

Eksperimentalno dokazivanje otpornosti na požar revizijskih vrata na protupožarnoj pregradi

Livaić, Mateo

Professional thesis / Završni specijalistički

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:219544>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-17**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Mateo Livić

**EKSPERIMENTALNO DOKAZIVANJE
OTPORNOSTI NA POŽAR REVIZIJSKIH VRATA
NA PROTUPOŽARNOJ PREGRADI**

SPECIJALISTIČKI RAD

Zagreb, prosinac 2022. godina

SAŽETAK:

Jedno od osnovnih zahtjeva drugog temeljnog zahtjeva za građevine, sigurnosti u slučaju požara, je spriječiti širenje požara unutar same građevine, što se postiže požarnim odjeljivanjem građevnim elementima određene otpornosti na požar. Pri tome požarna revizijska vrata imaju važnu ulogu jer sprječavaju širenje požara nastalog unutar instalacijskog šahta. Cilj ovog specijalističkog rada je temeljem analize rezultata ispitivanja otpornosti na požar revizijskih vrata odrediti parametre koji utječu na otpornost na požar te dati preporuke za njihovu izvedbu.

U radu su najprije opisani načini izvedbe revizijskih vrata te postupci dokazivanja otpornosti na požar. Provedeno je eksperimentalno ispitivanje otpornosti na požar revizijskih požarnih vrata s različitim detaljima izvedbe presjeka vratnog krila. Rezultati pokazuju da se promjenom izvedbe vratnog krila revizijskih vrata može utjecati na povećanje razreda otpornosti na požar uz ekonomski zanemarivu potrošnju materijala.

Ključne riječi

Revizijska vrata, otpornost na požar, eksperimentalna analiza, požarna vrata, požar

ABSTRACT

One of the basic requirements of the second basic requirement for buildings, safety in case of fire, is to prevent the spread of fire in the building itself, which is achieved by fire partitioning with building components with a certain fire resistance. Inspection fire doors play an important role in this process, as they prevent the spread of fire inside the installation shaft. The aim of this postgraduate specialist work is to determine the parameters affecting fire resistance based on the analysis of the results of fire resistance tests of access doors and to give recommendations for their installation.

In the work, first of all, the types of manufacture of access doors and the methods of proving their fire resistance are described. An experimental analysis of the fire resistance of access fire doors with different details of the cross-section of the door leaf was carried out. The results show that by changing the method of installation of the door leaf, the fire resistance class can be increased with economically negligible material consumption.

Keywords:

Inspection doors, fire resistance, experimental analysis, fire doors, fire

SADRŽAJ

1. UVOD	6
2. DIZAJN I MATERIJALI ZA PROTUPOŽARNA REVIZIJSKA VRATA	8
2.1. Dizajn	8
2.2. Materijali	10
3. ISPITIVANJE I KLASIFIKACIJA PROTUPOŽARNIH REVIZIJSKIH VRATA	12
3.1. Europske norme za ispitivanje građevinskih proizvoda - općenito	12
3.2. Dokazivanje otpornosti na požar	13
3.3. Zahtjevi za ispitivanje otpornosti na požar sukladno normi HRN EN 1363-1	14
3.3.1. Toplinsko opterećenje	14
3.3.2 Standardno toplinsko opterećenje - Krivulja standardnog požara	15
3.3.3. Osnovni uvjeti ispitivanja	16
3.3.4. Veličina i broj uzoraka	16
3.3.5. Ovjera uzorka od strane ovlaštene ispitne kuće	16
3.3.6. Instalacija ispitnog uzorka	17
3.3.7. Primjena instrumenata – termoparovi.....	17
3.3.8. Deformacije uzorka	18
3.4. Zahtjevi za ispitivanje sukladno normi HRN EN 1634-1	19
3.4.1.. Smještaj termoparova za praćenje prosječne temperature	19
3.4.2. Smještaj termoparova za praćenje maksimalne temperature	20
3.5. Razredba građevnih proizvoda i građevnih elemenata prema ponašanju u požaru Europska norma HRN EN 13501-2	22
3.5.1. Razredba nenosivih proizvoda pasivne zaštite od požara.	22
3.5.2. Razredba	26
4. ZAHTJEVI ZA POŽARNA REVIZIJSKA VRATA SUKLADNO HRVATSKOJ REGULATIVI	27
5. EKSPERIMENTALNA ANALIZA PROTUPOŽARNIH REVIZIJSKIH VRATA	29
5.1. Razred otpornosti na požar	29
5.2. Dimenzije uzorka	29
5.3. Ugradnja uzorka	30
5.4. Opis ispitnih uzoraka	31
5.4.1. Ispitni uzorak 1	31
5.4.2. Ispitni uzorak 2	32

5.5. Mjerna mjesta	33
5.5.1. Termoparovi	33
5.5.2. Mjerenje deformacija	34
5.6. Opis i rezultati eksperimentalne analize za ispitni uzorak 1	35
5.6.1. Temperatura unutar peći	35
5.6.2. Pretlak u peći	35
5.6.3. Vizualna opažanja tijekom protupožarnog ispitivanja	36
5.6.4. Porast prosječne temperature na požaru neizloženoj strani uzorka	39
5.6.5. Porast maksimalne temperature na požaru neizloženoj strani uzorka	40
5.6.6. Deformacije uzorka	41
5.6.7. Rezultati ispitivanja	42
5.7. Opis i rezultati eksperimentalne analize za ispitni uzorak 2	45
5.7.1. Temperatura unutar peći	45
5.7.2. Tlak u peći	46
5.7.3. Vizualna opažanja tijekom protupožarnog ispitivanja	47
5.7.4. Porast prosječne temperature na požaru neizloženoj strani uzorka	50
5.7.5. Porast maksimalne temperature na požaru neizloženoj strani uzorka	51
5.7.6. Deformacije uzorka	52
5.7.7. Rezultati ispitivanja	52
6. USPOREDBA REZULTATA	54
6.1. Porast prosječne temperature na požaru neizloženoj strani uzorka	54
6.2. Porast maksimalne temperature na požaru neizloženoj strani uzorka	56
6.3. Deformacije uzorka	57
6.4. Analiza troška	58
7. ZAKLJUČAK	59
8. LITERATURA	60
POPIS SLIKA	62
POPIS TABLICA	64

1. UVOD

Uzrok velikog broja požara u stambenim, poslovnim i javnim zgradama su kvarovi na električnim instalacijama. Stare, neodržavane, oštećene i nestručno izvedene električne instalacije predstavljaju opasnost koja može izazvati požar. U europskim državama, u kojima se redovito ažuriraju podaci o uzrocima požara, utvrđeno je da su kvarovi na električnim instalacijama uzročnici 15 – 20 % ukupnog broja požara [1]. Sukladno članku 8. Zakona o gradnji (NN 153/13, 20/17, 39/19, 125/19), sigurnost u slučaju požara je svojstvo koje se postavlja kao drugi temeljni zahtjev za građevinu tijekom njenog građenja i uporabe [2]. U skladu s tim zahtjevom, građevine moraju biti projektirane, izgrađene i održavane tako da u slučaju izbijanja požara ljudski i materijalni gubici budu svedeni na najmanju moguću mjeru.

Na evakuacijskim putevima (hodnicima) najčešće se pojavljuju električni ormari koji su potencijalni uzročnik požara, te u slučaju zapaljenja istih može doći do "blokiranja" puta evakuacije. Iz tog razloga važno je da putevi evakuacije budu zaštićeni od bilo kakvih uzročnika požara i gorivog materijala.

Požarna revizijska vrata imaju važnu ulogu što se tiče zaštite evakuacijskih puteva i sprječavanju širenja požara u građevini. Ona moraju biti dizajnirana da zadovolje traženi razred otpornosti na požar, ekonomičnu izradu, dovoljnu veličinu otvora kako bi se nesmetano pristupilo održavanju ili popravku električnih instalacija i sl.

Parametri koji mogu utjecati na tražena svojstva su:

- optimalan odabir materijala
- brza izrada i sastavljanje svih dijelova požarnih revizijskih vrata
- jednostavna ugradnja u otvor u zidu.

Ovaj specijalistički rad je podijeljen u 6 poglavlja.

U uvodnom dijelu se opisuje problematika vezana za zahtjeve otpornosti na požar revizijskih vrata u slučajevima kada se ista nalaze na granicama požarnih odjeljaka.

U drugom poglavlju se daju načini izvedbe revizijskih vrata prema zahtjevima za dizajn, materijalima od kojih se izvode, te mogućnostima otvaranja istih.

U trećem poglavlju (Ispitivanje i klasifikacija protupožarnih revizijskih vrata), detaljno se opisuje postupak ispitivanja otpornosti na požar revizijskih vrata prema normiranoj metodi te objašnjavaju parametri (cjelovitost, izolacija te zračenje) koji se prate tijekom ispitivanja, a temeljem kojih se u konačnici određuje razred otpornosti na požar.

U četvrtom poglavlju obrađeni su zahtjevi tekuće hrvatske regulative koji se postavljaju na izvedbu revizijskih vrata u pogledu razreda otpornosti na požar.

U petom poglavlju (Eksperimentalna analiza protupožarnih revizijskih vrata) je opisano provedeno eksperimentalno ispitivanje otpornosti na požar revizijskih vrata prema različitim detaljima izvedbe (dva ispitna uzorka).

U šestom poglavlju dana je analiza rezultata ispitivanja temeljem vizualnih opažanja tijekom ispitivanja, porasta temperature na neizloženoj strani uzoraka u pojedinim točkama i prosječno (izolacija) te razvijenih deformacija na uzorcima tijekom izlaganja visokim temperaturama.

Na kraju rada je, u sedmom poglavlju, temeljem dobivenih rezultata ispitivanja, dan zaključak o parametrima koji utječu na otpornost na požar revizijskih vrata koji se ugrađuju na određenim pozicijama na granicama požarnih odjeljaka te dane preporuke za njihovu izvedbu.

2. DIZAJN I MATERIJALI ZA PROTUPOŽARNA REVIZIJSKA VRATA

Požarna revizijska vrata moraju biti dizajnirana da zadrže toplinu i dim određeni vremenski period, sukladno zahtjevima propisanim regulativom.

2.1. Dizajn

Izgled revizijskih vrata treba biti jednostavan i čist tako da se svojim dizajnom uklopi s pregradom šahte koja se nalazi najčešće na vidljivom dijelu evakuacijskog hodnika. Većina revizijska vrata nema klasičnu kvaku i kao takva se vizualno i funkcionalno uklapaju u zid.

Zahtjevi za dizajn koje revizijska vrata trebaju zadovoljavati su:

- prilagodljive dimenzije ovisno o zahtjevima projekta
- jednostavna ugradnja
- lagana konstrukcija
- visok razred otpornosti na požar
- uklapanje u arhitekturu građevine
- trajna i lako periva površina
- neometan pristup servisa instalacija unutar instalacijskog okna.

Na tržištu u Republici Hrvatskoj ima nekoliko proizvođača revizijskih vrata koji se razlikuju u dizajnu vrata, materijalima za toplinsku izolaciju, načinu otvaranja i sl.

Na Slici 1 prikazana su klasična revizijska zaokretna vrata koja ima većina proizvođača. Mogu se ugraditi na finalno obrađene špalete i nije potrebna naknadna obrada istih .



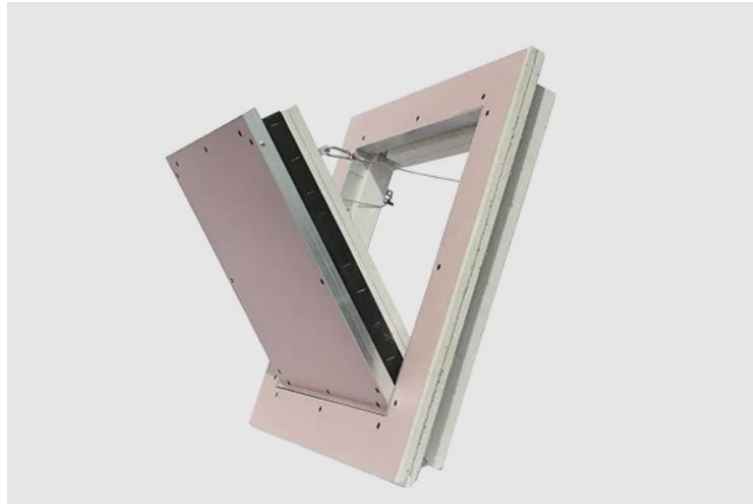
Slika 1. Primjer klasičnih požarnih zaokretnih revizijskih vrata [3]



Slika 2. Primjer požarnih revizijskih zaokretnih vrata s mrežicom [4]

Na Slici 2 prikazana su požarna revizijska vrata s mrežicom. Vrata se ugrađuju u građevinski otvor prije obrade špaleta što daje drugačiji finalni izgled.

Osim klasičnih revizijskih vrata s limenom završnom obradom neki proizvođači kao završnu obradu imaju gips kartonsku ploču koja se može naknadno bojati u boju zida kao što je prikazano na slici 3. Ovakav tip revizijskih vrata je otklopni i ugrađuje se u gips kartonske pregradne zidove i stropove.



Slika 3. Primjer požarnih revizijskih otklopnih vrata sa gips kartonskom završnom obradom [5]

2.2. Materijali

Revizijska vrata kao i požarna vrata standardnih dimenzija imaju vratno krilo, dovratnik, pante, ekspanzirajuću brtvu i ostalu osnovnu opremu.

Kao završna obloga vrata najčešće se koristi lim debljine ovisno o veličini vrata i masi ispune vratnog krila.

Vratno krilo se popunjava protupožarnom pločom (gips kartonska ploča, kalcij silikatna ploča, cementna ploča i sl.), kamenom vunom i/ili ostalim negorivim izolacijama koje zadovoljavaju traženi razred otpornosti na požar. (Slika 4., Slika 5., Slika 6.).



