

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*



## **MAGISTRSKO DELO**

### **MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM DRUGE STOPNJE GRADBENIŠTVO**

Ljubljana, 2019

Univerza  
v Ljubljani

*Fakulteta za  
gradbeništvo in  
geodezijo*



Kandidat/-ka:

**Mentor/-ica:**

**Predsednik komisije:**

**Somentor/-ica:**

**Član komisije:**

## **STRAN ZA POPRAVKE**

| <b>Stran z napako</b> | <b>Vrstica z napako</b> | <b>Namesto</b> | <b>Naj bo</b> |
|-----------------------|-------------------------|----------------|---------------|
|-----------------------|-------------------------|----------------|---------------|

*» Ta stran je namenoma prazna.«*

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

|                         |                                                                          |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <b>UDK:</b>             | <b>614.8:624.04(497.4)(043.3)</b>                                        |
| <b>Avtor:</b>           | dipl. inž. grad. Rok Morgan (UN)                                         |
| <b>Mentor:</b>          | izr. prof. dr. Tomaž Hozjan, univ. dipl. inž. grad.                      |
| <b>Somentor:</b>        | prof. dr. Goran Turk, univ. dipl. inž. grad.                             |
| <b>Naslov:</b>          | Pregled požarov v Sloveniji v obdobju od 2005 do 2018                    |
| <b>Tip dokumenta:</b>   | Magistrsko delo                                                          |
| <b>Obseg in oprema:</b> | 88 str., 58 pregl., 45 sl., 15 en.                                       |
| <b>Ključne besede:</b>  | Požarna varnost, statistika požarov, požarna obtežba, požari v Sloveniji |

### **Izvleček**

V prvem delu magistrske naloge smo se ukvarjali z analizo baze podatkov, kjer so zabeleženi požari nastali v objektih v Sloveniji, od leta 2005 dalje. Te požare smo klasificirali po vzrokih nastanka in izvedli statistično analizo. Statistiko požarov smo razdelili na tri dele, in sicer na pregled požarov glede na časovno razporeditev (prikazali smo število požarov glede na leto, mesec ter uro); glede na vrsto objekta (stanovanjske, nestanovanjske) in glede na razporeditev po občinah (med občinami smo primerjali požarno ogroženost). V vse tri dele statistične analize smo vključili tudi vzroke požarov.

V drugem delu magistrskega dela smo se ukvarjali z določanjem požarne obtežbe za stavbe, ki so se z analizo v prvem delu izkazale za najbolj ogrožene. Predstavili smo postopek določanja krivulje hitrosti sproščanja energije. Na podlagi že izvedenih raziskav in simulacij požarov v objektih, ki so se izvajale od leta 1970 naprej, smo izdelali preglednico s priporočenimi vrednostmi gostote požarne obtežbe, za več različnih tipov stavb. Le ta se lahko uporablja pri projektiranju merodajnih požarnih scenarijev v stavbah in s tem povezanih numeričnih simulacijah razvoja požara.

**BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

**UDC:** 614.8:624.04(497.4)(043.3)  
**Author:** Rok Morgan, BSc  
**Supervisor:** Assoc. prof. Tomaž Hozjan, PhD  
**Cosupervisor:** Prof. Goran Turk, PhD  
**Title:** Review of fires in Slovenia in the period from 2005 to 2018  
**Document type:** Master thesis  
**Scope and tools:** 88 p., 58 fig., 45 tab., 15 eq.  
**Keywords:** Fire safety, fire statistics, fire load, fire load density, fires in Slovenia

**Abstract**

In the first part of the master's thesis analysis of a database where recorded fires in buildings in Slovenia from 2005 onward is presented. The fires are classified by causes of occurrence and statistical analysis is performed. The fire statistics is divided into three parts. The first according to time of occurrence (year, month and hour), the second according to the type of building in which fires occurred (residential, non-residential) and the third according to municipalities (fire hazard was compared between municipalities). The causes of fires were also included in all three parts of the statistical analyses.

In the second part of the master's thesis we focused on determining the fire load for the buildings which proved to be have highest fire risk according to the analysis in the first part. We presented the procedure for determining the heat release rate curve. Based on the already conducted research and simulations of fires in buildings that have been running since 1970, we have produced a spreadsheet with recommended values of the fire load density for several different types of buildings. Presented spreadsheet can be easily used to design relevant fire scenarios in buildings and related numerical simulations of fire development.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju, izr. prof. dr. Tomažu Hozjanu, ter somentorju, prof. dr. Goranu Turku, za prijaznost, vso pomoč in strokovne nasvete pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi sošolcem Roku, Andreju, Nejcu, Gregorju in Daniju ter ostalim sošolcem, ki so mi ob teku študija stali ob strani in z menoj delili nasvete.

Zahvaljujem se tudi družini in Špeli, ki me je stalno podpirala in mi stala ob strani.

*»Ta stran je namenoma prazna.«*



## KAZALO VSEBINE

|       |                                                                             |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | UVOD .....                                                                  | 1  |
| 2     | BAZA PODATKOV .....                                                         | 2  |
| 2.1   | Pridobitev baze iz Uprave republike Slovenije za zaščito in reševanje ..... | 2  |
| 2.2   | Opis baze podatkov .....                                                    | 4  |
| 2.3   | Urejanje baze podatkov .....                                                | 6  |
| 2.3.1 | Lažni alarmi .....                                                          | 7  |
| 2.3.2 | Vzroki za nastanek požarov .....                                            | 10 |
| 2.3.3 | Klasifikacija objektov .....                                                | 13 |
| 2.4   | Druge baze podatkov .....                                                   | 16 |
| 3     | STATISTIČNA ANALIZA POŽAROV V SLOVENIJI .....                               | 18 |
| 3.1   | Časovna razporeditev .....                                                  | 19 |
| 3.1.1 | Število požarov po letih .....                                              | 19 |
| 3.1.2 | Število požarov po mesecih .....                                            | 23 |
| 3.1.3 | Število požarov po dnevih v mesecu .....                                    | 28 |
| 3.1.4 | Število požarov po dnevih v tednu .....                                     | 29 |
| 3.1.5 | Število požarov po urah .....                                               | 30 |
| 3.1.6 | Dodatne ugotovitve .....                                                    | 35 |
| 3.2   | Število požarov po vrsti objekta .....                                      | 38 |
| 3.2.1 | Povprečno število požarov po vrsti objekta in vzrokih .....                 | 39 |
| 3.3   | Število požarov po občinah .....                                            | 41 |
| 3.3.1 | Število požarov v občinah .....                                             | 42 |
| 3.3.2 | Število požarov v občinah na km <sup>2</sup> površine .....                 | 43 |
| 3.3.3 | Število požarov v občinah na 1000 prebivalcev .....                         | 44 |
| 3.3.4 | Ugotovitve .....                                                            | 45 |
| 3.3.5 | Občine z največ požari .....                                                | 45 |
| 3.4   | Povzetek kritičnih rezultatov in njihova uporaba .....                      | 49 |
| 4     | PROJEKTNI POŽARNI SCENARIJ .....                                            | 50 |
| 4.1   | Splošno o požarih .....                                                     | 50 |
| 4.2   | Požarno projektiranje konstrukcij .....                                     | 53 |
| 4.2.1 | Izbira za projektiranje merodajnih požarnih scenarijev .....                | 53 |
| 4.2.2 | Določitev ustreznih projektnih požarov .....                                | 54 |
| 4.3   | Osnovni parametri pri izračunu požarne obtežbe .....                        | 56 |

|       |                                                                                     |    |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3.1 | Požarna obtežba.....                                                                | 57 |
| 4.3.2 | Gostoto požarne obtežbe.....                                                        | 57 |
| 4.3.4 | Moč požara .....                                                                    | 58 |
| 4.3.5 | Faza razvoja požara .....                                                           | 60 |
| 4.3.6 | Polno razvit požar .....                                                            | 62 |
| 4.3.7 | Faza pojemajočega požara.....                                                       | 62 |
| 5     | RAZISKAVE POŽARNIH OBTEŽB ZA RAZLIČNE VRSTE OBJEKTOV .....                          | 63 |
| 5.1   | Metode določanja gostote požarne obtežbe.....                                       | 64 |
| 5.1.1 | Metoda tehtanja .....                                                               | 64 |
| 5.1.2 | Metoda popisa .....                                                                 | 64 |
| 5.1.3 | Metoda kombinacije (tehtanje in popis).....                                         | 65 |
| 5.1.4 | Metoda z vprašalniki .....                                                          | 65 |
| 5.1.5 | Metoda pregledovanja spletne strani nepremičnin .....                               | 66 |
| 5.2   | Rezultati raziskav požarnih obtežb glede na vrsto stavb .....                       | 66 |
| 5.2.1 | Stanovanjske stavbe.....                                                            | 66 |
| 5.2.2 | Poslovne stavbe .....                                                               | 70 |
| 5.2.3 | Šole .....                                                                          | 77 |
| 5.2.4 | Bolnišnice .....                                                                    | 79 |
| 5.2.5 | Garažne hiše .....                                                                  | 79 |
| 5.2.6 | Trgovine .....                                                                      | 79 |
| 5.2.7 | Hoteli .....                                                                        | 80 |
| 5.2.8 | Industrijske stavbe .....                                                           | 81 |
| 5.3   | Preglednica priporočenih vrednosti gostot požarnih obtežb v različnih stavbah ..... | 83 |
| 6     | ZAKLJUČEK.....                                                                      | 85 |
| 7     | VIRI .....                                                                          | 86 |

**KAZALO PREGLEDNIC**

|                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Preglednica 1: Izsek iz podatkovne baze vseh dogodkov .....                                                                         | 3  |
| Preglednica 2: Vrste nesreč v bazi podatkov .....                                                                                   | 4  |
| Preglednica 3: Razlaga legende baze in primer dogodka .....                                                                         | 5  |
| Preglednica 4: Primer lažnega alarma .....                                                                                          | 6  |
| Preglednica 5: Občine z največjim deležem lažnih požarnih alarmov .....                                                             | 9  |
| Preglednica 6: Izsek iz baze za primer nestanovanjskih stavb .....                                                                  | 15 |
| Preglednica 7: Izsek iz baze podatkov o številu prebivalcev po občinah [8] .....                                                    | 16 |
| Preglednica 8: Izsek iz baze podatkov o koordinatah obrisa občin [9] .....                                                          | 17 |
| Preglednica 9: Povprečno število požarov po objektih na leto .....                                                                  | 38 |
| Preglednica 10: Povprečno letno število požarov glede na vzroke požarov in vrsto objekta .....                                      | 39 |
| Preglednica 11: Občine z največjim številom požarov .....                                                                           | 42 |
| Preglednica 12: Število požarov na km <sup>2</sup> površine občine .....                                                            | 43 |
| Preglednica 13: Število požarov na 1000 prebivalcev .....                                                                           | 44 |
| Preglednica 14: Število požarov po vrsti objekta v občini Ljubljana v zadnjih 14 letih .....                                        | 45 |
| Preglednica 15: Število požarov po vzrokih v občini Ljubljana v zadnjih 14 letih .....                                              | 45 |
| Preglednica 16: Število požarov po vrsti objekta v občini Kostel v zadnjih 14 letih .....                                           | 46 |
| Preglednica 17: Število požarov po vzrokih v občini Kostel v zadnjih 14 letih .....                                                 | 46 |
| Preglednica 18: Število požarov po vrsti objekta v občini Tolmin v zadnjih 14 letih .....                                           | 47 |
| Preglednica 19: Število požarov po vzrokih v občini Tolmin v zadnjih 14 letih .....                                                 | 47 |
| Preglednica 20: Največje število dimniških požarov na 1000 prebivalcev po občinah .....                                             | 48 |
| Preglednica 21: Celotne kalorične vrednosti gorljivih materialov [15] .....                                                         | 57 |
| Preglednica 22: Gostota požarne obtežbe $q_{f,k}$ [MJ/m <sup>2</sup> ] za različne rabe [1] .....                                   | 58 |
| Preglednica 23: RHR <sub>f</sub> za različne objekte [1] .....                                                                      | 59 |
| Preglednica 24: Hitrost sproščanja toplote nekaterih tekočih in trdnih snovi [15] .....                                             | 59 |
| Preglednica 25: Štiri standarne vrednosti $\alpha_f$ [16] .....                                                                     | 61 |
| Preglednica 26: Stopnja rasti požara za različne nastanitve [1] .....                                                               | 62 |
| Preglednica 27: Rezultati raziskave v Indiji v stanovanjih [18] .....                                                               | 66 |
| Preglednica 28: Gostote požarnih obtežb v različnih sobah [19] .....                                                                | 67 |
| Preglednica 29: Kompozicija požarne obtežbe [19] .....                                                                              | 67 |
| Preglednica 30: Ključne vrednosti za porazdelitev gostote požarne obtežbe v stanovanjih [20] .....                                  | 68 |
| Preglednica 31: Povzetek rezultatov, ki sta ju pridobila avtorja Hietaniemi in Mikkola [20] .....                                   | 68 |
| Preglednica 32: Pomembnejše raziskave gostote požarnih obtežb v stanovanjih [21] .....                                              | 69 |
| Preglednica 33: Pomembnejše raziskave požarne obtežbe v pisarnah .....                                                              | 70 |
| Preglednica 34: Rezultati ankete o gostoti požarne obtežbe v vladnih in zasebnih pisarnah v MJ/m <sup>2</sup> [22] .....            | 70 |
| Preglednica 35: Vpliv uporabe in velikosti prostora na gostoto požarne obtežbe v zasebnih poslovnih stavbah [22] .....              | 71 |
| Preglednica 36: Povzetek podatkov o gostoti požarne obtežbe [MJ/m <sup>2</sup> ] v poslovnih stavbah iz poročila CIB W14 [22] ..... | 72 |

|                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Preglednica 37: Vpliv uporabe prostora na gostoto požarne obtežbe [23].....                                                        | 72 |
| Preglednica 38: Vpliv uporabe in velikosti prostora na gostoto požarne obtežbe [23].....                                           | 73 |
| Preglednica 39: Rezultati raziskave o gostoti požarne obtežbe v pisarnah [22].....                                                 | 74 |
| Preglednica 40: Primerjava gostot požarnih obtežb pridobljenih po različnih metodah [MJ/m <sup>2</sup> ] [22] .....                | 74 |
| Preglednica 41: Podatki raziskave o gostoti požarne obtežbe v sodobnih visokih poslovnih stavbah [21] .....                        | 75 |
| Preglednica 42: Priporočene vrednosti gostote požarne obtežbe [MJ/m <sup>2</sup> ] po EC1 [22] .....                               | 75 |
| Preglednica 43: Priporočene vrednosti gostote požarne obtežbe [MJ/m <sup>2</sup> ] po NFPA 577 [22]75                              |    |
| Preglednica 44: Pomembnejše raziskave gostote požarnih obtežb v poslovnih stavbah [21]76                                           |    |
| Preglednica 45: Rezultati raziskave v osnovnih in srednjih šolah v Kanadi [24] .....                                               | 77 |
| Preglednica 46: Gostote požarnih obtežb v različnih učilnicah v šoli Sardar Petel v Indiji [25] 78                                 |    |
| Preglednica 47: Gostote požarnih obtežb [MJ/m <sup>2</sup> ] v Tehnološkem inštitutu Cork [26] .....                               | 78 |
| Preglednica 48: Gostote požarne obtežbe v sobah v bolnišnicah.....                                                                 | 79 |
| Preglednica 49: Priporočene vrednosti gostot požarnih obtežb za garažne hiše [30] .....                                            | 79 |
| Preglednica 50: Gostota požarne obtežbe [MJ/m <sup>2</sup> ] v trgovinah .....                                                     | 79 |
| Preglednica 51: Povprečne vrednosti gostote požarne obtežbe v trgovinah - švicarska raziskava, CIB W14 (1986) [32] .....           | 80 |
| Preglednica 52: Gostote požarnih obtežb v hotelih [MJ/m <sup>2</sup> ] - raziskava PNISI [29] .....                                | 80 |
| Preglednica 53: Rezultati pomembnejših raziskav gostote požarne obtežbe v hotelih .....                                            | 81 |
| Preglednica 54: Gostota požarne obtežbe v proizvodnjah različnih industrijskih objektov – raziskava ETH in VFK [29] .....          | 81 |
| Preglednica 55: Gostote požarne obtežbe v industrijskih objektih v proizvodnji - raziskava avtorjev Roberstson in Gross [27] ..... | 82 |
| Preglednica 56: Gostota požarne obtežbe v skladiščih različnih industrijskih objektov [27] ..                                      | 82 |
| Preglednica 57: Primerjava naših rezultatov z rezultati iz standarda .....                                                         | 83 |
| Preglednica 58: Priporočene vrednosti za izbiro požarne obtežbe v različnih objektih .....                                         | 84 |

**KAZALO SLIK**

|                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1: Število dogodkov v bazi.....                                                                                                     | 8  |
| Slika 2: Število požarov glede na vzroke za nastanek.....                                                                                 | 10 |
| Slika 3: Shema podatkov, uporabljenih pri statistiki požarov .....                                                                        | 18 |
| Slika 4: Število požarov po letih .....                                                                                                   | 19 |
| Slika 5: Število dimniških požarov po letih.....                                                                                          | 20 |
| Slika 6: Število požarov iz neznanega vzroka po letih.....                                                                                | 20 |
| Slika 7: Število požarov zaradi kuhanja po letih .....                                                                                    | 21 |
| Slika 8: Število požarov zaradi nepazljivega ravnanja in vžiga lahkovnetljivih snovi, tekočin,<br>plinov po letih.....                    | 22 |
| Slika 9: Povprečno število požarov po mesecih .....                                                                                       | 23 |
| Slika 10: Povprečno število dimniških požarov po mesecih.....                                                                             | 24 |
| Slika 11: Povprečno število požarov po mesecih brez upoštevanja dimniških požarov .....                                                   | 24 |
| Slika 12: Povprečno število požarov zaradi nepazljivosti pri ravnanju in vžiga lahko vnetljivih<br>snovi, tekočin, plinov po mesecih..... | 25 |
| Slika 13: Povprečno število požarov iz neznanega vzroka po mesecih .....                                                                  | 26 |
| Slika 14: Povprečno število požarov zaradi strele po mesecih .....                                                                        | 26 |
| Slika 15: Povprečno število požarov zaradi kuhanja po mesecih .....                                                                       | 27 |
| Slika 16: Povprečno število požarov zaradi okvare, poškodbe naprav, strojev, motorjev po<br>mesecih .....                                 | 27 |
| Slika 17: Število požarov po dnevih v mesecu .....                                                                                        | 28 |
| Slika 18: Število požarov po dnevih v tednu .....                                                                                         | 29 |
| Slika 19: Požari zaradi vzdrževalnih del po dnevih v tednu .....                                                                          | 29 |
| Slika 20: Število požarov po urah.....                                                                                                    | 30 |
| Slika 21: Število dimniških požarov po urah .....                                                                                         | 31 |
| Slika 22: Število požarov zaradi kuhanja po urah.....                                                                                     | 31 |
| Slika 23: Število požarov zaradi nepazljivosti pri ravnanju in vžiga lahkovnetljivih snovi,<br>tekočin, plinov po urah .....              | 32 |
| Slika 24: Število požarov iz neznanega vzroka po urah .....                                                                               | 32 |
| Slika 25: Požari zaradi okvare, poškodbe naprav, strojev, motorjev po urah.....                                                           | 33 |
| Slika 26: Število požarov zaradi strele po urah.....                                                                                      | 33 |
| Slika 27: Število požarov zaradi vzdrževalnih del po urah.....                                                                            | 34 |
| Slika 28: Število dimniških požarov v času kurilne sezone po mesecih .....                                                                | 35 |
| Slika 29: Upoštevane glavne meteorološke postaje [10] .....                                                                               | 36 |
| Slika 30: Povprečno število mrzlih dni v mescu ( $\text{Min } T < -10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).....                                     | 37 |
| Slika 31: Povprečno število ledenih dni v mescu ( $\text{Max } T < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).....                                      | 37 |
| Slika 32: Povprečno število požarov po občinah .....                                                                                      | 41 |
| Slika 33: Delitev občin na 5 razredov glede na povprečno število požarov na leto .....                                                    | 41 |
| Slika 34: Grafični prikaz občin po številu požarov .....                                                                                  | 42 |
| Slika 35: Grafični prikaz števila požarov po občinah glede na $\text{km}^2$ površine.....                                                 | 43 |
| Slika 36: Grafični prikaz števila požarov po občinah glede na število prebivalcev .....                                                   | 44 |

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 37: Grafični prikaz požarov v Ljubljani v zadnjih 14 letih ..... | 46 |
| Slika 38: Grafični prikaz požarov v Tolminu v zadnjih 14 letih .....   | 47 |
| Slika 43: Požarni trikotnih [13].....                                  | 50 |
| Slika 44: Časovni potek tipičnega požara v objektu [12].....           | 50 |
| Slika 41: Požarne krivulje po EN 1991-1-2 [1].....                     | 55 |
| Slika 42: Primer parametrične požarne krivulje [14] .....              | 55 |
| Slika 43: Primer krivulje HRR [14] .....                               | 56 |
| Slika 44: t-kvadratne požarne krivulje.....                            | 61 |
| Slika 45: Vpliv $t_a$ na HRR krivuljo [14].....                        | 61 |

## LIST OF TABLES

|                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Table 1: An excerpt from the database of all events .....                                                        | 3  |
| Table 2: Types of accidents in database .....                                                                    | 4  |
| Table 3: Explanation of the database legend with an example .....                                                | 5  |
| Table 4: An example of a false alarm .....                                                                       | 6  |
| Table 5: Municipalities with the largest share of false fire alarms .....                                        | 9  |
| Table 6: Excerpt from the database of non-residential buildings .....                                            | 15 |
| Table 7: Excerpt from the database of the number of inhabitants per municipality [8] .....                       | 16 |
| Table 8: Excerpt from the database of coordinates outlining the municipalities [9] .....                         | 17 |
| Table 9: Average annual number of fires in buildings .....                                                       | 38 |
| Table 10: Average annual number of fire for different causes of fire by type of building .....                   | 39 |
| Table 11: Municipalities with the highest number of fires .....                                                  | 42 |
| Table 12: Number of fires per km <sup>2</sup> area of the municipality .....                                     | 43 |
| Table 13: Number of fires per 1000 inhabitants .....                                                             | 44 |
| Table 14: Number of fires by type of building in the municipality of Ljubljana over the last 14 years .....      | 45 |
| Table 15: Number of fires by causes in the municipality of Ljubljana in the last 14 years .....                  | 45 |
| Table 16: Number of fires by type of building in the municipality of Kostel over the last 14 years .....         | 46 |
| Table 17: Number of fires by causes in the municipality of Kostel in the last 14 years .....                     | 46 |
| Table 18: Number of fires by type of building in the municipality of Tolmin over the last 14 years .....         | 47 |
| Table 19: Number of fires by causes in the municipality of Tolmin in the last 14 years .....                     | 47 |
| Table 20: The greatest number of chimney fires per 1000 inhabitants by municipalities .....                      | 48 |
| Table 21: Complete Heat of Combustion Values of Typical Fuels [15] .....                                         | 57 |
| Table 22: Fire densities $q_{f,k}$ [MJ/m <sup>2</sup> ] for different occupancies [1] .....                      | 58 |
| Table 23: RHR <sub>f</sub> for Different Occupancies [1] .....                                                   | 59 |
| Table 24: Rates of burning for some liquid and solid fuels [15] .....                                            | 59 |
| Table 25: The four standard fire growth coefficients [16] .....                                                  | 61 |
| Table 26: Fire growth rate for different occupancies [1] .....                                                   | 62 |
| Table 27: Results of survey in India in dwellings [18] .....                                                     | 66 |
| Table 28: Fire Load Densities for Various Rooms [19] .....                                                       | 67 |
| Table 29: Composition of the Fire Load [19] .....                                                                | 67 |
| Table 30: Key figures of fire load density distributions in dwellings [20] .....                                 | 68 |
| Table 31: Summary of the results obtained by the authors Hietaniemi in Mikkola [20] .....                        | 68 |
| Table 32: Important fire load density surveys in dwellings [21] .....                                            | 69 |
| Table 33: Important surveys for determining fire loads in offices .....                                          | 70 |
| Table 34: Results of fire load density survey for government and private offices in MJ/m <sup>2</sup> [22] ..... | 70 |
| Table 35: Influence of room use and size on fire load density for private office buildings [22] .....            | 71 |

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Table 36: Summary of fire load density data [ $\text{MJ/m}^2$ ] in office buildings from the CIB W14 workshop [22] .....       | 72 |
| Table 37: Influence of room use on fire load density [23] .....                                                                | 72 |
| Table 38: Influence of room use and size on fire load density [23] .....                                                       | 73 |
| Table 39: Results of fire load density survey for offices [22] .....                                                           | 74 |
| Table 40: Comparison of fire load density by different survey methods [ $\text{MJ/m}^2$ ] [22] .....                           | 74 |
| Table 41: Survey Data of Fire Load Density in Modern High-Rise Office Buildings [21] .....                                     | 75 |
| Table 42: Recommended values of fire load densities [ $\text{MJ/m}^2$ ] according to EC1 [22] .....                            | 75 |
| Table 43: Recommended values of fire load densities [ $\text{MJ/m}^2$ ] according to NFPA 557 [22] .....                       | 75 |
| Table 44: Important fire load density surveys in office buildings [21] .....                                                   | 76 |
| Table 45: Results of a survey in primary and secondary schools in Canada [24] .....                                            | 77 |
| Table 46: Density of fire loads in different classrooms at Sardar Petel School in India [25] ..                                | 78 |
| Table 47: Density of fire loads [ $\text{MJ/m}^2$ ] at Cork Institute of Technology [26] .....                                 | 78 |
| Table 48: Fire load densities in hospital rooms .....                                                                          | 79 |
| Table 49: Recommended fire load densities for car parking buildings [30] .....                                                 | 79 |
| Table 50: Fire load densities [ $\text{MJ/m}^2$ ] in stores .....                                                              | 79 |
| Table 51: Mean fire load densities in different stores - Swiss Data, CIB W14 (1986) [32] .....                                 | 80 |
| Table 52: Fire load densities in hotels [ $\text{MJ/m}^2$ ] - PNISI survey [29] .....                                          | 80 |
| Table 53: Results of important fire load density surveys in hotels .....                                                       | 81 |
| Table 54: Fire load densities for different industrial buildings – ETH and VFK survey [29] ...                                 | 81 |
| Table 55: Fire load densities for different industrial buildings in manufacture sector – Roberston and Gross survey [27] ..... | 82 |
| Table 56: Fire load densities for different warehouses in industrial buildings [27] .....                                      | 82 |
| Table 57: Comparison of our results with those of the standard .....                                                           | 83 |
| Table 58: Recommended fire load density values for different type of occupancies .....                                         | 84 |



