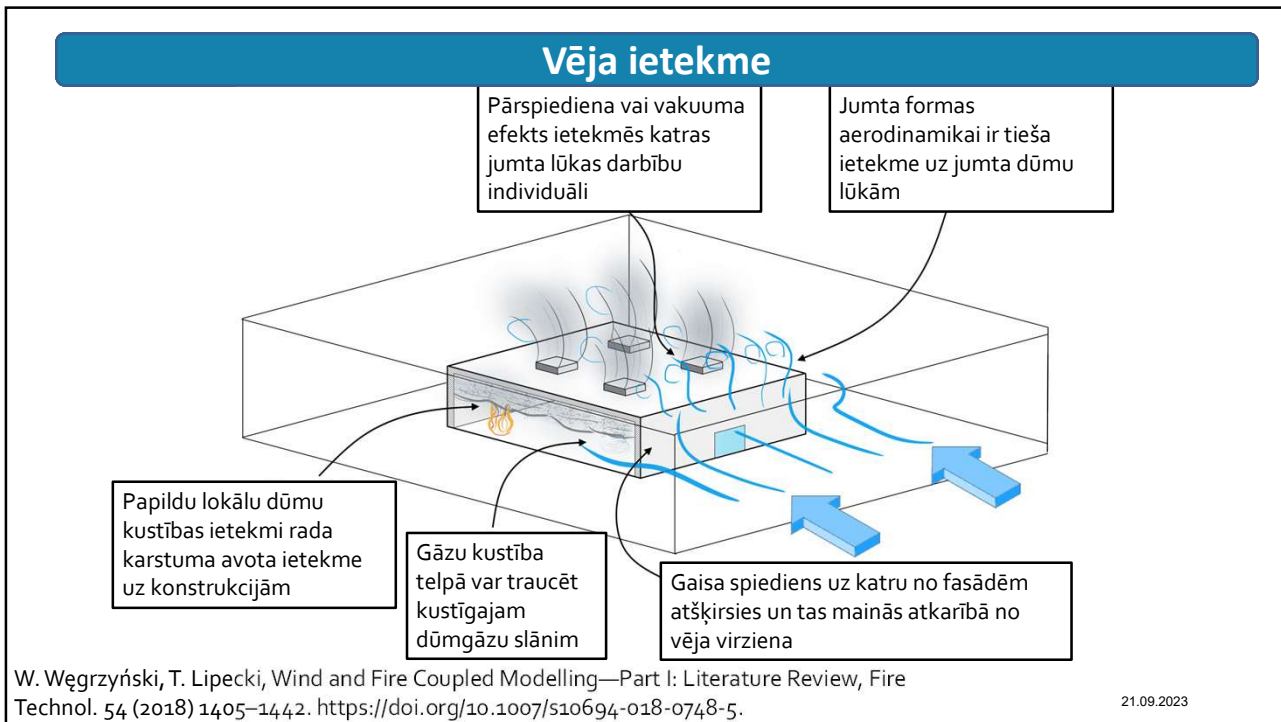


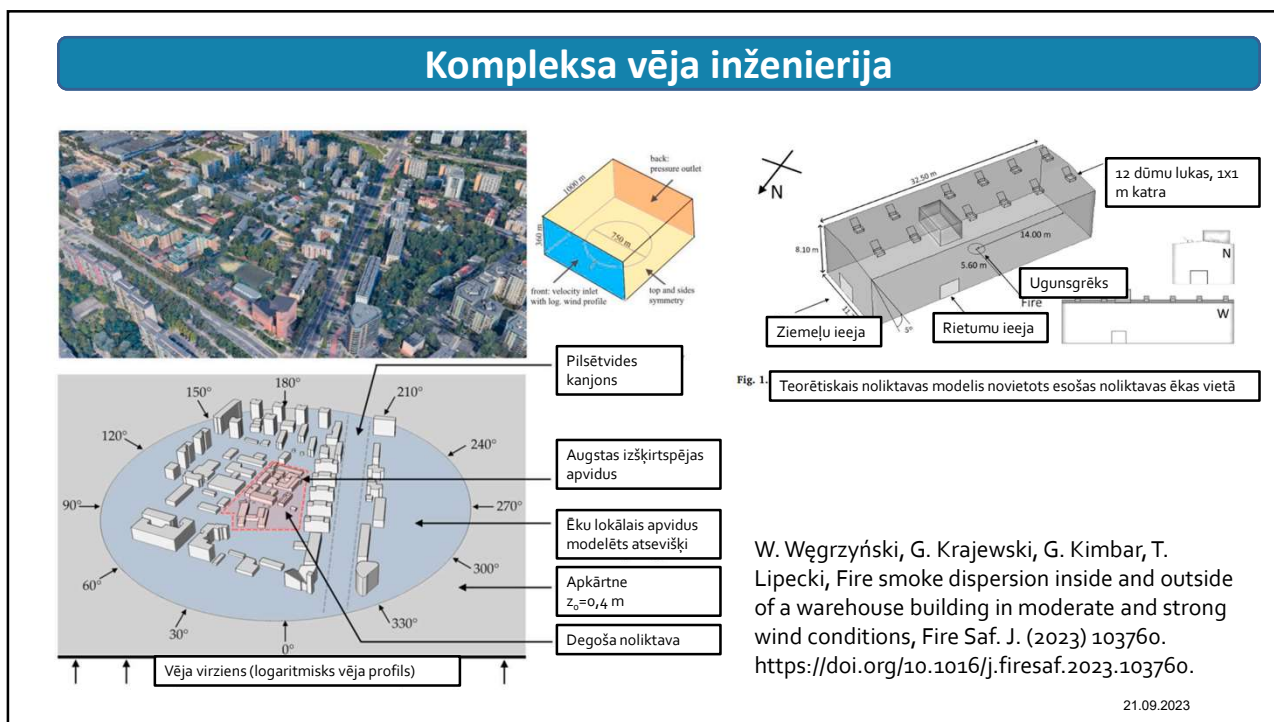
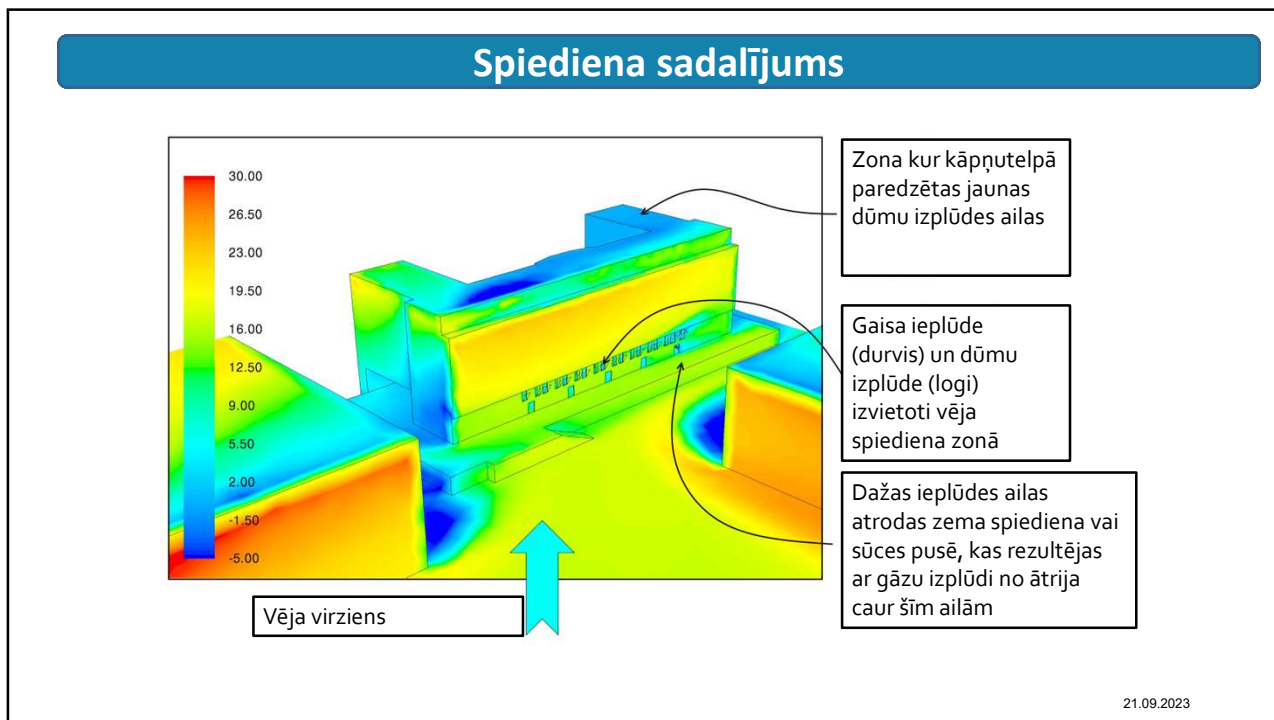
Dabīgās vilkmes karstuma un dūmgāzu vēdināšanas sistēmas:

- Izmantojot ailas – ieplūde un izplūde. Ieplūdes ailas ir tikpat svarīgas, kā izplūdes!
- Darbojas pateicoties konvekcijas radītajai vilkmei – ja nav vilkme, sistēma nedarbojas.
- Neskatoties uz ražotāja teikto – nav iespējams pateikt, ka viena izplūdes lūka, uz jumta, darbosies. Visas ailas darbojas kā sistēma un ir tieši atkarīgas no vēja.
- Ļoti efektīvas, ja ir projektēšanas prasmes. Pielietojams veikalos, noliktavās, ātrijos, lidostās un dzelzceļa stacijās.