Slika 4. Ispuna vratnog krila GK Pločama [6]



Slika 5. Čelični profil ispunjen kalcij silikatnom pločom



Slika 6. Ispuna dovratnika s kamenom vunom

3. ISPITIVANJE I KLASIFIKACIJA PROTUPOŽARNIH REVIZIJSKIH VRATA

3.1. Europske norme za ispitivanje građevinskih proizvoda - općenito

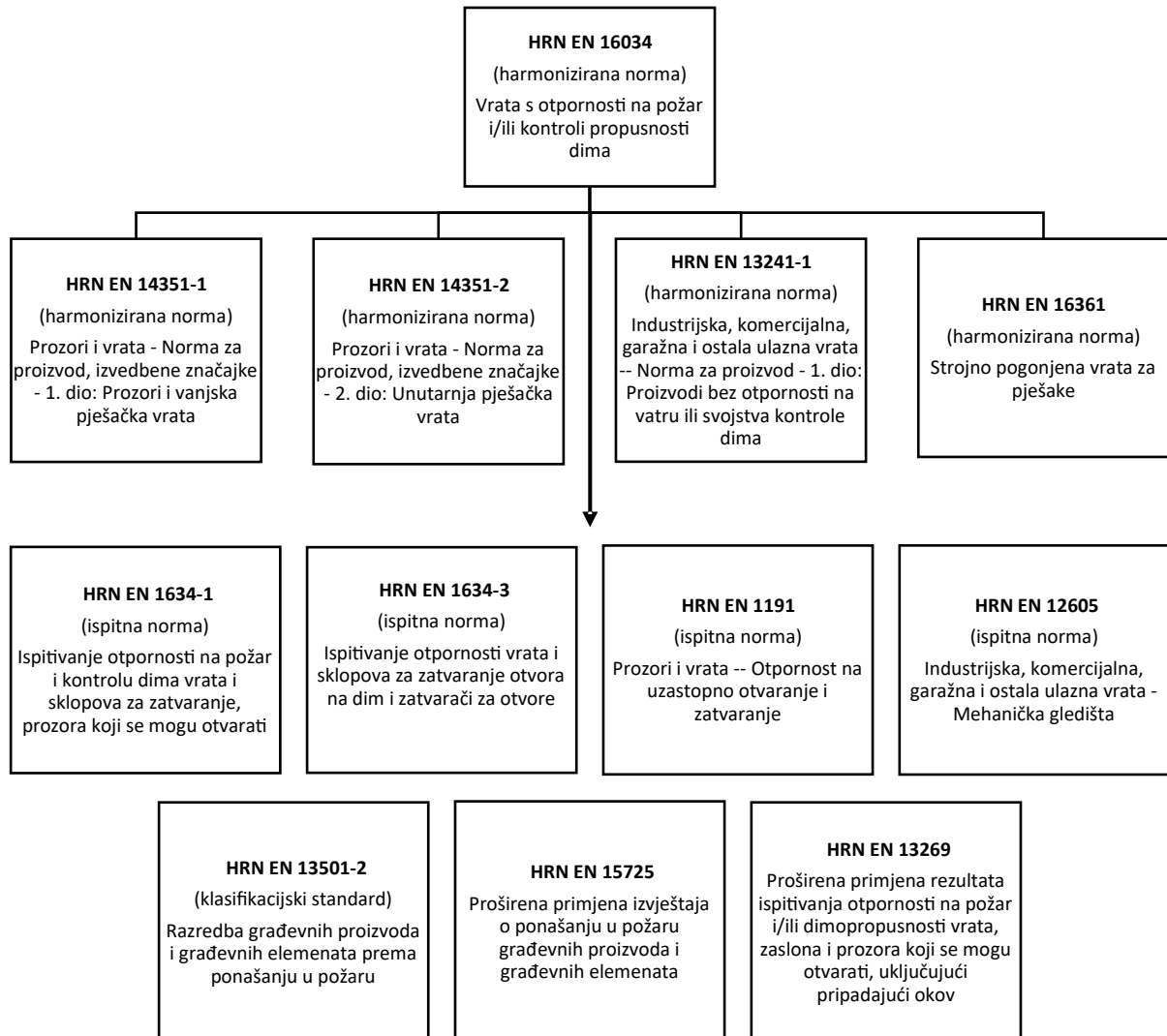
Donošenjem uredbe br. 305/2011 (uredba o građevinskim proizvodima ili CPR) u ožujku 2011. godine, na prostoru Europske Unije jednoznačno je definirano stavljanje građevinskog proizvoda na tržište. [7]

Glavni cilj CRP-a je uklanjanje tehničkih zapreka kako bi se osiguralo slobodno kretanje građevinskih proizvoda na europskom tržištu. Ključni elementi za to su donošenje harmoniziranih normi za proizvode, koje sadržavaju zahtjeve za:

- svojstva proizvoda
- dizajn
- način ispitivanja
- sustav ocjenjivanja
- CE oznaku.

Harmonizirana norma HRN EN 16034[8] daje zahtjeve za protupožarna prolazna pješačka vrata (vanjska i unutarnja), protupožarne otvarajuće prozore (vanjske, unutarnje), protupožarna industrijska vrata i protupožarne zavjese .

Na grafikonu na slici 7 prikazane su norme za protupožarno ispitivanje vrata.



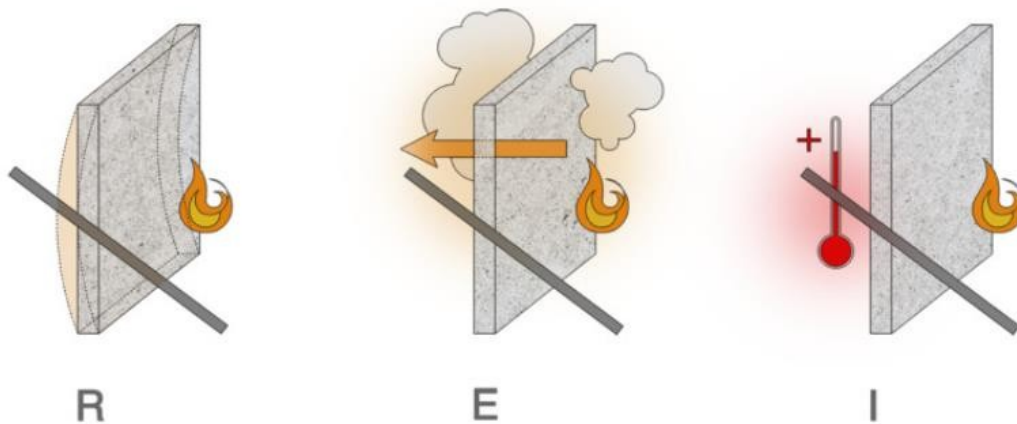
Slika 7. Grafikon povezanih normi za vrata [9]

Požarna revizijska vrata se ispituju prema normi HRN EN 1634-1 [10]

3.2. Dokazivanje otpornosti na požar

Otpornost na požar je sposobnost dijela građevine da kroz određeno vrijeme ispunjava zahtijevanu nosivost (R) i/ili cjelovitost (E) i/ili toplinsku izolaciju (I) i/ili drugo očekivano svojstvo u slučaju požara.

Na Slici 8 slikovito su prikazani zahtjevi otpornosti na požar.



Slika 8. Shema razredbe građevinskih proizvoda [11]

3.3. Zahtjevi za ispitivanje otpornosti na požar sukladno normi HRN EN 1363-1

Ova norma utvrđuje opća načela za određivanje otpornosti na požar različitih elemenata konstrukcije koji su izloženi standardnom toplinskom opterećenju.

3.3.1. Toplinsko opterećenje

Požar je kompleksna i nekontrolirana pojava. Niti jedan požar nije jednak jer ovise o više različitih parametara koji u se konačnici vode različito razvijenim temperaturama u prostoru. Neki od tih parametara su:

- Gorivi materijal - vrsta, količina i distribucija gorivog materijala je uvijek drugačija
- Uvjeti ventilacije - dostupnost kisika nije u svakoj prostoriji jednaka
- Uzročnik požara - Može biti kvar na električnim instalacijama, nepažnja čovjeka, toplinsko opterećenje vodova, statički elektricitet i sl.

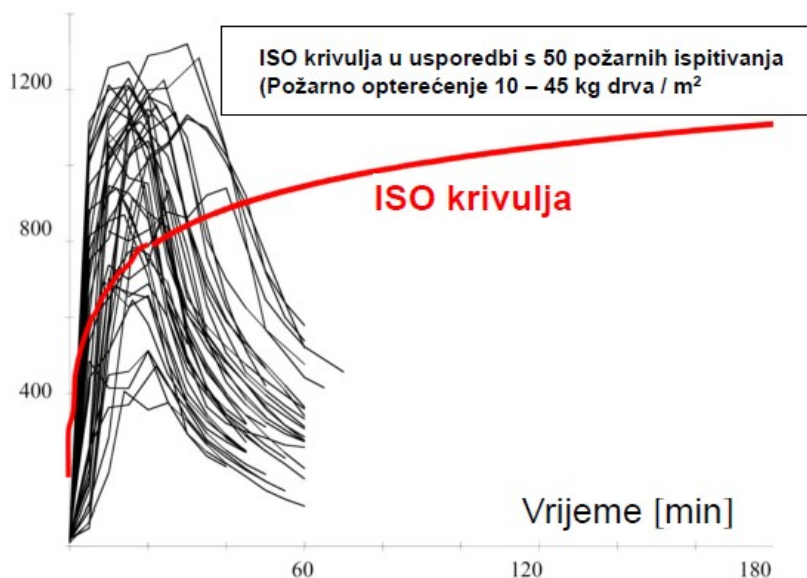
Ukratko, svaki je požar jedinstven. To je razlog zašto je nemoguće ispitati i procijeniti svojstva svakog proizvoda za zaštitu od požara u odnosu na beskonačan broj mogućih vremensko-temperaturnih scenarija. Stoga se konstantno pokušava standardizirati protupožarna ispitivanja, od početka 20. stoljeća pa sve do danas. [12]

Prilikom ispitivanja i razredbe proizvoda pasivne protupožarne zaštite koriste se različiti scenariji temperatura-vrijeme u ovisnosti o namjeni proizvoda, a najčešće se koriste sljedeći:

- krivulja standardnog požara ISO 834 – u zgradama
- HC (ugljikovodična) krivulja požara – u rafinerijama
- RWS krivulja – u tunelima u Nizozemskoj
- krivulja tinjajućeg požara (*smouldering fire*) – kod ispitivanja svojstava intumescentnih proizvoda
- krivulja prirodnog požara – realniji scenarij - uzima u obzir i druge parametre kao ventilaciju prostora, i sl.
- krivulja vanjskog požara - kod ispitivanja vanjskih zidova i prijenosa požara po fasadi

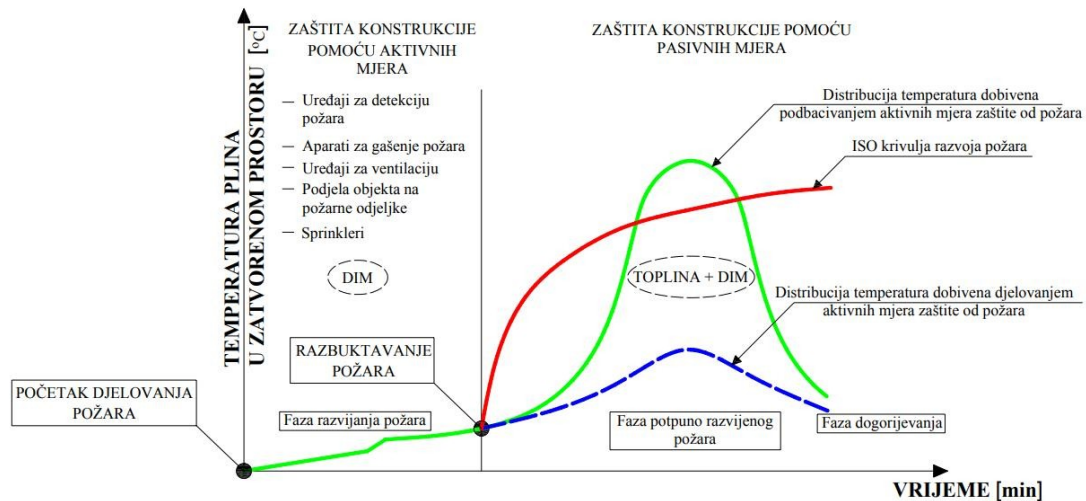
3.3.2 Standardno toplinsko opterećenje - Krivulja standardnog požara

Krivulja standardnog požara je najstarija vrsta požarne krivulje koja se i dandanas koristi prilikom ispitivanja i klasifikacije proizvoda pasivne protupožarne zaštite. Ona je definirana u različitim nacionalnim normama kao npr. ISO 834[13], HRN EN 1363-1[14], DIN 4102[15] i sl. Kod ISO krivulje, kao i ostalih standardiziranih krivulja, nema faze hlađenja te u požarnom odjeljku predviđa samo jednu temperaturu (model jedne zone). Na slici 9 prikazana je usporedba mogućih prirodnih požara i ISO krivulje.



Slika 9. Usporedba krivulje realnog požara i ISO 834 [12]

Standardna krivulja prikazuje požar u njegovoj fazi nakon rasplamsavanja kao što je prikazano na slici 10. Tijekom cijelog trajanja ispitivanja konstrukcijskog elementa, uzorak je izložen toplinskom opterećenju definiranim standardnom krivuljom požara.



Slika 10. Požar definiran ISO 834 krivuljom u odnosu na faze prirodnog požara [11]

Osim toplinskog opterećenja norma HRN EN 1363-1 [14] opisuje sljedeće standardne uvjete potrebne za ispitivanje požarnih konstrukcija.

3.3.3. Osnovni uvjeti ispitivanja

Pod osnovne uvjete ispitivanja smatraju se uvjeti grijanja peći, tlak unutar peći, dimenzije peći, rubni uvjeti, vanjska temperatura i sl.