## LIST OF FIGURES

|                                                                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1: Number of events in the database .....                                                                                           | 8  |
| Figure 2: Number of fires according to causes of the occurrence.....                                                                       | 10 |
| Figure 3: Diagram of data used in the fire statistics.....                                                                                 | 18 |
| Figure 4: Number of fires per year .....                                                                                                   | 19 |
| Figure 5: Number of chimney fires per year .....                                                                                           | 20 |
| Figure 6: Number of fires of unknown cause per year.....                                                                                   | 20 |
| Figure 7: Number of fires caused by cooking per year .....                                                                                 | 21 |
| Figure 8: Number of fires caused by careless handling and the ignition of flammable<br>substances, liquids, gases per year .....           | 22 |
| Figure 9: Average number of fires per month.....                                                                                           | 23 |
| Figure 10: Average number of chimney fires per month.....                                                                                  | 24 |
| Figure 11: Average number of fires per month without chimney fires .....                                                                   | 24 |
| Figure 12: Average number of fires caused by careless handling and the ignition of<br>flammable substances, liquids, gases per month ..... | 25 |
| Figure 13: Average number of fires of unknown cause per month.....                                                                         | 26 |
| Figure 14: Average number of fires due to lightning per month .....                                                                        | 26 |
| Figure 15: Average number of fires caused by cooking per month.....                                                                        | 27 |
| Figure 16: Average number of fires due to malfunction, damage of appliances, machineries,<br>engines per month .....                       | 27 |
| Figure 17: Number of fires per day of the month .....                                                                                      | 28 |
| Figure 18: Number of fires per day of the week.....                                                                                        | 29 |
| Figure 19: Number of fires due to maintenance work by day of the week.....                                                                 | 29 |
| Figure 20: Number of fires per hour .....                                                                                                  | 30 |
| Figure 21: Number of chimney fires per hour .....                                                                                          | 31 |
| Figure 22: Number of fires caused by cooking per hour .....                                                                                | 31 |
| Figure 23: Number of fires caused by careless handling and the ignition of flammable<br>substances, liquids, gases per hour .....          | 32 |
| Figure 24: Number of fires of unknown cause per hour.....                                                                                  | 32 |
| Figure 25: Number of fires due to malfunction, damage of appliances, machineries, engines<br>per hour .....                                | 33 |
| Figure 26: Number of fires due to lightning per month.....                                                                                 | 33 |
| Figure 27: Number of fires due to maintenance work per hour .....                                                                          | 34 |
| Figure 28: Number of chimney fires during the heating season per month.....                                                                | 35 |
| Figure 29: Major used meteorological stations [10] .....                                                                                   | 36 |
| Figure 30: Average number of cold days in the month ( $\text{Min } T < -10^{\circ} \text{C}$ ).....                                        | 37 |
| Figure 31: Average number of icy days in the month ( $\text{Min } T < 0^{\circ} \text{C}$ ) .....                                          | 37 |
| Figure 32: Average number of fires per municipality .....                                                                                  | 41 |
| Figure 33: Division of municipalities into 5 classes according to the average number of fires<br>per year .....                            | 41 |
| Figure 34: Graphical presentation of municipalities per number of fires .....                                                              | 42 |

|                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 35: Graphical representation of the number of fires per municipality per km <sup>2</sup> area ....                | 43 |
| Figure 36: Graphical representation of the number of fires per municipality according to the number of inhabitants ..... | 44 |
| Figure 37: Graphic display of fires in Ljubljana over the last 14 years .....                                            | 46 |
| Figure 38: Graphic display of fires in Tolmin over the last 14 years.....                                                | 47 |
| Figure 43: Fire triangle [13] .....                                                                                      | 50 |
| Figure 44: The time development of a typical fire in the building [12] .....                                             | 50 |
| Figure 41: Fire curves by EN 1991-1-2 [1] .....                                                                          | 55 |
| Figure 42: An example of parametric fire curve [14] .....                                                                | 55 |
| Figure 43: An example of HRR curve [14].....                                                                             | 56 |
| Figure 44: The t-squared fire growth curves.....                                                                         | 61 |
| Figure 45: An influence of $t_{\alpha}$ on HRR curve [14].....                                                           | 61 |

## **OKRAJŠAVE IN SIMBOLI**

|          |                                                                                                        |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| URSZR    | Upravi republike Slovenije za zaščito in reševanje                                                     |
| HRR      | Hitrost sproščanja toplote (Heat Release Rate)                                                         |
| HRRPUA   | hitrost sproščanja toplote gorljivih materialov na enoto površine<br>(Heat Release Rate Per Unit Area) |
| St. dev. | Standardna deviacija                                                                                   |

*»Ta stran je namenoma prazna.«*

## 1 UVOD

V Republiki Sloveniji v objektih na leto povprečno zabeležimo približno 1600 požarov. Ta številka sama po sebi ne pokaže jasne slike požarne ogroženosti, podrobnejša statistika požarov pa še ni bila opravljena. Prav zato smo se odločili v okvirju te magistrske naloge podrobno analizirati in klasificirati zabeležene požare v zadnjih štirinajstih letih ter na podlagi novo pridobljenih podatkov prikazati natančnejše stanje požarne ogroženosti objektov v Sloveniji.

Predvidevamo, da je požarna ogroženost objektov predvsem odvisna od tipa stavbe, torej od tega, zakaj in kako se prostore v objektu uporablja, čemu so prostori namenjeni. Prav tako smo mnenja, da obstaja povezava med letnim časom in stopnjo požarne ogroženosti, mislimo, da je ta najvišja v zimskih mesecih, saj so takrat v Sloveniji temperature najnižje in nastopi kurilna sezona.

Kot vemo je požar zelo nepredvidljiv in uničujoč dejavnik, ki vedno zahteva svoj davek, pa naj bo to v materialni škodi ali pa huje, s poškodbami vpletenih. Obnašanje ognja je zelo težko predvideti, kadar je vir vžiga znan, še težje pa, kadar moramo pri projektiranju upoštevati hipotetične scenarije, zato da preprečimo najhujše posledice. Pri projektiranju se tako upiramo na statistične podatke pridobljene iz dosedanjih raziskav in na podlagi le tega sklepamo, kolikšna naj bi bila požarna obtežba v določenem prostoru, določeni stavbi.

Cilj magistrske naloge je narediti pregled požarov po Sloveniji v zadnjih štirinajstih letih ter tako dobiti bolj jasno sliko požarne ogroženosti naše države. Ugotoviti želimo, katerih požarov je v Sloveniji največ, kateri meseci v letu so požarno bolj ogroženi, kdaj v dnevu je največja možnost požara, v katerih objektih prihaja do največjega števila požarov ter katere občine so najbolj požarno ogrožene. Vse to lahko pripomore k bolj učinkovitemu organiziranju slovenskih gasilcev. Cilj je tudi na podlagi študij, opravljenih zadnjih 50 let, izdelati priročno preglednico, kjer bodo predstavljene priporočene vrednosti gostot požarnih obtežb, za tiste tipe stavb, za katere bomo v prvem delu naloge ugotovili, da so v Sloveniji najbolj požarno ogrožene. V standardu SIST EN 1991-1-2 [1] sicer lahko zasledimo nekaj podatkov o požarni obtežbi v stavbah v odvisnosti od namembnosti prostora, vendar ti podatki zajemajo le nekaj namembnosti in so za splošno prakso pomanjkljivi. Izpopolnjena preglednica požarnih obtežb bi služila kot smernica in pomoč projektantom pri projektiranju požarnih scenarijev, predvsem za tiste stavbe in prostore, za katere podatkov o požarni obtežbi še ni oziroma v standardu SIST EN 1991-1-2 [1] niso zajete.

## 2 BAZA PODATKOV

### 2.1 Pridobitev baze iz Uprave republike Slovenije za zaščito in reševanje

Naša prva naloga je bila pridobiti bazo podatkov, ki vsebuje informacije o požarih v Sloveniji. Podatke smo dobili na Upravi republike Slovenije za zaščito in reševanje (URSZR), saj je to edina pristojna služba v Sloveniji, ki hrani te podatke.

URSZR opravlja upravne in strokovne naloge organiziranja, priprav in izvajanja varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami in je organ v sestavi Ministrstva za obrambo. Ministrstvo za obrambo ima tudi nalogo izvajalca oziroma koordinatorja upravno strokovnih nalog v sistemu varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami, v katerega so vključena tudi druga pristojna ministrstva [2].

Naloge URSZR [2]:

- izdelava predlog razvojnih in raziskovalnih projektov varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami vključno z varstvom pred požarom in varstvom pred utopitvijo;
- izdelava predlog nacionalnega programa in načrta varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami vključno z varstvom pred požarom in varstvom pred utopitvijo;
- skrb za organiziranje in delovanje sistema obveščanja, opazovanja in alarmiranja;
- skrb za načrtovanje, izgradnjo, delovanje in vzdrževanje enotnega informacijsko komunikacijskega sistema na področju varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami ter določanje tehničnih pogojev za vključevanje drugih sistemov v ta sistem;
- izdelava ocene ogroženosti in druge strokovne podlage za načrtovanje zaščite, reševanja in pomoči ter usmerjanje in usklajevanje ukrepov za preprečevanje ter zmanjševanje posledic naravnih in drugih nesreč v sodelovanju z drugimi ministrstvi;
- izdelava državnih načrtov zaščite in reševanja v sodelovanju z ministrstvi in vladnimi službami;
- spremljanje in razglaševanje nevarnosti naravnih in drugih nesreč ter podajanje napotkov za ravnanje in izvajanje osebne in vzajemne zaščite;
- organiziranje, opremljanje in usposabljanje državne enote in službe Civilne zaščite ter druge sile za zaščito, reševanje in pomoč ter zagotavljanje pogojev za delo poveljnika Štaba Civilne zaščite Republike Slovenije ter državne in regijske komisije za oceno škode;
- spremljanje in usklajevanje organizacije Civilne zaščite ter drugih sil za zaščito, reševanje in pomoč;
- priprava programov in organiziranje ter izvajanje izobraževanj in usposabljanj za zaščito, reševanje in pomoč;
- skrb za tipizacijo sredstev za zaščito, reševanje in pomoč;
- oblikovanje in vzdrževanje državne rezerve materialnih sredstev za primer naravnih in drugih nesreč;

- podajanje smernic in mnenj s področja varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami in varstva pred požarom v postopku priprave prostorskih aktov;
- izvajanje upravnih postopkov in opravljanje nalog, povezanih z organizacijo, načrtovanjem, delovanjem in razvojem dejavnosti varstva pred požarom in varstva pred utopitvami;
- opravljanje nalog in koordiniranje dela pri programiranju in načrtovanju varstva pred požarom;
- izvajanje posebnih ukrepov, ko je razglašena povečana požarna ogroženost;
- organiziranje in skrb za usposabljanje iz varstva pred požarom za prebivalce in strokovno javnost [2].

Stopili smo v kontakt s pristojno osebo, zaposleno na URSZR-ju ter se najavili na osebni obisk, kjer smo prejeli bazo podatkov. Bazo smo prejeli v obliki Excelove datoteke, ki vključuje vse dogodke naravnih in drugih nesreč v Sloveniji, od vključno leta 2005 do vključno leta 2018. Izsek baze je prikazan v preglednici 1.

Preglednica 1: Izsek iz podatkovne baze vseh dogodkov

Table 1: An excerpt from the database of all events

| PKID | Leto | NastanekDatumCas | SkupinaID | Skupina dogodka                                |
|------|------|------------------|-----------|------------------------------------------------|
| 25   | 2005 | 1.01.2005 00:07  | 40100     | Požari v objektih                              |
| 26   | 2005 | 1.01.2005 00:56  | 40100     | Požari v objektih                              |
| 27   | 2005 | 1.01.2005 00:09  | 40300     | Požari v naravi oziroma na prostem             |
| 28   | 2005 | 1.01.2005 00:49  | 40300     | Požari v naravi oziroma na prostem             |
| 29   | 2005 | 1.01.2005 00:31  | 40300     | Požari v naravi oziroma na prostem             |
| 30   | 2005 | 1.01.2005 01:42  | 40300     | Požari v naravi oziroma na prostem             |
| 31   | 2005 | 1.01.2005 03:30  | 40400     | Požari v komunalnih in drugih zabojnikih       |
| 32   | 2005 | 1.01.2005 05:51  | 30100     | Nesreče v cestnem prometu                      |
| 33   | 2005 | 1.01.2005 08:31  | 80100     | Tehnična in druga pomoč                        |
| 34   | 2005 | 1.01.2005 09:59  | 70200     | Nenačrtne motnje, omejitve, prekinitve, oskrbe |
| 36   | 2005 | 1.01.2005 09:36  | 40100     | Požari v objektih                              |
| 38   | 2005 | 1.01.2005 10:32  | 80100     | Tehnična in druga pomoč                        |
| 39   | 2005 | 1.01.2005 13:49  | 40300     | Požari v naravi oziroma na prostem             |
| 40   | 2005 | 1.01.2005 14:34  | 40300     | Požari v naravi oziroma na prostem             |
| 41   | 2005 | 1.01.2005 17:17  | 50100     | Sproščanja nevarnih plinov                     |
| 42   | 2005 | 1.01.2005 16:48  | 80100     | Tehnična in druga pomoč                        |
| 45   | 2005 | 1.01.2005 00:00  | 40100     | Požari v objektih                              |
| 46   | 2005 | 1.01.2005 18:42  | 50200     | Nesreče z nevarnimi snovmi                     |
| 47   | 2005 | 2.01.2005 02:57  | 40100     | Požari v objektih                              |
| 48   | 2005 | 2.01.2005 06:21  | 70200     | Nenačrtne motnje, omejitve, prekinitve, oskrbe |
| 49   | 2005 | 1.01.2005 21:14  | 80100     | Tehnična in druga pomoč                        |
| 50   | 2005 | 2.01.2005 12:01  | 30100     | Nesreče v cestnem prometu                      |
| 51   | 2005 | 2.01.2005 11:44  | 40200     | Požari na prometnih sredstvih                  |
| 52   | 2005 | 2.01.2005 14:30  | 80100     | Tehnična in druga pomoč                        |
| 54   | 2005 | 2.01.2005 12:57  | 40100     | Požari v objektih                              |

## 2.2 Opis baze podatkov

Baza podatkov vsebuje 45 stolpcev in 220392 vrstic. Prva vrstica je legenda, vrstice, ki ji sledijo so vnešene nesreče, razvrščene glede na datum vnosa od najstarejše (vrstica 2 – 01.01.2005 ob 00:07 uri) do najnovejše (vrstica 220392 – 13.01.2019 ob 22:14 uri). V preglednici 2 so zbrane vse vrste nesreč, ki se pojavljajo v bazi podatkov. Podrobnejši opis vseh informacij, ki jih najdemo v bazi je prikazan na preglednici 3, kjer so tudi razloženi posamezni sklopi.

Preglednica 2: Vrste nesreč v bazi podatkov

Table 2: Types of accidents in database

| SkupinaID | Skupina dogodka                                               |
|-----------|---------------------------------------------------------------|
| 40100     | Požari v objektih                                             |
| 40300     | Požari v naravi oziroma na prostem                            |
| 40400     | Požari v komunalnih in drugih zabojskih                       |
| 30100     | Nesreče v cestnem prometu                                     |
| 80100     | Tehnična in druga pomoč                                       |
| 70200     | Nenačrtne motnje, omejitve, prekinitve, oskrbe                |
| 50100     | Sproščanja nevarnih plinov                                    |
| 50200     | Nesreče z nevarnimi snovmi                                    |
| 40200     | Požari na prometnih sredstvih                                 |
| 10400     | Plazovi                                                       |
| 70100     | Najdbe neeksplozivnih ubojnih sredstev                        |
| 50300     | Onesnaženja zraka                                             |
| 20900     | Pogrešane osebe, živali in stvari                             |
| 20800     | Nesreče na vodi in v vodi                                     |
| 30200     | Nesreče v železniškem prometu                                 |
| 20100     | Nesreče v gorah                                               |
| 20600     | Reševanja obolelih oseb                                       |
| 20300     | Nesreče pri športnih, rekreativnih in drugih aktivnostih      |
| 10100     | Potresi                                                       |
| 11500     | Prekinitve prometa zaradi naravnih pojavov                    |
| 20500     | Delovne in rudniške nesreče                                   |
| 70300     | Poškodbe, porušitve oziroma samoporušitve objektov            |
| 10800     | Močan veter                                                   |
| 40500     | Eksplodije                                                    |
| 11300     | Hud mrz                                                       |
| 20400     | Nesreče na žičnicah, vzpenjačah                               |
| 10900     | Udari strel                                                   |
| 10500     | Visok sneg                                                    |
| 10300     | Poplave                                                       |
| 20700     | Nesreče v podzemskih jamah in breznic                         |
| 10600     | Toča                                                          |
| 30400     | Nesreče v zračnem prometu                                     |
| 11600     | Epidemije in okužbe ljudi, živali in rastlin                  |
| 11200     | Suša                                                          |
| 10200     | Visoko plimovanje morja                                       |
| 30300     | Nesreče v pomorskem prometu                                   |
| 11000     | Žled                                                          |
| 20200     | Ogrožanja ali napad živali na ljudi in stvari                 |
| 60100     | Jedrska ali radiološka nevarnost                              |
| 11100     | Pozeba                                                        |
| 11400     | Huda vročina                                                  |
| 60300     | Teroristični napadi, demonstracije, množične migracije, vojne |



Preglednica 3: Razlaga legende baze in primer dogodka

Table 3: Explanation of the database legend with an example

|    |                   | RAZLAGA                                           | PRIMER                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|-------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | PKID              | Številka nesreče v bazi                           | 200688                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 2  | Leto              | Leto nesreče                                      | 2017                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 3  | NastanekDatumCas  | Točen datum nastanka nesreče                      | 25.06.2017 19:46                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 4  | SkupinalID        | Identifikacijska številka vrste nesreče           | 40100                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5  | Skupina dogodka   | Vrsta nesreče                                     | Požari v objektih                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 6  | DogodekID         | Identifikacijska številka dogodka                 | 40101                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 7  | Dogodek           | Objekt                                            | Stanovanjske stavbe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 8  | Obcina            | Občina, kjer je se je nesreča zgodla              | ZALEC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 9  | Naselje           | Naselje, kjer se je nesreča zgodila               | PETROVČE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 10 | Ulica             | Ulica, kjer je nastala nesreča                    | DOBRIŠA VAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 11 | Hs                | Hišna številka                                    | 53                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 12 | Hd                | Črka za hišno številko                            | E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 13 | Naziv             | Lokacija točno ali približno določena             | Lokacija je točno določena                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 14 | X                 | X koordinata nesreče                              | 514551,2667                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 15 | Y                 | Y koordinata nesreče                              | 122563,4205                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 16 | Opis_PP           | Opis nesreče                                      | Udar strele v hišo, Dobriša vas, ZALEC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 17 | Posledice_PP      | Posledice nesreče                                 | Ni posledic.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 18 | Potek_PP          | Potek nesreče                                     | Ob 19.40 je prišlo do udara strele v anteno stanovanjske hiše na naslovu Dobriša vas, občina ZALEC, zaradi česar je nato zagorela elektro omarica. Posredovali so gasilci PGD Dobriša vas-Petrovče, PGD Drešinja vas in PGD ZALEC, kateri so omarico pogasili ter preprečili širjenje požara, prezračili prostore in obvestili dežurnega električarja. |
| 19 | Potek_PV          | Potek intervencije                                | Po prejemu klica smo opravili izvoz na lokacijo z dvema vozili. Po prihodu na kraj intervencije požara ni bilo, vidne so bile poškodbe od udara strele in rahlo zadimljeni prostori v podstrešju. Hišo smo prezračili z nadtlaknim izpihovalcem in obvestili dežurnega električarja.                                                                   |
| 20 | Posledice_PV      | Posledice nesreče                                 | Uničen del elektro inštalacije in v celoti uničena elektro omarica.                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 21 | Posk_Objekt_Vrsta | Vrsta objekta                                     | Enostanovanjske stavbe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 22 | POSK_Objekt       | Podrobnejša delitev vrste objekta                 | Stanovanje v samostoječi stavbi z enim stanovanjem                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 23 | VrstaPosk_Objekt  | Vrsta poškodbe objekta                            | poškodovan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 24 | Kolicina_Objekt   | Število objektov, na katere je nesreča vplivala   | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 25 | Posk_Vozila       | Vrsta vozila, ki je bilo prizadeto zaradi nesreče |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 26 | VrstaPosk_Vozila  | Vrsta poškodbe vozila                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 27 | Kolicina_Vozila   | Število vozil, na katere je nesreča vplivala      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 28 | Posk_Infra        | Poškodovana infrastruktura                        | Elektroenergetski vodi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 29 | EM_Infra          | Enota mere                                        | kos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 30 | VrstaPosk_Infra   | Vrsta poškodbe                                    | uničen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 31 | Kolicina_Infra    | Količina poškodovane infrastrukture.              | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 32 | LjudjeMrtvi       | Število žrtev nesreč                              | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 33 | LjudjePoskodovani | Število poškodovanih oseb                         | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 34 | LjudjeReševani    | Število rešenih oseb                              | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 35 | Plaz_ime          | Ime plazu                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 36 | Lokacija          | Lokacija plazu                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 37 | NadmorskaVisina   | Nadmorska višina plazu                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 38 | Dolzina           | Dolžina plazu                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 39 | Sirina            | Širina plazu                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 40 | Globina           | Globina plazu                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 41 | Volumen           | Volumen plazu                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 42 | Plaz_X            | Premik plazu po koordinati X                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 43 | PLaz_Y            | Premik plazu po koordinati Y                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 44 | DogodekIDVO       | Identifikacijska številka vremenskih razmer       | 10700                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 45 | Naziv VO          | Vremenske razmere                                 | Neurje 25. 6. 2017                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

## 2.3 Urejanje baze podatkov

Preden smo se lahko lotili obdelave podatkov, je bilo potrebno bazo urediti. Iz izvirne baze smo odstranili podatke o vseh nesrečah, ki za izdelavo te magistrske naloge niso relevantne. Odstranili smo torej vse ostale naravne in druge nesreče ter tako ustvarili novo Excelovo datoteko, ki je vsebovala le požare v objektih.

Ob podrobnejšem pregledu nove baze podatkov smo ugotovili, da je bilo nekaj dogodkov podvojenih, zato smo dvojnike izbrisali.

Nato smo se lotili urejanja vsebinskega dela baze. Vsak požar ima 5 unikatnih opisov, to so Opis\_PP, Posledice\_PP, Potek\_PP, Potek\_PV in Posledice\_PV.

Pri temeljitem pregledu baze smo naleteli na zajetno število dogodkov, pri katerih do požara ni prišlo in je bil v bazo vnesen le lažni alarm. Primer takšnega dogodka je prikazan na izseku iz baze v preglednici 4. Vse tovrstne dogodke smo odstranili iz baze podatkov, saj za nadaljnje analize niso bili uporabni.

Preglednica 4: Primer lažnega alarma

Table 4: An example of a false alarm

|                     |                                                                                                                                       |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Opis_PP</b>      | Gasilci so nam sporočili, da se je vklopil mini tus v izolski bolnišnici.                                                             |
| <b>Posledice_PP</b> | Posledic ni.                                                                                                                          |
| <b>Potek_PP</b>     | Gasilci so po prihodu na kraj dogodka pregledali prostore (strojnico klimatskih naprav)vendar niso ugotovili posebnosti. Lažni alarm. |
| <b>Potek_PV</b>     | Pri poteku intervencije ni bilo opomb.                                                                                                |
| <b>Posledice_PV</b> | Posledic dogodka ni bilo.                                                                                                             |

Obravnavali smo požare zadnjih 14 let in sicer od vključno leta 2005 do vključno leta 2018, zato smo iz baze izbrisali vse dogodke, ki niso znotraj tega časovnega intervala. Tako urejena baza vsebuje 30535 dogodkov

Vzroki posameznih požarov niso bili definirani, zato je bilo potrebno vzrok razbrati iz podanih opisov za vsak požar posebej.

.

### 2.3.1 Lažni alarmi

Kot lažni alarm smo definirali vse dogodke, kjer ni prišlo do dejanskega požara, ampak je bila intervencija na teren poklicana zaradi različnih dogodkov, ki so nakazovali na požar.

Iz baze smo te dogodke izločili, pred tem pa podrobno pregledali. Vzrokov za lažni alarm je bilo več, razdelili smo jih v deset kategorij, in sicer:

1. Izpad električnega toka:

Izpad električnega toka povzroči vklop protipožarnega alarma, kljub temu, da do požara ne pride.

2. Para:

Velika količina pare v prostoru sproži požarni alarm. Najbolj pogosti nastanki pare so:

- kuhanje ali pomivanje posode,
- tuširanje ali nepravilno delovanje sušilnega stroja,
- okvara raznih grelnih naprav ali ventilov,
- posledica proizvodnega procesa.

3. Namerna sprožitev alarma:

O namerni sprožitvi govorimo, ko oseba brez tehtnega razloga aktivira ročni javljalnik požara.

4. Vzdrževalna dela:

Požarni alarm se sproži zaradi vzdrževalnih del.

5. Plini (dim):

Najbolj pogost vzrok sprožitve alarma zaradi plina oziroma dima je nepravilno delovanje dimnika, na primer zamašitev dimniške tuljave. Velikokrat je dim tudi posledica okvare električnih inštalacij ali naprav – pri okvari se naprava močno zadimi, vendar ne zagori. Odvečni dim se pri neprimernem prezračevanju kopiči in sproži alarm.

6. Napaka senzorja:

Zaradi tehnične napake samega senzorja pride do sprožitve alarma.