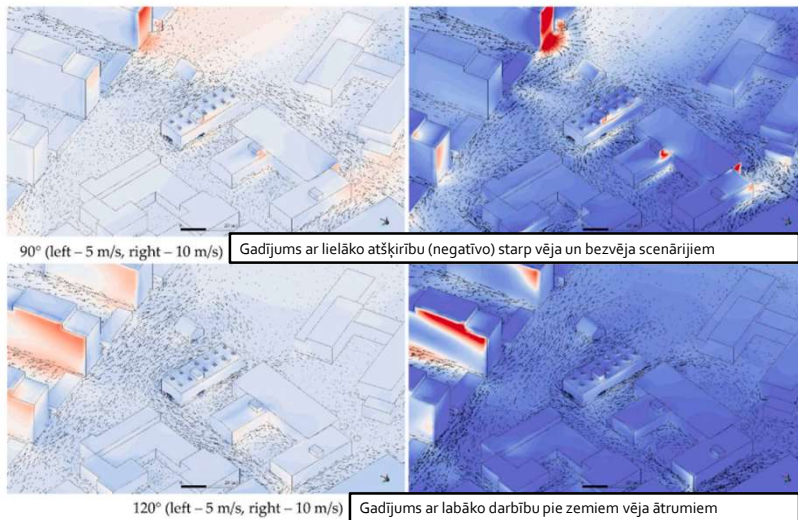
21.09.2023





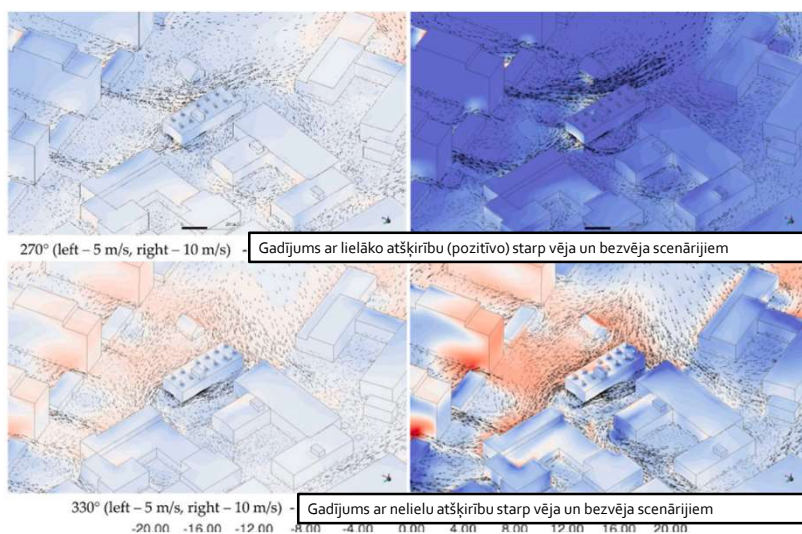


Vēja ietekme pilsētvidē



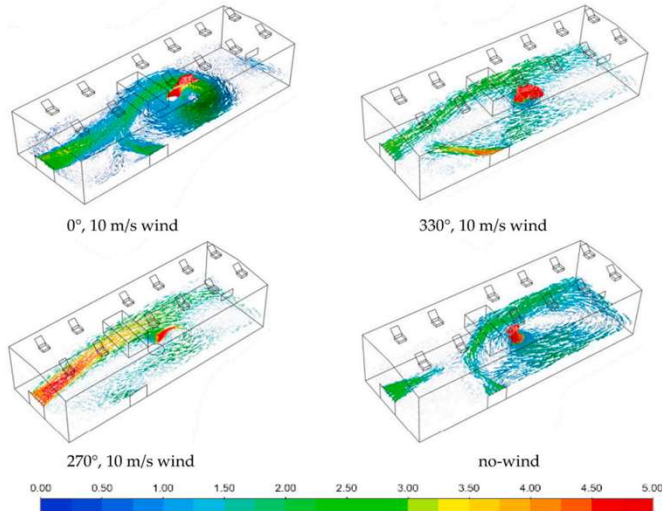
21.09.2023

Vēja ietekme pilsētvidē



21.09.2023

Kas notiek telpās?



Atšķirīgas gaisa masu kustības telpā

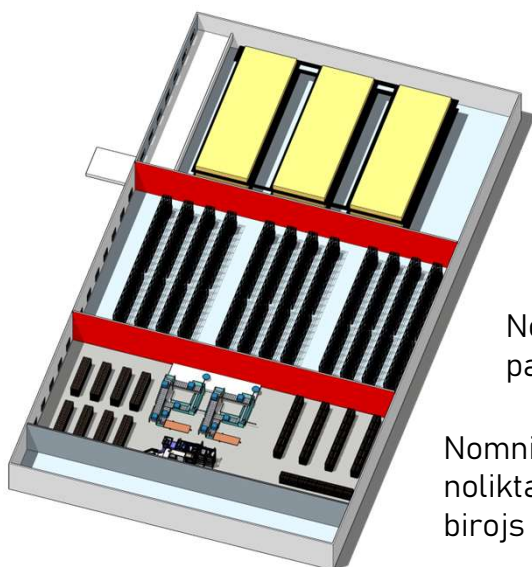
Pie atšķirīgiem vēja apstākļiem, telpās pilnībā mainās gaisa masu kustības virzieni, kas pilnībā maina dūmu lūku darbību.

W. Węgrzyński, G. Krajewski, G. Kimbar, T. Lipecki, Fire smoke dispersion inside and outside of a warehouse building in moderate and strong wind conditions, Fire Saf. J. (2023) 103760.

<https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.103760>.

21.09.2023

Praktiski apsvērumi



Nomnieks 1 – noliktava ar augstiem plauktiem, divos līmeņos izvietotas platformas (galerijas) 4 un 8 m augstumā (dokumentu arhīvs), papildu ir biroja mezanīn stāvs virs preču pieņemšanas platformas

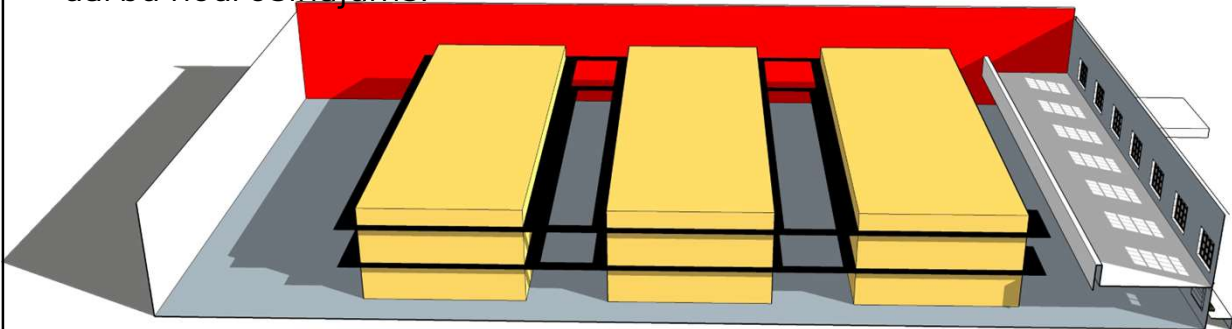
Nomnieks 2 – Augsti plaukti, apkalpo ar pacelājumiem (auto rezerves daļu noliktava)

Nomnieks 3 – Mēbeļu ražotne ar izejmateriālu noliktavu un gatavās produkcijas noliktavu, birojs divos stāvos

21.09.2023

Sistēmas projektēšana

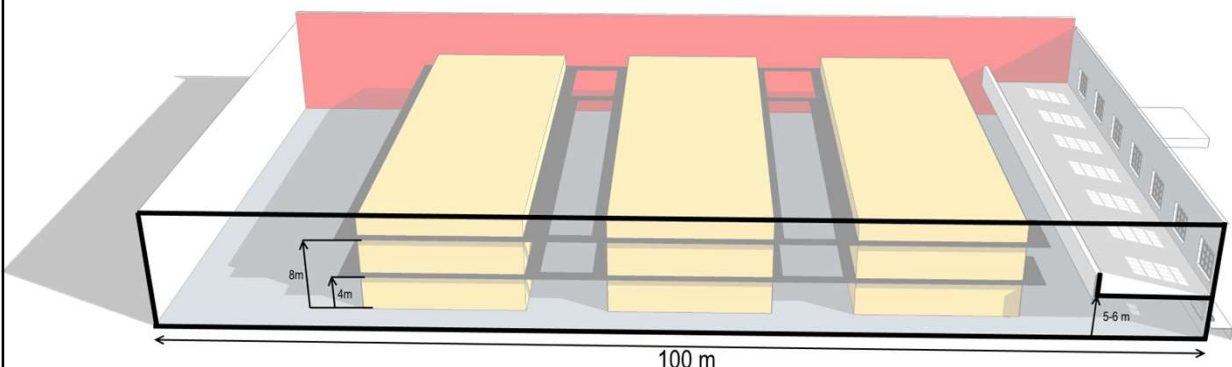
Projekta piemērs – 1. nomnieka telpu ar dabīgās vilkmes dūmu vēdināšanas sistēmu, projektēšanas piemērs. Projektēšanas mērķis: droša evakuācija, ugunsgrēka izplatības ierobežošana un glābšanas darbu nodrošinājums.



21.09.2023

Sistēmas projektēšana

Telpā ir paredzēts mezanīna stāvs, tātad jāparedz evakuācija no augstuma, kas pārsniedz(+8,00 m). Biroja zona ir jānorobežo no arhīva telpas izmantojot vismaz dūmu aizkaru.

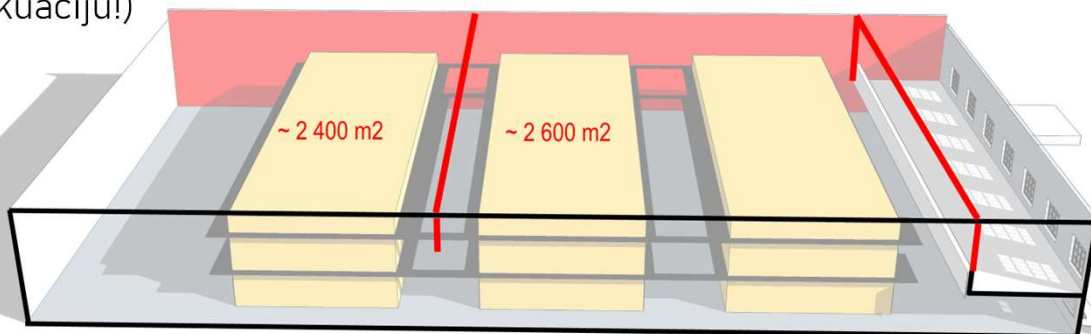


21.09.2023

Sistēmas projektēšana

Normatīvā pieeja- PN-B 02877. Maksimāli pieļaujamā piedūmojamā platība - 2 600m²

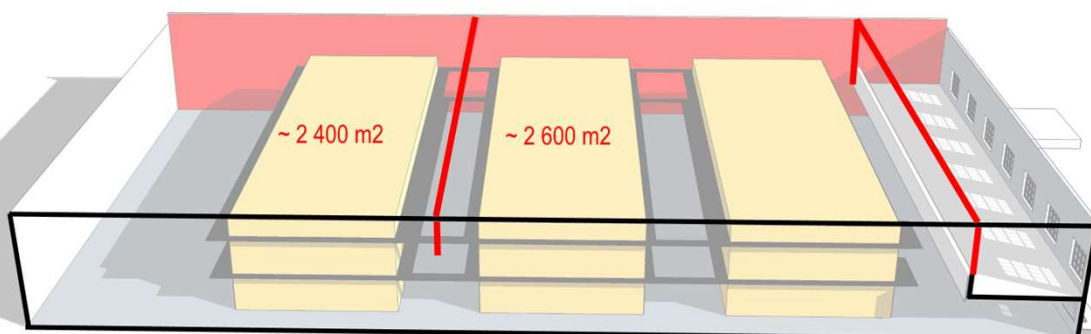
Minimālais dūmu aizkaru augstums - 3,075 m, no tā izriet, ka no dūmiem brīvais augstums ~ 9,00 m (tas vēl negarantē drošu evakuāciju!)



21.09.2023

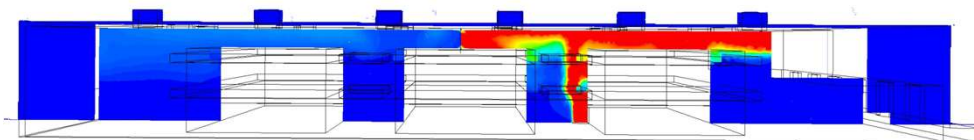
Sistēmas projektēšana

Dūmu izvades ailu aerodinamiskais laukums, katrā no dūmu zonām - 1,50% no zonas laukuma, kas sanāk **39 m²**

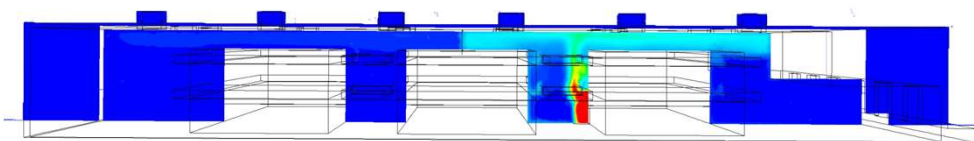


21.09.2023

Kāda ir sistēmas veiktspēja



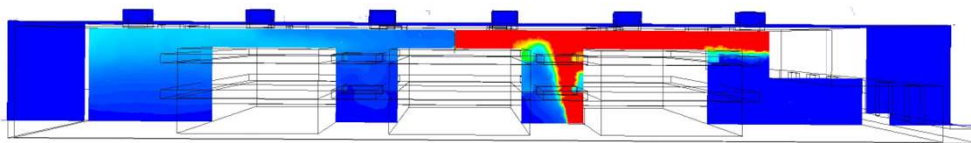
Dūmgāzu masas koncentrācija ($0,00 - 0,20 \text{ g/m}^3$) $t = 10 \text{ min}$, 5 MW ugunsgrēks