3.3.4. Veličina i broj uzoraka

Veličina uzorka mora biti stvarna odnosno onakva kakva će se i ugrađivati u stvarnosti. Broj potrebnih uzoraka definira se sukladno normi HRN EN 1363-1[14]. Za razdjelne elemente koji moraju biti otporni na požar s obje strane, ispituju se dva uzorka odvojeno (po jedan za svaki smjer otvaranja vrata), osim ako je razdjelni element potpuno simetričan. [14]

3.3.5. Ovjera uzorka od strane ovlaštene ispitne kuće

Naručitelj ispitivanja dužan je laboratoriju dati svu tehničku specifikaciju od ispitnog uzorka te omogućiti detaljan pregled ispitnog uzorka prije ispitivanja. Ako se

konstrukcija ispitnog uzorka ne može pregledati prije samog ispitivanja, tada laboratorij može zatražiti nadgledanje proizvodnje traženog proizvoda.

3.3.6. Instalacija ispitnog uzorka

Ispitni uzorak, ako je to moguće, ugrađuje se na način karakterističan za njegovu upotrebu u praksi. Ispitni uzorak se ugrađuje u potpurnu konstrukciju koja nalikuje onoj koja će se zapravo koristiti u praksi. Cijela površina ispitnog uzorka treba se izložiti uvjetima zagrijavanja.

3.3.7. Primjena instrumenata – termoparovi

Termoparovi služe za praćenje temperature u peći i na uzorku, a sastoji se od dvije žice različitih metala ili legura (npr. jednu bakrenu i jednu od legure bakra i nikla) koje su spojene na jednom kraju. Metali koji se koriste određuju kako se napon mijenja s temperaturom. Termoparovi koji mjere visoke temperature poput onih koje se mogu pojaviti u ispitnoj peći su tip K (definirani normom EN 60584-1[16]). [17]

Cijeli sustav kojim se prate temperature tijekom ispitivanja otpornosti na požar sastoji se od:

- Termoparovi peći – to su pločasti termoparovi (ima ih 6) koji mjere temperaturu unutar peći. Postavljeni su tako da nisu u kontaktu s plamenom od grijača peći i minimalno su udaljeni 450 mm od bilo kojeg zida, poda ili krova peći. Na slici 11 prikazana je postava uređaja unutar peći.



Slika 11. Postava termoparova za mjerenje temperature peći

Neizloženi površinski termoparovi – kod požarnih konstrukcija koje trebaju zadovoljiti kriterij izolacije postavljaju se površinski termoparovi na neizloženoj strani uzorka za praćenje prosječne i maksimalne temperature. Termoparove je poželjno pričvrstiti na površinu uzorka pomoću materijala otpornog na toplinu. Podaci o položaju ovih termoparova navedeni su u posebnoj normi za ispitivanje uzorka koja je u našem slučaju HRN EN 1634-1[10].

3.3.8. Deformacije uzorka

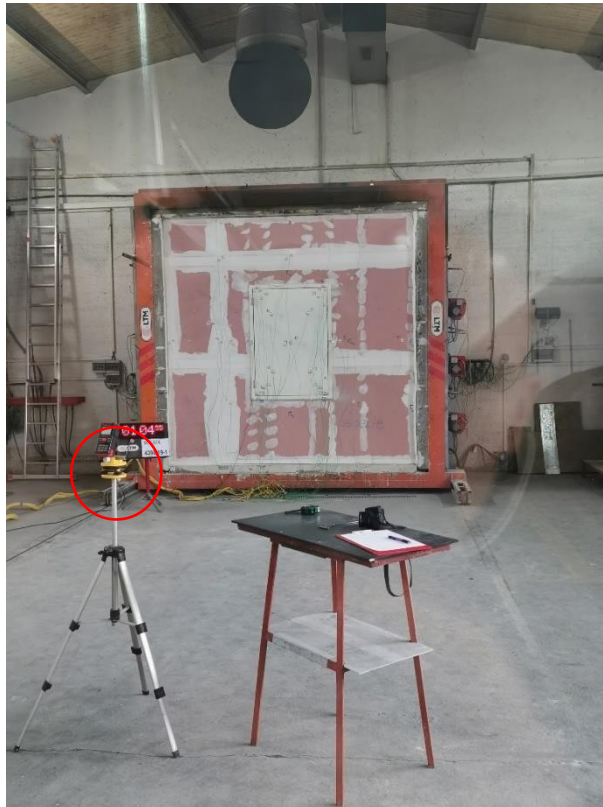
Normom je zahtijevano da se mjeri horizontalni progib kako bi se prikazalo kretanje ispitnih uzorka. Mjerenje progiba ne utječe na postignuti razred otpornosti na požar.

Dobiveni podaci mjerenja deformacija mogu biti važni u određivanju proširene primjene ispitnih rezultata.

Laboratorij treba osigurati fiksnu točku za mjerenje progiba kao i mjerni uređaj. Najčešći uređaj za mjerenje povećanja deformacije ΔL je laserski metar.

Nakon početka ispitivanja, mjerenje progiba trebalo bi vršiti u odgovarajućim intervalima. Normom nisu propisani intervali, ali su dane sljedeće preporuke:

Za test od 90 minuta – svakih 20 minuta do 80 minute ispitivanja, nakon toga svakih 5 minuta. Na slici 12 prikazana je oprema za mjerenje progiba ispitnog uzorka.



Slika 12. Oprema za mjerenje deformacije uzorka

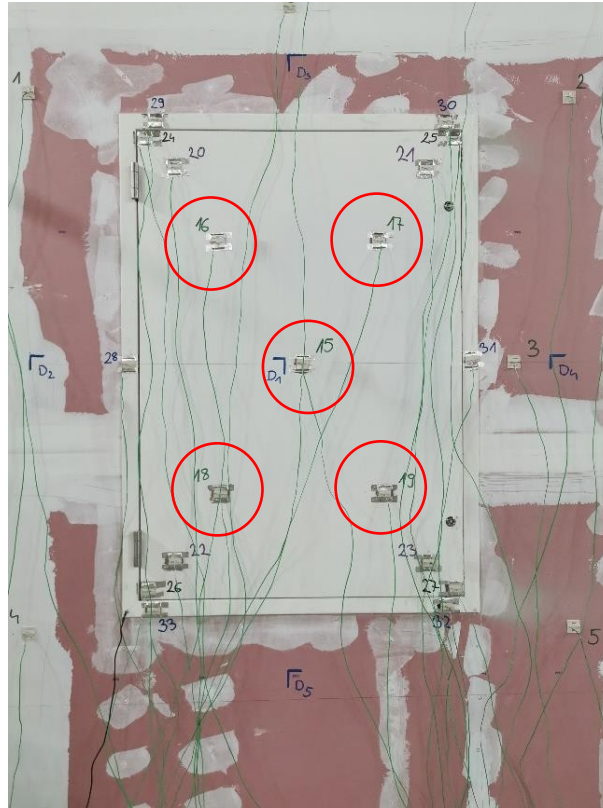
3.4. Zahtjevi za ispitivanje sukladno normi HRN EN 1634-1

U prethodnom poglavlju normom HRN EN 1363-1 [14] opisani su svi osnovni zahtjevi za ispitivanje požarnih konstrukcija. U ovom poglavlju normom HRN EN 1634-1[10] detaljnije su opisani dodatni zahtjevi koji se trebaju zadovoljiti prilikom ispitivanja otpornosti na požar vrata.

3.4.1.. Smještaj termoparova za praćenje prosječne temperature

Postavlja se pet termoparova, jedan u sredini vratnog krila i po jedan u sredini svake četvrtine vratnog krila. Ovi se termoparovi ne smiju biti bliže od 50 mm do bilo kojeg

spoja, ukrućenja niti bliže od 100 rubu krila vrata. Na slici 13 prikazane su pozicije mjernih uređaja na revizijskim vratima.

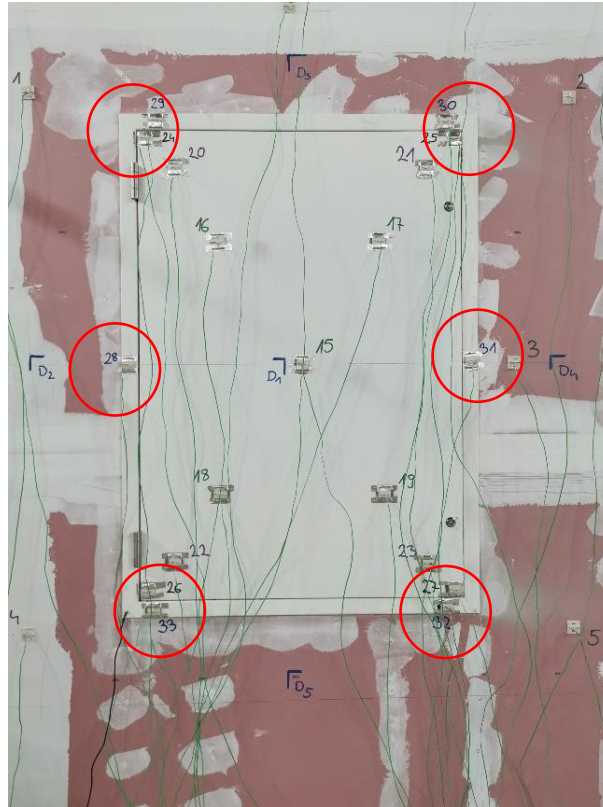


Slika 13. Postava termoparova za mjerenje prosječne temperature na neizloženoj strani uzorka

3.4.2. Smještaj termoparova za praćenje maksimalne temperature

Praćenje maksimalne temperature odvija se na okviru vrata i na vratnom krilu:

Na slici 14 prikazani su termoparovi za praćenje maksimalne temperature okvira vrata.



Slika 14. Postava termoparova za mjerenje maksimalne temperature okvira vrata na neizloženoj strani uzorka

Na slici 15 prikazani su termoparovi za praćenje maksimalne temperature vratnog krila.



Slika 15. Postava termoparova za mjerenje maksimalne temperature vratnog krila na neizloženoj strani uzorka

Termoparovi se postavljaju 100 mm od ruba okvira protupožarnih vrata, a u slučaju dopunskog postupa postavljaju se na 25 mm od ruba.

3.5. Razredba građevnih proizvoda i građevnih elemenata prema ponašanju u požaru Europska norma HRN EN 13501-2

Ova Europska norma opisuje proceduru razredbe proizvoda koristeći rezultate iz ispitivanja otpornosti na požar uzorka u laboratoriju [18].

3.5.1. Razredba nenosivih proizvoda pasivne zaštite od požara.

E – Cjelovitost.

Sposobnost elementa konstrukcije s funkcijom odvajanja da određeno vrijeme spriječi prijenos požara na neizloženu stranu probojem plamena ili vrućih dimnih plinova.

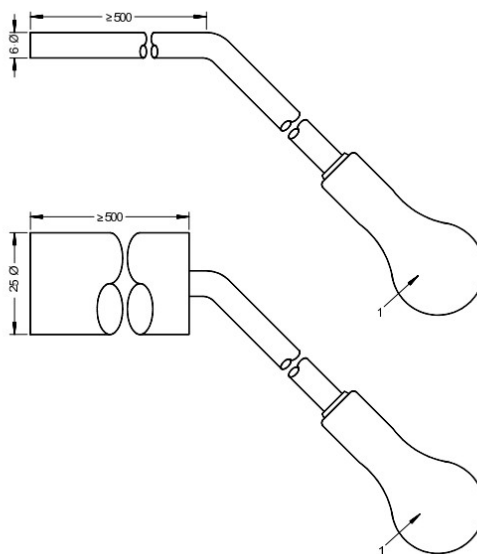
Dokazivanje svojstva cjelovitosti prati se promatrajući:

- Pojavu pukotina i otvora na ispitnom uzorku

Kao mjeraci pukotina koriste se metalne šipke promjera 6 mm i 25 mm, kao na slici 16, koje se bez upotrebe sile guraju unutar procjepa i provjerava se sljedeće:

- može li se mjerac promjera 6 mm provući kroz ispitni uzorak tako da mjerac strši unutar peći i može li se pomicati 150 mm duž pukotine
- može li se mjerac promjera 25 mm provući kroz ispitni uzorak tako da mjerac strši u peć

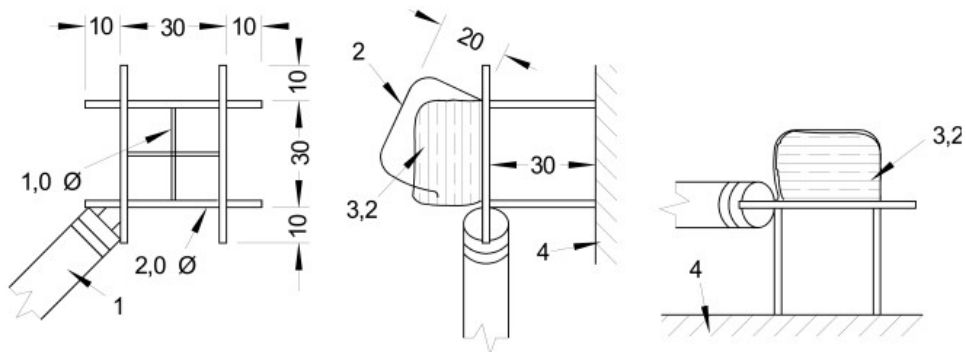
Vrijeme, kada se pokaže da je moguće unijeti mjerac zazora u bilo koji otvor ispitnog uzorka na propisan način, zajedno s mjestom, se evidentira.



Slika 16. Izgled šipke za mjerenje zazora [14]

- Paljenje pamučne vate

Osim ako je drugačije navedeno u normama za određene elemente, pamučna vata se koristi za mjerenje integriteta. Za uporabu mora se montirati u žičani okvir u veličinama od 100 x 100 x 20 mm ili 30 x 30 x 20 mm, kao što je prikazano na slici 17.



Slika 17. Pamučna vata 30 x 30 x 20 mm [14]

Pamučna vata se koristi postavljanjem iste uz površinu ispitnog uzorka najviše 30 sekundi ili dok ne dođe do paljenja pamučnog jastučića napravljenog od nje.

Pamučna vata prislanja se na sve površine, uključujući područja gdje su prisutni plamen, vrući plinovi, diskontinuitet, pukotina ili zazor.

Radnik laboratorija može izvršiti ispitivanje za procjenu integriteta ispitnog uzorka. Takav pregled može uključivati selektivno kratkotrajno prislanjanje vate na područja potencijalnog pada kriterija cjelovitosti kao što je prikazano na slici 18.