7. Kuhanje:

Kuhanje je zelo pogost vzrok lažnega alarma. Največkrat se zgodi, da oseba med kuhanjem zaspi, hrana se osmoli in nakopičen dim sproži alarm. Tudi sosede ali mimoidoči zaradi dima, ki se vali iz stanovanja, večkrat pokličejo gasilce. Intervencija poteka tako, da gasilci vdrejo v stanovanje, zbudijo stanovalca, odstavijo hrano iz štedilnika ter prezračijo prostore.

8. Povišanje temperature:

Zaradi povišanja temperature v prostoru, ki je lahko posledica nepravilnega delovanja ali ravnanja z grelnimi napravami, se sproži senzor za požar.

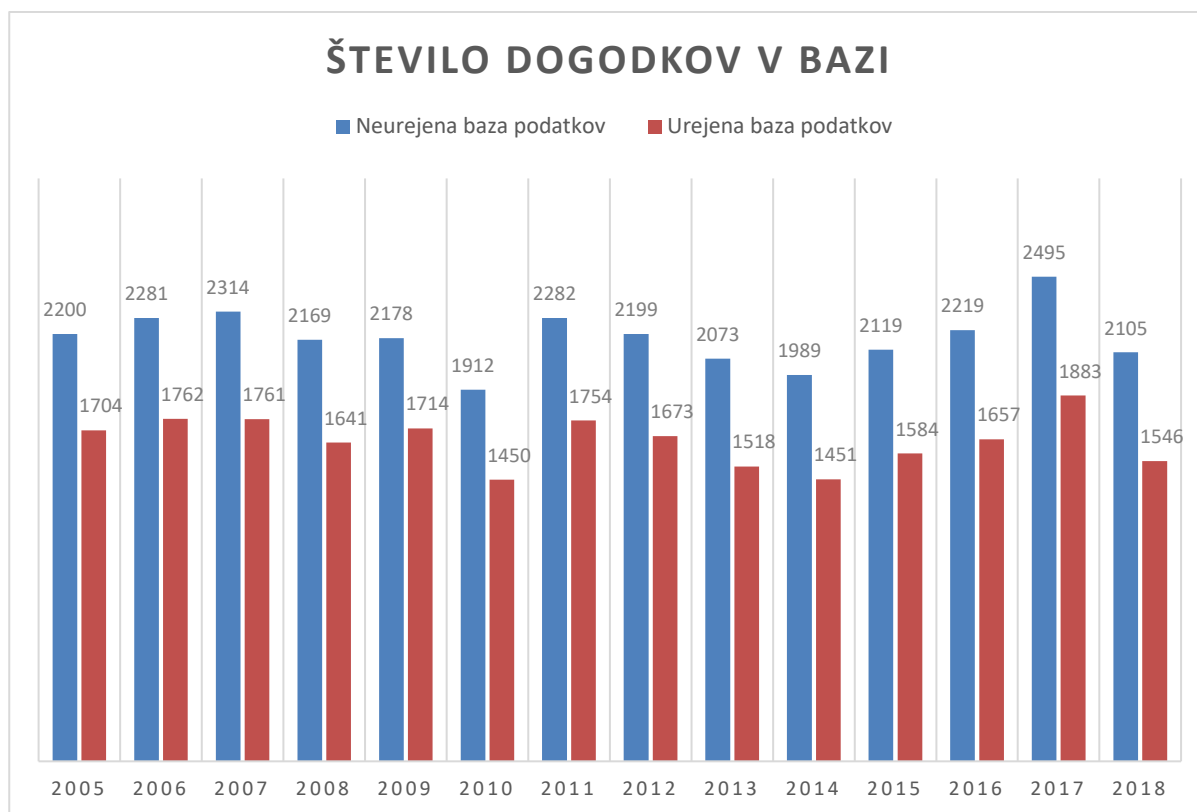
9. Prah:

Zaradi prahu, ki je najpogostejše posledica vzdrževalnih, gradbenih ali čistilnih del, se sproži požarni alarm.

10. Neznani razlogi.

Filtriranja dogodkov v bazi podatkov smo se lotili z iskanjem ključnih besed, na podlagi katerih smo kasneje tudi oblikovali teh deset kategorij. Vse dogodke, ki spadajo v zgornje kategorije smo torej iz baze odstranili.

Tako smo dobili novo bazo, ki vsebuje le dogodke, kjer je do požara dejansko prišlo. Na sliki 1 je prikazana razlika v številu požarov pred in po odstranitvi vseh lažnih alarmov po letih.



Slika 1: Število dogodkov v bazi

Figure 1: Number of events in the database

Povprečno število požarov z vključenimi lažnimi alarmi je 2181 na leto. Od tega je povprečno število lažnih alarmov na leto je 531. Povprečno letno število dejanskih požarov je tako 1650.

V preglednici 5 so izpostavljene občine, v katerih je delež lažnih alarmov, glede na število prijavljenih dogodkov, največji. Na Jesenicah, Velenju, Izoli in Krškem celo opazimo, da število lažnih alarmov presega število dejanskih požarov.

Preglednica 5: Občine z največjim deležem lažnih požarnih alarmov

Table 5: Municipalities with the largest share of false fire alarms

|    | Občina   | Dogodki<br>2005 - 2018 | Dejanski požari | Lažni alarmi | Delež lažnih<br>alarmov [%] |
|----|----------|------------------------|-----------------|--------------|-----------------------------|
| 1  | JESENICE | 940                    | 383             | 557          | 59,26                       |
| 2  | VELENJE  | 748                    | 305             | 443          | 59,22                       |
| 3  | IZOLA    | 376                    | 160             | 216          | 57,45                       |
| 4  | KRSKO    | 1005                   | 479             | 526          | 52,34                       |
| 5  | PREDDVOR | 80                     | 42              | 38           | 47,50                       |
| 6  | KRANJ    | 1218                   | 663             | 555          | 45,57                       |
| 7  | KOPER    | 1094                   | 598             | 496          | 45,34                       |
| 8  | PIRAN    | 514                    | 287             | 227          | 44,16                       |
| 9  | MEZICA   | 71                     | 40              | 31           | 43,66                       |
| 10 | CELJE    | 1034                   | 654             | 380          | 36,75                       |

Na Jesenicah prihaja do lažnih alarmov zaradi velikega števila tovarn, kot so Acroni, Sumida, Bartog, Novalvent. Nekaj lažnih alarmov se je pojavilo tudi na zavodu za šport in v domu za upokojence Dr. Franceta Bergelja. V Velenju je bilo prijavljenih največ lažnih alarmov v večstanovanjskem objektu na Cesti Talcev 12 in v pisarniškem poslovnem objektu, ki se nahaja na Kardeljevem trgu 1. Samo v tem poslovnem objektu je bilo v zadnjih štirinajstih letih zabeleženih 120 lažnih alarmov. Izola se je po prvih analizah izkazala kot požarno zelo ogrožena občina, vendar se je kasneje izkazalo da je bilo več kot 57 % prijavljenih dogodkov lažnih alarmov. Približno 80 % od vseh lažnih alarmov v Izoli je bilo prijavljenih v Splošni bolnišnici Izola. V Krškem je bilo največ lažnih prijav v industrijskem objektu Vipap Krško. Lažnih alarmov je bilo tam v zadnjih štirinajstih letih kar 422. V Preddvoru so se lažni alarmi pojavljali v osnovni šoli Matije Valjevca in v domu starejših občanov. V Kranju so prav tako prejeli veliko število lažnih prijav iz doma upokojencev Kranj, v bazi najdemo kar nekaj lažnih alarmov tudi iz gledališča Kranj in iz lesne proizvodne trgovine Oblč.

Če povzamemo, se lažni alarmi največkrat pojavljajo v večjih objektih, kjer je vsakodnevno prisotno veliko število ljudi. Najpogosteje so to bolnišnice, domi za upokojence, športne dvorane, poslovni objekti, šole in tovarne.

### 2.3.2 Vzroki za nastanek požarov

Zelo obsežen del magistrske naloge je bilo filtriranje in razvrščanje požarov glede na vzroke za njihov nastanek. URSZR namreč ni pristojna služba za podajanje in iskanje vzrokov požarov, zato tega razdelka v bazi podatkov ni. Požare smo morali po kategorijah smiselno razporediti sami. Vzroke smo iskali z analiziranjem opisov posameznih vnosov ter jih združevali glede na podobnost. Pomagali smo si z iskanjem ključnih besed, na podlagi katerih smo oblikovali deset kategorij. Število požarov glede na vzroke za nastanek smo prikazali na sliki 2.

Kategorije vzrokov so:

1. dimniški požar in vžig saj,
2. okvara, poškodba - naprav, strojev, motorjev... (kratek stik),
3. nepazljivost pri ravnanju in vžig lahkovnetljivih snovi, tekočin, plinov,
4. kuhanje,
5. strela, drugi naravni pojavi,
6. vzdrževalna dela (brušenje, varjenje...),
7. neprevidno kajenje, cigaretni ogorek,
8. eksplozija plina, pirotehničnih sredstev,,
9. namerna povzročitev
10. neznano.



Slika 2: Število požarov glede na vzroke za nastanek

Figure 2: Number of fires according to causes of the occurrence

Po opravljeni klasifikaciji smo urejeni bazi podatkov dodali 46. stolpec, v katerem je podan vzrok nastanka požara.

Tako smo dobili končno bazo podatkov, ki vsebuje 46 stolpcev, 23100 vrstic, med katerimi je prva vrstica številka stolpca, druga pa predstavlja legendo. Na podlagi te baze podatkov so opravljene vse naslednje analize. V nadaljevanju na kratko opišemo vse kategorije vzrokov za nastanek požara.

### **2.3.2.1 Dimniški požar in vžig saj**

Najpogostejši vzrok požara v Sloveniji je dimniški požar, le ta predstavlja skoraj 37 % vseh požarov. Vzrokov za požar v dimniku je več, najpogosteje nastane zaradi neustreznega kurjenja, uporabe slabega goriva, zapiranja dovoda zraka, neredno vzdrževane dimovodne naprave in zaradi neustrezno dimenzioniranega dimnika [3]. Pri zgorevanju trdega goriva nastaja dim, katerega sestavni del so saje. To so trdi delci nezgorelega ogljika, pepela in negorljivi delci goriva. Nastajajo pa takrat, kadar imamo premajhen ali pa prevelik dotok zraka ali, če se dimniška tuljava med gorenjem preveč ohlaja. Največ saj nastaja v začetku kurilne sezone, ko imamo nizke temperature kurišča [4]. Pod takimi pogoji se na stenah dimnika kondenzira vodna para in katran. Tako dobimo katranske obloge. Pod določenimi pogoji lahko pride do samovžiga saj in katrana. Pri temperaturi v dimniku, ki lahko naraste tudi do 1300 °C, nastajajo nepopravljive poškodbe na dimniški tuljavi ali opeki. Pri tem pa obstaja nevarnost, da se požar razširi v sam objekt in lahko povzroči katastrofalne posledice [5].

### **2.3.2.2 Okvara, poškodba - naprav, strojev, motorjev.. (kratek stik.)**

V drugo kategorijo vzrokov smo uvrstili vse požare, ki so se zgodili zaradi okvare ali poškodbe naprav, strojev, motorjev itd. Glavni vzroki nastanka požara na elektroenergetskih napravah in inštalacijah so:

- kratek stik, ki nastane kot posledica napake na električnih napravah,
- segrevanje tokovodnikov v električnih inštalacijah zaradi preobremenitve,
- prekomerno segrevanje porabnikov električne energije (žarnice, elektromotorji, transformatorji),
- slaba in dotrajana izolacija vodnikov in drugih naprav,
- slaba izvedba spojev žic na spojnih mestih in kontaktnih stikalih,
- statična elektrika,
- nepravilna izvedba električnih inštalacij,
- nestrokovna uporaba prenosnih toplotnih naprav (peči, likalniki, kuhalniki) [6].

### **2.3.2.3 Nepazljivost pri ravnanju in vžig lahkovnetljivih snovi, tekočin, plinov**

V bazi imamo kar nekaj primerov, ko požar nastane zaradi nepazljivosti pri ravnanju in vžiga lahko vnetljivih snovi, tekočin, plinov. Pogosto gre za nenadzorovano gorenje peči, ki se pregreje in povzroči vžig okolice. Pod to kategorijo najdemo tudi požare, ki nastanejo zaradi prevrnjene sveče. V ta sklop prav tako spadajo požari, pri katerih se vnamejo drva, seno, papir, odpadki, pepel in plin.

### **2.3.2.4 Kuhanje**

V stanovanjih najpogosteje zagori zaradi nepazljivosti in malomarnosti med kuhanjem. Pogosto se zgodi, da oseba med pripravljanjem hrane zapusti kuhinjo in pozabi na prižgan štedilnik ali pa zaspi. Hrana (pogosto olje) se po določenem času vžge, ogenj se razširi naprej po kuhinjskih elementih in lahko zajame tudi celoten prostor.

### **2.3.2.5 Strela, drugi naravni pojavi**

V tej kategoriji smo zajeli požare, ki so nastali zaradi udara strele. Strela najpogosteje povzroča požare na kozolcih ter senikih, kjer se vname seno; v električnih napeljavah, kjer pride zaradi strele do povišane napetosti in v lesenih ostrešjih, kjer zagorijo tramovi.

### **2.3.2.6 Vzdrževalna dela (brušenje, varjenje...)**

Veliko požarov nastane kot posledica vzdrževalnih del, in sicer sta najpogostejša vzroka brušenje in varjenje. Pri obeh opravilih pride do iskrenja in v primeru, da vzdrževalci niso dovolj previdni ter izurjeni, pride do vžiga okoliških elementov.

### **2.3.2.7 Neprevidno kajenje, cigaretni ogorek**

V to kategorijo vzrokov smo uvrstili požare, ki so posledica malomarnega kajenja in neustrezno odvrženega cigaretnega ogorka.

### **2.3.2.8 Eksplozija plina, pirotehničnih sredstev**

Požari nastajajo tudi zaradi eksplozije plina ali drugih pirotehničnih sredstev, kot so petarde, rakete. V nekaj primerih je prišlo tudi do eksplozije v peči.

### **2.3.2.9 Namerna povzročitev**

V Sloveniji imamo tudi nekaj požarov, ki so nastali zaradi namerne povzročitve.

### **2.3.2.10 Neznano**

Zadnja kategorija zajema požare, katerih vzrok je neznan. V bazi je takih požarov približno 29 %. Pod to kategorijo spadajo požari, katerih vzroka na kraju dogodka niso prepoznali ali pa iz opisov v bazi podatkov vzrok ni razviden. Teh požarov zato nismo mogli uvrstiti v nobeno od zgornjih kategorij.



### 2.3.3 Klasifikacija objektov

Dogodke smo razvrstili tudi po vrsti objekta, kjer je požar nastal. V prvotni bazi smo imeli delitev na 6 glavnih skupin objektov:

- stanovanjske stavbe,
- nestanovanjske stavbe,
- drugi gradbeni inženirski objekti,
- cevovodi, komunikacijska omrežja in elektroenergetski vodi,
- objekti transportne infrastrukture,
- kompleksni industrijski objekti.

Naš cilj je bil, da objekte klasificiramo na podlagi tehnične smernice TSG-V-006:2018 [7]. Ker se poimenovanja objektov v prvotni bazi niso skladala z imeni v tehnični smernici, je bilo potrebno skupine drugače poimenovati in klasificirati. Za lažje razumevanje terminologije označb klasifikacije, je potrebno najprej opredeliti pomen števil pred posamezno kategorijo. Če se število pred poimenovanjem kategorije prične z 1, gre za stavbe; če se število prične z 2, pa za gradbene inženirske objekte. Vsako naslednje število objekte bolj natančno razvrsti v določeno podkategorijo. Glede na pravila iz standarda, smo tako objekte na novo razdelili v 5 glavnih skupin:

- 11 Stanovanjske stavbe,
- 12 Nestanovanjske stavbe,
- 21 Objekti prometne infrastrukture,
- 22 Cevovodi, komunikacijska omrežja in elektroenergetski vodi,
- Drugi gradbeni objekti [7].

#### 2.3.3.1 Stanovanjske stavbe (11)

Prva skupina objektov so stanovanjske stavbe, ki jih delimo na 3 podskupine:

- 111 Enostanovanjske stavbe, to so samostojne hiše, vile, počitniške hišice, kmečke hiše in druge podeželske hiše,
- 112 Večstanovanjske stavbe, to so samostojne hiše, vrstne hiše ali dvojčki z dvema ali več stanovanji; bloke, stolpnice in podobno,
- 113 Stanovanjske stavbe za posebne družbene skupine, to so stanovanjske stavbe z oskrbovanimi stanovanji (večstanovanjske stavbe s stanovanji za prebivanje starejših oseb, v katerih je na voljo vsa potrebna oskrba) ter stanovanjske stavbe za druge posebne družbene skupine (domovi za starejše osebe, študentski in dijaški domovi, internati, samostani, sirotišnice in podobno) [7].

### 2.3.3.2 Nestanovanjske stavbe (12)

Nestanovanjske stavbe razvrščamo na 7 podskupin:

- 121 Gostinske stavbe, to so hotelske in podobne stavbe za kratkotrajno nastanitev (hoteli, moteli, penzioni), gostišča, gostilne, restavracije ter točilnice,
- 122 Poslovne in upravne stavbe, to so stavbe javne uprave, stavbe bank, pošt, zavarovalnic, druge poslovne stavbe ter konferenčne in kongresne stavbe,
- 123 Trgovske stavbe in stavbe za storitvene dejavnosti, to so nakupovalni in trgovski centri, veleblagovnice, samostojne prodajalne in butiki, pokrite tržnice, lekarne, pa tudi sejemske dvorane, razstavišča in oskrbne postaje. Pod to skupino prav tako spadajo stavbe storitvene dejavnosti (frizerski, kozmetični saloni, kemične čistilnice, pralnice, fotokopirnice, avtopralnice, avtomehanične delavnice itd.),
- 124 Stavbe za promet in stavbe za izvajanje komunikacij, to so postajna poslopja, terminali, stavbe za izvajanje komunikacij in z njimi povezane stavbe ter garažne stavbe (garaže, pokrita parkirišča, kolesarnice),
- 125 Industrijske in skladiščne stavbe, to so stavbe za proizvodnjo (tovarne, delavnice, klavnice, pivovarne, montažne hale, tiskarne, pekarnice, mizarske in podobne delavnice), stavbe za obdelavo in predelavo odpadkov (kompostarne), stavbe za predelavo kmetijskih proizvodov (sirarne, sušilnice sadja, mlekarnice), rezervoarji, silosi in skladiščne stavbe,
- 126 Stavbe splošnega družbenega pomena, to so stavbe za kulturo in razvedrilo; muzeji, arhivi in knjižnice; stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo; stavbe za zdravstveno oskrbo in stavbe za šport,
- 127 Druge nestanovanjske stavbe, to so nestanovanjske kmetijske stavbe (stavbe za rastlinsko pridelavo, za rejo živali, za skladiščenje pridelkov in stavbe za shranjevanje kmetijskih strojev, orodij in mehanizacije); obredne stavbe (stavbe za opravljanje verskih obredov in pokopališke stavbe), stavbe kulturne dediščine, ki se ne uporabljajo za druge namene ter druge stavbe; ki niso uvrščene drugje (prevzgojni domovi, zapor, vojašnice, gasilski domovi, javne sanitarije in zaklonišča) [7].

Primer izseka iz baze za nestanovanjske stavbe je prikazan v preglednici 6.

Preglednica 6: Izsek iz baze za primer nestanovanjskih stavb

Table 6: Excerpt from the database of non-residential buildings

| 7                        | 21                                     | 22                                        |
|--------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|
| Dogodek                  | Posk_Objekt_Vrsta                      | POSK_Objekt                               |
| 12 Nestanovanjske stavbe | 127 Druge nestanovanjske stavbe        | Prostor za spravilo pridelka              |
| 12 Nestanovanjske stavbe | 121 Gostinske stavbe                   | Restavracija, gostilna                    |
| 12 Nestanovanjske stavbe | 125 Industrijske stavbe in skladišča   | Industrijski del stavbe                   |
| 12 Nestanovanjske stavbe | 127 Druge nestanovanjske stavbe        | Prostor za spravilo pridelka              |
| 12 Nestanovanjske stavbe | 125 Industrijske stavbe in skladišča   | Kontejner                                 |
| 12 Nestanovanjske stavbe | 127 Druge nestanovanjske stavbe        | Skedenj                                   |
| 12 Nestanovanjske stavbe | 125 Industrijske stavbe in skladišča   | Silos za poljske pridelke - razsuti tovor |
| 12 Nestanovanjske stavbe | 122 Poslovne in upravne stavbe         | Podjetje                                  |
| 12 Nestanovanjske stavbe | 127 Druge nestanovanjske stavbe        | Rastlinjak                                |
| 12 Nestanovanjske stavbe | 121 Gostinske stavbe                   | Restavracija, gostilna                    |
| 12 Nestanovanjske stavbe | 127 Druge nestanovanjske stavbe        | Čebelnjak                                 |
| 12 Nestanovanjske stavbe | 126 Stavbe splošnega družbenega pomena | Prostor za zdravstvo                      |
| 12 Nestanovanjske stavbe | 126 Stavbe splošnega družbenega pomena | Klub                                      |
| 12 Nestanovanjske stavbe | 121 Gostinske stavbe                   | Restavracija, gostilna                    |
| 12 Nestanovanjske stavbe | 125 Industrijske stavbe in skladišča   | Kontejner                                 |
| 12 Nestanovanjske stavbe | 127 Druge nestanovanjske stavbe        | Prostor za spravilo pridelka              |
| 12 Nestanovanjske stavbe | Neklasificirane nestanovanjske stavbe  | Gospodarsko poslopje                      |
| 12 Nestanovanjske stavbe | 127 Druge nestanovanjske stavbe        | Hlev                                      |

### 2.3.3.3 Objekti prometne infrastrukture (21)

Pod objekte prometne infrastrukture uvrščamo:

- 211 Ceste, to so avtoceste, hitre ceste, glavne ceste in regionalne ceste; lokalne ceste in javne poti, nekategorizirane ceste in gozdne ceste ter parkirišča,
- 212 Železniške proge, to so glavne, regionalne in mestne železniške proge,
- 213 Letališke steze, to so letališke steze in ploščadi ter letališki radio-navigacijski objekti,
- 214 Mostovi, viadukti, predori in podhodi
- 215 Pristanišča, plovne poti, pregrade in jezovi ter drugi vodni objekti [7].

### 2.3.3.4 Cevovodi, komunikacijska omrežja in elektroenergetski vodi (22)

V grobem to skupino objektov delimo na daljinske (221) in lokalne (222) cevovode, komunikacijska omrežja in elektroenergetske vode. Izpostavili bomo le vrsto objekta, kjer nastajajo požari, in sicer so to lokalni elektroenergetski vodi (22241), kamor spadajo elektroenergetska omrežja nizke in srednje napetosti s pripadajočimi objekti.

### 2.3.3.5 Drugi gradbeni objekti

Pod druge gradbene objekte smo uvrstili vse objekte, ki jih ne moremo klasificirati. To so zapuščeni objekti, lesene lope, barake ter hišice, pri katerih ne poznamo namembnosti.

## 2.4 Druge baze podatkov

Pri izdelavi magistrske naloge smo uporabili še dve drugi podatkovni bazi:

1. Baza s številom prebivalcev po občinah [8],
2. Baza s koordinatami obrisov občin [9]

Prostorske podatke o mejah občin smo pridobili na Geodetski upravi Republike Slovenije, kjer so shranjeni v Registru prostorskih enot.

Ti dve bazi smo potrebovali pri primerjavi požarne ogroženosti občin. Absolutna vrednost števila požarov ni primeren podatek za primerjavo, zato smo določili, kolikšno je število požarov na 1000 prebivalcev občine in kolikšno je število požarov na km<sup>2</sup> površine občine. Tako smo lahko podatke različnih občin med seboj primerjali in ugotovili, katere so požarno bolj ogrožene.

V bazi prebivalstva po občinah in bazi požarov je bilo potrebno urediti imena občin, tako da so v obeh bazah enaka. Imena so napisana z velikimi tiskanimi črkami, brez strešic. V tistih imenih občin, ki vsebujejo več besed, so besede med seboj ločene s podčrtaji. Primer izseka iz baze s številom prebivalcev po občinah je prikazan v preglednici 7.

Preglednica 7: Izsek iz baze podatkov o številu prebivalcev po občinah [8]

Table 7: Excerpt from the database of the number of inhabitants per municipality [8]

| Občina                | Prebivalci |
|-----------------------|------------|
| AJDOVSCINA            | 19154      |
| ANKARAN               | 3216       |
| APACE                 | 3510       |
| BELTINCI              | 8159       |
| BENEDIKT              | 2559       |
| BISTRICA_OB_SOTLI     | 1350       |
| BLED                  | 7835       |
| BLOKE                 | 1529       |
| BOHINJ                | 5103       |
| BOROVNICA             | 4421       |
| BOVEC                 | 3052       |
| BRASLOVCE             | 5528       |
| BRDA                  | 5613       |
| BREZICE               | 24089      |
| BREZOVICA             | 12323      |
| CANKOVA               | 1748       |
| CELJE                 | 49538      |
| CERKLJE_NA_GORENJSKEM | 7608       |
| CERKNICA              | 11502      |
| CERKNO                | 4584       |

Primer izseka iz baze podatkov o koordinatah obrisa občin pa je prikazan v preglednici 8.