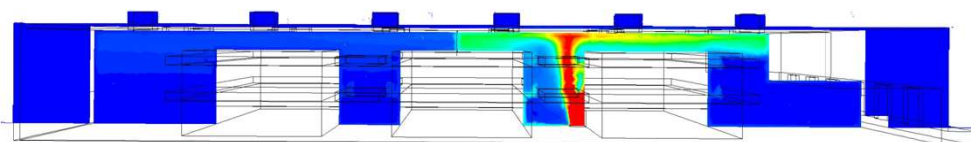
Temperatūra ($293 - 473 \text{ K}$) $t = 10 \text{ min}$, 5 MW ugunsgrēks

21.09.2023

Kāda ir sistēmas veiktspēja

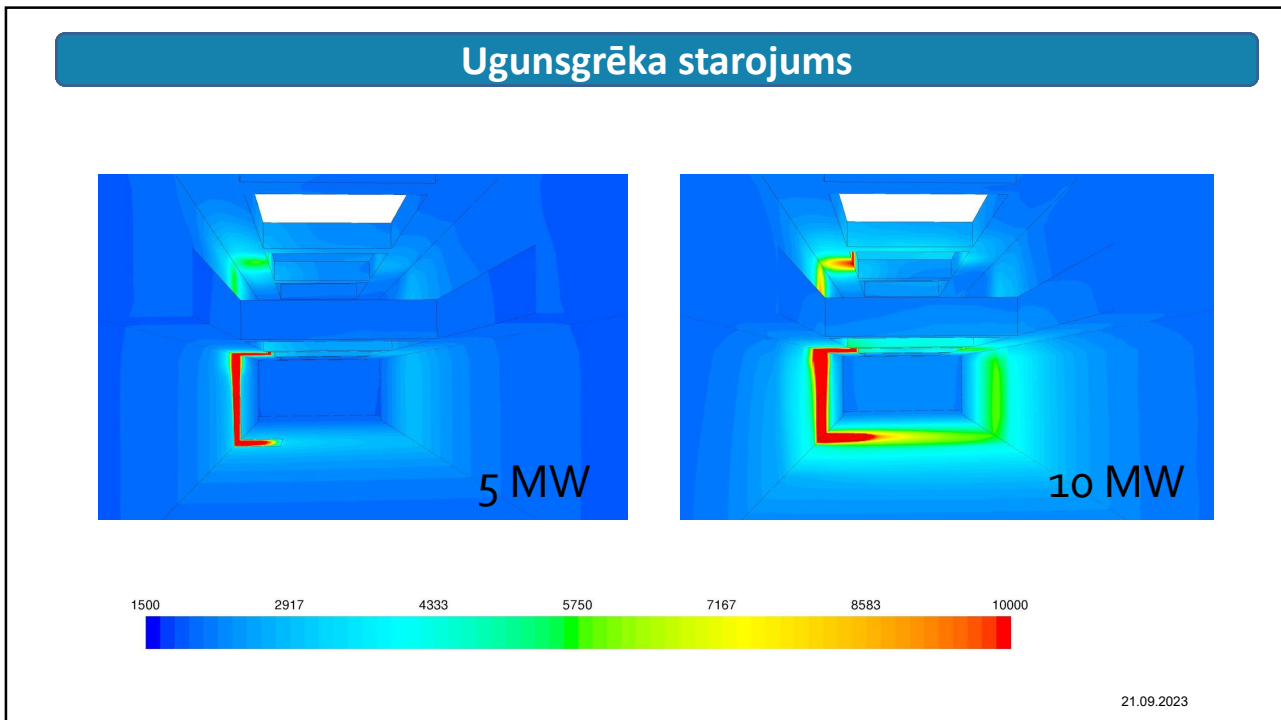


Dūmgāzu masas koncentrācija ($0,00 - 0,20 \text{ g/m}^3$) $t = 10 \text{ min}$, 10 MW ugunsgrēks



Temperatūra ($293 - 473 \text{ K}$) $t = 10 \text{ min}$, 10 MW ugunsgrēks

21.09.2023



Optimizācija ...

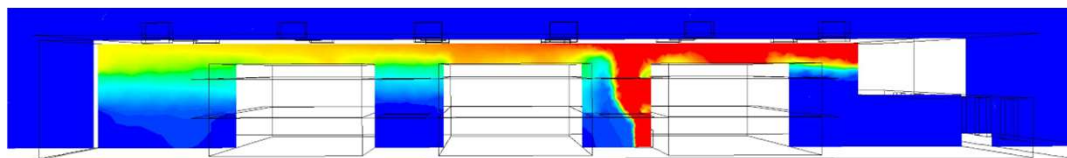
Aizstājot Polijas nacionālo PN-B pieeju ar ASV, NFPA 204.

Arhīvu ugunsgrēku var pieņemt kā „*lēna pieauguma*”. Aprēķinātais dūmu izvades lūku aerodinamiskais laukums ir **39,6 m²**

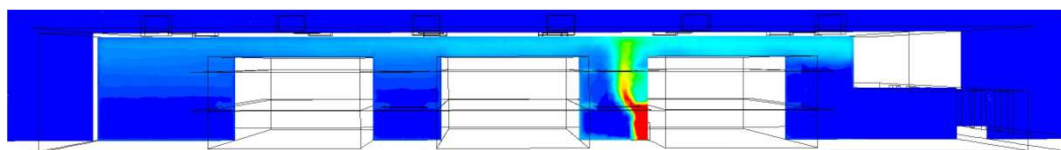
60 x 88 m
Viena zona

21.09.2023

Optimizācijas risinājums



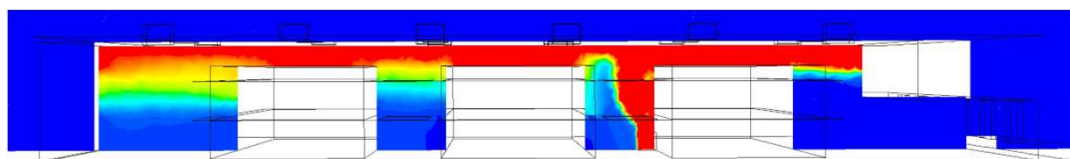
Dūmgāzu masas koncentrācija (0,00 – 0,20 g/m³) t = 10 min, 5 MW ugunsgrēks



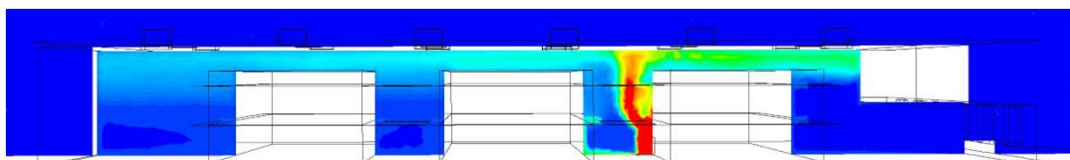
Temperatūra (293 – 473 K) t = 10 min, 5 MW ugunsgrēks

21.09.2023

Optimizācijas risinājums



Dūmgāzu masa koncentrācija (0,00 – 0,20 g/m³) t = 10 min, 10 MW ugunsgrēks



Temperatūra (293 – 473 K) t = 10 min, 10 MW ugunsgrēks

21.09.2023

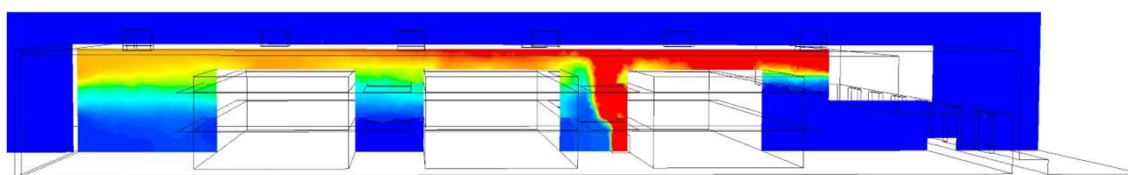
Vai iespējami uzlabojumi?

Vai ir iespējams optimizēt dūmu aizsardzības sistēmu izmantojot «Computational Fluid Dynamics» rīkus?

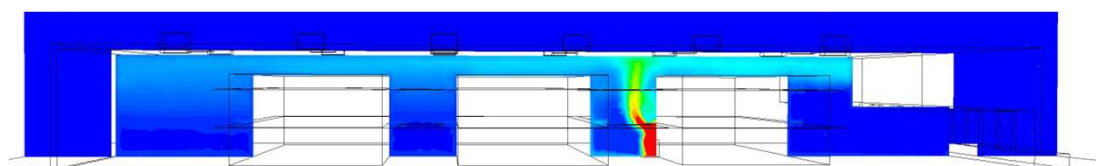
Piemeklējot minimālo pieļaujamo dūmu izvades lūku izmēru

21.09.2023

Vēl vairāk optimizēts risinājums ...



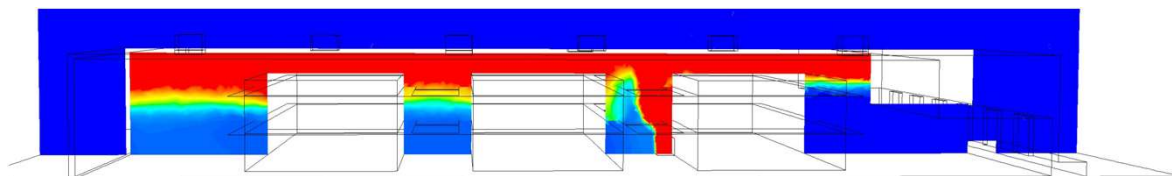
Dūmgāzu masas koncentrācija (0,00 – 0,20 g/m³) t = 10 min, 5 MW ugunsgrēks



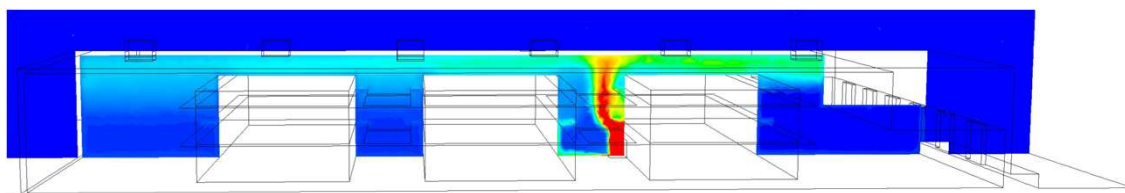
Temperatūra (293 – 473 K) t = 10 min, 5 MW ugunsgrēks

21.09.2023

Vēl vairāk optimizēts risinājums ...