Zapisuje se vrijeme paljenja, zajedno s mjestom na kojem je došlo do paljenja.



Slika 18. Kriterij paljenja pamučne vate [19]

- Kontinuirani plamen na neizloženoj strani
Neprekidno gorenje dulje od 10 sekundi bez prekida

Ako bilo koji od tri uvjeta cjelovitosti ne zadovolji, vrijednost integriteta definira se kao vrijeme u trenutku otkazivanja i dobiva razredbu E15, E30, E45, E60, E90 itd. (ako uvjet cjelovitosti padne u 51. minuti, proizvod dobiva najbliži niži razred, klasifikaciju E45).

I – Izolacija

Sposobnost elementa konstrukcije s funkcijom odvajanja da određeno vrijeme spriječi prijenos požara na neizloženu stranu zbog prevelikog prijenosa temperatura. Kod požarnih vrata ima dvije razine kriterija I_1 i I_2 .

Izolacija I_1

Porast prosječne temperature na neizloženoj strani krila vrata ne smije biti veći od 140 °C, a porast maksimalne temperature ne veći od 180 °C. Porast temperature na bilo kojoj točki okvira vrata ne smije biti veći od 180 °C.

Izolacija I_2

Porast prosječne temperature na neizloženoj strani krila vrata ne smije biti veći od 140 °C, a porast maksimalne temperature ne veći od 180 °C. Porast temperature na bilo kojoj točki okvira vrata ne smije biti veći od 360 °C.

W – Zračenje

Sposobnost elementa konstrukcije da izdrži izlaganje požaru samo s jedne strane kako bi se smanjila vjerojatnost prijenosa vatre bilo kao posljedica značajnog zračenja topline kroz element ili s njegove neizložene površine na susjedne materijale. Razredba zračenja daje se prema vremenu za koje je izmjerena srednja vrijednost zračenja kako je navedeno u ispitnom standardu, a ne prelazi 15 kW/m².

3.5.2. Razredba

Razredi otpornosti na požar označeni su u minutama i to u vremenskim intervalima: 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240 ili 360 minuta. Rezultati požarnog ispitivanja uvijek moraju biti zaokruženi na najbliži niži period.

Kod protupožarnih vrata, kako je prethodno navedeno prilikom razredbe, dodavat će se sufiksi 1 ili 2, ovisno o postignutom razredu

Npr. ako neki proizvod zadovolji kriterij cjelovitosti 60 minuta, a kriterij izolacije 30 min, on će biti klasificiran na sljedeći način: EI30/E60.

4. ZAHTJEVI ZA POŽARNA REVIZIJSKA VRATA SUKLADNO HRVATSKOJ REGULATIVI

Revizijska požarna vrata ugrađuju se u nosive i nenosive konstrukcije na granicama požarnih odjeljaka. Najčešća primjena proizvoda je revizija na šahtovima koji se nalaze uz evakuacijske putove, kroz koje prolaze instalacije.

Sukladno članku 16. pravilnika o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara (NN 29/13, NN 87/15) otvorima se smatraju otvori u koje se ugrađuju pokretni elementi za zatvaranje otvora (vrata i slično).

Pokretni elementi su svi tipovi vrata koji su otporni na požar i/ili dim.

Sukladno članku 17. istog pravilnika navodi se da se za zatvaranje otvora na granicama požarnih odjeljaka mogu koristiti elementi koji imaju otpornost na požar i/ili dim kao i konstrukcije u koje su ugrađeni ili za jedan stupanj manje, ali ne manje od E30.

Ovisno u koju podskupinu zgrada (ZPS1 – ZPS5) prema zahtjevnosti zaštite od požara spada građevina u koju se vrata ugrađuju, zahtjeva se razred otpornosti na požar istih.

Sukladno članku 17. na granicama požarnih odjeljaka mogu se ugrađivati elementi otpornosti na požar: EI, 30, 45, 60, 90, 120,.

U tablici 1. pravilnika o otpornosti na požar i ostalim zahtjevima koje treba zadovoljiti u slučaju požara prikazane su tražene otpornosti na požar vrata prema sigurnosnim stubištima.

Tablica 1. Otpornost na požar sigurnosnih stubišta [20]

r.b.	Predmet	ZPS2	ZPS3	ZPS4	ZPS5
1.	Vrata u zidovima stubišta bez zapornice				
1.1.	za stanove, poslovne prostore i druge prostore koji izravno vode na stubište	EI ₂ 30	EI ₂ 30-C	EI ₂ 30-C-Sm	EI ₂ 30-C-Sm sa sustavom za automatsku dojavu požara ili s autonomnim dojavnim uređajem i uređajem za odvodnju dima ili EI ₂ 30-C sa sustavom mehaničke ventilacije
1.2.	za hodnike koji vode na stubište u suterenu, prizemlju i katovima	BEZ ZAHTJEVA	E 30-C		
1.3.	za hodnike i prostorije u podzemnim etažama koje izravno vode na stubište	EI ₂ 30	EI ₂ 30-C		
2.	Vrata u zidovima stubišta s učinkovitom ventilacijom u predprostoru (zapornici)				
2.1.	od zapornice prema hodniku i stubištu	EI ₂ 30	EI ₂ 30-C	EI ₂ 30-C-Sm	EI ₂ 30-C-Sm sa sustavom za automatsku dojavu požara ili s autonomnim dojavnim uređajem i uređajem za odvodnju dima ili EI ₂ 30-C sa sustavom mehaničke ventilacije
2.2.	od stambenih ili poslovnih jedinica, kao i drugih prostora prema zapornici	BEZ ZAHTJEVA	E 30-C		
2.3.	za hodnike i prostorije u podzemnim etažama koje izravno vode na stubište	EI ₂ 30	EI ₂ 30-C		
3.	Vrata u zidovima stubišta s učinkovitom ventilacijom u predprostoru (zapornici)				
3.1.	od zapornice prema hodniku i stubištu	nije potrebno			E 60-C
3.2.	od stambenih ili poslovnih jedinica, kao i drugih prostora prema zapornici	nije potrebno			EI ₂ 60-C

5. EKSPERIMENTALNA ANALIZA PROTUPOŽARNIH REVIZIJSKIH VRATA

U ovom specijalističkom radu, eksperimentalnom analizom obuhvaćena su dva ispitna uzorka koji se razlikuju u detaljima izvedbe danim u poglavlju 5.4.

5.1. Razred otpornosti na požar

Kod ispitivanja proizvoda pasivne požarne zaštite postavljaju se zahtjevi otpornosti na požar koji se žele zadovoljiti. U našem slučaju to je 90 minuta odnosno EI90.

5.2. Dimenzije uzorka

Svijetla dimenzija požarnih revizijskih vrata su 910 x 1310 mm, debljine 55 mm. Pogled na vrata prikazan je na slici 19.



Slika 19. Pogled na ispitni uzorak revizijskih vrata

5.3. Ugradnja uzorka

U ispitnu peć dimenzija 3000 x 3000 mm pristupilo se izradi protupožarne pregrade s predviđenim otvorom za ugradnju požarnih revizijskih vrata. Otvor u pregradi je pravokutnog oblika dimenzija 960 x 1354 mm. Oko revizijskih vrata izrađuje se okvir od kombinacije kalcij silikatnih i gips kartonskih ploča. Okvir se postavlja u otvor izrađen u pregradi i pričvršćuje se vijcima (vijci za spajanje gips kartonskih ploča) za profile. Na slici 20 prikazana je ugradnja pregrade.



Slika 20. Ugradnja protupožarne pregrade

Nakon postave okvira pristupilo se ugradnji požarnih revizijskih vrata koja su u laboratorij došla predgotovljena. Na Slici 21 je prikazan ispitni uzorak spreman za ispitivanje.



Slika 21. Ispitni uzorak spreman za ispitivanje

Nakon ugradnje ispitnog uzorka djelatnici laboratorija još jednom pregledavaju uzorak i uspoređuju s dostavljenom tehničkom dokumentacijom da nije došlo do ugradnje nečega što nije navedeno u dokumentaciji.

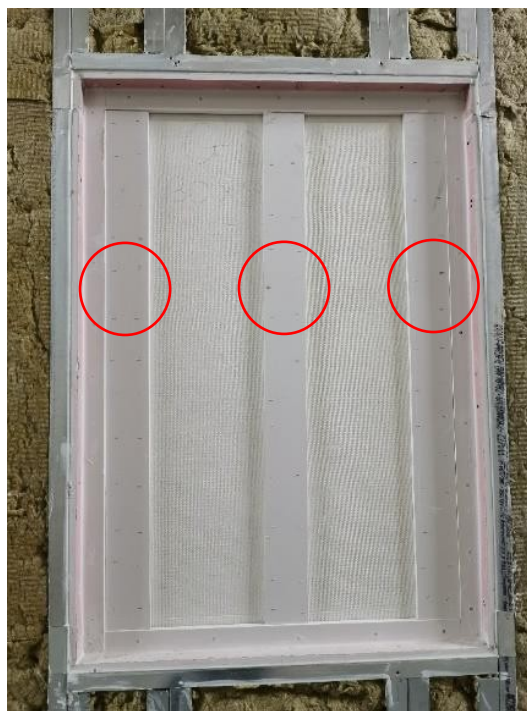
5.4. Opis ispitnih uzoraka

5.4.1. Ispitni uzorak 1

Požarna revizijska vrata sastoje se iz dva osnovna dijela, vrata i okvira. Okvir je izrađen od čeličnog lima 2 mm, dok su vrata izrađena od čeličnog lima 1 mm.

U vrata je umetnuta kalcij silikatna ploča debljine 40 mm. Ploča služi za sprječavanje prijenosa topline na drugu stranu proizvoda. Na tu ploču klamericom su pričvršćene dodatne tri trake od kalcij silikatne ploče debljine 15 mm kao što je prikazano na slici 22. Na okviru se nalazi ekspanzirajuća traka koja je pozicionirana uz rub okvira.

Ekspandirajuća traka pod utjecajem temperature povećava svoj obujam i tako zabrtvi sav prostor koji se nalazi između okvira i vrata. Spoj vrata i okvira izveden je uz pomoć dva ravna panta koji su pričvršćeni vijcima na nosače panta. Nosači panta su zavareni na vrata i okvir vrata, a njihova točna pozicija usklađena je prilikom zavarivanja. Držanje vrata u zatvorenom položaju osigurano je pomoću dvije bravice zbog velike dimenzije vrata. Prostor između zida i okvira popunjen je brtvilom na bazi polimerne emulzije koja na temperaturama preko 125 °C tvori sloj koji sprječava prodor dima i vatre.



Slika 22. Pogled na stražnju stranu ispitnog uzorka (uzorak 1)

5.4.2. Ispitni uzorak 2

Sastoji se od istih dijelova kao ispitni uzorak 1 osim krila požarnih revizijskih vrata. Na uzorku 1 se kao dodatno ojačanje postavljaju 3 trake od protupožarnih ploča $d = 15 \text{ mm}$, dok se na uzorku 2 postavlja ploča preko cijelog vratnog krila kao što je prikazano na slici 23. Eksperimentalni rezultati pokazali su razlike tijekom ispitivanja jednog i drugog uzorka te razloge otkazivanja istih.



Slika 23. Pogled na stražnju stranu ispitnog uzorka (uzorak 2)

5.5. Mjerna mjesta

5.5.1. Termoparovi

- termoparovi za mjerenje prosječne temperature (kriterij $\Delta T \leq 140 \text{ K}$)

T16, T17, T18 i T19 – Sredina svake četvrtine revizijskih vrata

T15 – Sredina revizijskih vrata

Pozicija termoparova prikazana na Slici 13.

- termoparovi za mjerenje maksimalne temperature (kriterij $\Delta T \leq 180 \text{ K}$)

T20, T21, T22 i T23 – 100 mm od ruba okvira revizijskih vrata

T24, T25, T26, T27 – 25 mm od ruba okvira (dopunski postupak)

T28, T29, T30, T31, T32, T33 – do vratnik revizijskih vrata

Pozicija termoparova prikazana na slici 14.

5.5.2. Mjerenje deformacija

Mjerno mjesto D1 nalazi se na sredini revizijskih vrata, a mjerna mjesta D2, D3, D4 i D5 na sredini četvrtine cijelog uzorka koji uključuju požarna revizijska vrata i pregradu. Prikazano na slici 24.