Preglednica 8: Izsek iz baze podatkov o koordinatah obrisa občin [9]

Table 8: Excerpt from the database of coordinates outlining the municipalities [9]

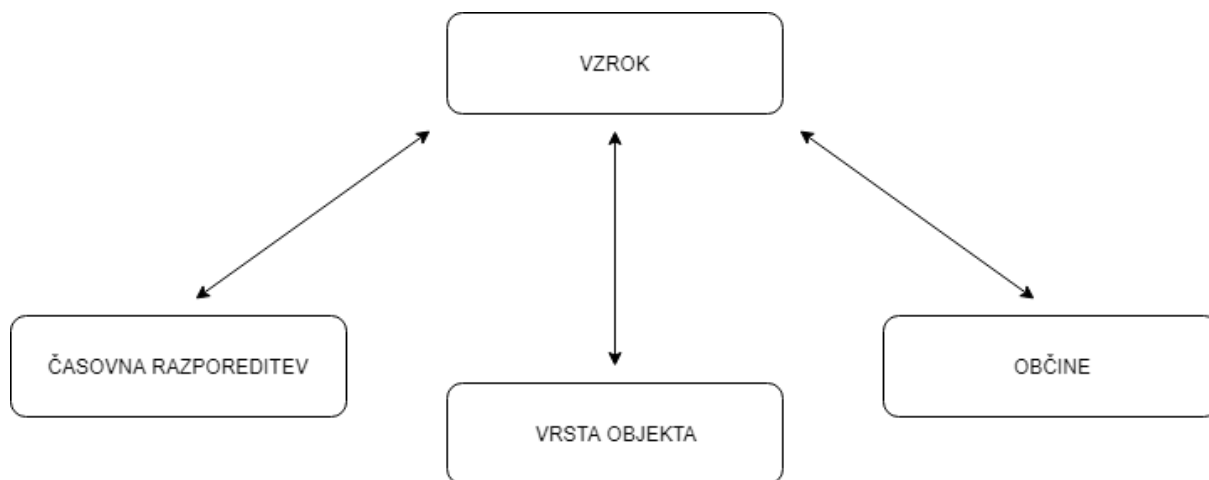
| XCOORD   | YCOORD  | FID | OB MID   | OB ID | OB IME     |
|----------|---------|-----|----------|-------|------------|
| 507778,5 | 75605,5 | 0   | 11027962 | 85    | NOVO_MESTO |
| 507802   | 75582   | 1   | 11027962 | 85    | NOVO_MESTO |
| 507845,5 | 75532   | 2   | 11027962 | 85    | NOVO_MESTO |
| 507926   | 75453   | 3   | 11027962 | 85    | NOVO_MESTO |
| 507978   | 75400,5 | 4   | 11027962 | 85    | NOVO_MESTO |
| 508001,5 | 75397,5 | 5   | 11027962 | 85    | NOVO_MESTO |
| 508050   | 75377,5 | 6   | 11027962 | 85    | NOVO_MESTO |
| 508080   | 75343,5 | 7   | 11027962 | 85    | NOVO_MESTO |
| 508127   | 75297,5 | 8   | 11027962 | 85    | NOVO_MESTO |
| 508151,5 | 75262   | 9   | 11027962 | 85    | NOVO_MESTO |
| 508170,5 | 75231,5 | 10  | 11027962 | 85    | NOVO_MESTO |
| 508220,5 | 75203,5 | 11  | 11027962 | 85    | NOVO_MESTO |
| 508295,5 | 75193   | 12  | 11027962 | 85    | NOVO_MESTO |
| 508326   | 75188   | 13  | 11027962 | 85    | NOVO_MESTO |
| 508351   | 75175   | 14  | 11027962 | 85    | NOVO_MESTO |
| 508412   | 75194,5 | 15  | 11027962 | 85    | NOVO_MESTO |
| 508435,5 | 75195   | 16  | 11027962 | 85    | NOVO_MESTO |

### 3 STATISTIČNA ANALIZA POŽAROV V SLOVENIJI

V tem poglavju smo podrobneje analizirali požare v Sloveniji. Požare smo analizirali glede na 3 glavne kategorije, in sicer:

- čas,
- občina,
- vrsta objekta.

Tri glavne kategorije statistične analize so prikazane na sliki 3.



Slika 3: Shema podatkov, uporabljenih pri statistiki požarov

Figure 3: Diagram of data used in the fire statistics

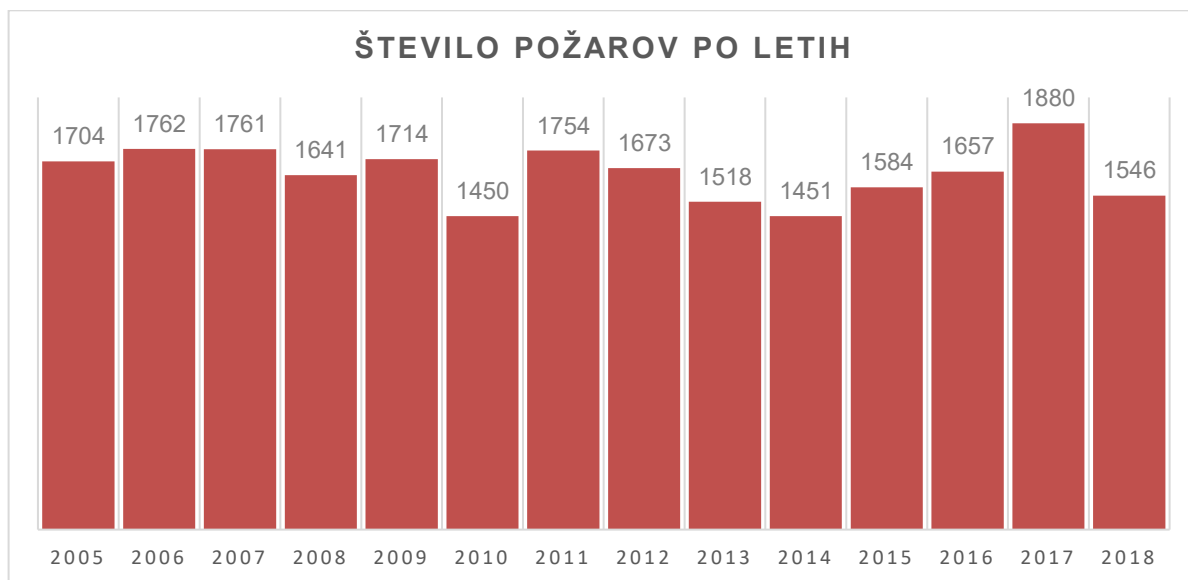
### 3.1 Časovna razporeditev

Pri časovni razporeditvi nas je zanimalo, kako se število požarov spreminja po:

- letih,
- mesecih,
- dnevih v mesecih,
- dnevih v tednu,
- urah.

#### 3.1.1 Število požarov po letih

Pri razporeditvi požarov po letih, ki je prikazana na sliki 4, lahko opazimo, da je razporeditev dokaj enakomerna. Povprečno število požarov v objektih na leto, v obdobju zadnjih 14 let, je 1650. V Sloveniji beležimo največ požarov leta 2017 ter najmanj leta 2010.

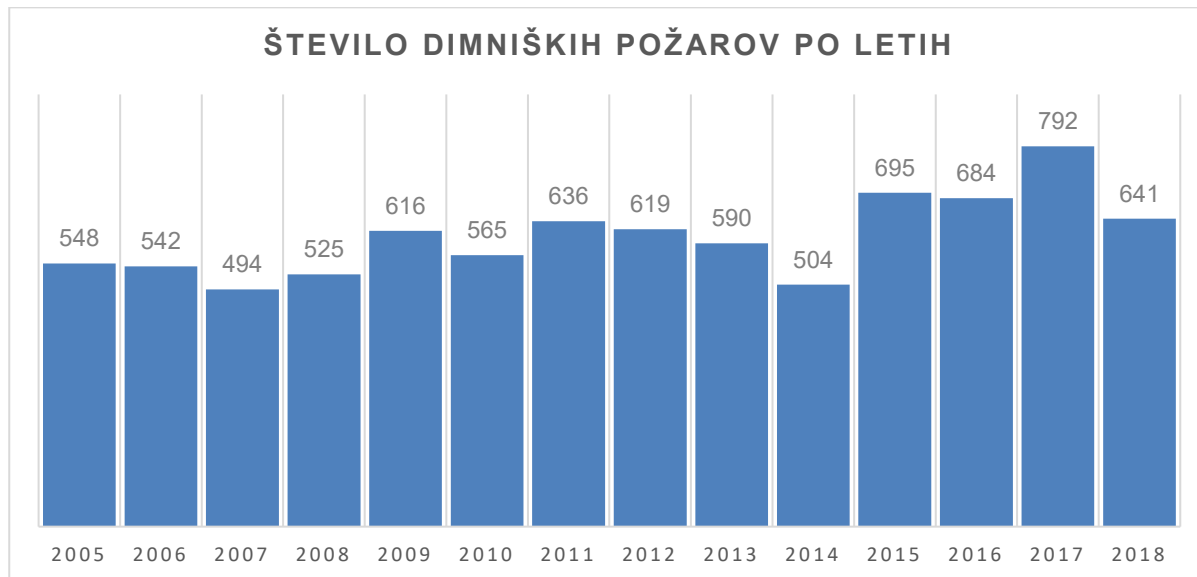


Slika 4: Število požarov po letih

Figure 4: Number of fires per year

Na spodnjih slikah je po letih prikazana sprememba števila dimniških požarov, požarov iz neznanega vzroka, požarov nastalih zaradi kuhanja ter požarov, ki so posledica nepazljivosti pri ravnanju in vžiga lahko vnetljivih snovi, tekočin, plinov.

Pri dimniških požarih je mogoče v zadnjih 4 letih opaziti znatno povečanje. Povprečno letno število dimniških požarov je 604, izstopa pa leto 2017, kjer je nastalo 31 % več požarov od povprečja. Razporeditev števila dimniških požarov po letih je prikazana na sliki 5.



Slika 5: Število dimniških požarov po letih

Figure 5: Number of chimney fires per year

Povprečno število požarov iz neznanega razloga na leto znaša 480 požarov. Leta 2007, 2012 in 2017 je mogoče opaziti 10 % do 15 % več požarov od povprečja. Najmanj požarov je bilo leta 2010. Razporeditev števila požarov iz neznanega razloga po letih je prikazana na sliki 6.

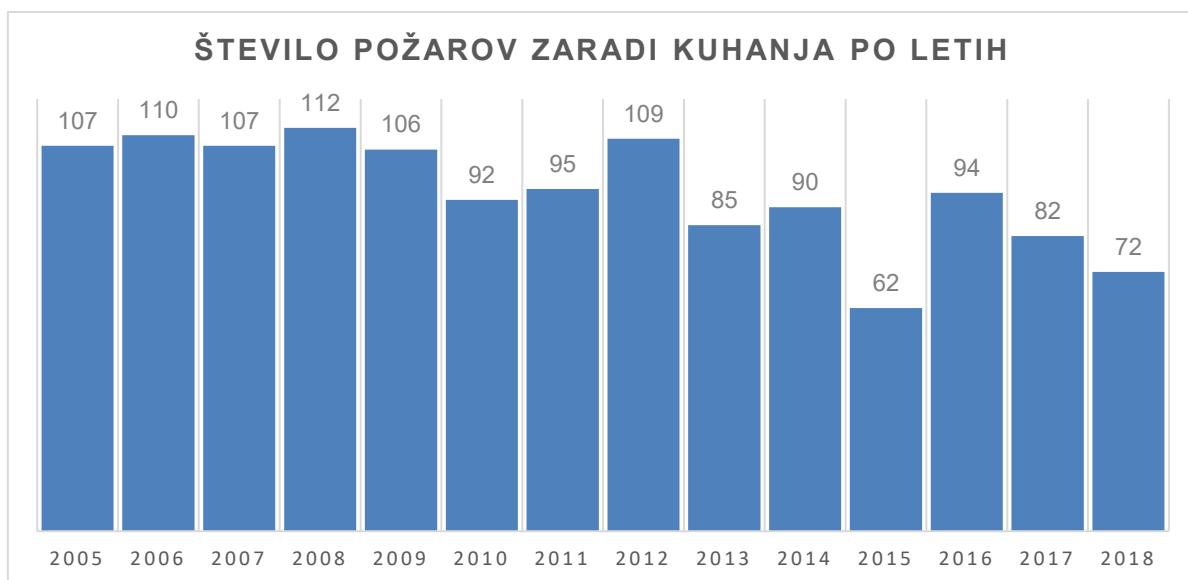


Slika 6: Število požarov iz neznanega vzroka po letih

Figure 6: Number of fires of unknown cause per year



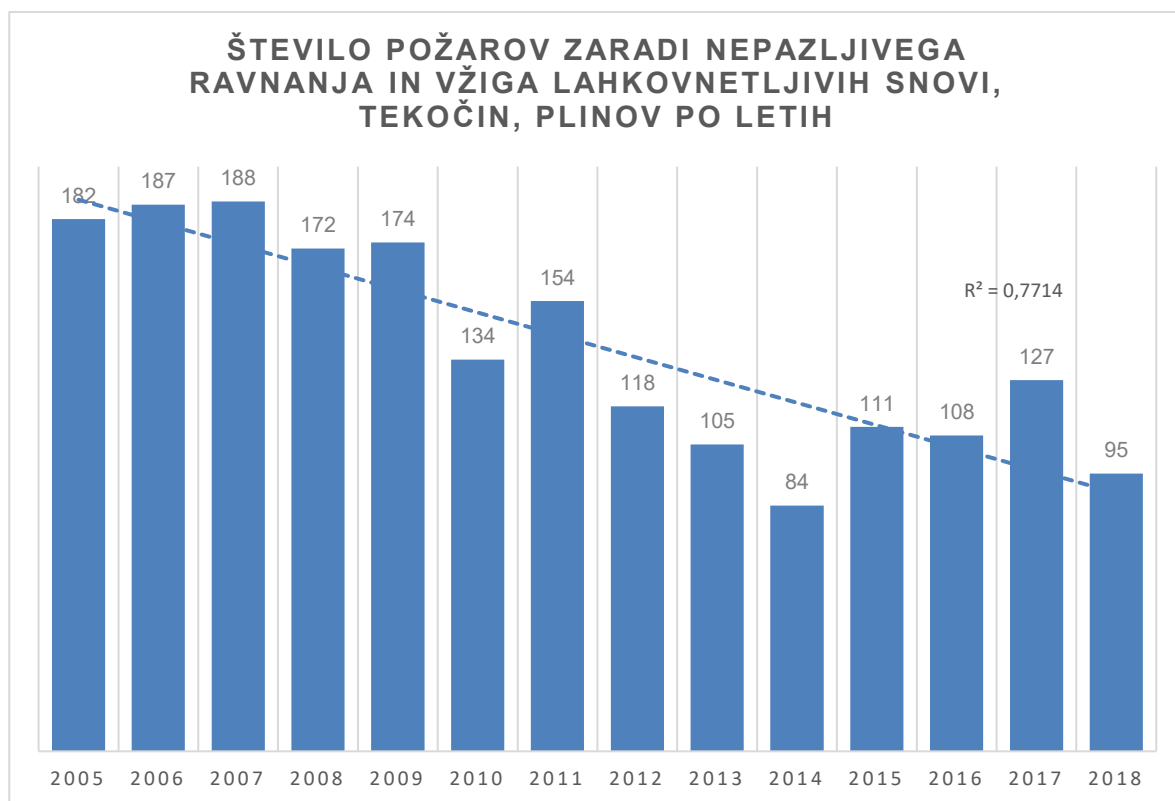
Število požarov, ki so posledica kuhanja, z leti upada. Povprečno število požarov zaradi kuhanja na leto je 95. Najmanj požarov je bilo zabeleženih leta 2015. Najverjetneje število požarov kot posledica kuhanja upada zaradi opuščanja uporabe odprtega ognja v kuhinji (npr. plinski štedilniki). Prav tako se kuhinjska oprema modernizira, aparati so vse bolj varni, uporabljajo se električne in indukcijske plošče itd. Razporeditev števila požarov zaradi kuhanja po letih je prikazana na sliki 7.



Slika 7: Število požarov zaradi kuhanja po letih

Figure 7: Number of fires caused by cooking per year

Iz slike 8, ki prikazuje razporeditev števila požarov zaradi nepazljivega ravnanja in vžiga lahko vnetljivih snovi, tekočin, plinov po letih je razvidno, da se število tovrstnih požarov z leti manjša. Leta 2018 smo beležili približno 50 % manj takšnih požarov, kot leta 2005. Izračunali smo tudi premico linearne regresije in določili koeficient determinacije, s katerim lahko na podlagi že znanih podatkov napovemo kako se bo število požarov spreminjalo v prihajajočih letih.

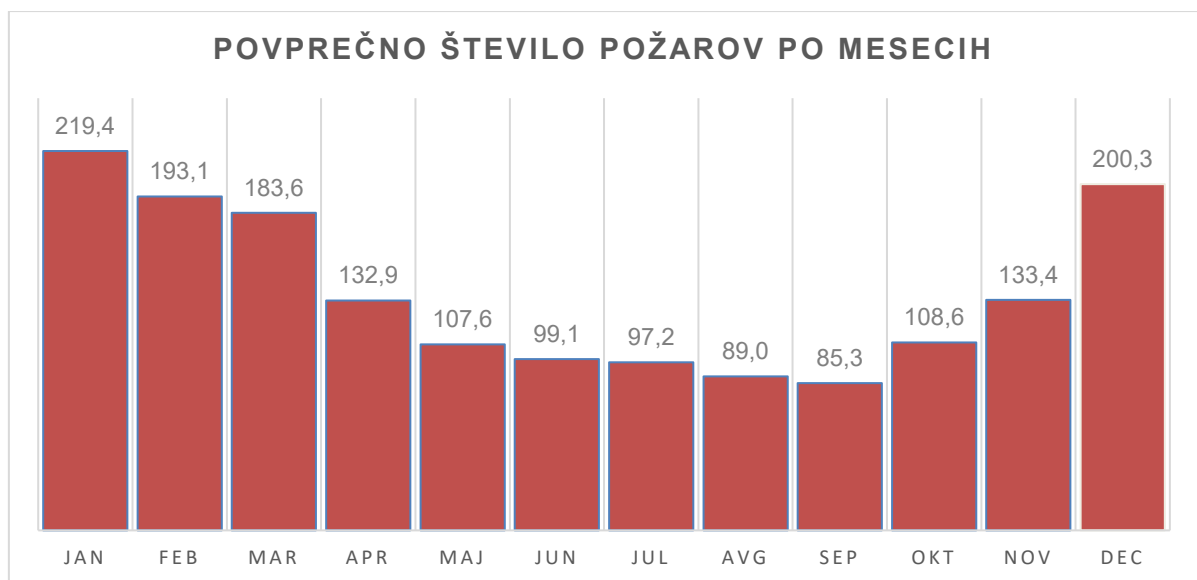


Slika 8: Število požarov zaradi nepazljivega ravnanja in vžiga lahko vnetljivih snovi, tekočin, plinov po letih

Figure 8: Number of fires caused by careless handling and the ignition of flammable substances, liquids, gases per year

### 3.1.2 Število požarov po mesecih

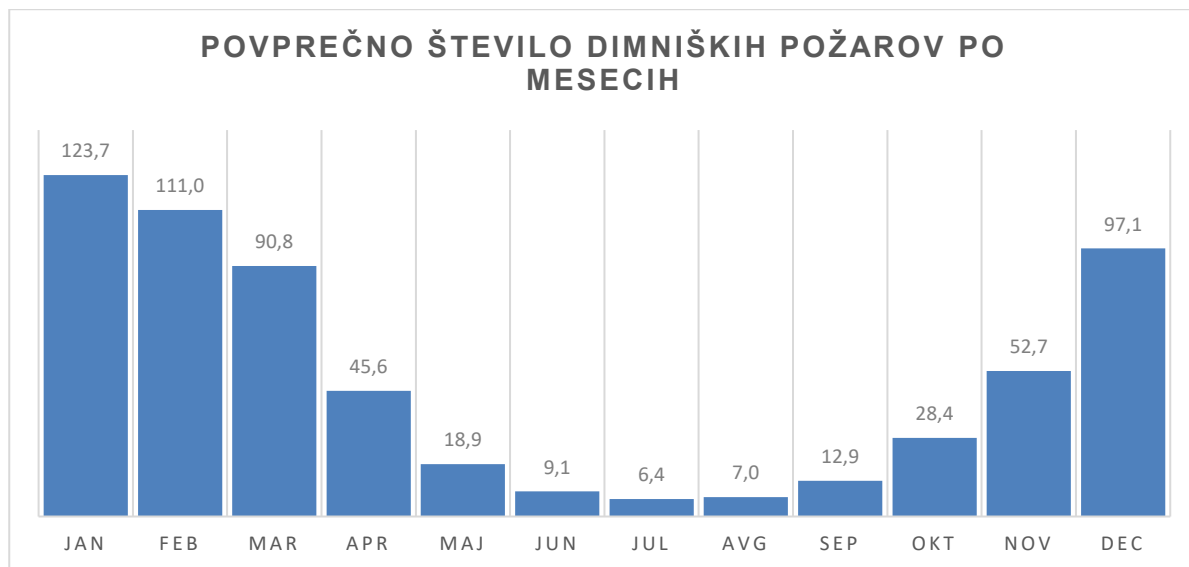
Slika 9 prikazuje povprečno število požarov po mesecih. Iz slike lahko razberemo, da v Sloveniji beležimo največ požarov v zimskih mesecih, od decembra do marca. V teh mesecih nastane približno 50 % letnih požarov. V povprečju beležimo največ požarov v mesecu januarju (219,4), najmanj pa v septembru (85,3).



Slika 9: Povprečno število požarov po mesecih

Figure 9: Average number of fires per month

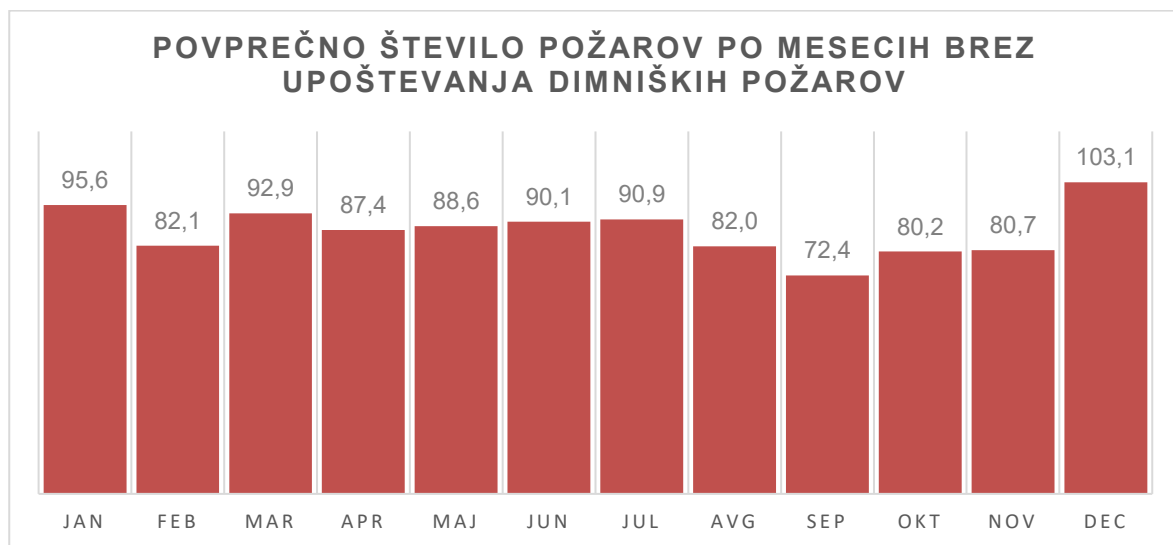
Iz slike 10, ki prikazuje povprečno število požarov po mesecih, lahko razberemo, da v obdobju od decembra do marca nastane 70 % vseh dimniških požarov. Največ dimniških požarov beležimo januarja. Seveda je to pričakovati, saj so december, januar, februar in marec zimski meseci, in imamo takrat vrhunec kurilne sezone v Sloveniji.



Slika 10: Povprečno število dimniških požarov po mesecih

Figure 10: Average number of chimney fires per month

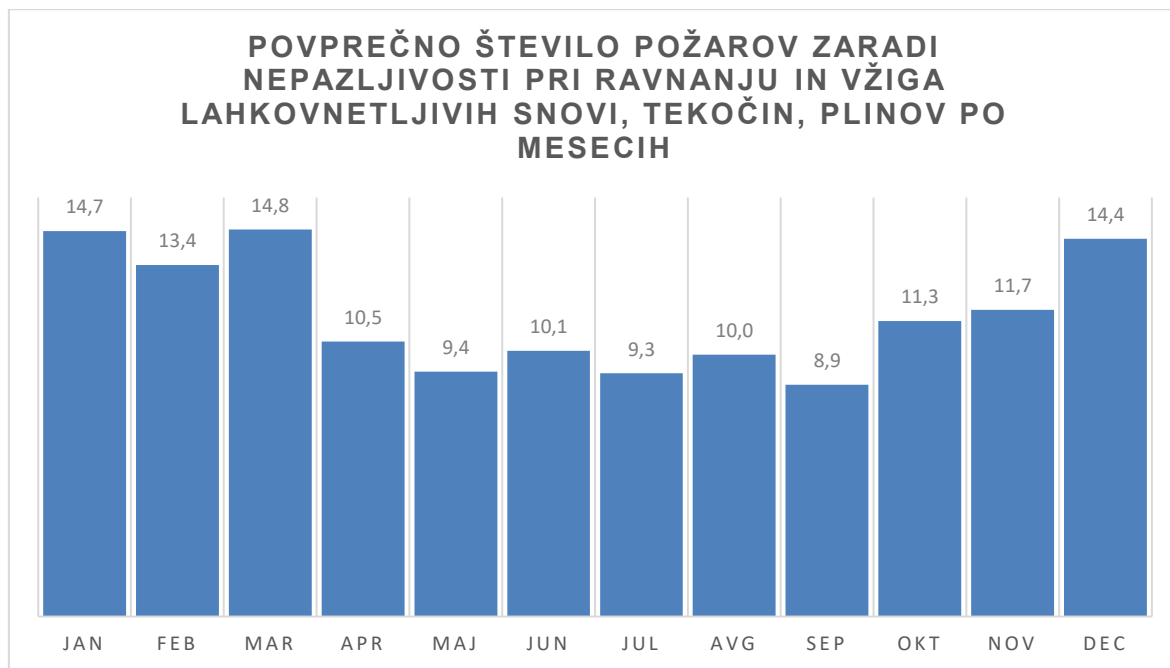
Prav dimniški požari močno vplivajo na graf razporeditve požarov po mesecih. Če jih pri mesečni razporeditvi (slika 9) ne upoštevamo, dobimo enakomerno razporeditev požarov preko celotnega leta (slika 11).