Dūmgāzu masas koncentrācija (0,00 – 0,20 g/m³) t = 10 min, 10 MW ugunsfrēks

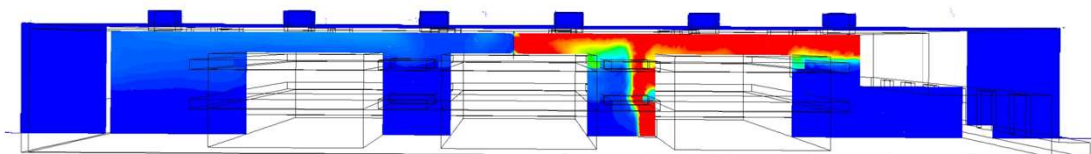


Temperatūra (293 – 473 K) t = 10 min, 10 MW ugunsgrēks

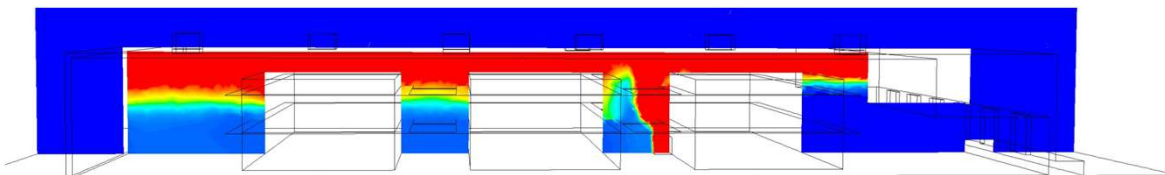
21.09.2023

Rezultātu salīdzinājums

Dūmgāzu koncentrācija (0,00 – 0,20 g/m³) t = 10 min, 10 MW ugunsgrēks



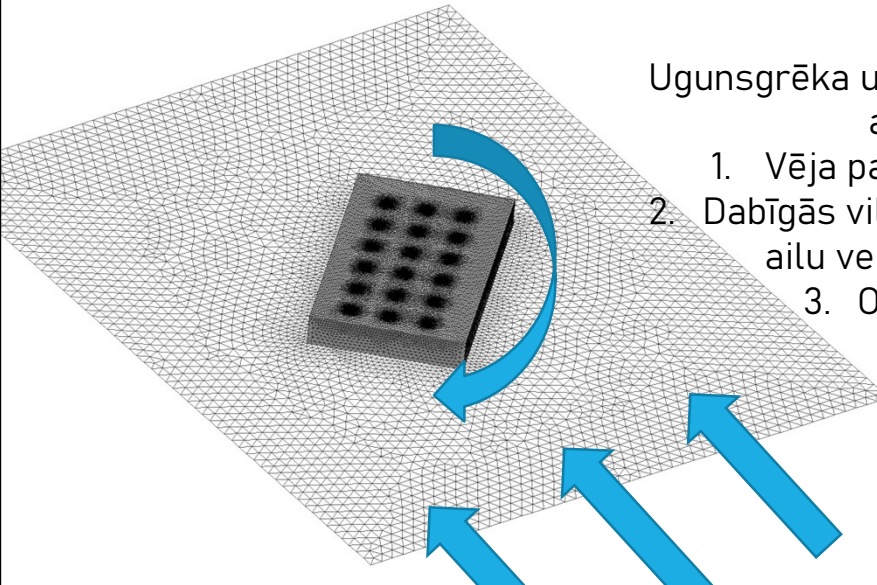
Sākotnējais risinājums, kas balstīts uz iepriekš definēta risinājuma pamata



Optimizācija izmantojot datormodelēšanu

21.09.2023

Vējš

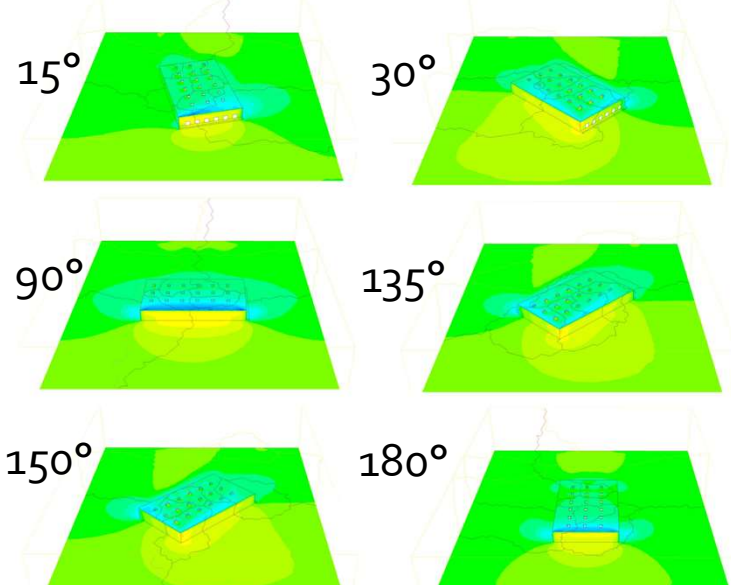


Ugunsgrēka un vēja mijiedarbības analīze:

1. Vēja parametru analīze
2. Dabīgās vilkmes dūmu izvades ailu veiktspējas analīze
3. Optimizācija

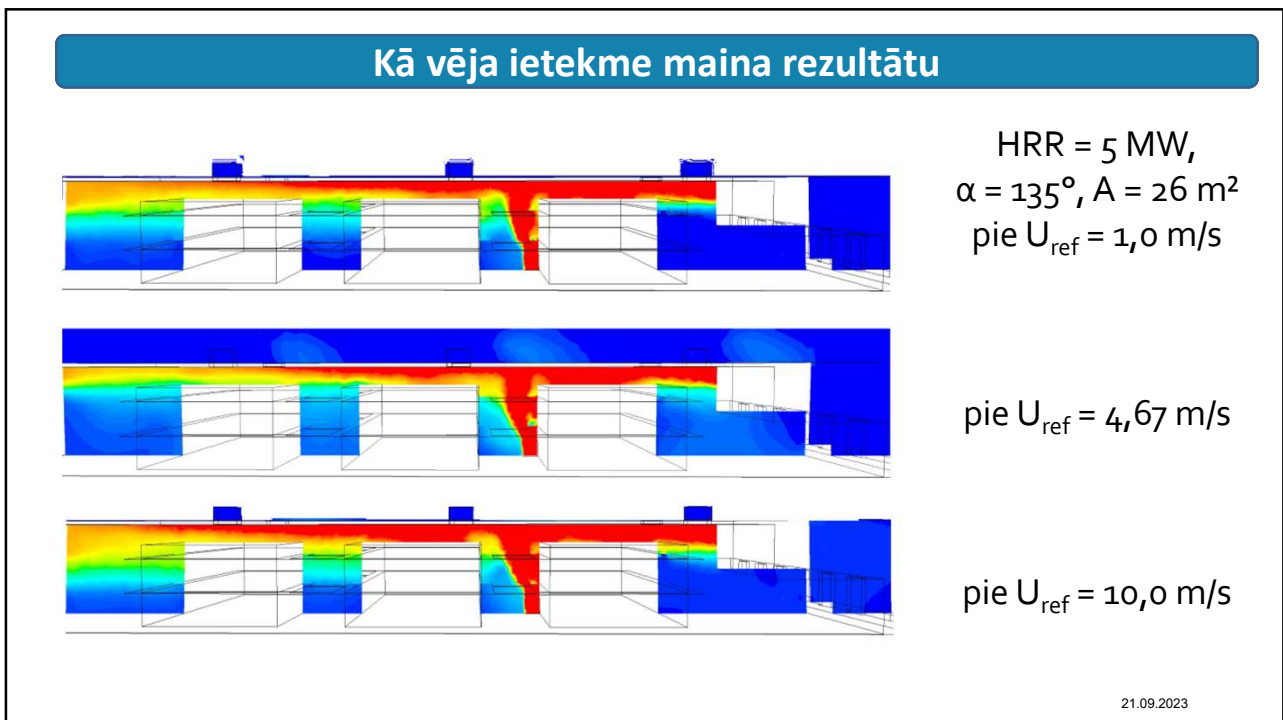
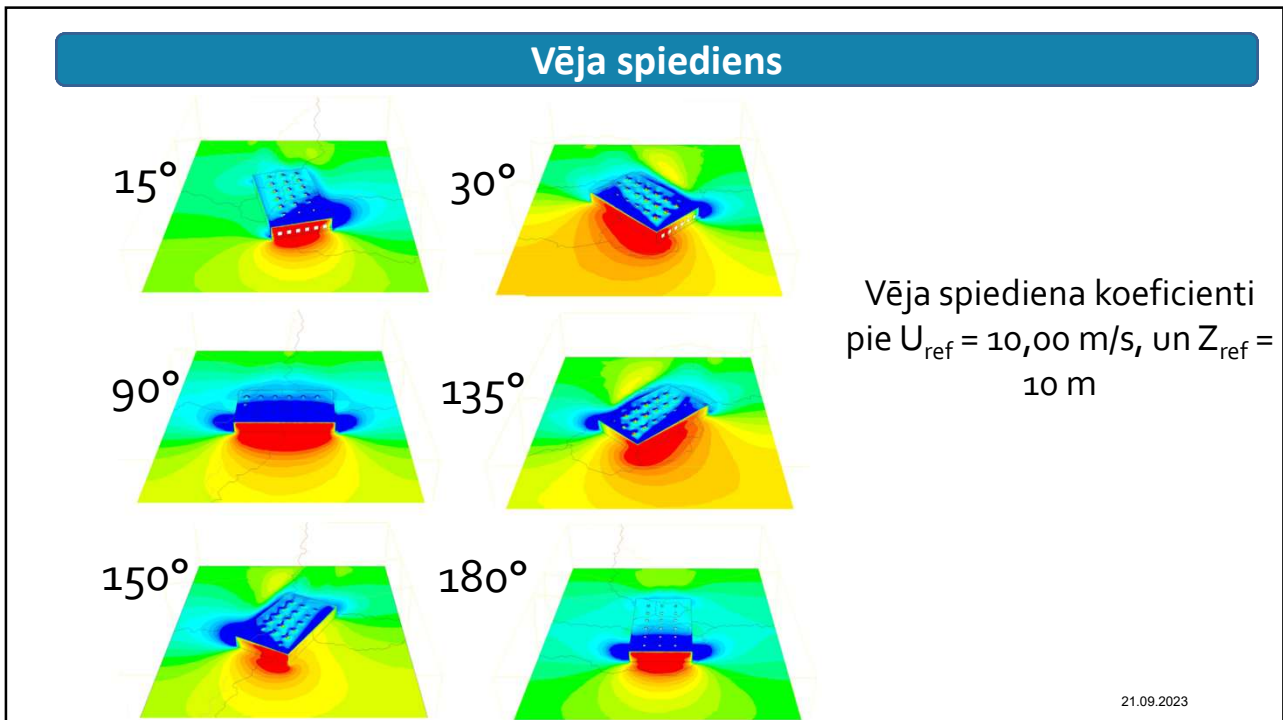
21.09.2023

Vēja spiediens

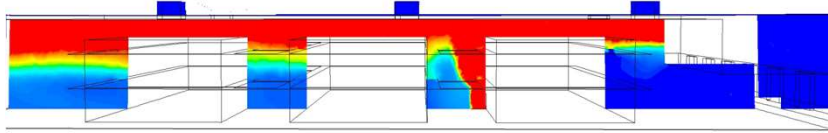


Vēja spiediena koeficienti, pie $U_{ref} = 4,67 \text{ m/s}$, un $Z_{ref} = 10 \text{ m}$

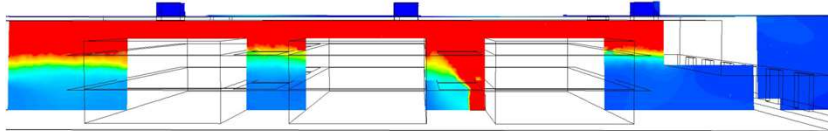
21.09.2023



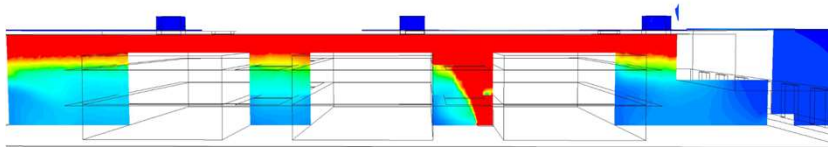
Kā vēja ietekme maina rezultātu



HRR = 10 MW,
 $\alpha = 135^\circ$, $A = 26 \text{ m}^2$
pie $U_{\text{ref}} = 1,0 \text{ m/s}$



pie $U_{\text{ref}} = 4,67 \text{ m/s}$



pie $U_{\text{ref}} = 10,0 \text{ m/s}$

21.09.2023

Dūmu vēdināšana un sprinkleri

Kad aizsardzības mērķis ir īpašuma aizsardzība, bieži problēmas gadās ar ātrās reakcija (ESFR) sprinkleriem kombinācijā ar dūmu un karstuma vēdināšanas sistēmu (SHEVS)