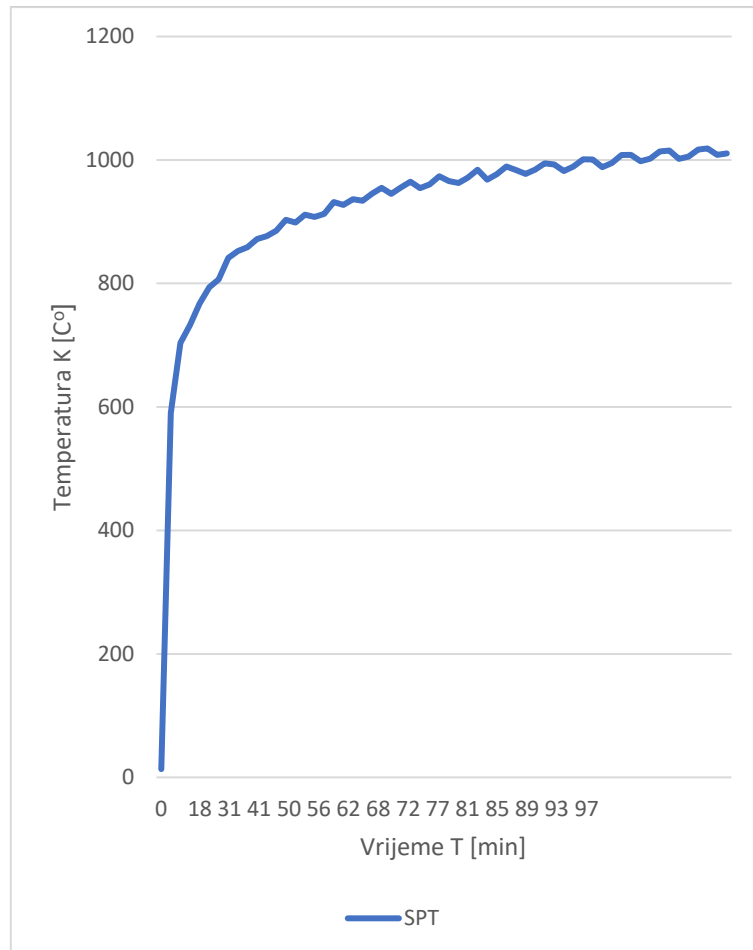


Slika 24. Pozicije za mjerenje deformacija uzorka

5.6. Opis i rezultati eksperimentalne analize za ispitni uzorak 1

5.6.1. Temperatura unutar peći

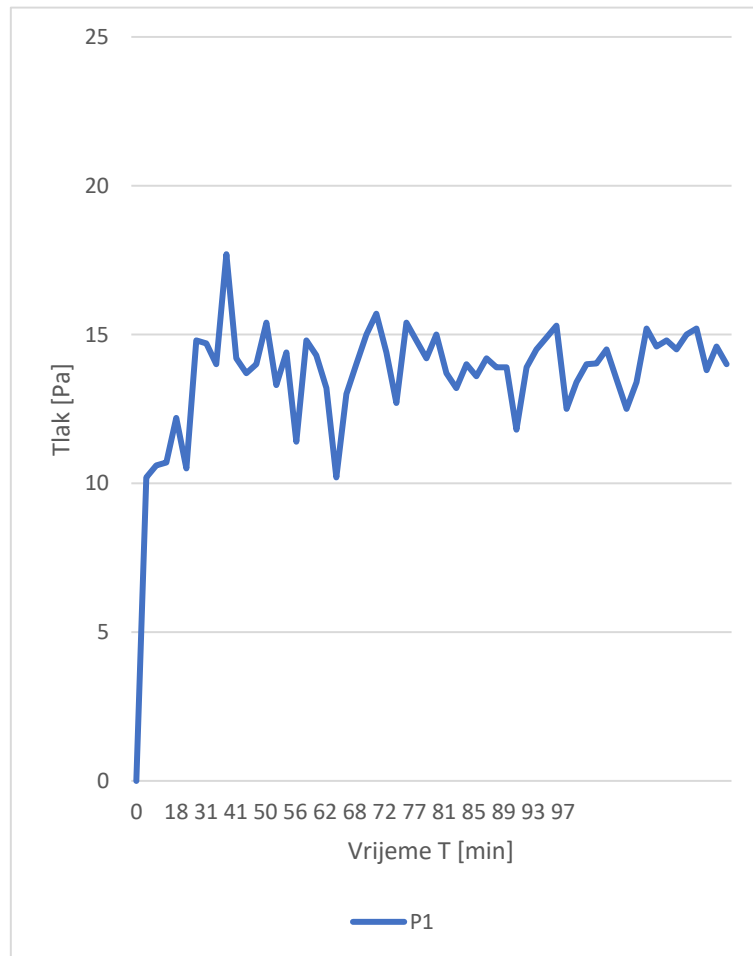
Na slici 25 prikazan je dijagram srednje postignute temperature unutar peći.



Slika 25. Dijagram srednje postignute temperature unutar peći (uzorak 1)

5.6.2. Pretlak u peći

Na slici 26 prikazan je dijagram tlaka u peći tijekom ispitivanja.



Slika 26. Dijagram tlaka a u peći (uzorak 1)

5.6.3. Vizualna opažanja tijekom protupožarnog ispitivanja

U tablici 2 navedene se promjene na uzorku uslijed djelovanja visoke temperature.

Tablica 2. Vizualna opažanja tijekom ispitivanja (uzorak 1)

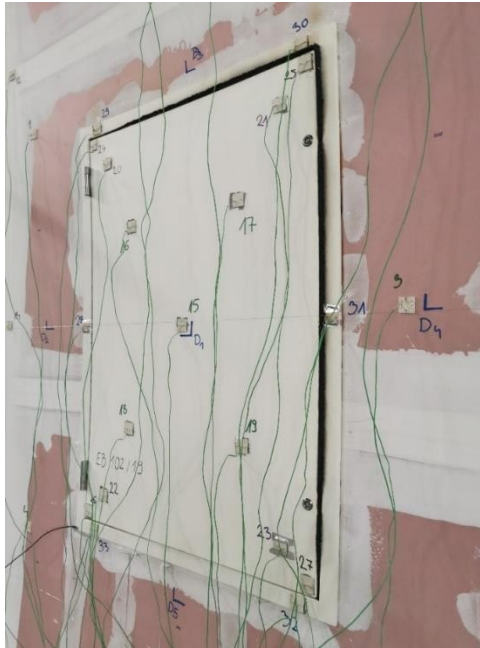
Vrijeme [min]	Strana	Opažanje
00:00		Početak ispitivanja
01:20	Izložena	Deformacija profila potporne konstrukcije zida
10:20	Neizložena	Manja količina dima i pare u gornjem dijelu revizijskih vrata

23:10	Neizložena	Deformacija krila revizijskih vrata u odnosu na okvir (12 mm)
24:30	Izložena	Gori ekspandirajuća traka po obodu okvira vrata
25:40	Neizložena	Izlazi akrilni kit u gornjem dijelu okvira vrata
38:10	Neizložena	Daljnja deformacija krila revizijskih vrata u odnosu na okvir (18 mm) (Slika 27.)
60:10	Neizložena	Okvir revizijskih vrata mijenja boju, tamni po cijelom obodu zbog izlaska dima i pare
83:20	Neizložena	Na vertikalama revizijskih vrata izlazi ekspandirajuća traka (Slika 28.)
100:20		Prekid ispitivanja

Na slikama 27 i 28 vidljive su deformacije uzorka u 38 minuti i izlazak ekspandirajuće trake u 83 minuti.

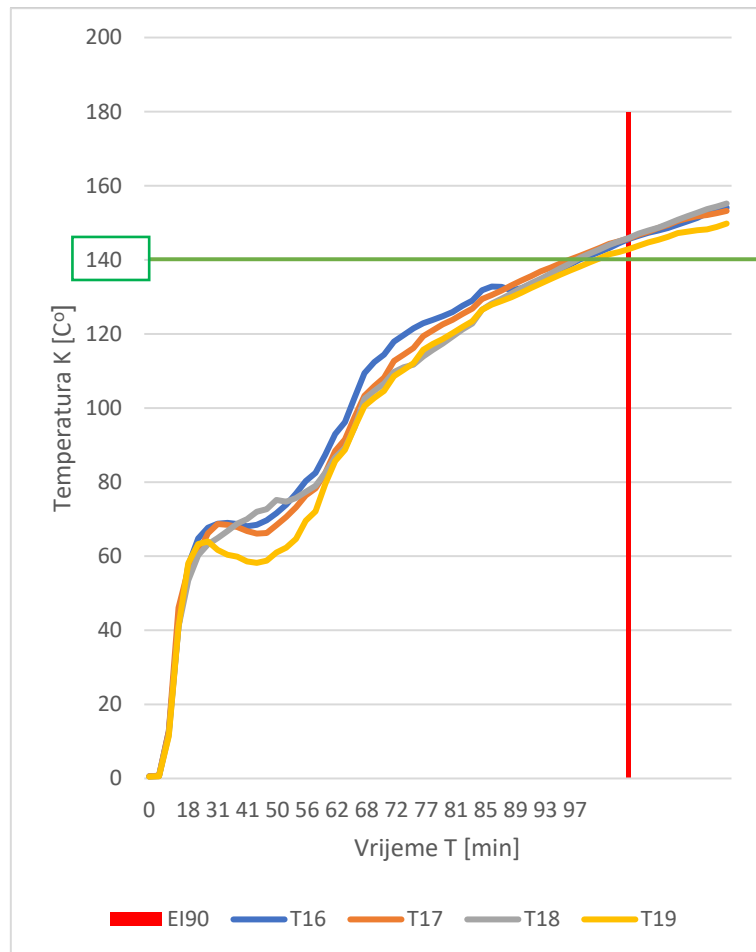


Slika 27. Deformacije požarnih revizijskih vrata



Slika 28. Izlaz ekspandirajuće trake

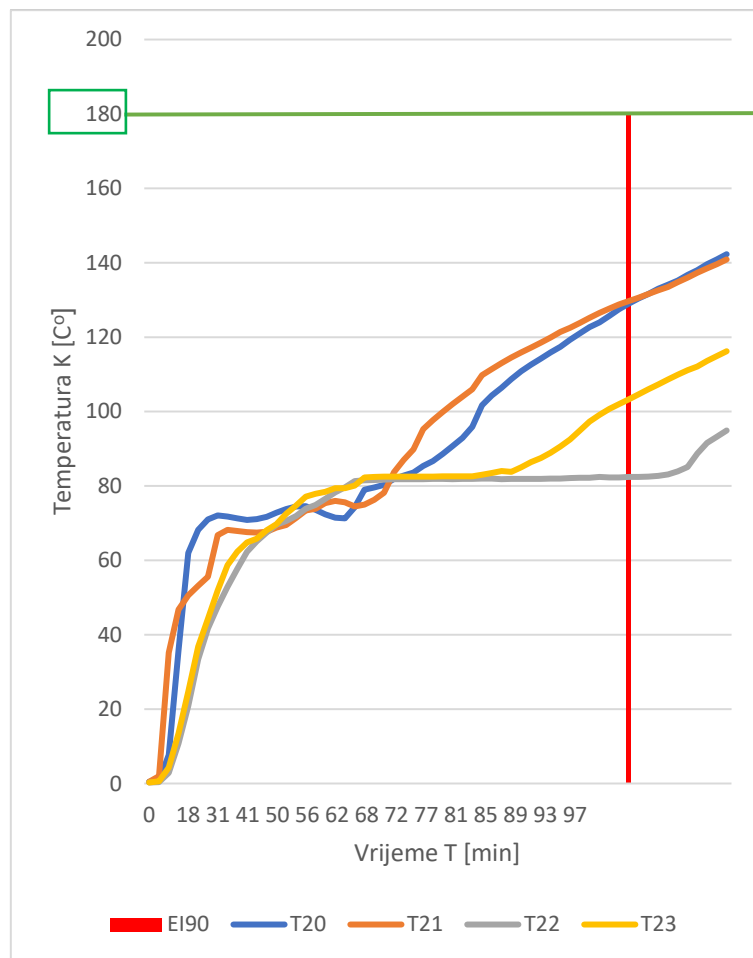
5.6.4. Porast prosječne temperature na požaru neizloženoj strani uzorka



Slika 29. Porast prosječne temperature na neizloženoj strani revizijskih vrata (uzorak 1)

Na slici 29 prikazani su rezultati porasta prosječne temperature na neizloženoj strani. U 32. minuti dolazi do prelaska kristalno vezane vlage u tekuće ili plinovito stanje. Ova pojava nastaje između 60 i 100 stupnjeva celzijusa. Nakon otpuštanja vlage iz materijala u 62. minuti kreće eksponencijalni rast temperature što na kraju dovodi do porasta prosječne temperature više od 140 stupnjeva u 85. minuti. Na termoparovima T16, T17, T18, T19 dobivena je približno jednaka temperatura.

5.6.5. Porast maksimalne temperature na požaru neizloženoj strani uzorka



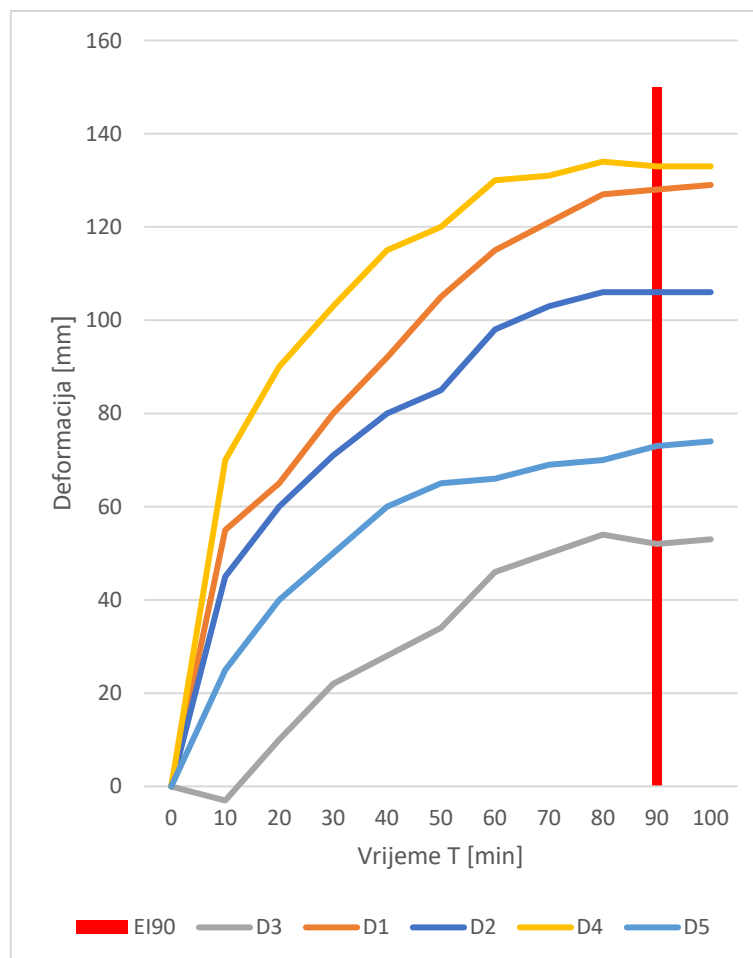
*Slika 30. Porast maksimalne temperature na neizloženoj strani revizijskih vrata
(uzorak 1)*

Na slici 30 prikazani su rezultati porasta maksimalne temperature na neizloženoj strani. Maksimalna temperatura nakon 90 minuta nije prekoračena. Zbog pukotine traka i degradacije materijala došlo je do neusklađenog ponašanja termoparova T22 i T23. Ako je materijal pukao brže će doći do otpuštanja vlage iz materijala, kao što je prikazano na slici 31.