Slika 11: Povprečno število požarov po mesecih brez upoštevanja dimniških požarov

Figure 11: Average number of fires per month without chimney fires

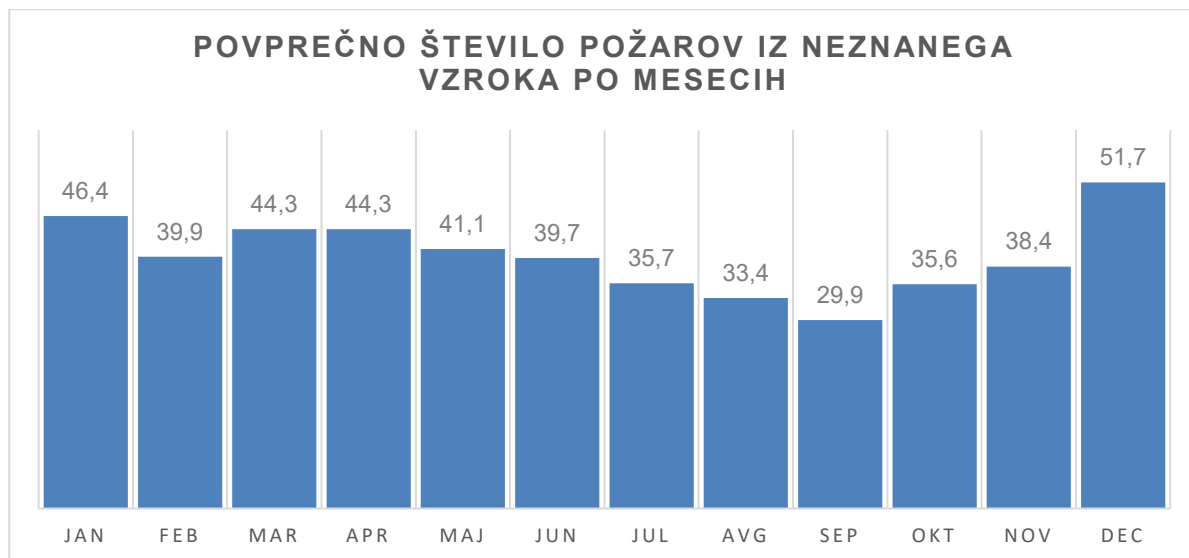
Iz slike 12 lahko razberemo, da so pri požarih zaradi nepazljivosti pri ravnanju in vžiga lahko vnetljivih snovi, tekočin, plinov prav tako najbolj požarno ogroženi december, januar, februar in marec, ni pa tako izrazitih razlik med zimo in ostalimi letnimi časi, kakor pri dimniških požarih.



Slika 12: Povprečno število požarov zaradi nepazljivosti pri ravnanju in vžiga lahko vnetljivih snovi, tekočin, plinov po mesecih

Figure 12: Average number of fires caused by careless handling and the ignition of flammable substances, liquids, gases per month

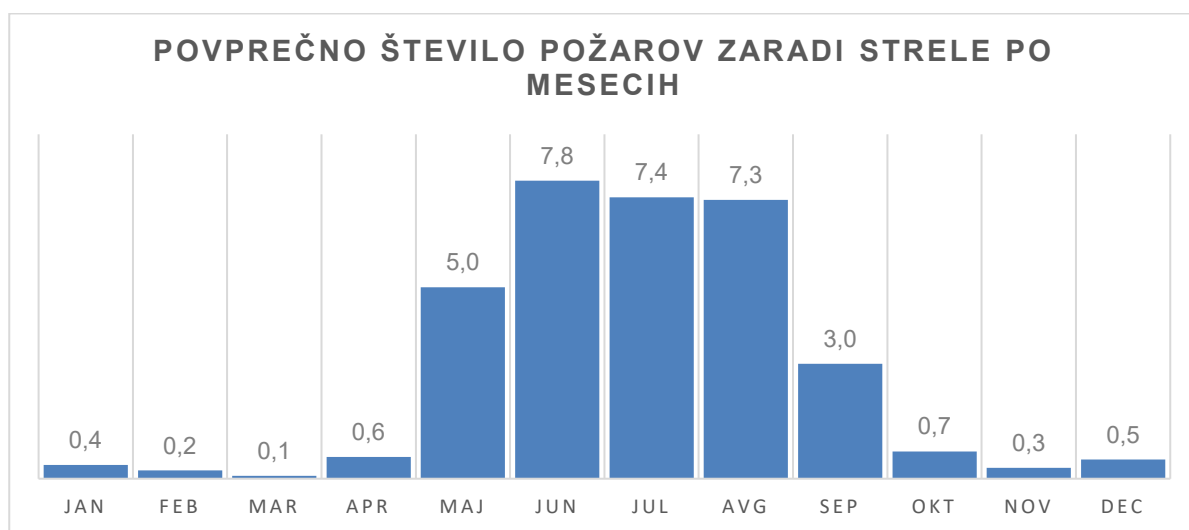
Pri požarih, ki so nastali iz neznanega vzroka ni tako izrazitih razlik po mesecih, odstopata le mesec december (povprečno največ zabeleženih tovrstnih požarov - 51,7) in september (povprečno najmanj zabeleženih tovrstnih požarov - 29,9). Povprečno število požarov iz neznanega razloga po mesecih je prikazano na sliki 13.



Slika 13: Povprečno število požarov iz neznanega vzroka po mesecih

Figure 13: Average number of fires of unknown cause per month

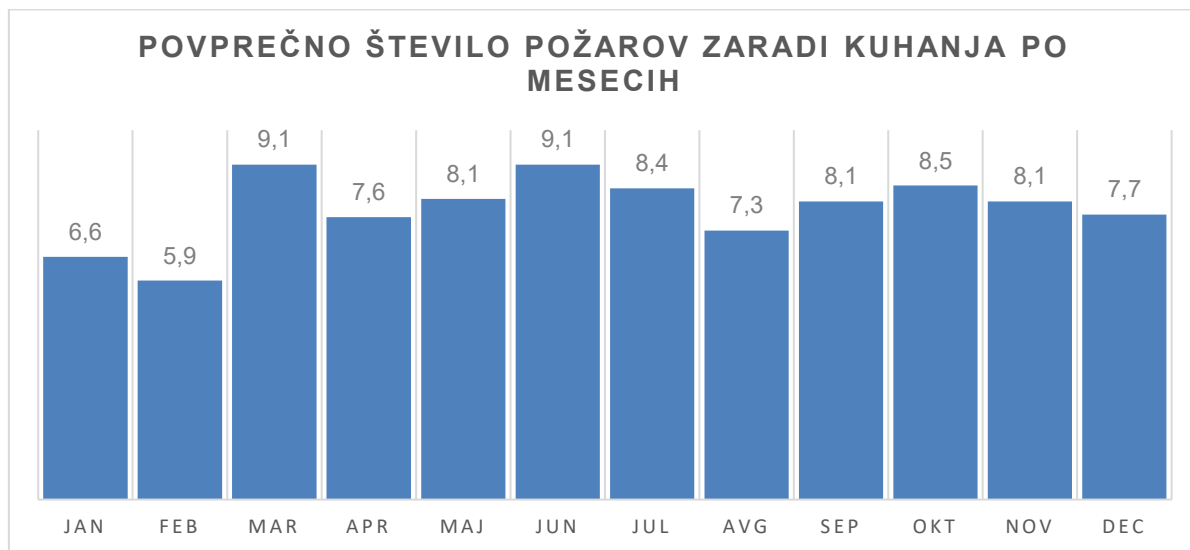
Požari, ki so nastali zaradi udara strele, so se zgodili večinoma v poletnih mesecih. Najbolj udarni meseci so junij, julij in avgust. Za to obdobje so namreč značilne poletne vročinske nevihte, pri katerih pogosto prihaja do udarov strele, ki povzročajo požare. Povprečno število požarov zaradi strele po mesecih je prikazano na sliki 14.



Slika 14: Povprečno število požarov zaradi strele po mesecih

Figure 14: Average number of fires due to lightning per month

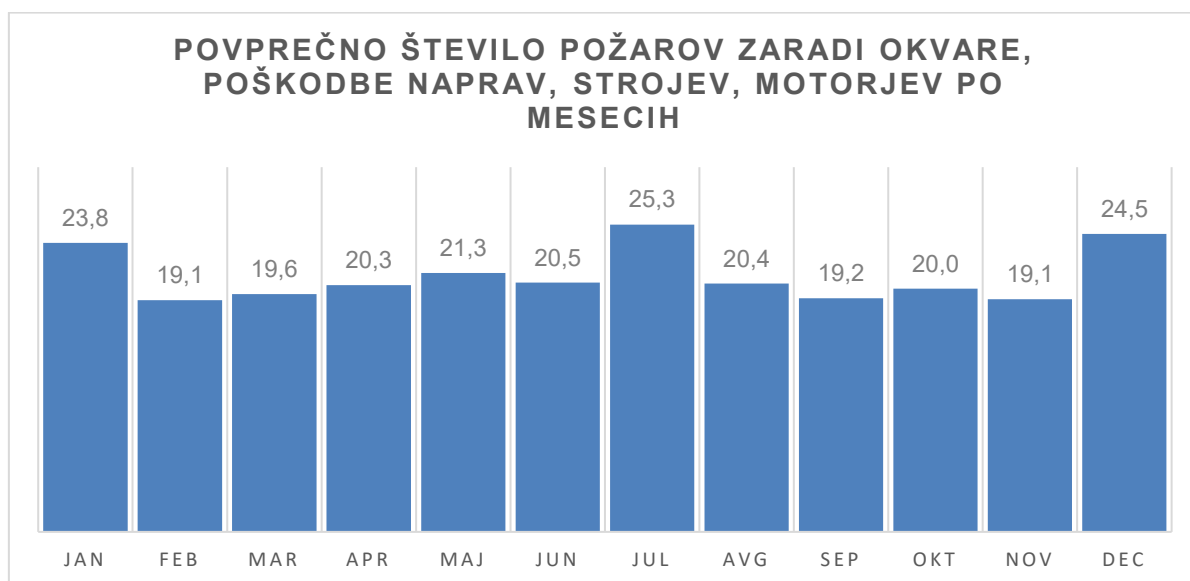
Pri mesečni razporeditvi požarov, ki nastanejo zaradi kuhanja, ni nobenih posebnosti. Požari so enakomerno razporejeni skozi celotno leto, kot je prikazano na sliki 15. Povprečno je zabeleženih 8 požarov zaradi kuhanja na mesec.



Slika 15: Povprečno število požarov zaradi kuhanja po mesecih

Figure 15: Average number of fires caused by cooking per month

Iz slike 16, kjer je prikazano povprečno število požarov zaradi okvare, poškodbe naprav, strojev, motorjev po mesecih lahko opazimo, da je časovna razporeditev skozi mesece konstanta. Do odstopanj prihaja v mesecu juliju ter januarju in decembru. V teh mesecih število požarov naraste za 15-20 % glede na povprečje.

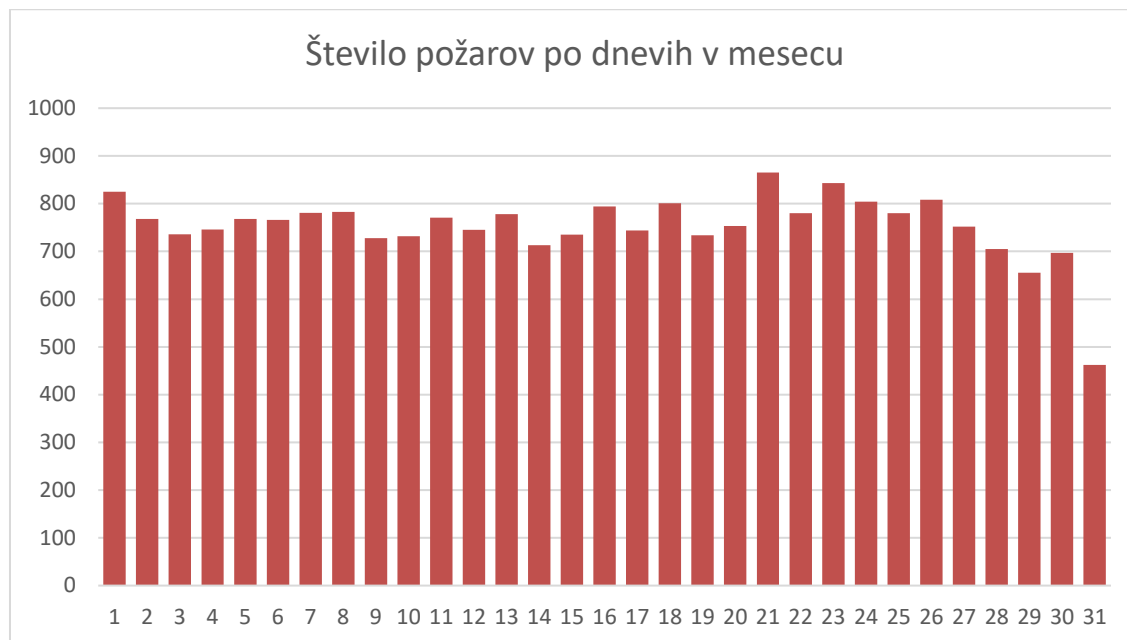


Slika 16: Povprečno število požarov zaradi okvare, poškodbe naprav, strojev, motorjev po mesecih

Figure 16: Average number of fires due to malfunction, damage of appliances, machineries, engines per month

### 3.1.3 Število požarov po dnevih v mesecu

Število požarov po dnevih v mesecu je prikazano na sliki 17. Verjetnost, da se bo požar zgodil na določen dan v mesecu je za vse dni približno enaka, zato tu ni nobenih posebnosti. Dan v mesecu ne igra nobene pomembne vloge za nastanek požara.



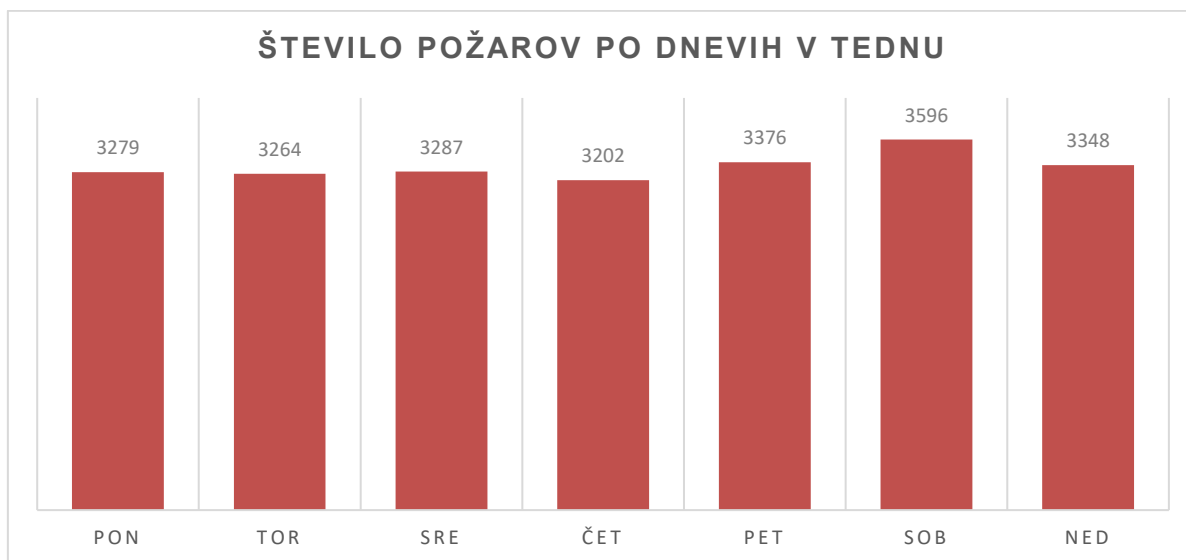
Slika 17: Število požarov po dnevih v mesecu

Figure 17: Number of fires per day of the month



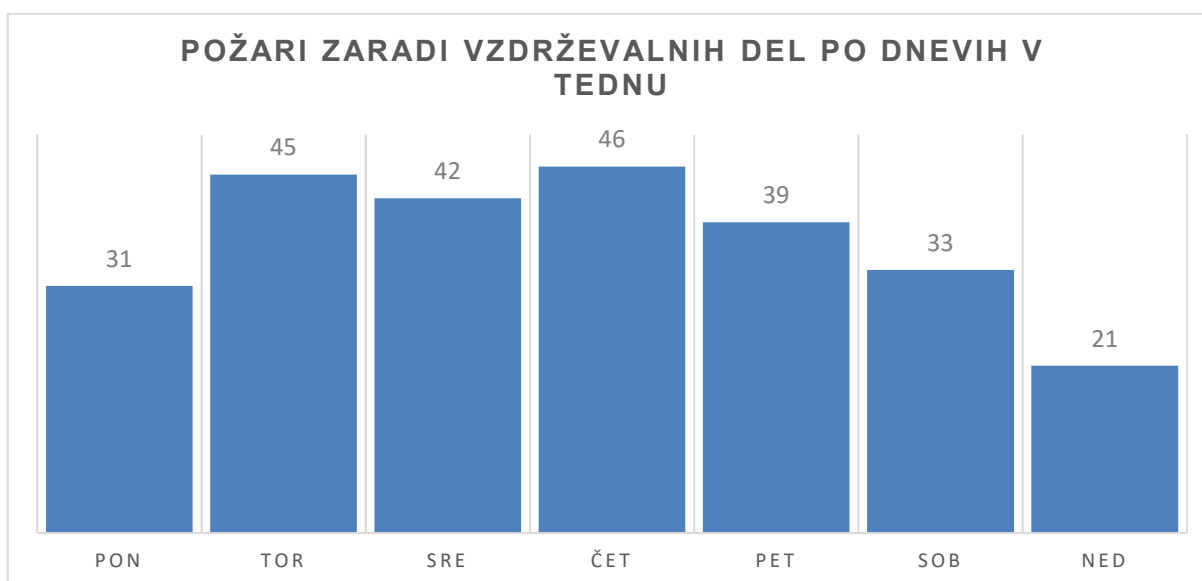
### 3.1.4 Število požarov po dnevih v tednu

Podobno kot pri dnevih v mesecu, tudi dan v tednu ne igra pomembne vloge pri verjetnosti nastanka požara. Pri tedenskih razporeditvah požarov glede na vzrok ni večjih posebnosti, ampak je število požarov enakomerno razporejeno skozi teden. Edina posebnost so požari zaradi vzdrževalnih del, kjer izstopa nedelja, z najmanjšim številom požarov. Število vseh zabeleženih požarov po dnevih v tednu je prikazano na sliki 18, število požarov po dnevih v tednu zaradi vzdrževalnih del pa na sliki 19.



Slika 18: Število požarov po dnevih v tednu

Figure 18: Number of fires per day of the week

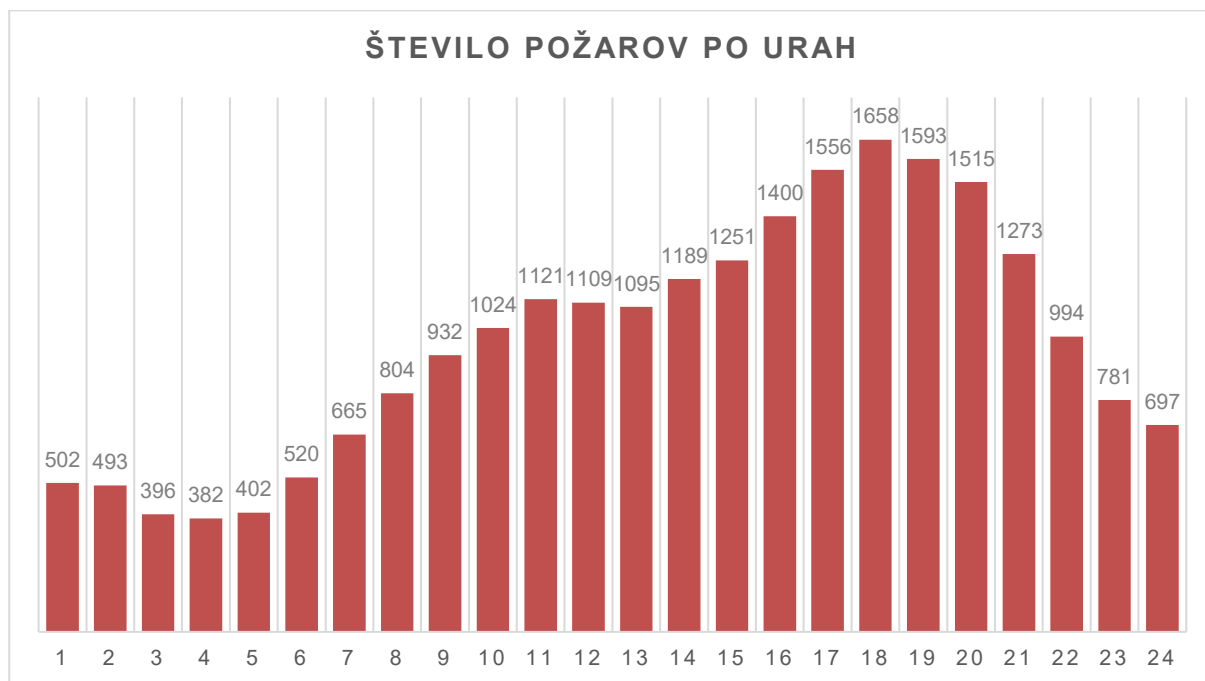


Slika 19: Požari zaradi vzdrževalnih del po dnevih v tednu

Figure 19: Number of fires due to maintenance work by day of the week

### 3.1.5 Število požarov po urah

Iz slike 20 je mogoče razbrati, da je največ požarov zabeleženih v večernih urah, od 17:00 do 20:00, najmanj pa ponoči in v zgodnjih jutranjih urah, od 24:00 do 06:00.

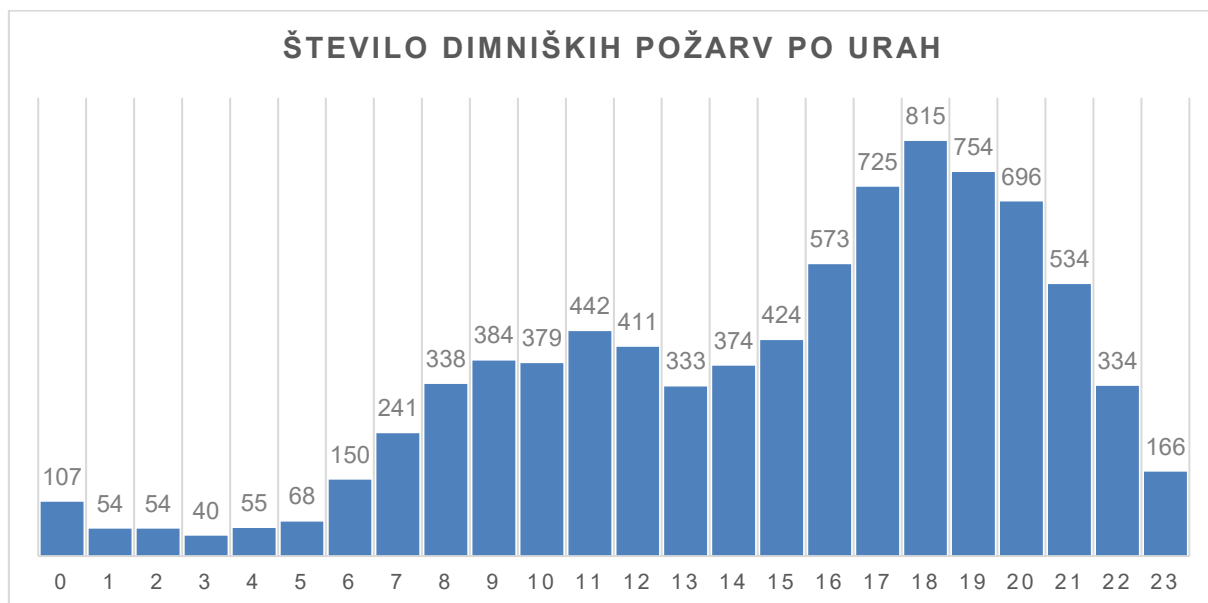


Slika 20: Število požarov po urah

Figure 20: Number of fires per hour

V nadaljevanju so prikazane še časovne razporeditve požarov po urah glede na vzrok in pri vseh grafih lahko opazimo podobno razporeditev. Taka razporeditev sovпада z bioritmom in stilom življenja povprečnega človeka. Najmanj požarov nastane v urah ko ljudje po navadi spijo ali mirujejo (24:00 – 06:00), tekom dopoldanskega 8 urnega delavnika (08:00 – 16:00) število narašča, največ požarov pa je zabeleženih popoldan (17:00 – 20:00), ko so ljudje najbolj aktivni.

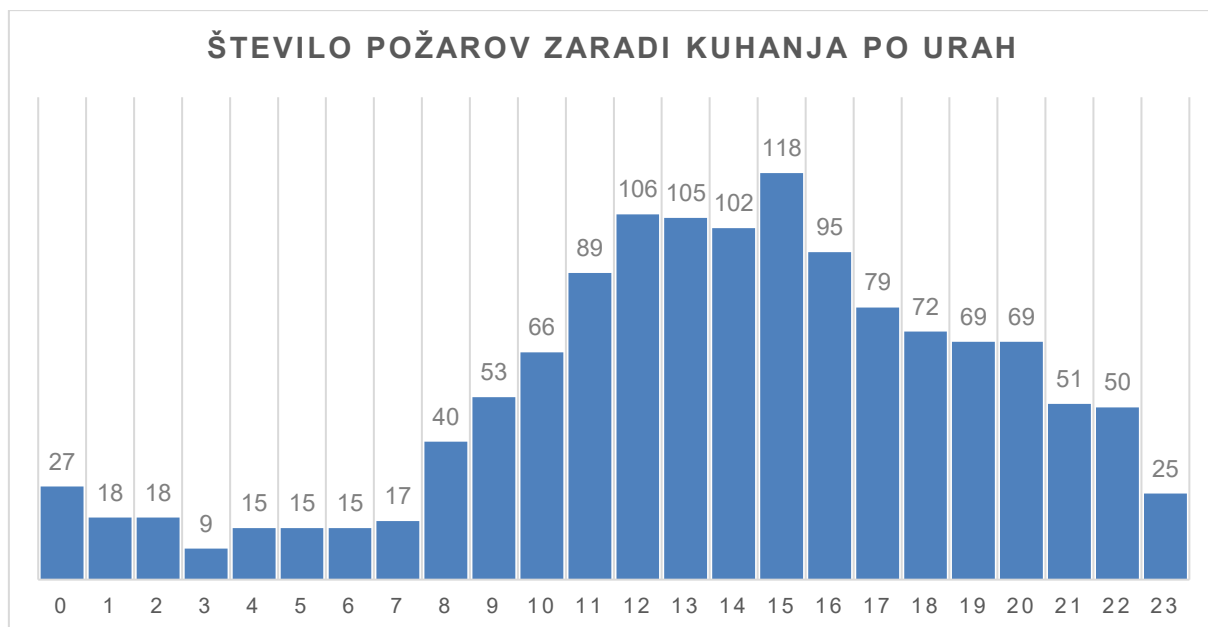
Na sliki 21 je prikazana razporeditev dimniških požarov po urah.