21.09.2023

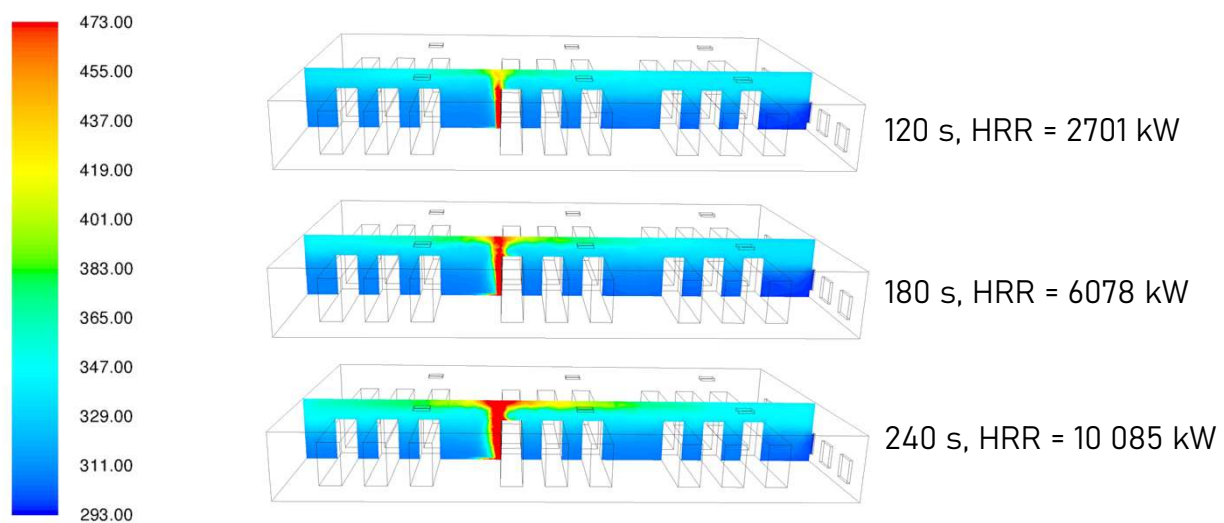
Dūmu vēdināšana un sprinkleri

Problēmas ar ātrās reakcijas sprinkleriem un dūmu ventilāciju

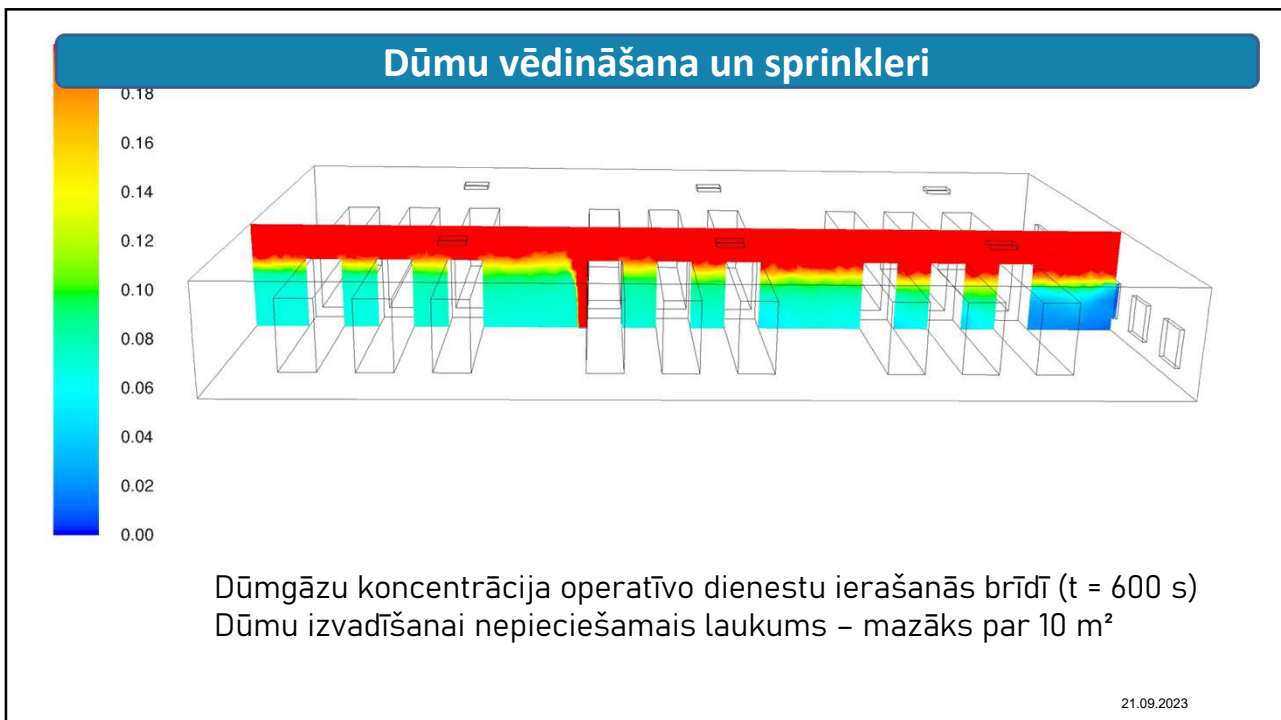
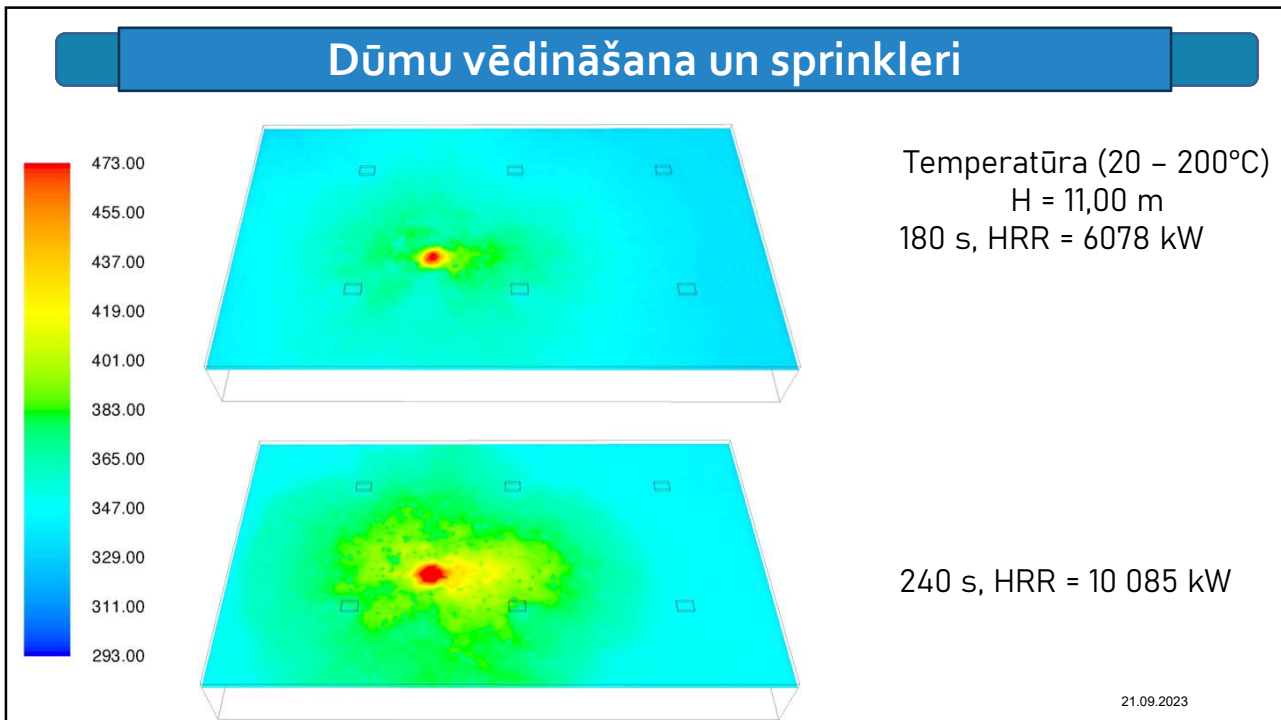
- Priekšrocībām, kas minētas prezentācijas sākumā nepieciešama ir dūmu un karstuma ventilācijas sistēmas kombinācija ar sprinkleriem.
- Dūmu un karstuma ventilācijas sistēmām ir jādarbojas automātiski (principiāli), lai gan daudzi normatīvi pieļauj manuālu vadību- Piemēram: automātiskie risinājumi nav atļauti VdS 2815 : 2013-09
- Risinājums ir dūmu izvades sistēmu aprīkot ar paaugstinātas temperatūras slēdžiem (140°C, 182°C), kas nodrošina, ka sprinkleri sāk savu darbību pirms darbu sāk dūmu izvades sistēma, bet, ja kaut kādu iemeslu dēļ sprinkleri nenostrādā, dūmu izvades sistēma nostrādā

21.09.2023

Dūmu vēdināšana un sprinkleri



21.09.2023



Pārtraukums / 13:30 - 14:10



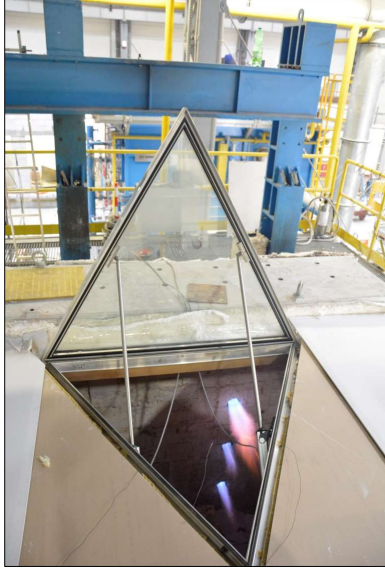
21.09.2023

Programma/ 14:10 – 16:00

- ✓ Sistēmu elementu tehnisko rādītāju raksturojums un savstarpējais salīdzinājums;
 - ✓ Galvenās kļūdas un projektēšanas stereotipi.
 - Piespiedu vilkmes dūmu un karstuma vēdināšanas sistēmas – sistēmu projektēšanas metožu un rezultātu raksturojums atbilstoši iepriekš definētajām aizsardzības stratēģijām.
 - Gaisa virsspiediena sistēmas – sistēmu projektēšanas metožu un labās prakses raksturojums.
 - Dūmu apjoma prognozēšanas metodika;
- Jautājumi un atbildes

21.09.2023

EN 12101-2 - dabīgās vilkmes dūmu ventilācija



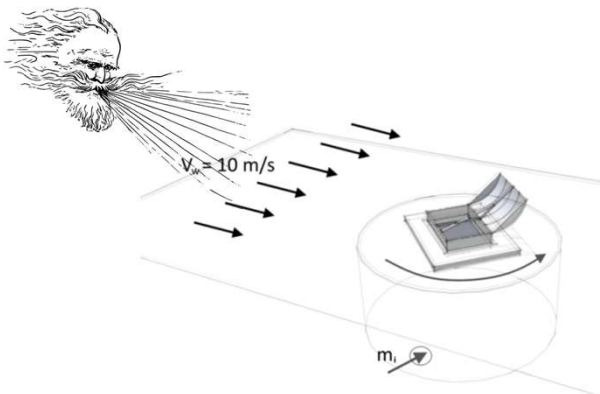
Dabīgās vilkmes dūmu izvadīšanas lūku testēšana un veiktspējas parametri

EN 12101-2

Re Kalpošanas uzticamība
Sl Sniega slodze
Wl Vēja slodze
B Uguns izturība
F Sala izturība
Av Aerodinamiskais brīvais laukums