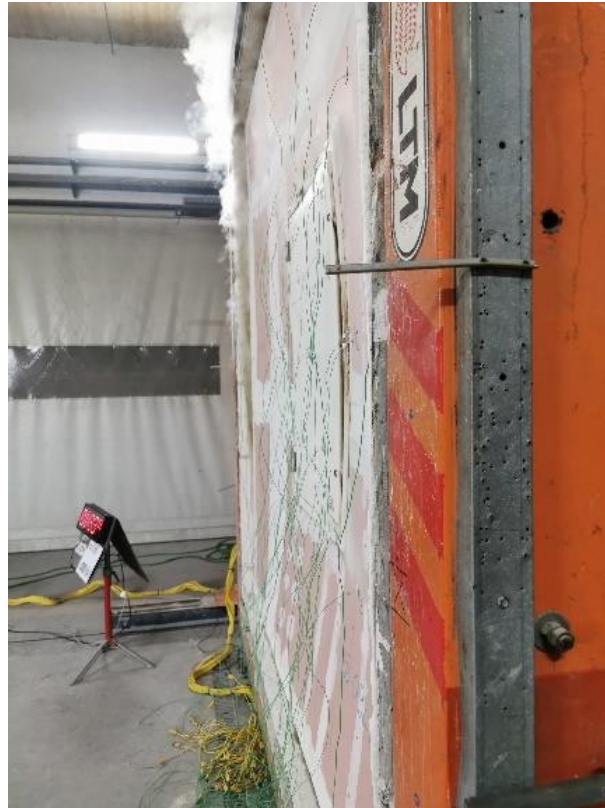
Slika 31. Pukotine na trakama

5.6.6 Deformacije uzorka



Slika 32. Deformacije revizijskih vrata (uzorak 1)

Na slici 32 prikazani su rezultati deformacije. Deformacije stvaraju pukotine na materijalu koje su u 90 minuti dosezale skoro 14 cm, kao što je prikazano na slici 33.



Slika 33. Deformacije revizijskih vrata u 90-oj minuti

5.6.7. Rezultati ispitivanja

Nakon prekida ispitivanja požarnih vrata ista dobivaju klasifikaciju EI2 60. Dobiveni rezultat nije zadovoljio postavljeni zahtjev od 90 minuta. Do pada ispitivanja došlo je zbog povećanja prosječne temperature (granica 140 K) na neizloženoj strani u **85. minuti**. Povećanje maksimalne temperature (granica 180 K) na neizloženoj strani mjereno na 100 mm od ruba krila nije prekoračena do **101. minute**, te do gubitka cjelovitosti na uzorku nije došlo do **101. minute**. U Tablici 2. Prikazani su detaljni rezultati prvog ispitivanja.

U tablici 3 navedeno je vrijeme zadovoljenja zahtijevanih kriterija prilikom ispitivanja otpornosti na požar.

Tablica 3. Rezultati ispitivanja revizijskih vrata (uzorak 1)

Parametar	Vrijeme prolaznosti kriterija
E – cjelovitost – ispitivanje mjeračem razmaka 6 mm	> 100 min
E – cjelovitost – ispitivanje mjeračem razmaka 25 mm	> 100 min
E – cjelovitost – ispitivanje pamučnom podlogom	> 100 min
E – cjelovitost – kontinuirani plamen	> 100 min
I – izolativnost – srednja temperatura (140 K)	85 min
I1 – izolativnost – maksimalna temperatura (180 K) dopunski postupak bez okvira	81 min
I2 – izolativnost – maksimalna temperatura (180 K)	> 100 min
I2 – izolativnost – maksimalna temperatura – okvir (360 K)	> 100 min

Temeljem dobivenih rezultata požarna revizijska vrata mogu se svrstati u sljedeće razrede otpornosti na požar sukladno normi HRN EN 13501-2 koja su prikazana u Tablici 4.:

Tablica 4. Klasifikacija prema kriterijima (uzorak 1)

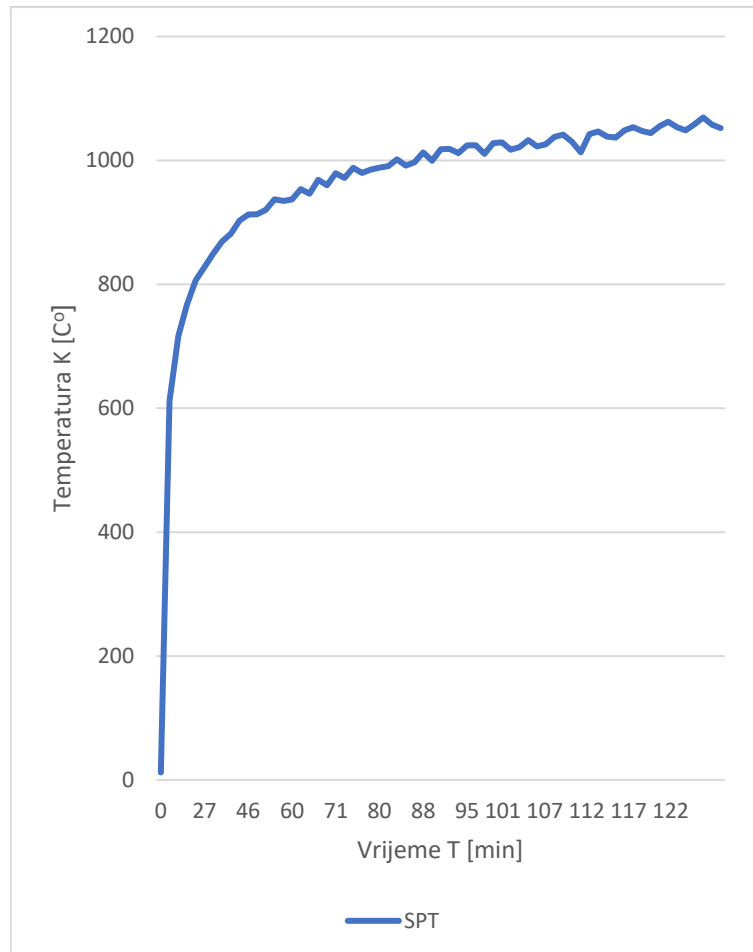
E	15	20	30	45	60	90	
EI1	15	20	30	45	60		
EI2	15	20	30	45	60		
EW		20	30		60		

Sukladno tablici 4 dobivena razredba otpornosti na požar za požarna revizijska vrata (uzorak 1) je **E 90 / EI1 60 / EI2 60 / EW 60**.

5.7. Opis i rezultati eksperimentalne analize za ispitni uzorak 2

5.7.1. Temperatura unutar peći

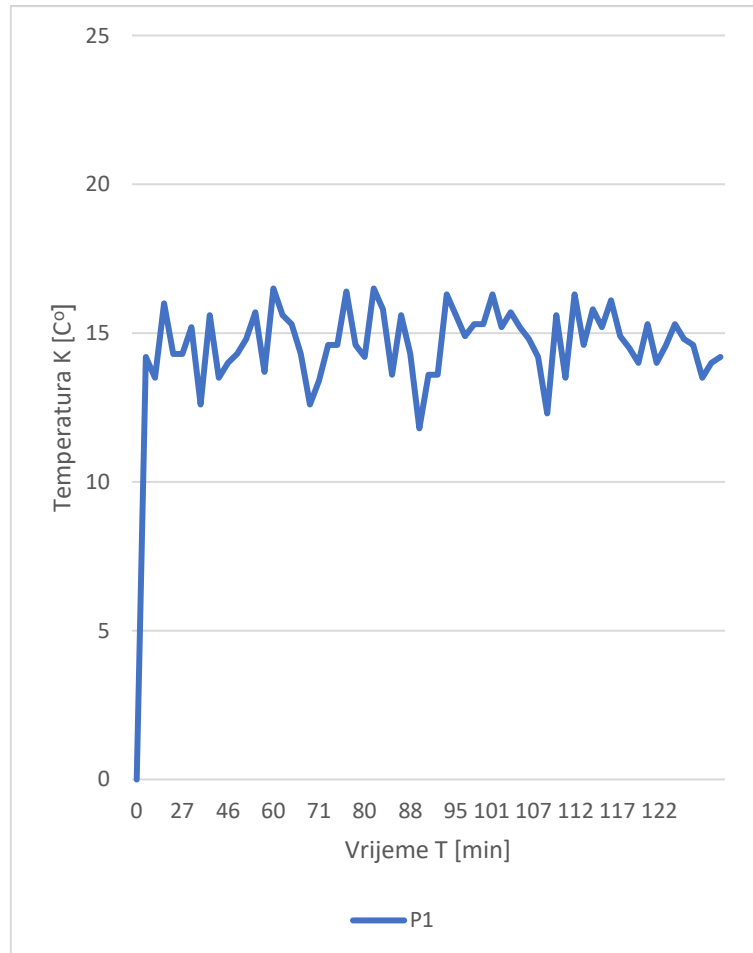
Na slici 34 prikazan je dijagram srednje postignute temperature unutar peći



Slika 34. Dijagram srednje postignute temperature unutar peći (uzorak 2) tijekom ispitivanja

5.7.2. Tlak u peći

Na slici 35 prikazan je dijagram tlaka u peći.



Slika 35. Dijagram tlaka u peći (uzorak 2) tijekom ispitivanja

5.7.3. Vizualna opažanja tijekom protupožarnog ispitivanja

U tablici 5 navedene se promjene na uzorku uslijed djelovanja visoke temperature.

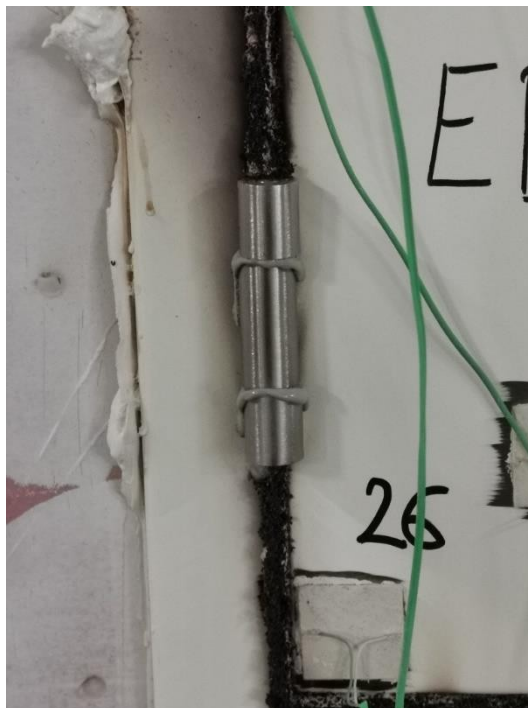
Tablica 5. Vizualna opažanja tijekom ispitivanja (uzorak 2)

Vrijeme [min]	Strana	Opažanje
00:00		Početak ispitivanja
01:10	Izložena	Deformacija profila potporne konstrukcije zida
05:30	Neizložena	Manja količina dima i pare u gornjem dijelu revizijskih vrata
20:10	Neizložena	Manja deformacija krila revizijskih vrata u odnosu na okvir (Slika 36.)
22:30	Izložena	Gori ekspandirajuća traka po obodu okvira vrata
44:10	Neizložena	Izlazi akrilni kit u gornjem dijelu okvira vrata (Slika 37.)
67:10	Neizložena	Ekspandirajuća traka izlazi na vertikali na strani brava, između okvira i krila revizijskih vrata
91:10	Neizložena	Ekspandirajuća traka izlazi gore i na vertikali na strani panta, između okvira i krila revizijskih vrata
108:20	Neizložena	Glavice vijaka na fleksibilnom zidu tamne
110:20	Neizložena	Tamni okvir po obodu revizijskih vrata zbog izlaska dima (Slika 38.)
127:08		Prekid ispitivanja

Na slikama 36, 37 i 38 vidljive su deformacije uzorka u 20-oj minuti, izlazak akrilata iz okvira vrata u 44 minuti i tamnjenje okvira u 110 minuti.