Slika 21: Število dimniških požarov po urah

Figure 21: Number of chimney fires per hour

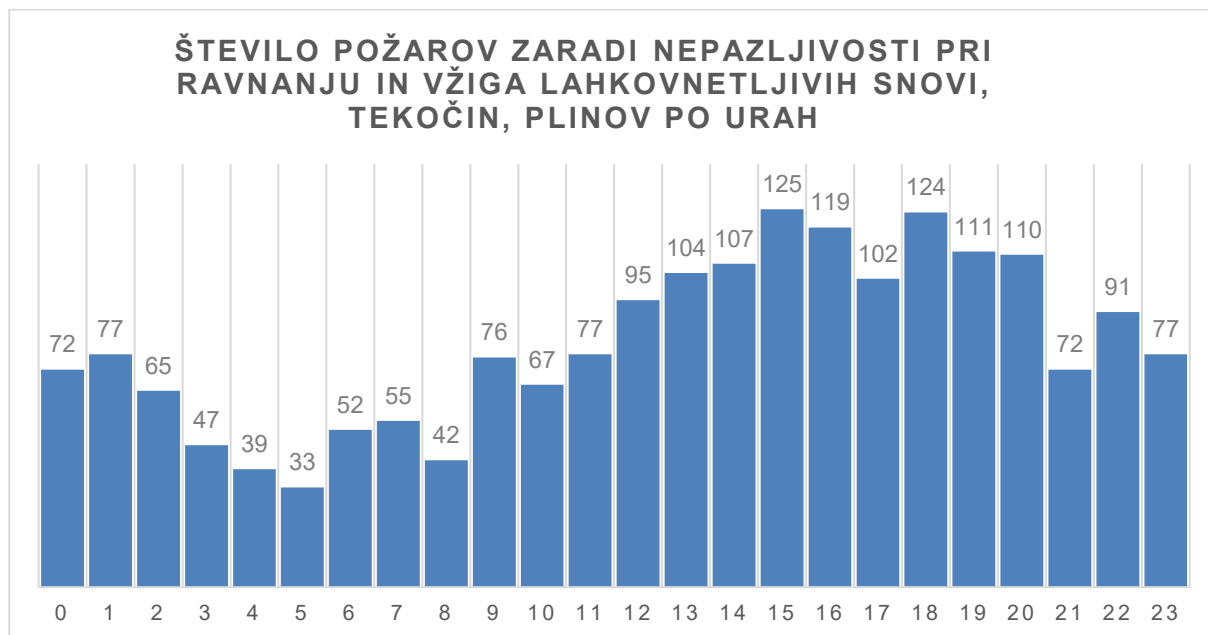
Pri požarih nastalih zaradi kuhanja lahko iz slike 22 razberemo, da jih največ nastane v času kosila in večerje (11.00 – 17.00), saj se takrat najpogosteje pripravljajo tople obroke.



Slika 22: Število požarov zaradi kuhanja po urah

Figure 22: Number of fires caused by cooking per hour

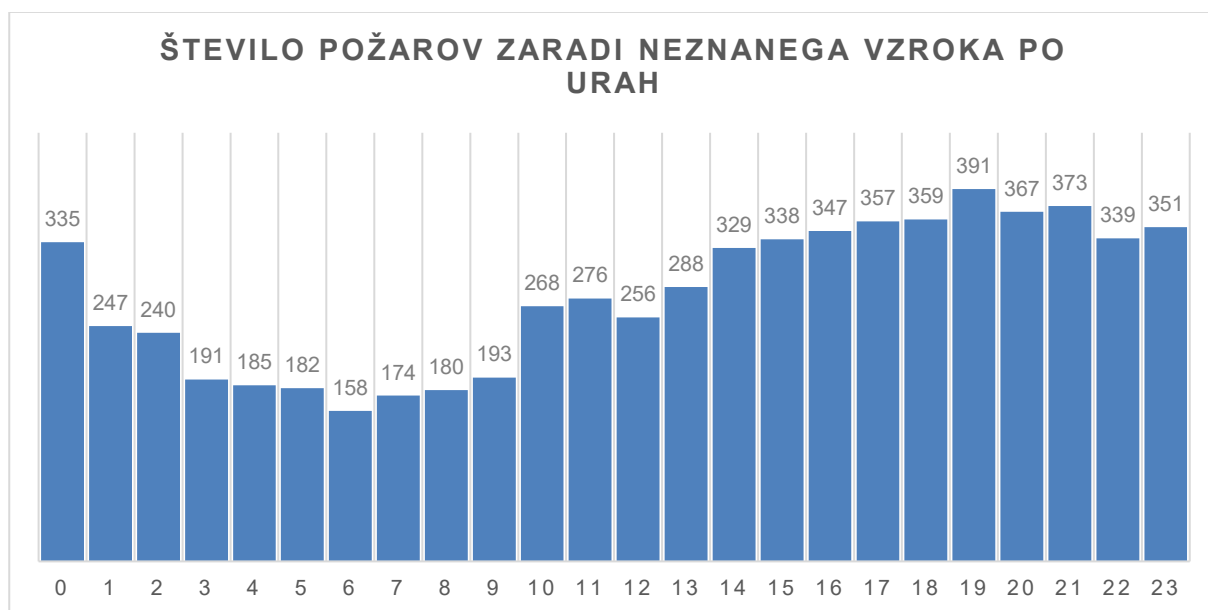
Razporeditev požarov zaradi nepazljivosti pri ravnanju in vžiga lahkovnetljivih snovi, tekočin, plinov po urah je prikazana na sliki 23.



Slika 23: Število požarov zaradi nepazljivosti pri ravnanju in vžiga lahkovnetljivih snovi, tekočin, plinov po urah

Figure 23: Number of fires caused by careless handling and the ignition of flammable substances, liquids, gases per hour

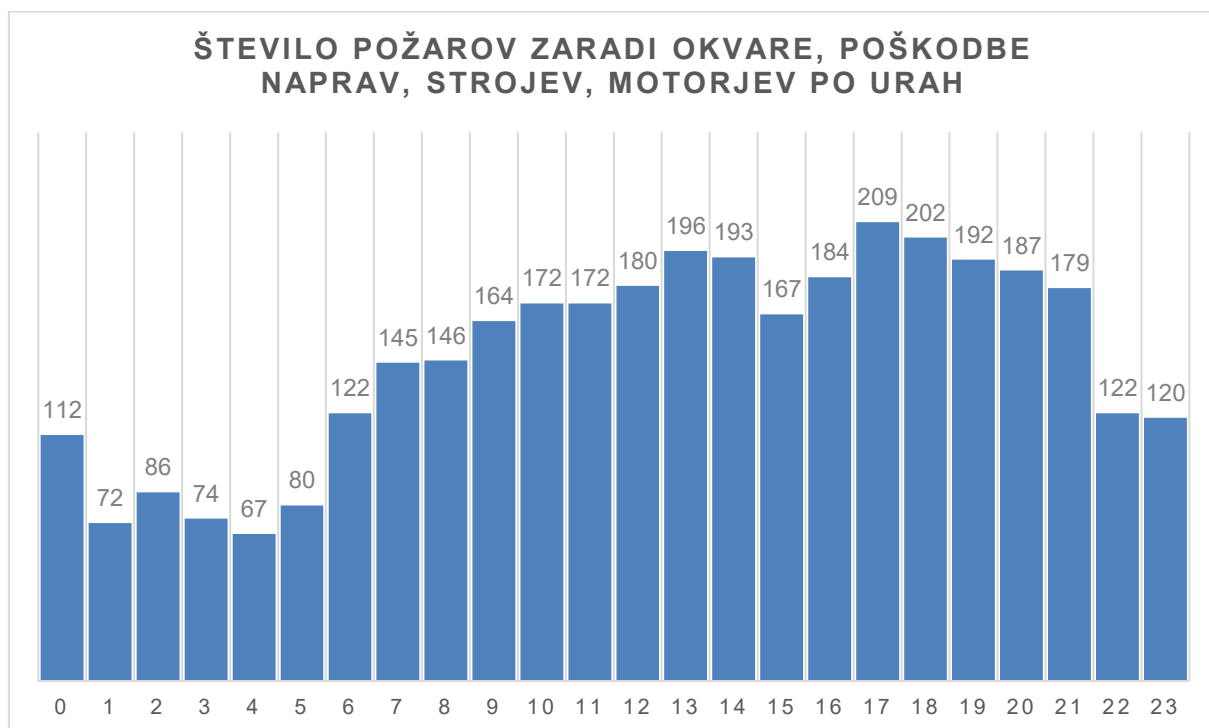
Razporeditev požarov zaradi neznanega vzroka po urah je prikazana na sliki 24.



Slika 24: Število požarov iz neznanega vzroka po urah

Figure 24: Number of fires of unknown cause per hour

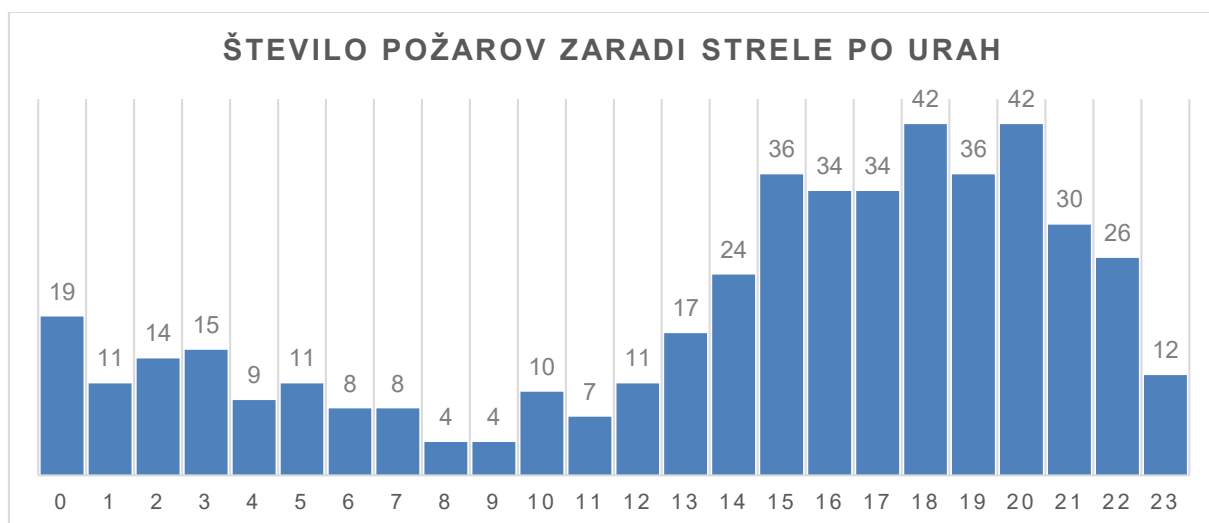
Razporeditev požarov zaradi okvare, poškodbe naprav, strojev, motorjev po urah je prikazana na sliki 25.



Slika 25: Požari zaradi okvare, poškodbe naprav, strojev, motorjev po urah

Figure 25: Number of fires due to malfunction, damage of appliances, machineries, engines per hour

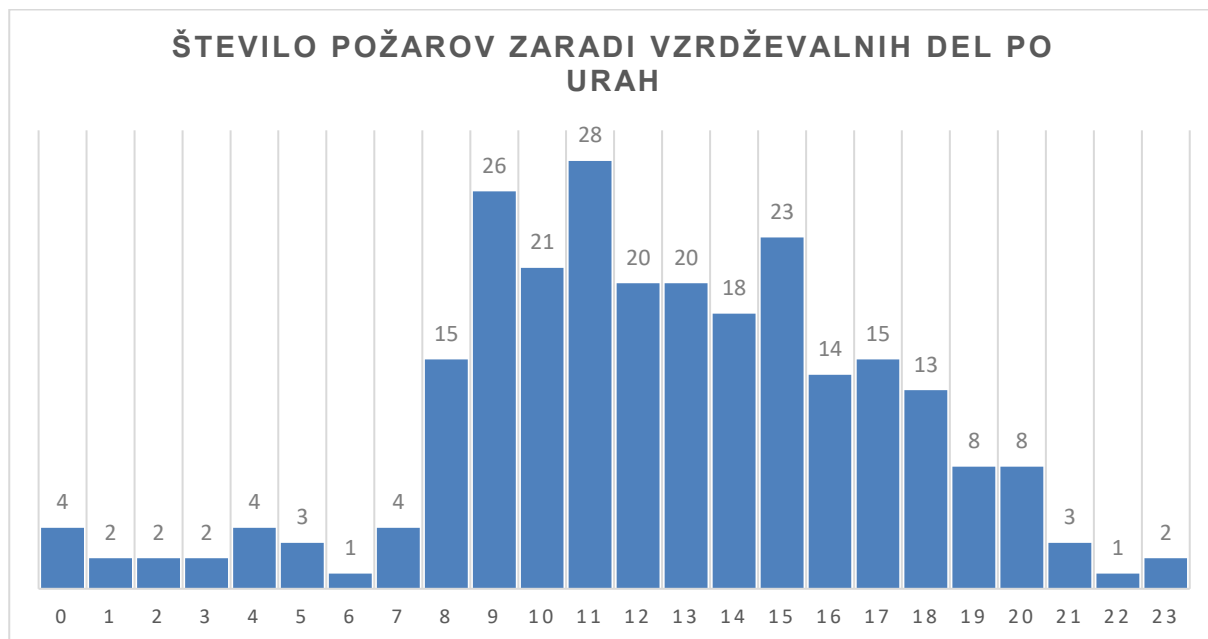
Vročinske nevihte najpogosteje nastajajo v popoldanskih urah (od 15.00 dalje), znajo pa se zavleči tudi v večer (do 22.00), kar sovpada z porastom zabeleženih požarov zaradi udara strel. Razporeditev požarov zaradi strele je prikazana na sliki 26.



Slika 26: Število požarov zaradi strele po urah

Figure 26: Number of fires due to lightning per month

Na sliki 27 je lepo razvidno, da se večina požarov nastalih zaradi vzdrževalnih del, zgodi v delovnem času (08.00 – 17.00).



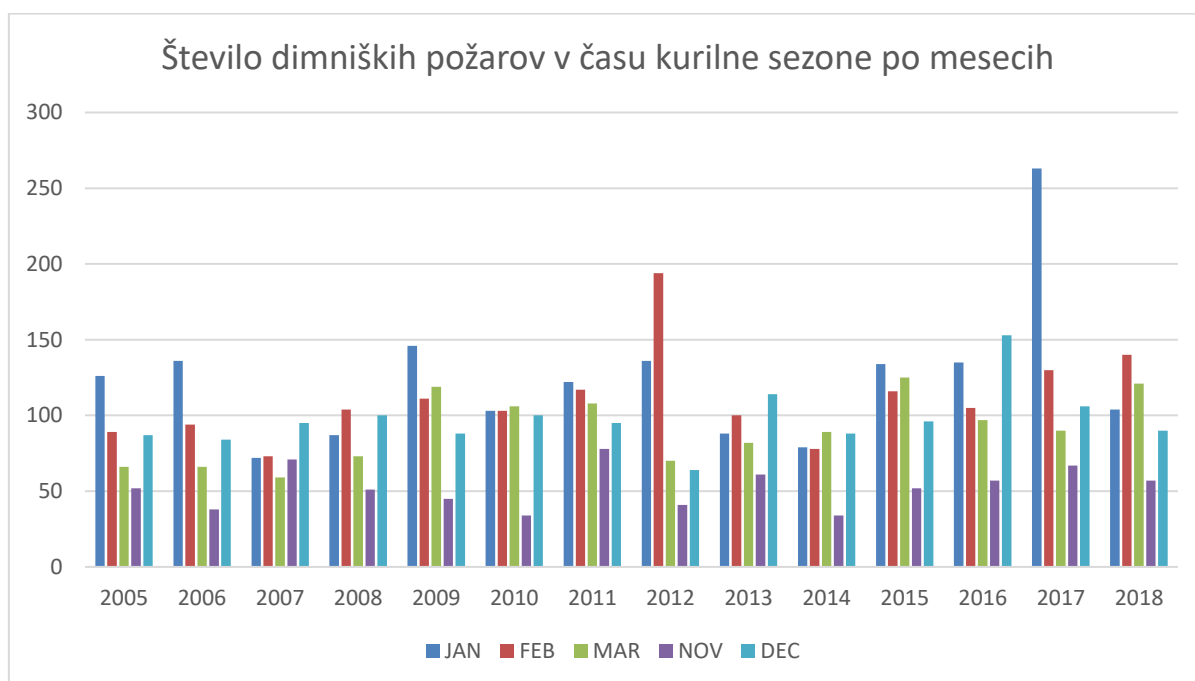
Slika 27: Število požarov zaradi vzdrževalnih del po urah

Figure 27: Number of fires due to maintenance work per hour

### 3.1.6 Dodatne ugotovitve

Ugotovili smo, da dimniški požari nastajajo večinoma v času kurilne sezone in je njihovo število tesno povezano s temperaturo zraka. Bolj kot je zima mrzla, večja je verjetnost, da pride do požara. To pa zato, ker pri nizkih temperaturah v dimniški tuljavi prej pride do kondenzacije vodne pare v dimnih plinih. Prav tako pod takimi pogoji nastaja tudi največ saj in katranskih oblog.

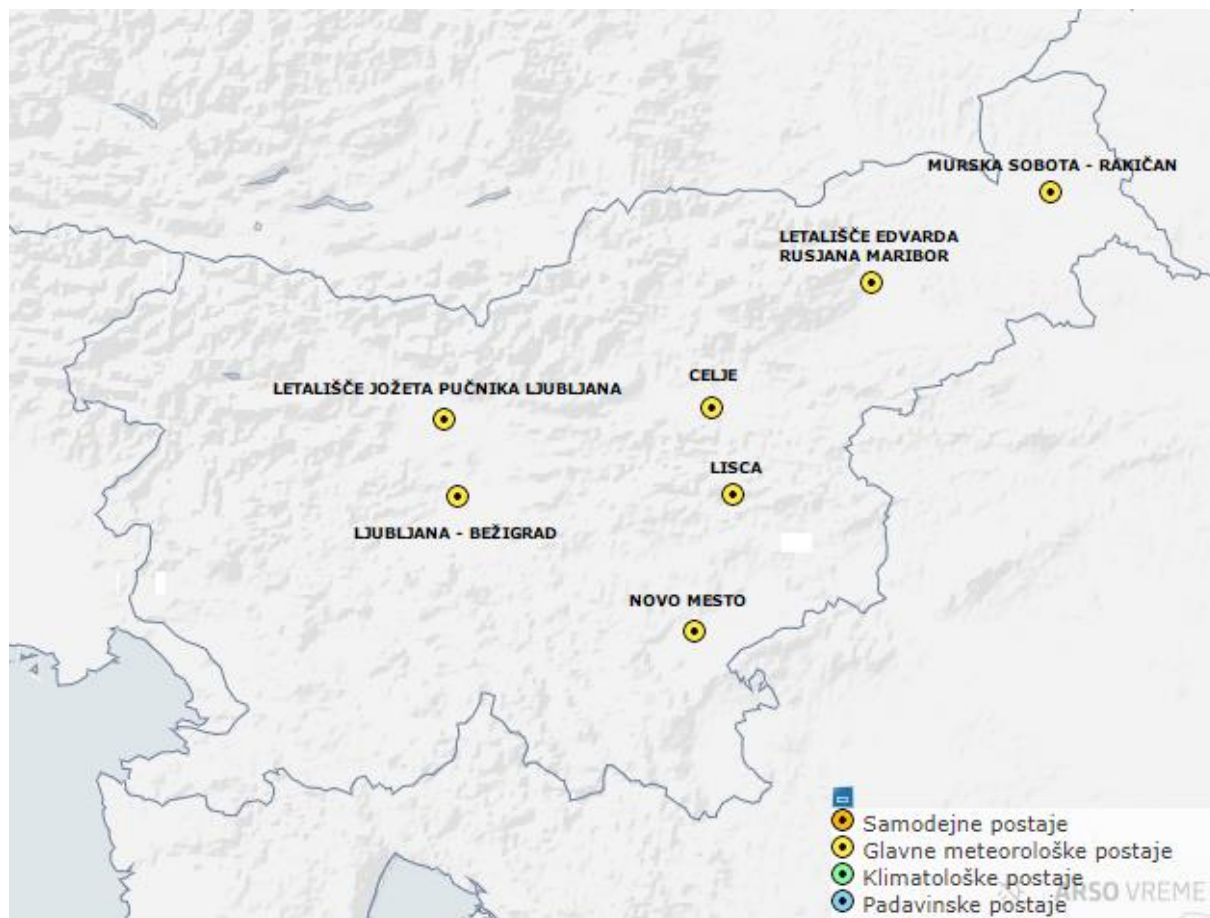
Na sliki 28 je prikazano število dimniških požarov po letih v petih najbolj kritičnih mesecih, to so januar, februar, marec, november in december.



Slika 28: Število dimniških požarov v času kurilne sezone po mesecih

Figure 28: Number of chimney fires during the heating season per month

Želeli smo prikazati, da so dimniški požari odvisni od temperature zraka, zato smo izdelali dva grafa, ki prikazujeta povprečno število mrzlih in ledenih dni v mesecih od novembra do marca. Po podatkih Agencije Republike Slovenije za okolje, so mrzli dnevi tisti, pri katerih je minimalna temperatura nižja od  $-10^{\circ}\text{C}$ . Ledeni dnevi pa so tisti dnevi, pri katerih je maksimalna temperatura zraka nižja od  $0^{\circ}\text{C}$  [10]. Preverili smo koliko je bilo opisanih dni na 8 različnih glavnih meteoroloških postajah, ki so prikazane na sliki 29.



Slika 29: Upoštevane glavne meteorološke postaje [10]

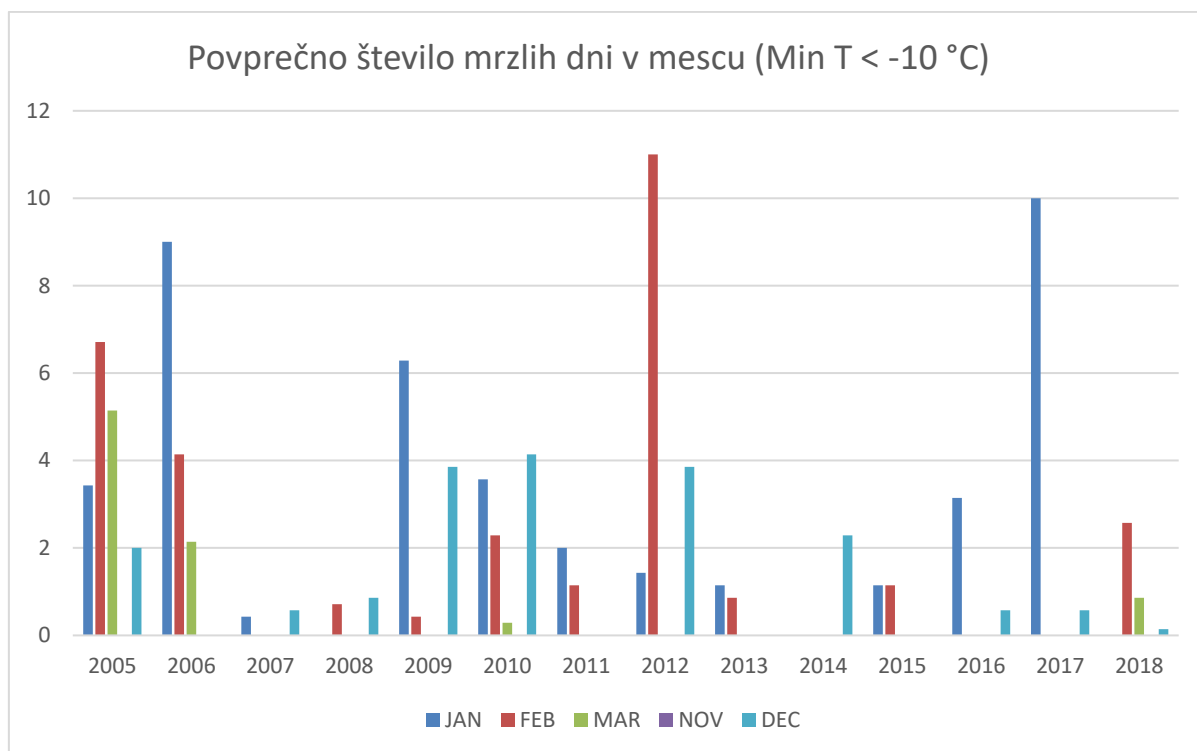
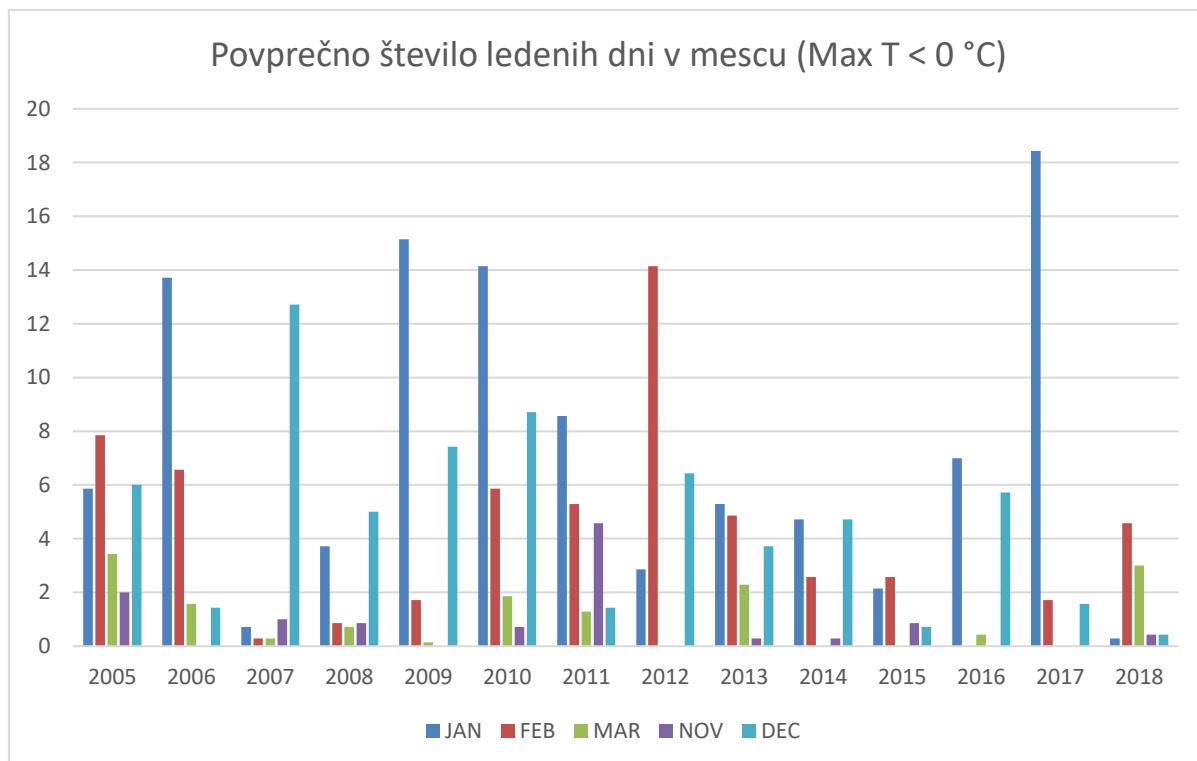
Figure 29: Major used meteorological stations [10]

Podatke iz ostalih meteoroloških postajah, ki na sliki 29 niso prikazane, nismo vključil v izračun, saj postaje na Primorskem v večini mesecev niso izmerile mrzlih in ledenih dni. Tiste postaje, ki so višje ležeče, pa so večinoma skozi celotno zimsko obdobje izmerile temperature nižje od 0 °C.