21.09.2023

EN 12101-2 - dabīgās vilkmes dūmu ventilācija



Dabīgās vilkmes dūmu izvadīšanas lūku testēšana un veiktspējas parametri

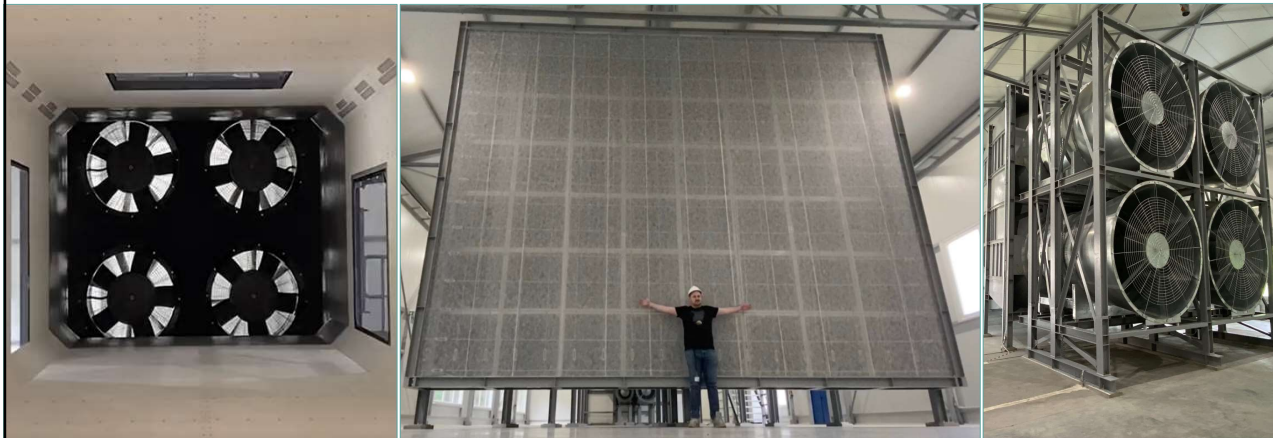
EN 12101-2

Re Kalpošanas uzticamība
Sl Sniega slodze
Wl Vēja slodze
B Uguns izturība
F Sala izturība
Av Aerodinamiskais brīvais laukums

$$C_V = \frac{\dot{m}_i}{A_{v, \text{test}} \sqrt{2 \rho_{\text{air}} \Delta p_{\text{int}}}}$$

21.09.2023

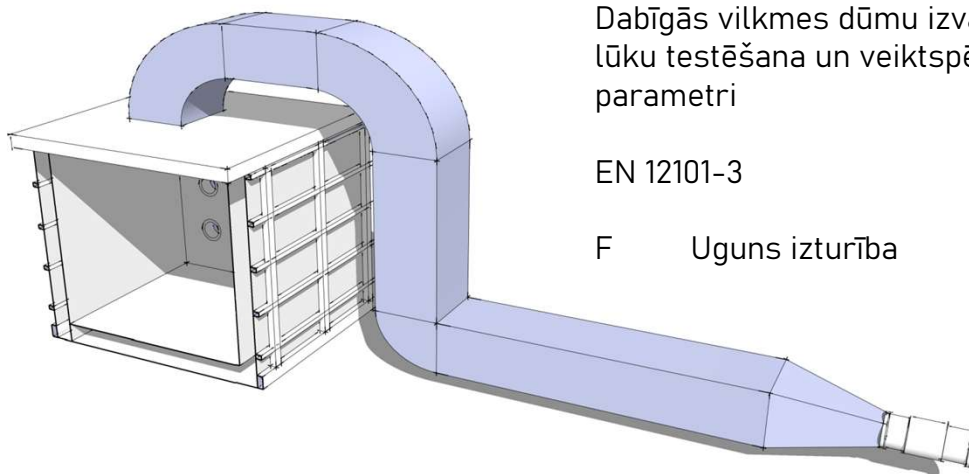
EN 12101-2 - dabīgās vilkmes dūmu ventilācija



Vēja tunelis, ITB

21.09.2023

EN 12101-3 - piespiedu vilkmes dūmu ventilācija



Dabīgās vilkmes dūmu izvadīšanas lūku testēšana un veiktspējas parametri

EN 12101-3

F Uguns izturība

21.09.2023

EN 12101-3 - piespiedu vilkmes dūmu ventilācija

Piespiedu vilkmes dūmu izvadīšanas sistēmas un to darbības principi

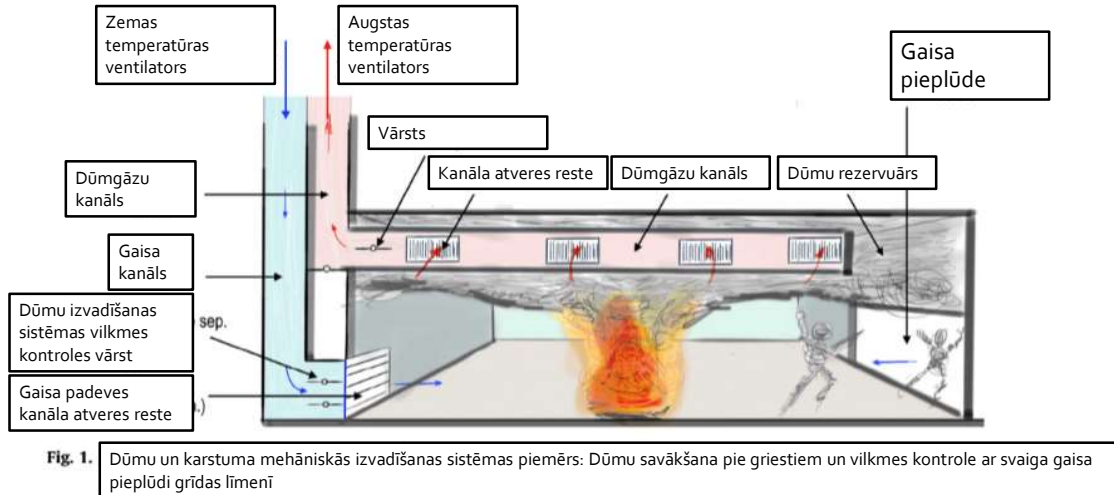


Fig. 1. Dūmu un karstuma mehāniskās izvadīšanas sistēmas piemērs: Dūmu savākšana pie griestiem un vilkmes kontrole ar svaiga gaisa pieplūdi grīdas līmenī

21.09.2023

EN 12101-3 - piespiedu vilkmes dūmu ventilācija

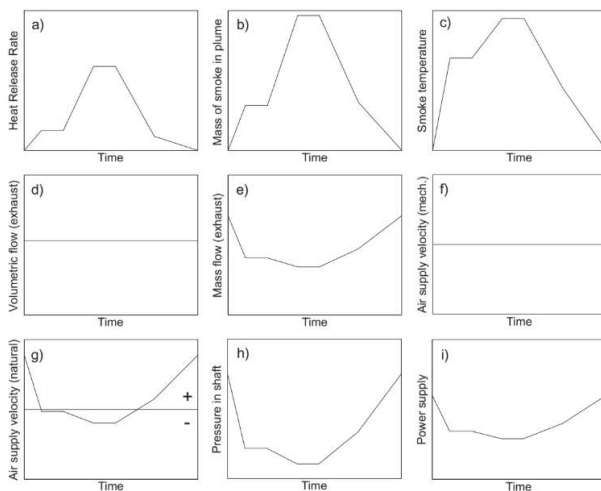


Fig. 2. Various parameters of fire, SHEVS, and flows in a transient fire, described in details in Section 2.1 (own work).

<https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2017.06.088>

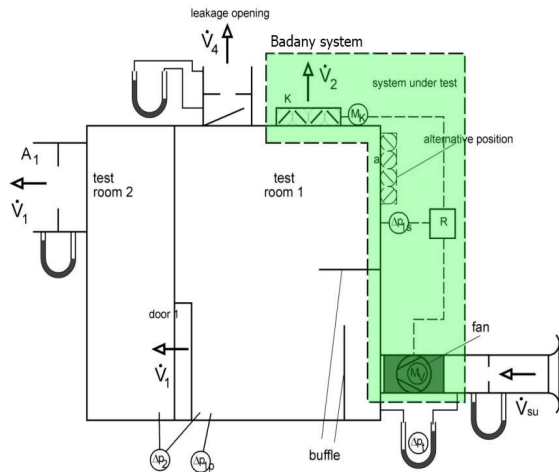
Ugunsgrēku kā tādu raksturo ar pievadītās enerģijas un masas daudzumu sistēmā, kas ir mainīgs lielums atkarībā no tā vai tas ir ugunsgrēka attīstības fāzē vai atdzišanas fāzē (Fig. 2, chart(a)). Ugunsgrēka izmērs (HRR) nosaka, cik daudz dūmu tiek ģenerēts un cik daudz gaisa tiek patērēts ugunsgrēka liesmā – attiecīgi, tas arī nosaka, ka dūmgāzu apjoms mainās atkarībā no ugunsgrēka fāzes (b). Pieaugot ugunsgrēka atbrīvotajai enerģijai (HRR), telpā paaugstinās arī dūmgāzu temperatūra (c), kas noved pie dūmgāzu blīvuma samazinājuma. Blīvuma kritums ir arī dūmgāzu un karstuma vēdināšanas sistēmu darbības pamatā.

Piespiedu vilkmes vēdināšanas sistēmas pārvietos vienādu gāzu tilpumu ar katru ventilatora lāpstiņas apgrieziena – tādā gāzu apmaiņa paliek konstanta visu ugunsgrēka laiku (d). Mainoties dūmgāzu blīvumam, mainās arī izvadītās gāzes apjoms (e). Lai nodrošinātu gāzu masas līdzsvaru, masas iztrūkumu kompensē ar kompensējošā gaisa padeves avotu. Ir divu veidu gaisa padeves tipi. Piespiedu kompensējošā gaisa padeve (f) pievada konstantu gaisa tilpumu (arī masu, jo pievada nemainīgas temperatūras gaisu), savukārt dabīgās vilkmes gaisa padeves aila pievada gāzu masas starpiņu (g).

Ja piespiedu vilkmes padeves/izvades apjoms ir projektēts tuvu 1:1 pie telpas temperatūras apstākļiem, tad pie paaugstinātām temperatūrām var novērot pretēja virziena dūmgāzu plūsmu. Tajā pat laikā, dūmgāzu blīvums iespējams spiedienu dūmu vēdināšanas kanālos (h). Mainoties gāzu masai, ko pārvieto ventilatora lāpstiņas, bet saglabājot tilpumu un rotācijas ātrumu, mainās nepieciešamās barošanas enerģijas apjoms, kas izmainīs ventilatoru energopatēriņu (i).

21.09.2023

EN 12101-6 - spiediena starpības dūmu aizsardzības sistēmas



Spiediena starpības dūmu kontroles sistēmu veiktspējas parametri un testēšana

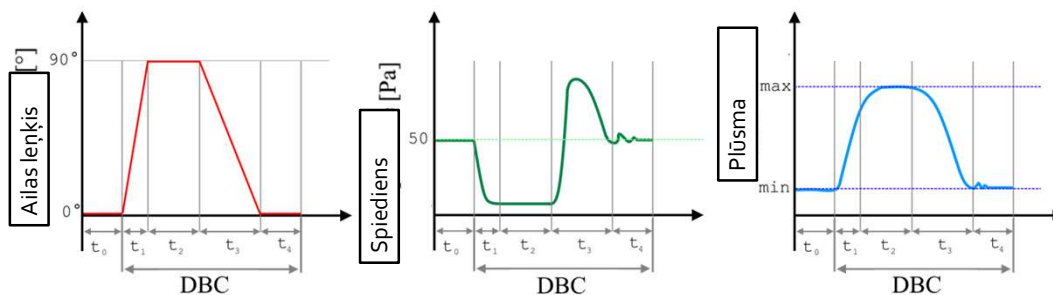
EN 12101-6

Fu Funkcionalitāte
 Re Kalpošanas uzticamība
 Du Kalpošanas izturība
 Osc Noviržu jutība

21.09.2023

EN 12101-6 - spiediena starpības dūmu aizsardzības sistēmas

Spiediena starpības dūmu kontroles sistēmu veiktspējas parametri un testēšana (EN 12101-6)



Viena cikla tests tā sauktais «Dynamic Behaviour Cycle (DBC)» sastāv no:

1. t_1 – vārsta atvēršana (durvis), 1 s,
2. t_2 – aizture, lai izmērītu sistēmas aspiešana atbildes reakciju uz izmaiņām, 6 s,
3. t_3 – vārsta aizvēršana (durvis), 3 s,
4. t_4 – spiediena stabilizācijas laiks 'telpā 1', 6 s.