Slika 36. Manja deformacija požarnih revizijskih vrata

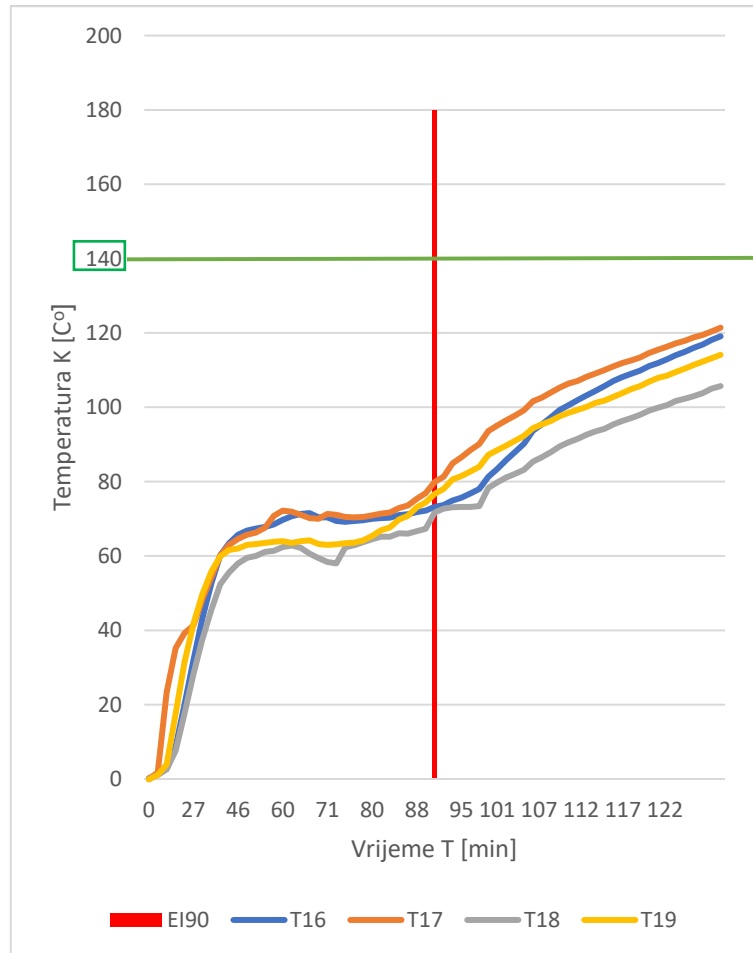


Slika 37. Deformacija akrilnog kita iz okvira vrata



Slika 38. Tamni okvir požarnih revizijskih vrata

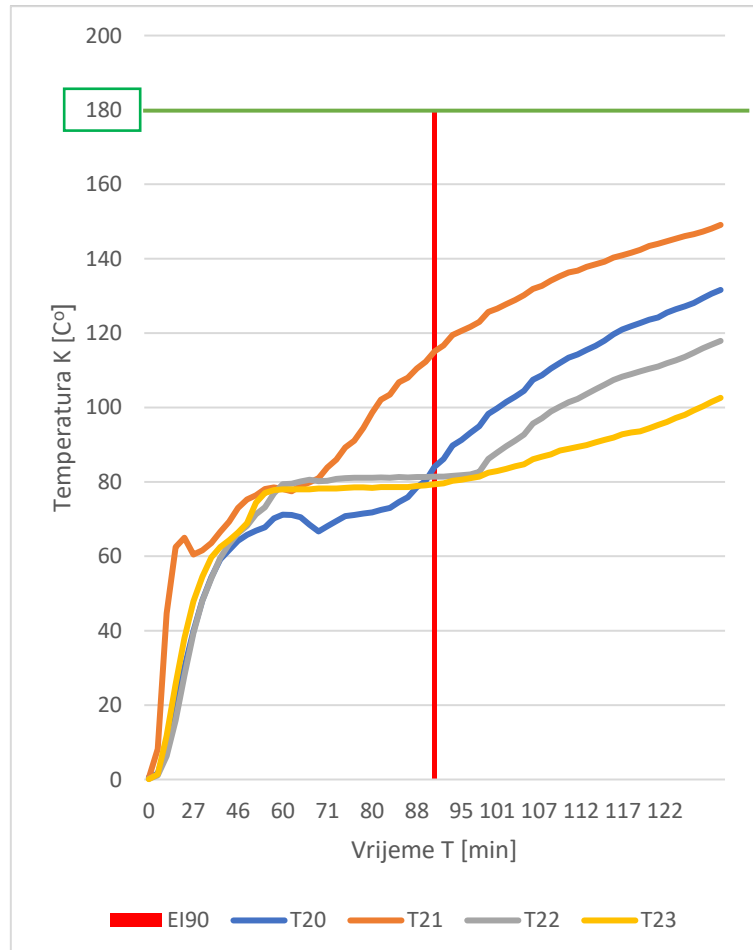
5.7.4. Porast prosječne temperature na požaru neizloženoj strani uzorka



Slika 39. Porast prosječne temperature na neizloženoj strani revizijskih vrata (uzorak 2)

Na slici 39 prikazani su rezultati porasta prosječne temperature na neizloženoj strani. U 27. minuti dolazi do prelaska kristalno zarobljene vlage u tekuće ili plinovito stanje. Ova pojava nastaje između 60 i 100 stupnjeva celzijusa. Nakon otpuštanja vlage iz materijala u 80. minuti kreće eksponencijalni rast temperature. Svi termoparovi (T16, T17, T18, T19) ponašaju se približno jednako.

5.7.5. Porast maksimalne temperature na požaru neizloženoj strani uzorka

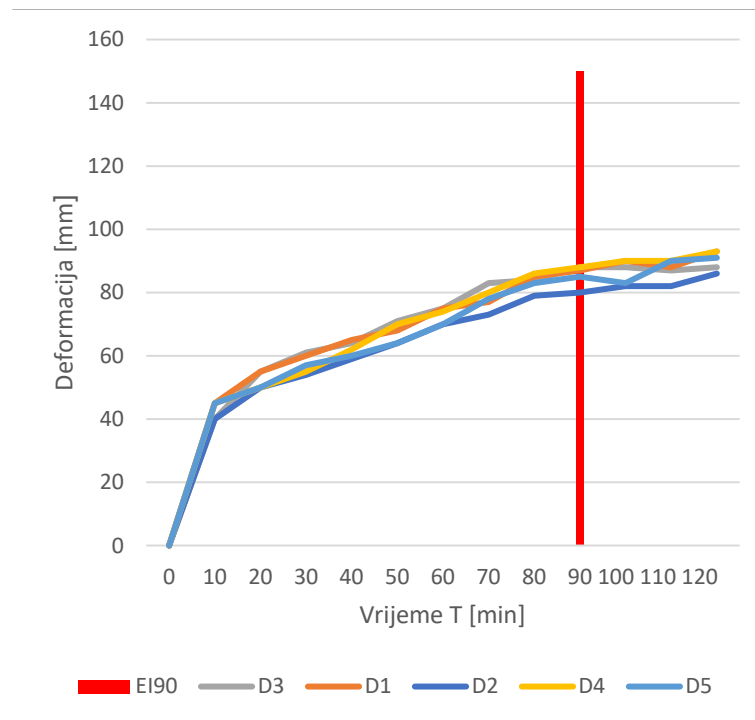


Slika 40. Porast maksimalne temperature na neizloženoj strani revizijskih vrata (uzorak 2)

Na Slici 40 prikazani su rezultati porasta maksimalne temperature na neizloženoj strani. Maksimalna temperatura nakon 127 minuta nije prekoračena.

Rezultati termopara 21 odskaku od ostalih jer se nalazi blizu oslabljenog presjeka (mjesta brave).

5.7.6 Deformacije uzorka



Slika 41. Deformacije revizijskih vrata (uzorak 2)

Na Slici 41 prikazani su rezultati deformacije. Deformacije uzorka 2 su kontrolirane te i u 127. minuti nisu prelazile 10 cm. Razlog tome je bolja izolativnost vratnog krila uzorka 2.

5.7.7. Rezultati ispitivanja

Nakon prekida ispitivanja požarnih vrata u **127. minuti** ista dobivaju klasifikaciju EI2 120. Dobiveni rezultat premašio je zadane parametre od 90 minuta. Kriterij izolativnosti i cjelovitosti nije prekoračen do 127. minute. U Tablici 5. prikazani su detaljni rezultati drugog ispitivanja.

U tablici 6 navedeno je vrijeme prolaznosti kriterija.

Tablica 6. Rezultati ispitivanja revizijskih vrata (uzorak 2)

Parametar	Vrijeme prolaznosti kriterija
E – cjelovitost – ispitivanje mjeračem razmaka 6 mm	> 127 min

E – cjelovitost – ispitivanje mjeračem razmaka 25 mm	> 127 min
E – cjelovitost – ispitivanje pamučnom podlogom	> 127 min
E – cjelovitost – kontinuirani plamen	> 127 min
I – izolativnost – srednja temperatura (140 K)	> 127 min
I1 – izolativnost – maksimalna temperatura (180 K) dopunski postupak bez okvira	81 min
I2 – izolativnost – maksimalna temperatura (180 K)	> 127 min
I2 – izolativnost – maksimalna temperatura – okvir (360 K)	> 127 min

Temeljem dobivenih rezultata požarna revizijska vrata mogu se svrstati u sljedeće razrede otpornosti na požar sukladno normi HRN EN 13501-2 prikazane u tablici 7:

Tablica 7. Klasifikacija prema kriterijima (uzorak 2)

E	15	20	30	45	60	90	120
EI1	15	20	30	45	60		
EI2	15	20	30	45	60	90	120
EW		20	30		60	90	120

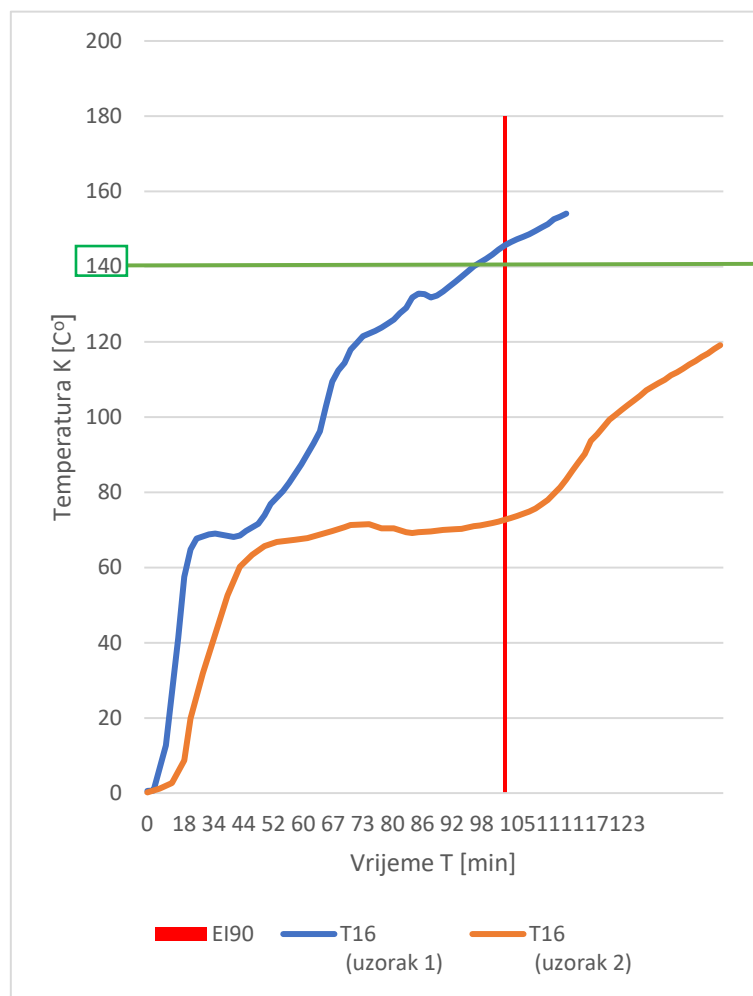
Sukladno tablici 7 dobivena razredba otpornosti na požar za požarna revizijska vrata (uzorak 2) je **E 120 / EI1 60 / EI2 120 / EW 120**.

6. USPOREDBA REZULTATA

U ovom poglavlju napravljena je usporedba rezultata prosječne i maksimalne temperature na neizloženoj strani uzorka te maksimalne deformacije.

6.1. Porast prosječne temperature na požaru neizloženoj strani uzorka

S obzirom na to da su se temperature na svim termoparovima (T16, T17, T18 i T19) ponašale relativno jednako, u analizu ćemo uzeti samo termopar T16 kao referentni za ispitni uzorak 1 i ispitni uzorak 2 (slika 42.).



*Slika 42. Porast prosječne temperature na neizloženoj strani revizijskih vrata
 (Usporedba uzorka 1 i uzorka 2)*

Do 32. minute imamo jednako ponašanje prvog i drugog uzorka. Budući da na uzorku 1 vratno krilo ima 3 trake umjesto jedne cijele ploče (kao na uzorku 2), imamo tanju

barijeru vratnog krila do izloženosti požarnom opterećenju. U 32. minuti na uzorku 1 dolazi do prelaska kristalno zarobljene vlage u tekuće i/ili plinovito stanje te traje do nekih 100 C° (cca 67 minuta). Kad sva voda ispari, kreće progrijavanje materijala. Dolazi do gubljenja veziva u materijalu što dovodi do pada kriterija izolativnosti u 86. minuti. Uzorak 2 zbog kontinuiranog presjeka 2 materijala u vratnom krilu ima kontrolirano ponašanje sve do 127. minute kada je ispitivanje i prekinuto. Na uzorku 2 nakon 32 minute također dolazi do otpuštanja vlage samo u puno manjem intenzitetu. Razlog tome je što prva ploča ($d = 40 \text{ mm}$) tek naknadno biva izložena direktnom požaru što se može vidjeti u 107. minuti kada su krivulja uzorka 1 i 2 paralelne. Slika 43 pokazuje izgled materijala nakon ispitivanja.

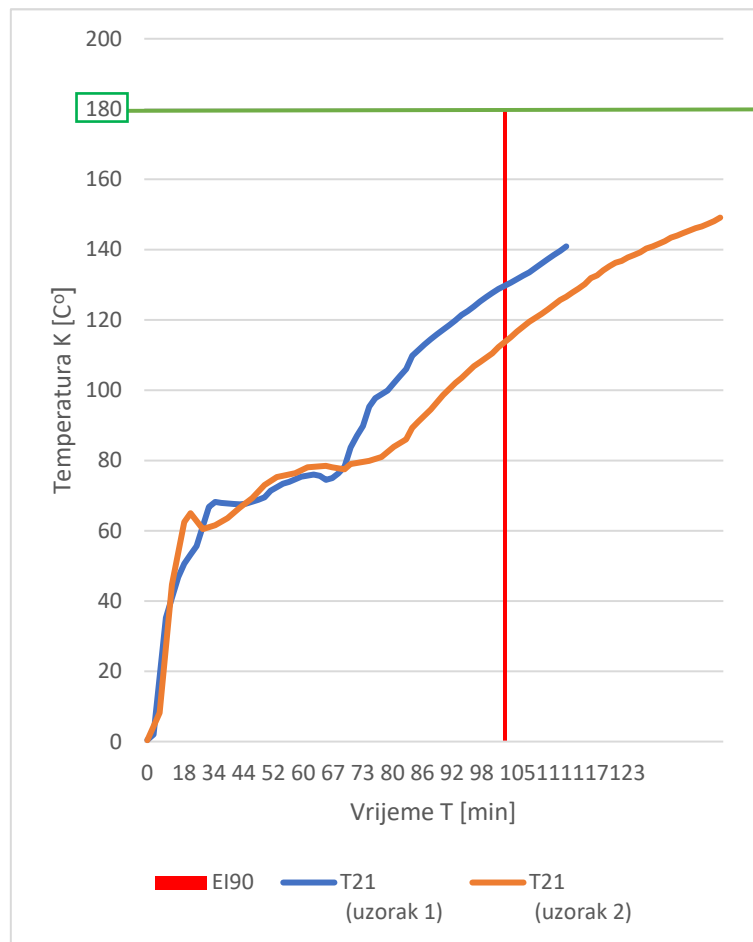


Slika 43. Izgled materijala nakon ispitivanja otpornosti na požar

6.2. Porast maksimalne temperature na požaru neizloženoj strani uzorka

Termoparovi za mjerenje maksimalnih temperatura za kriterij I2 su T20, T21, T22, T23.