Izračunali smo povprečje izbranih 8 meteoroloških postaj in povprečno število mrzlih ter ledenih dni prikazali na sliki 30 in sliki 31.

Prišli smo do ugotovitev, da je največ požarov zabeleženih januarja 2017 ter februarja 2012, saj so bile takrat izmerjene tudi najnižje temperature. Najmanj požarov pa beležimo v zimi 2006/2007, zaradi relativno visokih izmerjenih temperatur glede na ta letni čas.



Slika 30: Povprečno število mrzlih dni v mescu (Min  $T < -10^{\circ}\text{C}$ )Figure 30: Average number of cold days in the month (Min  $T < -10^{\circ}\text{C}$ )Slika 31: Povprečno število ledenih dni v mesecu (Max  $T < 0^{\circ}\text{C}$ )Figure 31: Average number of icy days in the month (Min  $T < 0^{\circ}\text{C}$ )

### 3.2 Število požarov po vrsti objekta

Število požarov po vrsti objekta prikazuje preglednica 9. Iz te preglednice je razvidno, da je bilo v zadnjih 14 letih največ požarov zabeleženih v stanovanjskih stavbah (skupaj kar 14717), kar je približno dvakrat toliko kot v nestanovanjskih stavbah.

Preglednica 9: Povprečno število požarov po objektih na leto

Table 9: Average annual number of fires in buildings

| Klasifikacija objektov po CC-SI                                      | Število |
|----------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>11 Stanovanjske stavbe</b>                                        |         |
| 111 Enostanovanjske stavbe                                           | 444,4   |
| 112 Večstanovanjske stavbe                                           | 184,5   |
| 113 Stanovanjske stavbe za posebne družbene skupine                  | 1,6     |
| Neklasificirane stanovanjske stavbe                                  | 420,7   |
| Skupaj:                                                              | 1051,2  |
| <b>12 Nestanovanjske stavbe</b>                                      |         |
| 121 Gostinske stavbe                                                 | 35,3    |
| 122 Poslovne in upravne stavbe                                       | 24,4    |
| 123 Trgovske stavbe in stavbe za storitvene dejavnosti               | 26,9    |
| 124 Stavbe za promet in stavbe za izvajanje komunikacij              | 25,4    |
| 125 Industrijske stavbe in skladišča                                 | 126,7   |
| 126 Stavbe splošnega družbenega pomena                               | 20,5    |
| 127 Druge nestanovanjske stavbe                                      | 172     |
| Neklasificirane nestanovanjske stavbe                                | 56,4    |
| Skupaj:                                                              | 487,6   |
| <b>21 Objekti prometne infrastrukture</b>                            |         |
| Neklasificirani objekti prometne infrastrukture                      | 5,7     |
| <b>22 Cevovodi, komunikacijska omrežja in elektroenergetski vodi</b> |         |
| 22241 Lokalni (distribucijski) elektroenergetski vodi                | 40,6    |
| <b>Drugi gradbeni objekti</b>                                        |         |
| Neklasificirani drugi gradbeni objekti                               | 64,6    |

### 3.2.1 Povprečno število požarov po vrsti objekta in vzrokih

Povprečno letno število požarov glede na vzroke in vrsto objekta je prikazano v preglednici 10.

Preglednica 10: Povprečno letno število požarov glede na vzroke požarov in vrsto objekta

Table 10: Average annual number of fire for different causes of fire by type of building

| Objekt   | 1                                                                         | 2   | 3    | 4   | 5                                                   | 6    | 7     | 8     | 9    | 10   |
|----------|---------------------------------------------------------------------------|-----|------|-----|-----------------------------------------------------|------|-------|-------|------|------|
| 11       | 566,6                                                                     | 4,8 | 83,8 | 1,1 | 53,0                                                | 10,0 | 205,1 | 109,1 | 13,4 | 4,4  |
| 121      | 8,6                                                                       | 0,2 | 4,8  | 0,1 | 1,2                                                 | 0,6  | 11,7  | 7,3   | 0,1  | 0,6  |
| 122      | 1,4                                                                       | 0,1 | 0,7  | 0,1 | 1,7                                                 | 0,6  | 8,1   | 9,9   | 0,2  | 1,4  |
| 123      | 1,6                                                                       | 0,5 | 0,8  | 0,1 | 1,4                                                 | 0,1  | 11,3  | 10,3  | 0,2  | 0,6  |
| 124      | 0,4                                                                       | 0,4 | 0,4  | 0,1 | 5,1                                                 | 0,2  | 15,0  | 2,9   | 0,4  | 0,5  |
| 125      | 8,0                                                                       | 2,9 | 0,7  | 0,2 | 22,2                                                | 0,4  | 51,4  | 33,9  | 0,5  | 6,4  |
| 126      | 1,4                                                                       | 0,1 | 0,5  | 0,2 | 1,6                                                 | 0,1  | 9,2   | 6,3   | 0,3  | 0,8  |
| 127      | 7,3                                                                       | 0,6 | 1,7  | 0,5 | 34,2                                                | 1,1  | 92,9  | 17,1  | 14,4 | 2,1  |
| NNS      | 6,2                                                                       | 0,2 | 0,9  | 0,4 | 7,6                                                 | 0,4  | 24,9  | 13,6  | 1,1  | 1,2  |
| 12       | 34,9                                                                      | 5,1 | 10,4 | 1,7 | 75,1                                                | 3,6  | 224,6 | 101,3 | 17,3 | 13,6 |
| 21       | 0,0                                                                       | 0,0 | 0,0  | 0,1 | 0,2                                                 | 0,1  | 2,0   | 2,9   | 0,4  | 0,0  |
| 22       | 0,0                                                                       | 0,4 | 0,0  | 0,0 | 0,6                                                 | 0,1  | 2,8   | 34,7  | 1,8  | 0,1  |
| DGO      | 2,0                                                                       | 0,1 | 0,2  | 0,6 | 9,5                                                 | 0,4  | 45,9  | 5,2   | 0,4  | 0,2  |
| LEGENDA: |                                                                           |     |      |     |                                                     |      |       |       |      |      |
| 1        | Dimniški požar in vžig saj                                                |     |      |     | 11 Stanovanjske stavbe                              |      |       |       |      |      |
| 2        | Eksplozija plina, pirotehničnih sredstev                                  |     |      |     | 121 Gostinske stavbe                                |      |       |       |      |      |
| 3        | Kuhanje                                                                   |     |      |     | 122 Poslovne in upravne stavbe                      |      |       |       |      |      |
| 4        | Namerna povzročitev                                                       |     |      |     | 123 Trgovske stavbe in stavbe za storitvene dejavn. |      |       |       |      |      |
| 5        | Nepazljivost pri ravnanju in vžig lahko vnetljivih snovi, tekočin, plinov |     |      |     | 124 Stavbe za promet in stavbe za izvajanje kom.    |      |       |       |      |      |
|          |                                                                           |     |      |     | 125 Industrijske stavbe in skladišča                |      |       |       |      |      |
| 6        | Neprevidno kajenje, cigaretni ogorek                                      |     |      |     | 126 Stavbe splošnega družbenega pomena              |      |       |       |      |      |
| 7        | Neznano                                                                   |     |      |     | 127 Druge nestanovanjske stavbe                     |      |       |       |      |      |
| 8        | Okvara, poškodba - naprav, strojev, motorjev.. (kratek stik)              |     |      |     | NNS Neklasificirane nestanovanjske stavbe           |      |       |       |      |      |
|          |                                                                           |     |      |     | 12 Nestanovanjske stavbe                            |      |       |       |      |      |
|          |                                                                           |     |      |     | 21 Objekti prometne infrastrukture                  |      |       |       |      |      |
| 9        | Strela, drugi naravni pojavi                                              |     |      |     | 22 Cevovodi, komunikacijska omrežja in el. vodi     |      |       |       |      |      |
| 10       | Vzdrževalna dela (brušenje, varjenje...)                                  |     |      |     | DGO Drugi gradbeni objekti                          |      |       |       |      |      |

Iz preglednice 10 lahko razberemo nekatere zanimive podatke. V stanovanjskih stavbah povprečno na leto zabeležijo največ dimniških požarov (54 % od vseh zabeleženih požarov v stanovanjskih stavbah). V nestanovanjskih zgradbah pa največ požarov nastane zaradi okvare ali poškodbe naprav, strojev, motorjev itd. 46 % od vseh zabeleženih požarov v nestanovanjskih zgradbah). V cevovodih, komunikacijskih omrežjih in elektroenergetskih vodih prav tako najpogosteje prihaja do požarov povzročenih zaradi okvare ali poškodbe naprav, strojev motorjev itd. (86 % od vseh zabeleženih požarov na teh objektih).

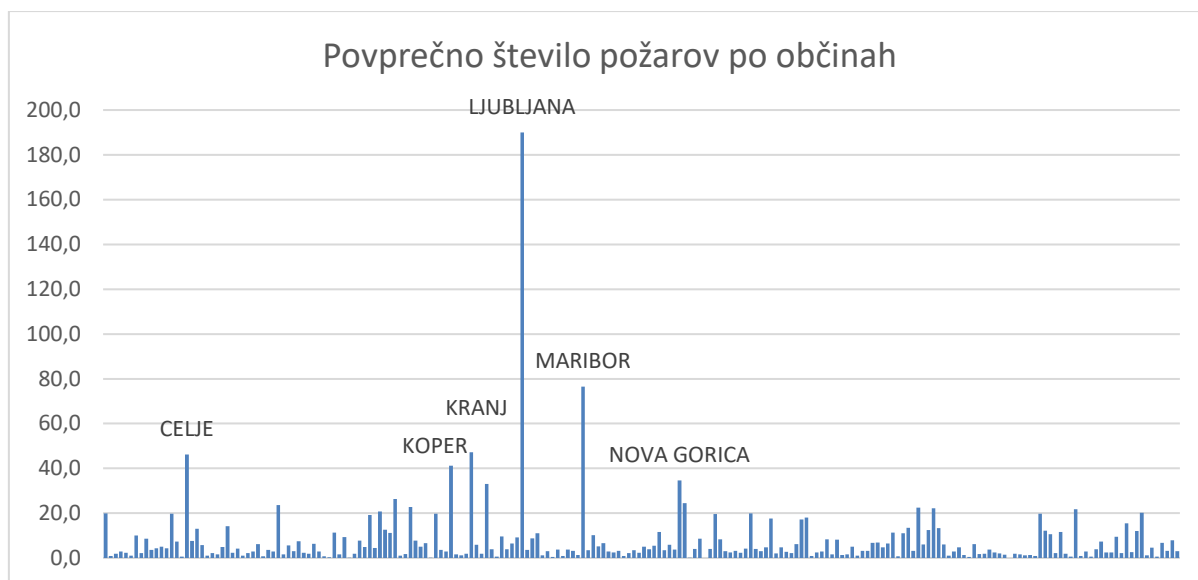
V povprečju se velika večina vseh dimniških požarov zgodi v stanovanjskih stavbah (94 % vseh zabeleženih dimniških požarov), prav tako se v stanovanjskih stavbah zgodi največ požarov zaradi kuhanja (89 % vseh zabeleženih požarov pri kuhanju).

Požarov, ki se zgodijo zaradi nepazljivosti pri ravnanju in vžigu lahkovnetljivih snovi, tekočin in plinov je povprečno največ v nestanovanjskih stavbah, od tega večinoma v industrijskih stavbah in skladiščih ter v drugih nestanovanjskih stavbah.

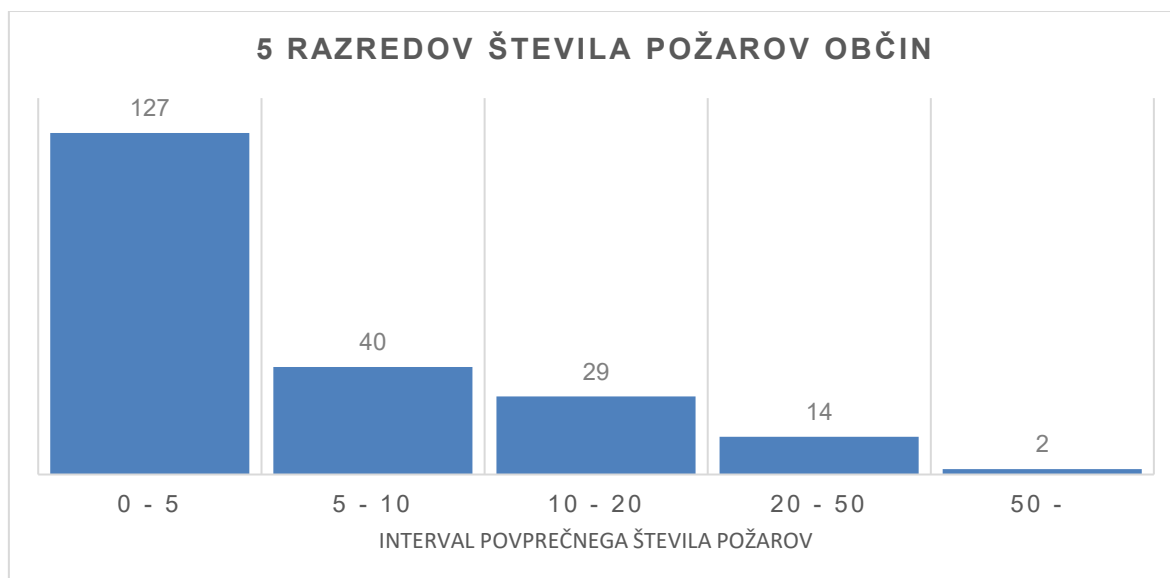
Nestanovanjske stavbe so v primerjavi s stanovanjskimi bolj požarno ogrožene za požare, ki nastanejo zaradi eksplozije plina ali ostalih pirotehničnih sredstev, za požare, ki nastanejo zaradi namerne povzročitve, za tiste požare, ki nastanejo zaradi strele in zaradi različnih vzdrževalnih del.

### 3.3 Število požarov po občinah

Slovenija je razdeljena na 212 občin. Glede na povprečno letno število požarov v občinah (slika 32) smo jih smiselno razdelili v 5 razredov (Slika 33). Glede na graf lahko razberemo, da je največ takih občin (127), ki so imele povprečno zabeleženih manj kot 5 požarov na leto, le 2 občini pa imata v povprečju več kot 50 požarov letno.



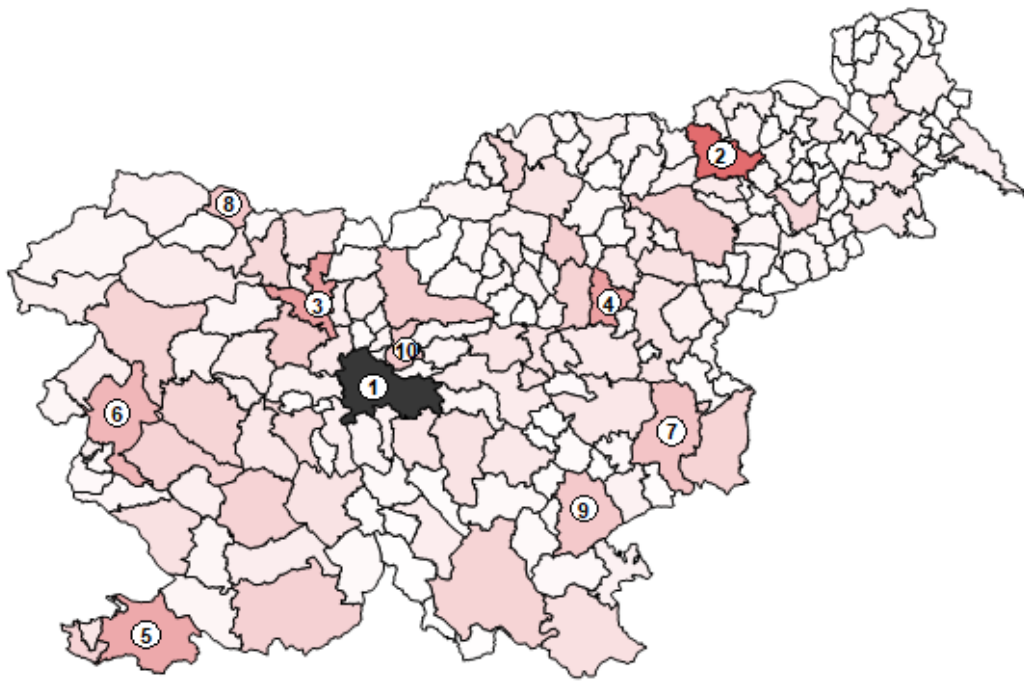
Slika 32: Povprečno število požarov po občinah  
Figure 32: Average number of fires per municipality



Slika 33: Delitev občin na 5 razredov glede na povprečno število požarov na leto  
Figure 33: Division of municipalities into 5 classes according to the average number of fires per year

### 3.3.1 Število požarov v občinah

Na sliki 34 so s temnejšimi barvami obarvane občine, v katerih je bilo zabeleženo najvišje število vseh požarov v zadnjih 14 letih. V preglednici 11 so navedene občine, kjer je požarov največ.



Slika 34: Grafični prikaz občin po številu požarov

Figure 34: Graphical presentation of municipalities per number of fires

Preglednica 11: Občine z največjim številom požarov

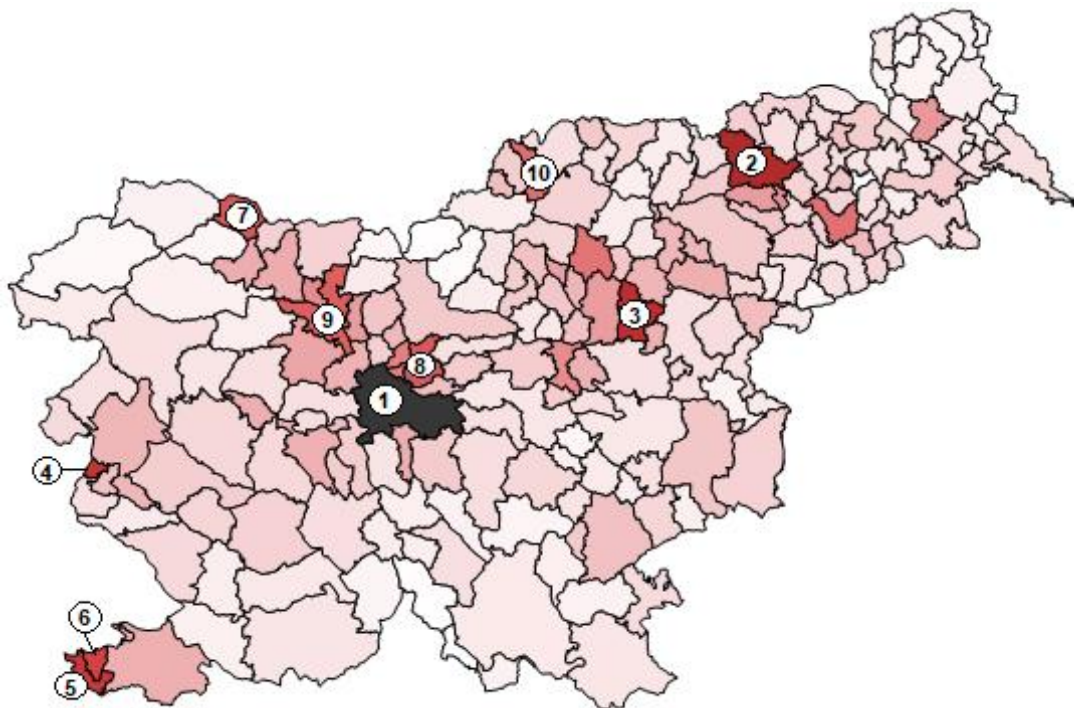
Table 11: Municipalities with the highest number of fires

|    | Občina      | Število požarov | Št. požarov/leto |
|----|-------------|-----------------|------------------|
| 1  | Ljubljana   | 2659            | 190              |
| 2  | Maribor     | 1072            | 77               |
| 3  | Kranj       | 661             | 47               |
| 4  | Celje       | 647             | 46               |
| 5  | Koper       | 576             | 41               |
| 6  | Nova Gorica | 485             | 35               |
| 7  | Krško       | 463             | 33               |
| 8  | Jesenice    | 369             | 26               |
| 9  | Novo mesto  | 343             | 25               |
| 10 | Domžale     | 331             | 24               |

Število požarov, ki nastane v določeni občini, je potrebno predstaviti relativno, zato da lahko podatke primerjamo. Najprej smo določili število požarov na km<sup>2</sup> površine občine, nato pa še število požarov na 1000 prebivalcev občine.

### 3.3.2 Število požarov v občinah na km<sup>2</sup> površine

Na sliki 25 so prikazane občine z največjim številom požarov glede na površino.



Slika 35: Grafični prikaz števila požarov po občinah glede na km<sup>2</sup> površine

Figure 35: Graphical representation of the number of fires per municipality per km<sup>2</sup> area

Glede na to, da smo se ukvarjali predvsem s požari v objektih, so ti bolj vezani na število prebivalcev kot na samo površino, zato iz dobljenih vrednosti nismo naredili nobenih zaključkov. Število požarov na km<sup>2</sup> v občinah je prikazano v preglednici 12.

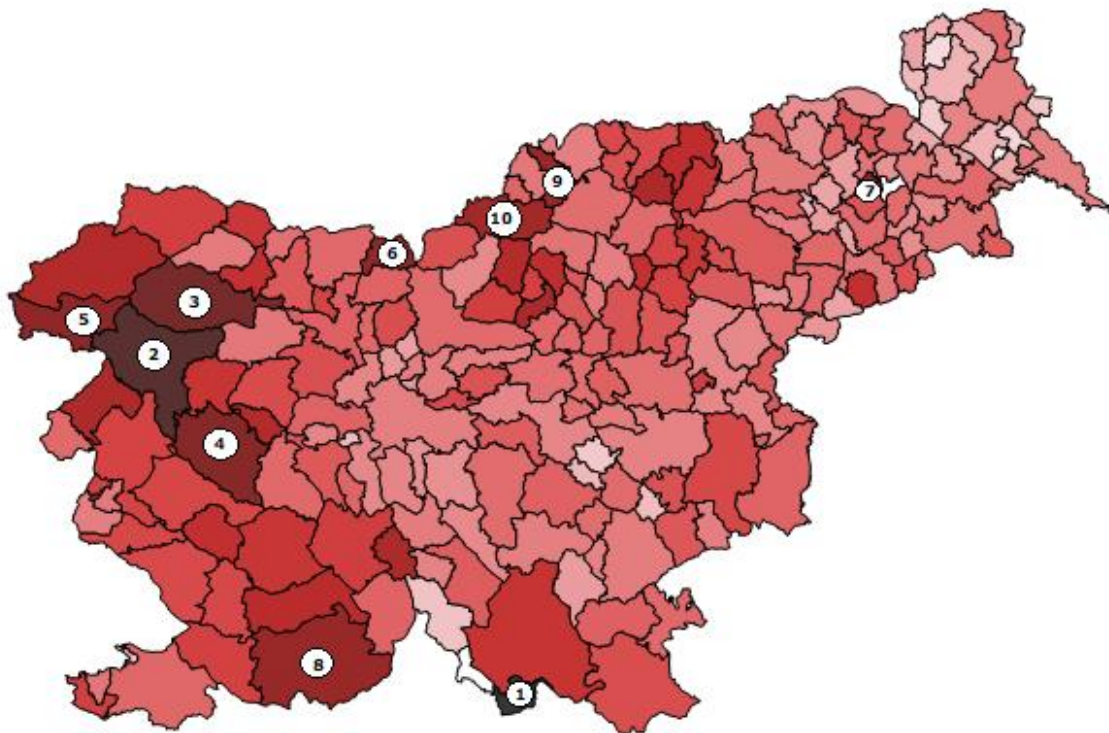
Preglednica 12: Število požarov na km<sup>2</sup> površine občine

Table 12: Number of fires per km<sup>2</sup> area of the municipality

|    | Občina             | Št. požarov v 14 letih | Površina [km <sup>2</sup> ] | Št. požarov v 14 letih/ km <sup>2</sup> | Povprečno letno št. požarov/km <sup>2</sup> |
|----|--------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1  | Ljubljana          | 2659                   | 274,99                      | 9,67                                    | 0,69                                        |
| 2  | Maribor            | 1072                   | 147,47                      | 7,27                                    | 0,52                                        |
| 3  | Celje              | 647                    | 94,9                        | 6,82                                    | 0,49                                        |
| 4  | Šempeter - Vrtojba | 95                     | 14,95                       | 6,35                                    | 0,45                                        |
| 5  | Piran              | 275                    | 44,58                       | 6,17                                    | 0,44                                        |
| 6  | Izola              | 157                    | 28,56                       | 5,5                                     | 0,39                                        |
| 7  | Jesenice           | 369                    | 75,84                       | 4,87                                    | 0,35                                        |
| 8  | Domžale            | 331                    | 72,3                        | 4,58                                    | 0,33                                        |
| 9  | Kranj              | 661                    | 150,91                      | 4,38                                    | 0,31                                        |
| 10 | Ravne na Koroškem  | 252                    | 63,45                       | 3,97                                    | 0,28                                        |

### 3.3.3 Število požarov v občinah na 1000 prebivalcev

Na sliki 36 so z temnejšo barvo obarvane tiste občine, ki imajo večje število zabeleženih požarov na 1000 prebivalcev. V preglednici 13 so izpostavljene občine z najvišjimi števili. Podatek o številu požarov na prebivalca je najboljši pokazatelj, kako požarno ogrožena je občina.