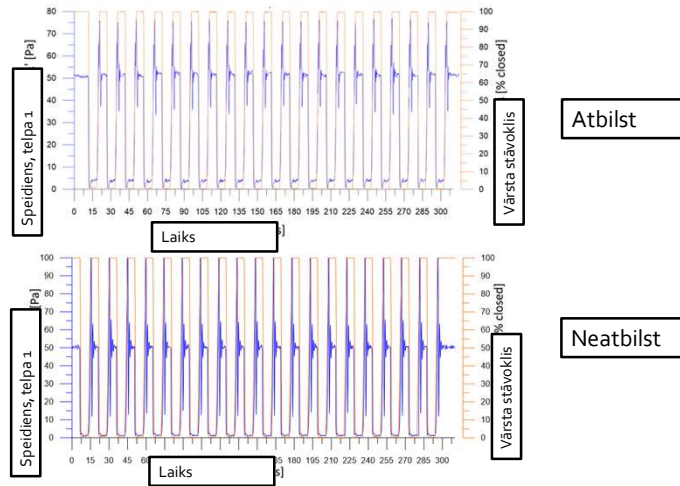
Atbilstības kritēriji:

1. pēc t_1 sistēmai ir jāsasniedz 90% no nominālās plūsmas 3 s;
2. pēc t_3 sistēmai ir jānormalizē spiediens 80-120% robežās no nominālās vērtības.

21.09.2023

EN 12101-6 - spiediena starpības dūmu aizsardzības sistēmas

Spiediena starpības dūmu kontroles sistēmu veikspējas parametri un testēšana (EN 12101-6)



21.09.2023

Spiediena starpības dūmu aizsardzības sistēmas (piemēri)

Kāpņutelpu aizsardzība ar nepārtrauktas plūsmas sistēmu

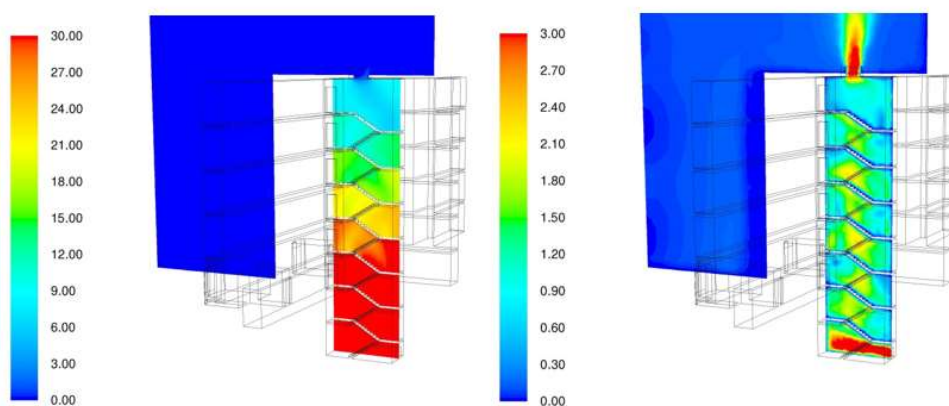
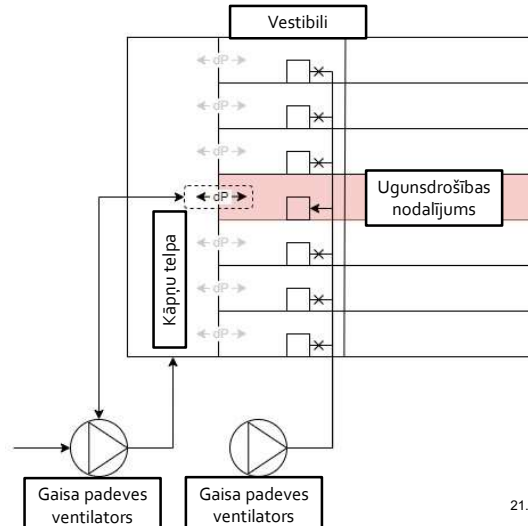
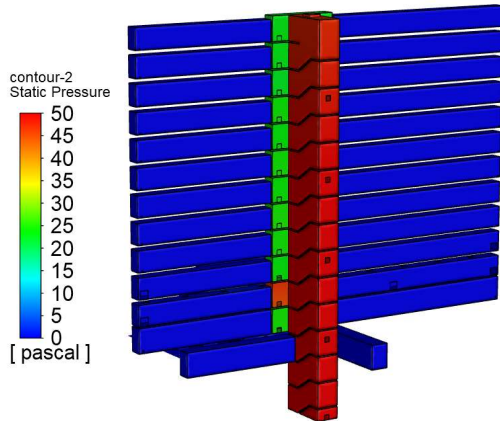


Fig. 2. Spiediens (pa kreisi) un plūsmas ātrums (pa labi) kāpņutelpā, kas aprīkota ar nepārtrauktu gaisa padevi telpas apakšā un izplūdes ailu augšā. ANSYS CFD simulācija.

21.09.2023

Spiediena starpības dūmu aizsardzības sistēmas (piemēri)

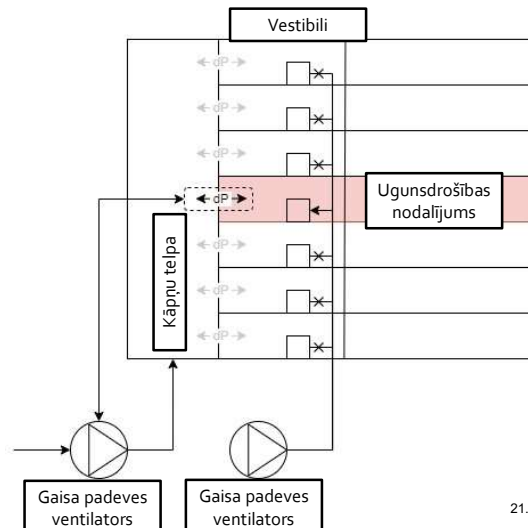
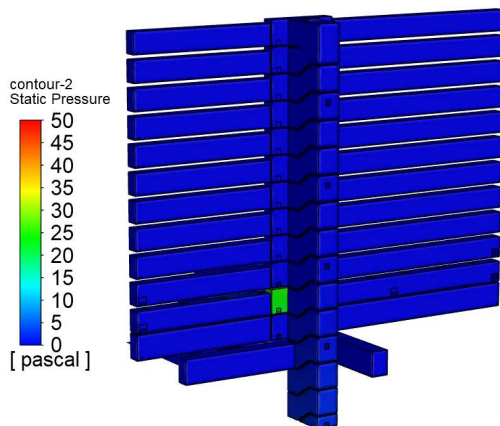
Kāpņutelpu aizsardzība ar virsspiediena sistēmu



21.09.2023

Spiediena starpības dūmu aizsardzības sistēmas (piemēri)

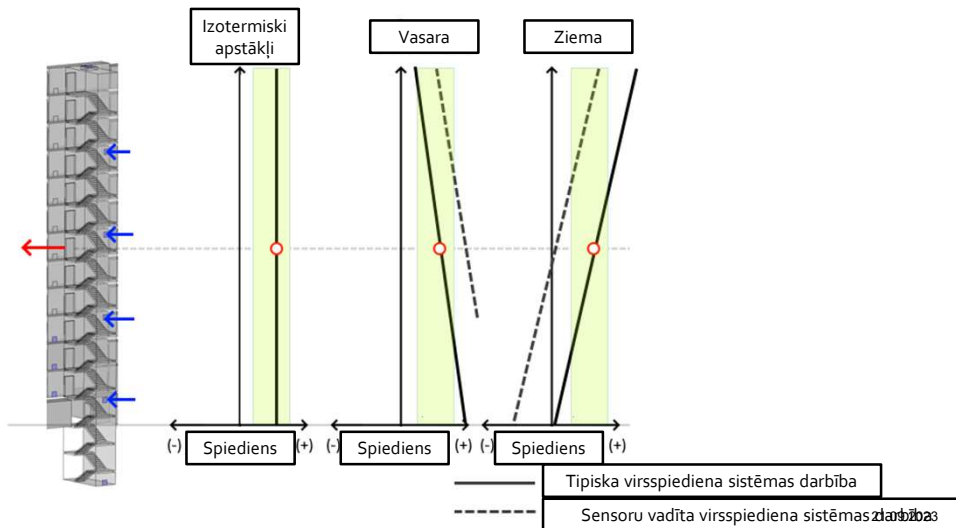
Kāpņutelpu aizsardzība ar virsspiediena sistēmu



21.09.2023

Kaudzes efekts

Virsspiediena sistēmu ievainojamību rada tā dēvētais «kaudzes efekts»



Dūmgāzu tilpuma aprēķini

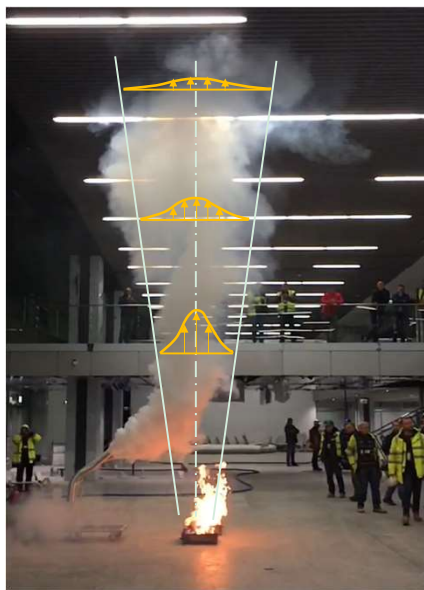


Table 1
Plume Models Used in Chosen Codes and Design Guidelines

Code or design guide	Type	Country of origin	Plume entrainment correlations (relevant section of the paper)
NFPA 92 [1]	National code	USA	Heskestad (2.5)
EN 12101-5 [22]	International code	EU	Thomas (2.2) and Heskestad (2.5)
TM19 [23]	Design guideline	UK	Heskestad (2.5) Thomas (2.2) as an alternative
NBS S21-208-1 [24]	National code	Belgium	Thomas (2.2)
BRE 368 [25]	Design guideline	Europe	Thomas (2.2) Zukoski (2.3)
BS 5588-7 [26]	Design guideline	UK	Redirect to BS EN 12101-5 [22]
BS 9999:2017 [27]	National code	UK	Redirect to BS EN 12101-5 [22]
AS 1668.3-2001 [28]	National code	Australia	Thomas (2.2)
Principles of Smoke Management [29]	Design guideline	USA	Heskestad (2.5)
Handbook of Smoke Control Eng. [30]	Design guideline	USA	Heskestad (2.5)

G. Vigne, C. Gutierrez-Montes, A. Cantizano, W. Węgrzyński, G. Rein, Review and Validation of the Current Smoke Plume Entrainment Models for Large-Volume Buildings, *Fire Technol.* 55 (2019) 789–816. <https://doi.org/10.1007/s10694-018-0801-4>.