Radi usporedbe 2 uzorka uzet će se termopar T 21 kao referentni. Isti se nalazi u gornjoj lijevoj četvrtini vratnog krila (slika 44).



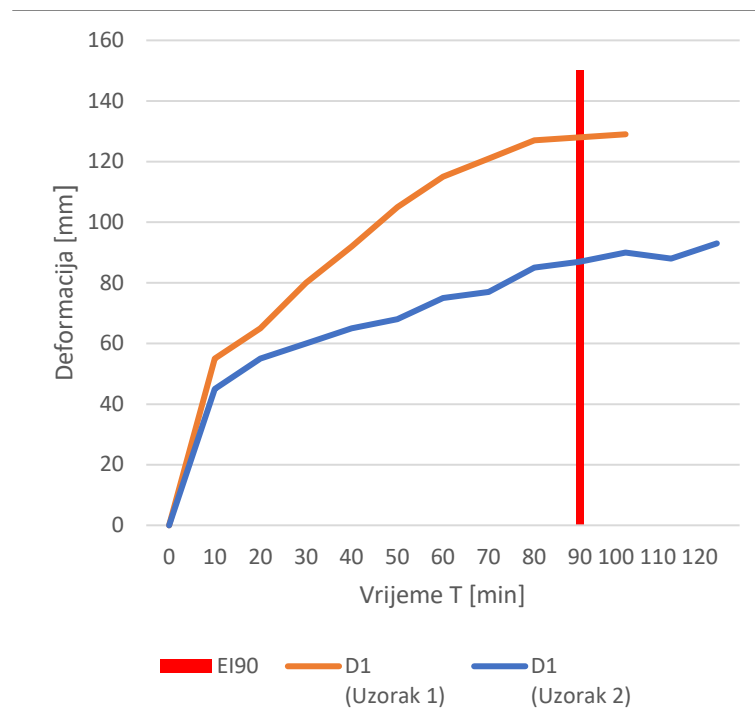
Slika 44. Porast maksimalne temperature na neizloženoj strani revizijskih vrata (Usporedba uzorka 1 i uzorka 2)

Do 65. minute imamo jednako ponašanje prvog i drugog uzorka. S obzirom na to da na uzorku 1 vratno krilo ima 3 trake umjesto cijele ploče (kao na uzorku 2), imamo tanju barijeru vratnog krila do izloženosti požarnom opterećenju. U 67. minuti na uzorku 1 dolazi do ubrzanog otpuštanja vlage te traje do nekih 100 C° (cca 71 minutu) kad sva voda ispari te kreće progrijavanje materijala. Od te točke imamo linearni rast temperature. Na uzorku 2 nakon 65. minute također dolazi do otpuštanja vlage samo u

puno manjem intenzitetu. Razlog tome je što prva ploča ($d = 40 \text{ mm}$) tek naknadno biva izložena direktnom požaru. U 78. minuti kreće progrijavanje materijala te također imamo linearni rast temperature.

6.3. Deformacije uzorka

Radi usporedbe 2 uzorka uzet će se kao referentna lokacija mjerenja deformacija sredina vratnog krila D1 (slika 45.).



Slika 45. Deformacije revizijskih vrata (usporedba uzorka 1 i uzorka 2)

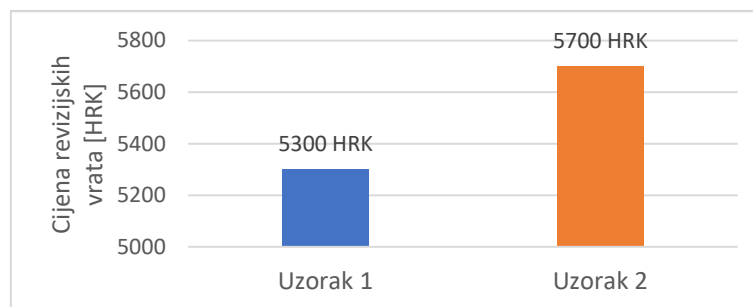
Opis ponašanja

Ako promatramo deformacije u vremenu $t = 90 \text{ min}$, vidljivo je da je razlika u deformaciji 40 mm. Razlog tako velikim deformacijama je oslabljeni presjek na uzorku 1 te je požarno opterećenje prije došlo do limenog okvira požarnih revizijskih vrata, sukladno tome i veće deformacije. Slika 46 prikazuje deformaciju na uzorku 1. Na uzorku 2 cijela dodatna protupožarna ploča osim izolativnosti dala je i dodatnu krutost cijelim vratima.



Slika 46. Deformacije revizijskih vrata (uzorak 1)

6.4. Analiza troška



Slika 47. Usporedba cijene požarnih revizijskih vrata

Na slici 47. prikazana je usporedba cijene požarnih revizijskih vrata (uzorak 1 i 2). Prilikom izrade analize u cijenu proizvoda uključeni su sljedeći parametri: limovi, protupožarne kalcij silikatne ploče, ekspandirajuća traka, panti, bravice, sitan materijal i rad za izradu revizijskih vrata. Dodatna puna ploča na vratnom krilu (uzorak 2) umjesto tri trake (uzorak 1) povećava ukupnu cijenu proizvoda za 7%.

7. ZAKLJUČAK

Usporedbom rezultata eksperimentalnog ispitivanja revizijskih vrata koja se razlikuju u detaljima izvedbe dokazano je da promjena presjeka vratnog krila uzrokuje značajnu razliku u rezultatima koji se u konačnici razlikuju za dva razreda otpornosti na požar.

Ispitni uzorak 1 doživio je pad kriterija izolativnosti u 86. minuti dok je uzorak 2 isti kriterij zadovoljio preko 120 minuta i time dobio klasifikaciju EI120. Uštedom materijala na vratnom krilu doveo je do neželjenih rezultata požarnog ispitivanja ispitnog uzorka 1.

Postavljanjem dodatne tri trake umjesto jedne cijele ploče, osim što smanjuje razred otpornosti na požar, može dovesti do problema u samoj ugradnji revizijskih vrata (jednostavnost ugradnje i sl.).

8. LITERATURA

- [1] DVD Andrijević, "Uzrok požara električnih instalacija."
<http://dvddonjiandrijević.hr/hr/elektrine-instalacije-uzrok-poara> (accessed Nov. 08, 2021).
- [2] Narodne novine, *Zakon o gradnji*. Croatia, 2013.
- [3] "bestaccessdoors2." <https://www.bestaccessdoors.com/22-x-22-fire-rated-insulated-access-door-with-flange/>.
- [4] "bestaccessdoors1." <https://www.bestaccessdoors.com/22-x-22-fire-rated-insulated-access-door-with-plaster-flange/>.
- [5] "wor-con." <https://blog.wor-con.com/kik-obrt-za-proizvodnju-i-usluge/>.
- [6] "Revizijska vrata - GKF Ispuna." <http://www.profilgips-trgovina.hr/hr/products/10761/vatrootporna-revizija-400x400/>.
- [7] "Uredba 305/2011." [https://hr2.wiki/wiki/Regulation_\(EU\)_No._305/2011](https://hr2.wiki/wiki/Regulation_(EU)_No._305/2011).
- [8] CEN, *Vrata za pješake, industrijska, komercijalna, garažna vrata i prozori koji se mogu otvarati -- Norma za proizvod, izvedbene značajke -- Otpornost na požar i/ili kontrola propusnosti dima HRN EN 16034*. .
- [9] T. Skušić, *Harmonizirana norma za protupožarna vrata EN16034:2014*. 2018.
- [10] CEN, "Ispitivanje otpornosti na požar i kontrolu dima vrata i sklopova za zatvaranje, prozora koji se mogu otvarati i elemenata zgrade -- 1. dio: Ispitivanje otpornosti na požar vrata i sklopova za zatvaranje i prozora koji se mogu otvarati HRN EN 1634-1."
- [11] B. Ivica, P. Bernardin, and T. Neno, "Pouzdanost čeličnih konstrukcija u požaru," *Građevinar*, 2010.
- [12] Promat, "Koliko je vatra vruća." <https://www.promat.com/hr-hr/graditeljstvo/projekti/za-strucnjake/69819/krivulje-pozara-koliko-je-vruca-vatra/>.

- [13] CEN, *ISO 834-1 - Ispitivanja otpornosti na požar — Elementi građevinske konstrukcije — Dio 1: Opći zahtjevi.* .
- [14] CEN, “Ispitivanja otpornosti na požar -- 1. dio: Opći zahtjevi - HRN EN 1363-1.”
- [15] DZNM, “Ponašanje građevnih gradiva i građevnih elemenata u požaru -- 1. dio: Građevna gradiva -- Pojmovi, zahtjevi i ispitivanja DIN 4102-1.”
- [16] CEN, “Termoparovi -- 1. dio: Specifikacije i tolerancije elektromotorne sile - HRN EN 60584-1.”
- [17] U. Wickström, *Temperature Calculation in Fire Safety Engineering*. Cham: Springer International Publishing, 2016.
- [18] CEN, “Razredba građevnih proizvoda i građevnih elemenata prema ponašanju u požaru -- 2. dio: Razredba prema rezultatima ispitivanja otpornosti na požar, isključujući ventilaciju (EN 13501-2:2016),” 2016.
- [19] M. Hajduković, *Ispitivanje požarnih svojstava građevnih proizvoda prema EN normama.* .
- [20] Narodne novine, *Pravilnik o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju udovoljiti u slučaju požara.* Croatia, 2013.

POPIS SLIKA

Slika 1. Primjer klasičnih požarnih zaokretnih revizijskih vrata [3]	9
Slika 2. Primjer požarnih revizijskih zaokretnih vrata s mrežicom [4]	9
Slika 3. Primjer požarnih revizijskih otklopnih vrata sa gips kartonskom završnom obradom [5]	10
Slika 4. Ispuna vratnog krila GK Pločama [6]	11
Slika 5. Čelični profil ispunjen kalcij silikatnom pločom	11
Slika 6. Ispuna dovratnika s kamenom vunom	11
Slika 7. Grafikon povezanih normi za vrata [9]	13
Slika 8. Shema razredbe građevinskih proizvoda [11]	14
Slika 9. Usporedba krivulje realnog požara i ISO 834 [12]	15
Slika 10. Požar definiran ISO 834 krivuljom u odnosu na faze prirodnog požara [11] ...	16
<i>Slika 11. Postava termoparova za mjerenje temperature peći</i>	<i>18</i>
Slika 12. Oprema za mjerenje deformacije uzorka	19
Slika 13. Postava termoparova za mjerenje prosječne temperature na neizloženoj strani uzorka	20
Slika 14. Postava termoparova za mjerenje maksimalne temperature okvira vrata na neizloženoj strani uzorka	21
Slika 15. Postava termoparova za mjerenje maksimalne temperature vratnog krila na neizloženoj strani uzorka	22
Slika 16. Izgled šipke za mjerenje zazora [14]	23
Slika 17. Pamučna vata 30 x 30 x 20 mm [14]	24
Slika 18. Kriterij paljenja pamučne vate [19]	24
Slika 19. Pogled na ispitni uzorak revizijskih vrata	29
Slika 20. Ugradnja protupožarne pregrade	30
Slika 21. Ispitni uzorak spreman za ispitivanje	31
Slika 22. Pogled na stražnju stranu ispitnog uzorka (uzorak 1)	32
Slika 23. Pogled na stražnju stranu ispitnog uzorka (uzorak 2)	33
Slika 24. Pozicije za mjerenje deformacija uzorka	34
Slika 25. Dijagram srednje postignute temperature unutar peći (uzorak 1)	35

Slika 26. Dijagram tlaka a u peći (uzorak 1)	36
Slika 27. Deformacije požarnih revizijskih vrata	37
Slika 28. Izlaz ekspandirajuće trake	38
Slika 29. Porast prosječne temperature na neizloženoj strani revizijskih vrata (uzorak 1)	39
Slika 30. Porast maksimalne temperature na neizloženoj strani revizijskih vrata (uzorak 1)	40
<i>Slika 31. Pukotine na trakama</i>	41
Slika 32. Deformacije revizijskih vrata (uzorak 1)	41
Slika 33. Deformacije revizijskih vrata u 90-oj minuti	42
Slika 34. Dijagram srednje postignute temperature unutar peći (uzorak 2) tijekom ispitivanja	45
Slika 35. Dijagram tlaka u peći (uzorak 2) tijekom ispitivanja	46
Slika 36. Manja deformacija požarnih revizijskih vrata	48
Slika 37. Deformacija akrilnog kita iz okvira vrata	48
Slika 38. Tamni okvir požarnih revizijskih vrata	49
Slika 39. Porast prosječne temperature na neizloženoj strani revizijskih vrata (uzorak 2)	50
Slika 40. Porast maksimalne temperature na neizloženoj strani revizijskih vrata (uzorak 2)	51
Slika 41. Deformacije revizijskih vrata (uzorak 2)	52
Slika 42. Porast prosječne temperature na neizloženoj strani revizijskih vrata (Usporedba uzorka 1 i uzorka 2)	54
Slika 43. Izgled materijala nakon ispitivanja otpornosti na požar	55
Slika 44. Porast maksimalne temperature na neizloženoj strani revizijskih vrata (Usporedba uzorka 1 i uzorka 2)	56
Slika 45. Deformacije revizijskih vrata (usporedba uzorka 1 i uzorka 2)	57
Slika 46. Deformacije revizijskih vrata (uzorak 1)	58
Slika 47. Usporedba cijene požarnih revizijskih vrata	58

POPIS TABLICA

Tablica 1. Otpornost na požar sigurnosnih stubišta [20]	28
Tablica 2. Vizualna opažanja tijekom ispitivanja (uzorak 1)	36
Tablica 3. Rezultati ispitivanja revizijskih vrata (uzorak 1)	43
Tablica 4. Klasifikacija prema kriterijima (uzorak 1)	44
Tablica 5. Vizualna opažanja tijekom ispitivanja (uzorak 2)	47
Tablica 6. Rezultati ispitivanja revizijskih vrata (uzorak 2)	52
Tablica 7. Klasifikacija prema kriterijima (uzorak 2)	53