21.09.2023

Dūmgāzu tilpuma aprēķini

Dūmgāzu tilpuma aprēķins vienkāršām telpām (Thomas liesmas modelis)

$$M_f = C_e P Y^{\frac{3}{2}}$$

Plūsmas koeficients (0.19 brīvai telpai, 0.38 blakus telpām)

Ugunsgrēka perimetrs

Bezdzūmu slāņa augstums (no grīdas līdz dūmu slāņa apakšai)

$$T = T_a + \theta_l \quad \theta_l = \frac{Q_c}{M_l * c_p}$$

Lai noteiktu dūmgāzu temperatūru jāzina ar konvekciju pārnestais enerģijas daudzums HRR (Q_c) un dūmgāzu masu (no iepriekšējās formulas). c_p gaisa īpatnējā siltumietilpība, kas ir konstante.

21.09.2023

Dūmgāzu tilpuma aprēķini

$$M_f = C_e P Y^{\frac{3}{2}}$$

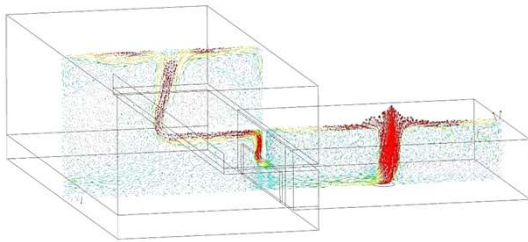
$$T = T_a + \theta_l \quad \theta_l = \frac{Q_c}{M_l * c_p}$$

Kad zināma ir dūmgāzu plūsmas masa un temperatūra, iespējams noteikt dūmgāzu tilpumu, pieņemot, ka tā ir nesaspiežama ideāla gāze.

$$V_l = \frac{M_l T_l}{\rho_{amb} T_{amb}}$$

21.09.2023

Neliela telpa blakus hallei



Piemērs:

Konvekcijas veidā atbrīvotā enerģija HRR

$$Q_c = 2\,500 \text{ kW}$$

Ugunsgrēka laukums

$$A = 5 \text{ m}^2$$

Ugunsgrēka perimetrs

$$P = 9 \text{ m}$$

Dūmgāzes pārvietojas no telpas uz telpu

($C_e = 0.38$)

Dūmgāzu slāņa augstums virs grīdas

$Y = 6,00 \text{ m}$

21.09.2023

Neliela telpa blakus hallei

$$M_f = C_e P Y^{\frac{3}{2}}$$

$$M_f = 0,38 * 9 * 6^{\frac{3}{2}} = 50,26 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Solis 1: Aprēķina dūmgāzu masu

$$\theta_l = \frac{Q_c}{M_l * c_p}$$

$$\theta_l = \frac{2500}{50,26 * 1,01} = 34,5 \text{ K}$$

Solis 2: Aprēķina dūmgāzu temperatūras pieaugumu

$$T = T_a + \theta_l$$

$$T = 293 + 34,5 = 327 \text{ K} = 54,5 \text{ °C}$$

Solis 3: Aprēķina dūmgāzu temperatūru

$$V_l = \frac{M_l T_l}{\rho_{amb} T_{amb}}$$

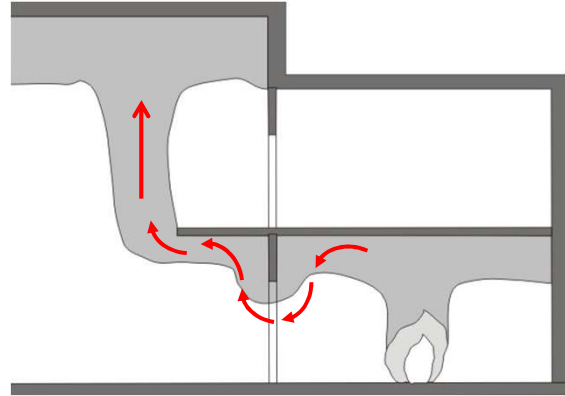
$$V_l = \frac{50,26 * 327}{1,205 * 293} = 46,81 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 168\,000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Solis 4: Aprēķina dūmgāzu tilpumu

21.09.2023

Komplekss tirdzniecības centrs

Dūmgāzu tilpuma aprēķins sarežģītas konfigurācijas telpām (pēc NFPA 92) – parametri



21.09.2023

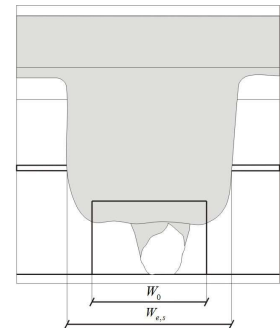
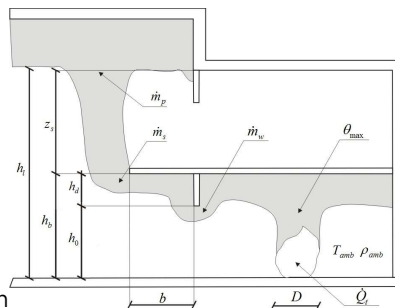
Komplekss tirdzniecības centrs

Dūmgāzu tilpuma aprēķins sarežģītas konfigurācijas telpām (pēc NFPA 92) – Izejas dati

Konvekcijas HRR $Q_c = 2\,500$ kW
 Laukums $A = 5$ m²
 Perimetrs $P = 9$ m
 Telpas augstums $Y = 4,60$ m;
 Ailas augstums $h = 3,60$ m;
 Ailas platums $w = 8$ m;

Balkona augstums $h = 7,32$ m;
 Balkona dziļums $L = 2$ m;

Projektētais dūmu slāņa augstums $h = 12,6$ m
 No balkona līdz dūmu slānim $Y = 5,28$ m;



21.09.2023

Komplekss tirdzniecības centrs

$$W = w + b$$

$$W = 8 + 2 = 10 \text{ m}$$

$$m = 0,36(QW^2)^{\frac{1}{3}}(z_b + 0,25H)$$

$$m = 0,36(2500 * 10^2)^{\frac{1}{3}}(5,28 + 0,25 * 7,32) = 181,96 \text{ kg/s}$$

$$T_a = T_0 + \frac{K_c + Q_c}{m C_p}$$

$$T_a = 293 + \frac{1 * 2500}{181,96 * 1,01} = 306,74 \text{ K} = 33,74^\circ\text{C}$$

$$V = \frac{mRT_a}{P_a}$$

$$V = \frac{181,96 * 287 * 306,74}{101325} = 158,09 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 569100 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Solis 1: Nosaka ugunsgrēka platumu

Solis 2: Nosaka masas plūsmu virs ugunsgrēka

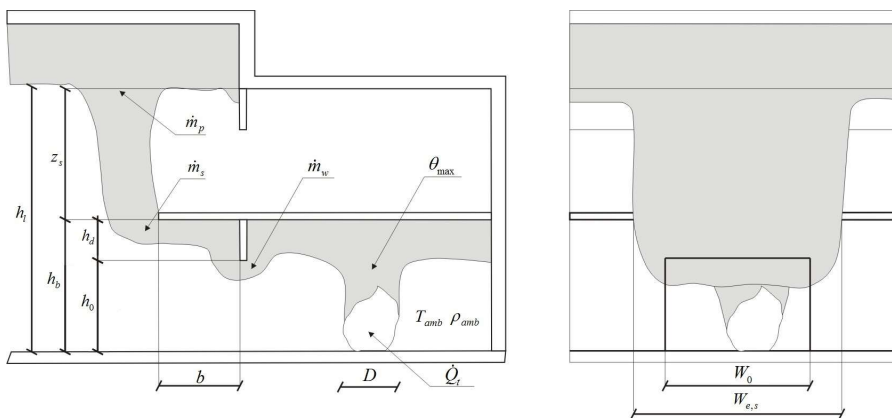
Solis 3: Aprēķina dūmgāzu temperatūru

Solis 4: Aprēķina dūmgāzu tilpumu

21.09.2023

Komplekss tirdzniecības centrs

Dūmgāzu tilpuma aprēķins sarežģītas konfigurācijas telpām – Tā pati situācijas analīze pēc Britu Standartu metodikas



21.09.2023

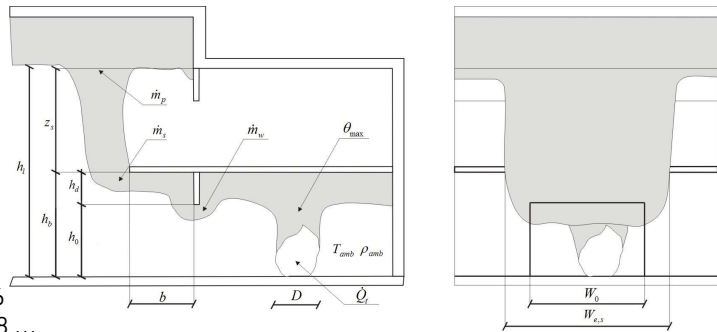
Komplekss tirdzniecības centrs

Dūmgāzu tilpuma aprēķins sarežģītas konfigurācijas telpām – Tā pati situācijas analīze pēc Britu Standartu metodikas

Konvekcija HRR $Q_c = 2\,500$ kW
 Laukums $A = 5$ m²
 Perimetrs $P = 9$ m
 Telpas augstums $Y = 4,60$ m;
 Ailas augstums $h = 3,60$ m;
 Ailas platums $w = 8$ m;

Balkona augstums $h = 7,32$ m;
 Balkona dziļums $L = 2$ m;

Projektētais dūmgāzu slāņa augstums $h = 12,6$
 Dūmgāzu slāņa augstums virs balkona $Y = 5,28$...



21.09.2023

Komplekss tirdzniecības centrs

$$M_w = \frac{C_e P W h^2}{\left[W^2 + \frac{1}{C_d} * \left(\frac{C_e P}{2} \right)^{\frac{2}{3}} \right]^{\frac{3}{2}}}$$

$$M_w = \frac{0,337 * 9 * 8 * 3,60^2}{\left[8^2 + \frac{1}{0,65} * \left(\frac{0,337 * 9}{2} \right)^{\frac{2}{3}} \right]^{\frac{3}{2}}} = 10,4 \frac{kg}{s}$$

$$M_b = 2 * M_w = 20,8 \frac{kg}{s}$$

Solis 1: Nosaka masas plūsmu atvērumā

Solis 2: Nosaka masas plūsmu uz balkona dzegas (2 x masas plūsma ailā)

21.09.2023

Komplekss tirdzniecības centrs

$$M_p = 0,16 * y * Q_c^{\frac{1}{3}} * L^{\frac{2}{3}} + 0,0014 * Q_c + 1,40 * M_b$$

$$M_p = 0,16 * 5,3 * 2500^{\frac{1}{3}} * 24^{\frac{2}{3}} + 0,0014 * 2500 + 1,40 * 20,8 = 127,1 \frac{kg}{s}$$

Solis 3: nosaka masas kustību virs liesmas

$$\theta_l = \frac{Q_c}{M_l * c_p} \quad \theta_l = \frac{2500}{127,1 * 1,01} = 19,5 K$$

Solis 4: Nosaka dūmgāzu temperatūru

$$T = T_a + \theta_l$$

$$T = 293 + 19,5 = 312,5 K = 39,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$V_l = \frac{M_l T_l}{\rho_{amb} T_{amb}}$$

$$V_l = \frac{127,1 * 312,5}{1,205 * 293} = 112,5 \frac{m^3}{s} = 405 000 \frac{m^3}{h}$$

Solis 5: Aprēķina dūmgāzu tilpumu

21.09.2023



Ekonomikas ministrija



INŽENIERU
KOMPETENCES
CENTRS

Paldies par jūsu uzmanību!

Wojciech Węgrzyński (Polija)

ID Nr. EM 2023/28
Rīga, 2023

[@EM_gov_lv](#), [/ekonomikasministrija](#) www.em.gov.lv [Brīvības iela 55, Rīga, LV-1519, Latvia](#) [+371 67013100](tel:+37167013100) pasts@em.gov.lv

21.09.2023