Slika 36: Grafični prikaz števila požarov po občinah glede na število prebivalcev

Figure 36: Graphical representation of the number of fires per municipality according to the number of inhabitants

Preglednica 13: Število požarov na 1000 prebivalcev

Table 13: Number of fires per 1000 inhabitants

|    | Občina            | Število požarov v 14 letih | Število prebivalcev | Št. požarov v 14 letih/ 1000 preb. | Povprečno letno št. požarov/ 1000 preb. |
|----|-------------------|----------------------------|---------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1  | Kostel            | 17                         | 648                 | 26,23                              | 1,87                                    |
| 2  | Tolmin            | 276                        | 11108               | 24,85                              | 1,77                                    |
| 3  | Bohinj            | 120                        | 5103                | 23,52                              | 1,68                                    |
| 4  | Idrija            | 268                        | 11730               | 22,85                              | 1,63                                    |
| 5  | Kobarid           | 92                         | 4097                | 22,46                              | 1,60                                    |
| 6  | Jezersko          | 14                         | 627                 | 22,33                              | 1,59                                    |
| 7  | Trnovska vas      | 30                         | 1363                | 22,01                              | 1,57                                    |
| 8  | Ilirska Bistrica  | 290                        | 13313               | 21,78                              | 1,56                                    |
| 9  | Ravne na Koroškem | 244                        | 11241               | 21,71                              | 1,55                                    |
| 10 | Črna na koroškem  | 69                         | 3301                | 20,90                              | 1,49                                    |



### 3.3.4 Ugotovitve

#### 3.3.4.1 Občine z najmanj požari

Zanimivo je, da podatkov o požarih v dveh občinah ni bilo moč najti v bazi podatkov, ki v beleži požare v zadnjih 14 letih. Ti dve občini sta Osolnica in Sveti Andraž v Slovenskih Konjicah. V nadaljevanju pa smo predstavili občine z največ požari in največjo požarno ogroženostjo.

#### 3.3.5 Občine z največ požari

##### OBČINA LJUBLJANA

Občina Ljubljana ima absolutno gledano najvišje število zabeleženih požarov v objektih. Take podatke je bilo pričakovati. Po podatkih, prejetih iz popisa prebivalstva, je imela občina 289 832 prebivalcev [8]. Po številu prebivalcev se je med slovenskimi občinami uvrstila na 1. mesto. Na kvadratnem kilometru površine občine je živel povprečno 1053 prebivalcev; torej je bila gostota naseljenosti tu večja kot v celotni državi (102 prebivalca na km<sup>2</sup>). Po številu prebivalcev ji sledijo Maribor, Kranj in Celje. Vse našteje občine so se po prvotni analizi (št. požarov glede na km<sup>2</sup>) izkazale za požarno zelo ogrožene, kar ne drži. Relativno gledano, se pri izračunu števila požarov na prebivalca izkaže, da so vrednosti znotraj mej normale in ne izstopajo. Kljub temu pa smo se odločili izpostaviti občino Ljubljano, saj gre za najbolj naseljeno občino v Sloveniji. Podatki o številu požarov v občini Ljubljana so podani v preglednicah 14 in 15. Grafični prikaz požarov v občini pa prikazuje slika 37.

Preglednica 14: Število požarov po vrsti objekta v občini Ljubljana v zadnjih 14 letih

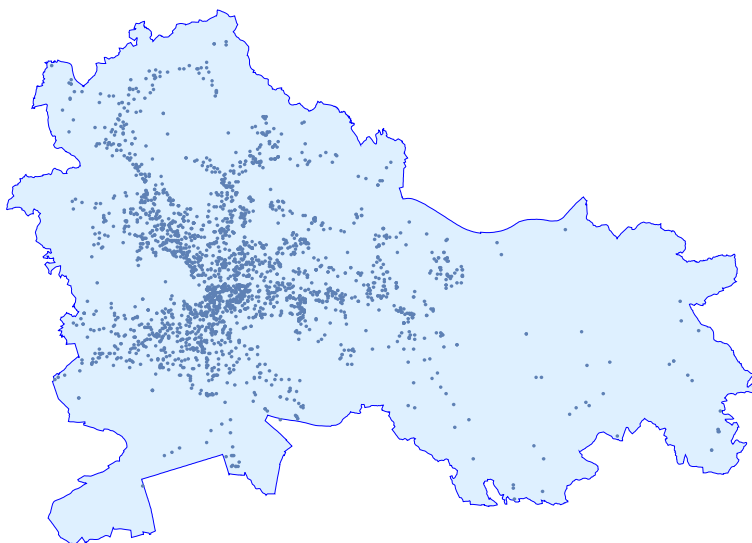
Table 14: Number of fires by type of building in the municipality of Ljubljana over the last 14 years

| Objekt                                                        | Število požarov v 14 letih |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 11 Stanovanjske stavbe                                        | 1388                       |
| 12 Nestanovanjske stavbe                                      | 904                        |
| 21 Objekti prometne infrastrukture                            | 13                         |
| 22 Cevovodi, komunikacijska omrežja in elektroenergetski vodi | 36                         |
| Drugi gradbeni objekti                                        | 269                        |

Preglednica 15: Število požarov po vzrokih v občini Ljubljana v zadnjih 14 letih

Table 15: Number of fires by causes in the municipality of Ljubljana in the last 14 years

| Vzroki požarov                                                           | Število požarov v 14 letih |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Dimniški požar in vžig saj                                               | 369                        |
| Eksplozija plina, pirotehničnih sredstev]                                | 18                         |
| Kuhanje                                                                  | 213                        |
| Namerna povzročitev                                                      | 8                          |
| Nepazljivost pri ravnanju in vžig lahkovnetljivih snovi, tekočin, plinov | 250                        |
| Neprevidno kajenje, cigaretni ogorek                                     | 55                         |
| Neznano                                                                  | 1190                       |
| Okvara, poškodba - naprav, strojev, motorjev.. (kratek stik.)            | 462                        |
| Strela, drugi naravni pojavi                                             | 20                         |
| Vzdrževalna dela (brušenje, varjenje...)                                 | 25                         |



Slika 37: Grafični prikaz požarov v Ljubljani v zadnjih 14 letih

Figure 37: Graphic display of fires in Ljubljana over the last 14 years

## OBČINA KOSTEL

Glede na izračune je občina Kostel najbolj požarno ogrožena občina v Sloveniji. Povprečno je na leto zabeleženih 1,87 požarov na 1000 prebivalcev. Pri bolj podrobnem pregledu smo ugotovili, da ima ta občina le 648 prebivalcev in je v 14 letih skupaj v Kostelu bilo prijavljenih le 17 požarov. Že zaradi tako majhnega števila prebivalcev so ti podatki neprimerljivimi z ostalimi občinami. Kljub temu smo podrobneje analizirali, zakaj je do 17 požarov prišlo, in kje so se zgodili. Podatki o številu požarov v občini Kostel so podani v preglednicah 16 in 17.

Preglednica 16: Število požarov po vrsti objekta v občini Kostel v zadnjih 14 letih

Table 16: Number of fires by type of building in the municipality of Kostel over the last 14 years

| Objekt                   | Število požarov v 14 letih |
|--------------------------|----------------------------|
| 11 Stanovanjske stavbe   | 11                         |
| 12 Nestanovanjske stavbe | 6                          |

Preglednica 17: Število požarov po vzrokih v občini Kostel v zadnjih 14 letih

Table 17: Number of fires by causes in the municipality of Kostel in the last 14 years

| Vzroki požarov                                                           | Število požarov v 14 letih |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Dimniški požar in vžig saj                                               | 6                          |
| Kuhanje                                                                  | 1                          |
| Nepazljivost pri ravnanju in vžig lahkovnetljivih snovi, tekočin, plinov | 1                          |
| Neznano                                                                  | 7                          |
| Okvara, poškodba - naprav, strojev, motorjev.. (kratek stik.)            | 2                          |

Zaradi premajhnega števila prebivalcev in požarov za konkretno in pravilno izpeljano statistično analizo smo občino Kostel izključili iz ugotovitev – oz. je nismo upoštevali kot najbolj požarno ogroženo občino v Sloveniji

## OBČINA TOLMIN

Občina Tolmin se je izkazala kot najbolj požarno ogrožena občina v Sloveniji. Po izračunih vidimo, da povprečno na leto beležijo kar 1,77 požarov na 1000 prebivalcev. Kot je mogoče razbrati iz preglednice 14, gre za največ dimniških požarov in vžigov saj. Na uradni spletni strani občine Tolmin, so zapisali, da število požarov iz leta v leto narašča. Glavni vzrok ostajajo dimniški požari, pri čemer je zaskrbljujoč porast razširitve požarov iz dimniških tuljav na ostrešje, in to predvsem pri renoviranih dimnikih iz nerjavečega jekla. Občina Tolmin je v letu 2017 Gasilski Zvezi Tolmin namenila 15.000 evrov proračunskih sredstev, ki so bila porabljena za investicije v obnovo in vzdrževanje gasilskih domov [8]. Podatki o številu požarov v občini Tolmin so podani v preglednicah 18 in 19. Grafični prikaz požarov v občini pa prikazuje slika 38.

Preglednica 18: Število požarov po vrsti objekta v občini Tolmin v zadnjih 14 letih

Table 18: Number of fires by type of building in the municipality of Tolmin over the last 14 years

| Objekt                                                        | Število požarov v 14 letih |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 11 Stanovanjske stavbe                                        | 223                        |
| 12 Nestanovanjske stavbe                                      | 46                         |
| 21 Objekti prometne infrastrukture                            | 1                          |
| 22 Cevovodi, komunikacijska omrežja in elektroenergetski vodi | 4                          |
| Drugi gradbeni objekti                                        | 1                          |

Preglednica 19: Število požarov po vzrokih v občini Tolmini v zadnjih 14 letih

Table 19: Number of fires by causes in the municipality of Tolmin in the last 14 years

| Vzroki požarov                                                           | Število požarov v 14 letih |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Dimniški požar in vžig saj                                               | 195                        |
| Kuhanje                                                                  | 6                          |
| Nepazljivost pri ravnanju in vžig lahkovnetljivih snovi, tekočin, plinov | 18                         |
| Neznano                                                                  | 34                         |
| Okvara, poškodba - naprav, strojev, motorjev... (kratek stik)            | 20                         |
| Vzdrževalna dela (brušenje, varjenje...)                                 | 3                          |



Slika 38: Grafični prikaz požarov v Tolminu v zadnjih 14 letih

Figure 38: Graphic display of fires in Tolmin over the last 14 years

### 3.3.5.1 Najbolj pogosti požari po vzroku nastanka

#### DIMNIŠKI POŽARI

Največ dimniških požarov na prebivalca beležimo v občinah Tolmin, Kobarid, Bohinj, Idrija, Žiri, Ilirska Bistrica in Vipava. V imenovanih občinah predstavljajo tovrstni požari med 60 in 70 % vseh požarov, nastalih v teh občinah. V preglednici 20 so prikazane občine z največjim številom dimniških požarov na prebivalca.

Preglednica 20: Največje število dimniških požarov na 1000 prebivalcev po občinah

Table 20: The greatest number of chimney fires per 1000 inhabitants by municipalities

| Občina           | Št. preb. | Št. vseh požarov v občini | Število dimniških požarov | Delež dimniških požarov v občini [%] | Št. dimniških požarov/ 1000 preb. |
|------------------|-----------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| TOLMIN           | 11108     | 277                       | 195                       | 70,4                                 | 17,55                             |
| KOBARID          | 4097      | 92                        | 62                        | 67,4                                 | 15,13                             |
| BOHINJ           | 5103      | 120                       | 75                        | 62,5                                 | 14,70                             |
| IDRIJA           | 11730     | 268                       | 158                       | 59,0                                 | 13,47                             |
| ŽIRI             | 4874      | 95                        | 63                        | 66,3                                 | 12,93                             |
| ILIRSKA BISTRICA | 13313     | 290                       | 171                       | 59,0                                 | 12,84                             |
| VIPAVA           | 5593      | 103                       | 70                        | 68,0                                 | 12,52                             |

### 3.4 Povzetek kritičnih rezultatov in njihova uporaba

Povzamemo lahko, da predstavljajo dimniški požari približno tretjino vseh požarov, ki nastanejo v objektih. Ti v večini primerov nastanejo v stanovanjskih stavbah in so vzrok za povečano požarno nevarnost v času kurilne sezone. V stanovanjih obstaja tudi velika nevarnost nastanka požara zaradi kuhanja, zato je potrebno med kuhanjem biti zelo pazljiv in skrbet, da se hrane na prižganem štedilniku ne pušča nenadzorovane. Pri nestanovanjskih stavbah se pojavlja nevarnost požara zaradi nepazljivosti pri ravnanju z vnetljivimi snovmi in zaradi okvare strojev in naprav (kratek stik). Najbolj so temu podvržene industrijske stavbe in skladišča ter druge nestanovanjske stavbe, kot so skednji, drvarnice in kotlovnice. Ugotovili smo tudi, da je največja možnost nastanka požara med peto in deveto uro popoldne. Požarno najbolj ogrožene občine so Tolmin, Bohinj, Idrija in Kobarid.

Vsi ti podatki so pomembni za organizacijo gasilnih enot. V obdobju med novembrom in marcem je potrebno večje število enot, kot v drugih mesecih, te pa se morajo pripraviti predvsem na povečano število dimniških požarov. Posebno pozornost je treba nameniti mrzlim zimam, ki prav tako vplivajo na povečanje števila dimniških požarov. Podatek glede požarne ogroženosti občin je pomemben zato, da se lahko gasilce smiselno razporedi po občinah. Tam kjer je večja ogroženost se poskrbi, da je temu primerno tudi število gasilcev. Bolj ogroženim občinam je država dolžna nameniti tudi več finančnih sredstev.

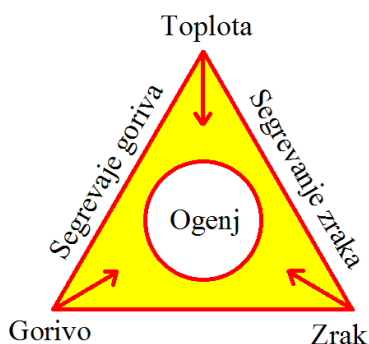
Ugotovili smo katere vrste objektov so v Sloveniji najbolj požarno ogroženi. Da bi se že v fazi projektiranja lahko zavarovali pred požari, smo za te objekte v nadaljevanju pripravili preglednico priporočenih vrednosti gostot požarnih obtežb. Predvsem smo se osredotočili na požare v stanovanjih, katerih je največ. Podali smo vrednosti požarnih obtežb za kuhinjo, jedilnico, dnevno sobo, spalnico, kopalnico, verando, shrambo in atelje. Pri nestanovanjskih stavbah pa smo določili obtežbe v poslovnih prostorih, šolah, hotelih, bolnišnicah, garažnih hišah in trgovinah. Preden pa se lotimo opisovanja raziskav in vrednosti požarnih obtežb izbranih objektov je potrebno najprej še nekaj na splošno povedati o požarih, predstaviti faze požara, izbiranje požarnih scenarijev ter osnovne enačbe za določanje gostote požarne obtežbe in hitrosti sproščanja toplote. Projektni požarni scenarij, predstavlja kvalitativen opis poteka požara s ključnimi dogodki, ki označujejo požar in ga razlikujejo od drugih možnih požarov. Projektni požarni scenarij pa je ključen za napredne analize odziva konstrukcij v požaru in ostalih naprednih numeričnih študijah v požarnem inženirstvu, kot je npr. simulacija razvoja dima po prostoru.

## 4 PROJEKTNI POŽARNI SCENARIJ

### 4.1 Splošno o požarih

#### Trikotnik gorenja

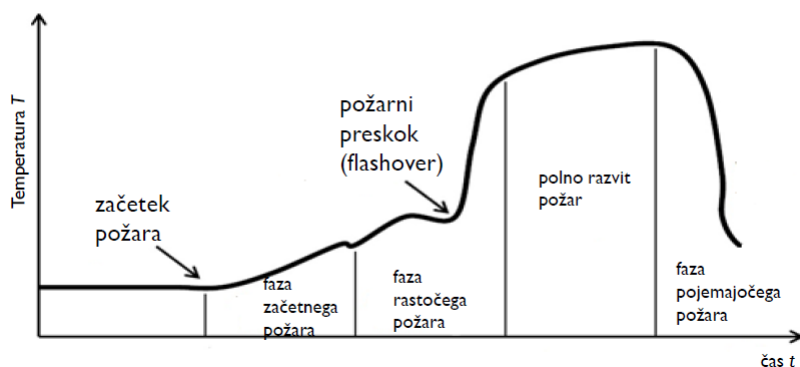
Za nastanek požara so nujno potrebni trije elementi. To so: gorljiv material, oksidacijsko sredstvo in vir toplote oziroma vžiga. Gorivo predstavljajo materiali, ki so zaradi svoje kemijske sestave gorljivi oziroma lahko oksidirajo. To so predvsem materiali, ki jih tvorita ogljik in vodik. Gorljiva sredstva so lahko v plinastem (metan, etan, propan, butan, vodik, itd.), tekočem (acetone, benzen, ogljikov disulfid, itd.) ali trdnem agregatnem stanju (les, volna, bombaž, stiropor, itd.). Oksidacijsko sredstvo je zrak oziroma kisik, ki igra vlogo pospeševalca požara. Toploto pa predstavlja energija, ki je potrebna za vžig goriva. Če katerega od teh elementov nimamo, ne more priti do požara [12]. Vse te elemente najlažje predstavimo s požarnim trikotnikom.



Slika 39: Požarni trikotnik [13]

Figure 39: Fire triangle [13]

Na sliki 44 je prikazan graf časovnega poteka tipičnega požara v objektu. Predstavljen je s potekom krivulje temperature v odvisnosti od časa in je razdeljen na več faz.



Slika 40: Časovni potek tipičnega požara v objektu [12]

Figure 40: The time development of a typical fire in the building [12]

Iz slike 44 je razvidno, da požar običajno poteka v štirih fazah, ki jih na kratko predstavimo v nadaljevanju:

- faza vžiga – faza začetnega požara,
- faza rastočega požara,
- faza razvitega požara,
- faza pojemajočega požara [12].

### **Faza vžiga – faza začetnega požara**

Faza vžiga predstavlja začetno fazo požara, kjer pride do vžiga in pričetka gorenja gorljivega materiala, ob prisotnosti kisika. Viri vžiga so lahko direktni plameni, stik z drugimi vročimi ali gorečimi materiali; daljša izpostavljenost zunanjemu viru toplote pri sorazmerno nizkih temperaturah; samodejno segrevanje, ki vodi do samovžiga; električne iskre ter toplota ali iskre trenja [12].

### **Faza rastočega požara**

V tej fazi se gorenje lahko razvija zelo hitro (npr. plinske eksplozije); hitro ali enakomerno (npr. gorenje kompaktnega lesa) ter počasi (npr. tlenje). Hitrost razvoja požara je odvisna predvsem od lastnosti gorljivih materialov in manj od ostalih parametrov (npr. od geometrije prostora, lastnosti sten, tal, dovoda kisika). Z razvojem in širjenjem požara običajno temperatura požara raste. V zaprtih prostorih pogosto pride do faze, ko se zaradi zvišanja temperature zraka oz. dimnih plinov pod stropom (med 500 in 600 °C) in posledičnega toplotnega sevanja te vroče plasti plina, v zelo kratkem času vžgejo vsi negoreči materiali v prostoru. Plameni zajamejo ves prostor in požar preide v polno razviti požar. Ta prehod se imenuje »flash-over« [12].

### **Faza razvitega požara**

V tretji fazi so v požar zajeti vsi gorljivi materiali v prostoru. Temperatura ne narašča več tako hitro in kasneje prične postopoma padati. V tej fazi je hitrost sproščanja toplote največja. Več materiala pirolizira (tj. kemijski razkroj pod vplivom toplote) kot pa ga zgori. Razlog za to je pomanjkanje kisika. Hitrost gorenja kontrolira ventilacija, geometrija prostora in lastnosti obodnih sten [12].

### **Faza pojemajočega požara**

V zadnji fazi je hitrost požara kontrolirana s strani gorljivega materiala. Do pojemanja požara pa lahko pride tudi v primeru pomanjkanja kisika. Kadar pade delež kisika v zraku pod 16 %, gorenje ni več mogoče. V tem primeru je potrebno biti zelo previden, ker lahko požar tudi po sorazmerno dolgem času ob ponovnem dovajanju zraka (npr. ob odpiranju vrat) ponovno preide iz faze tlenja v fazo intenzivnega požara [12].

Intenziteta požara je definirana kot količina sproščene energije v časovni enoti. Faktorji, ki vplivajo nanjo pa so:

- količina in vrsta gorljivih snovi,
- požarne karakteristike gorljivih materialov,
- površina gorljivih materialov,
- prisotnost kisika,
- prezračevanje [12].

Lastnosti materiala, ki igrajo v požaru pomembno vlogo so:

- toplotna kapaciteta,
- toplotna prevodnost,
- toplotna emisivnost,
- gorljivost,
- gostota,
- vnetljivost,
- temperatura vžiga in samovžiga,
- oblika in velikost površine na volumensko enoto (specifična površina),
- mejne koncentracije vnetljivosti in eksplozivnosti,
- hitrost širjenja plamena po površini,
- hitrost sproščanja toplote [12].

Konstrukcijski elementi in ostali zaporni elementi predstavljajo varnost pred širjenjem požara le v primeru, ko zagotavljajo potrebno požarno odpornost. Potrebna požarna odpornost je odvisna od namembnosti, požarne obremenitve in požarne ogroženosti objekta ali prostora in se giblje med 30 min do nekaj ur [12].

Kriteriji, katerim mora konstrukcija oz. konstrukcijski elementi ustrezati, so:

- Izolativnost (I) – sposobnost elementa, da prepreči prekomeren prehod toplote s prevajanjem. Elementi morajo biti izdelani iz materialov, ki so toplotni izolatorji. Ta kriterij je pomemben zato, da se pri morebitnem požaru toplota ne bi širila v sosednje prostore.
- Celovitost (E) – sposobnost elementa, da prepreči prehod plamenov in vročih plinov. Pri izpostavljenosti požaru na elemente ne sme priti do razpok ali odprtín. Z zagotovitvijo tega ukrepa, se požar za nek določen čas ne more širiti v sosednjih požarnih sektorjih.
- Nosilnost (R) – sposobnost elementa, da pri požaru ne pride do porušitve. Ta kriterij je pomemben, saj je potrebno zagotoviti ustrezno nosilnost konstrukcije med evakuacijo in gašenjem oz. intervencijo [12].



## 4.2 Požarno projektiranje konstrukcij

V tem poglavju je predstavljen postopek projektiranja konstrukcij na požarno obtežbo, ki poteka v štirih fazah:

1. izbira za projektiranje merodajnih požarnih scenarijev,
2. določitev ustreznih projektnih požarov,
3. izračun razvoja temperaturnega polja konstrukcijskih elementov,
4. izračun mehanskega odziva konstrukcije, izpostavljene požaru [13].

Podrobneje smo se osredotočili le na prvi dve fazi, saj nas v sklopu te naloge zanimajo le začetni parametri za izračun temperaturnega poteka požara.

### 4.2.1 Izbira za projektiranje merodajnih požarnih scenarijev

Požarni scenarij je kvalitativni opis poteka požara s časovno opredeljenimi ključnimi dogodki, ki označujejo požar in ga razlikujejo od drugih možnih požarov. Ponavadi opredeli proces vžiga in širjenja (rasti) požara, stopnjo polno razvitega požara ter stopnjo pojemanja požara, upoštevajoč lastnosti ambienta in sistema stavbe, ki vplivajo na potek požara [13].

Preden določimo požarne scenarije, je potrebno opredeliti požarni sektor. To je prostor znotraj stavbe, ki sega preko enega ali več nadstropij in je ograjen z ločilnimi elementi, ki preprečujejo širitev požara izven sektorja [1]. Ti ločilni elementi morajo zagotavljati ustrezno nosilnost (R), celovitost (E) in izolativnost (I).

Za določitev nezgodnih projektnih razmer je potrebno določiti več ustreznih požarnih scenarijev in projektnih požarov. Pri določanju požarnega scenarija upoštevamo naslednje parametre:

- geometrijske karakteristike: velikost požarnega sektorja, lastnosti obodnih sten, višina stropa in dimenzije ter število odprtín;
- požarne karakteristike: površina, lokacija požara ter hitrost sproščanja toplote (HRR),
- aktivne ukrepe za preprečevanje požare: avtomatski vodni gasilni sistemi, neodvisna oskrba z vodo, avtomatsko zaznavanje požara in alarmi ter povezava alarma z gasilsko enoto, varne intervencijske poti, gasilni pripomočki itd.

V požarnem sektorju lahko pride do lokalnega požara ali polno razvitega požara. Za lokalni požar je značilno, da zajame le del sektorja, v katerem nastane sloj toplega in hladnega zraka. Pri polno razvitem požaru požar zajame celotni požarni sektor, požarna obtežba in temperatura pa sta enakomerno razporejeni po celotnem prostoru.

#### 4.2.2 Določitev ustreznih projektnih požarov

Projektni požar je določen časovno temperaturni in prostorski razvoj požara, predviden za projektiranje [13].

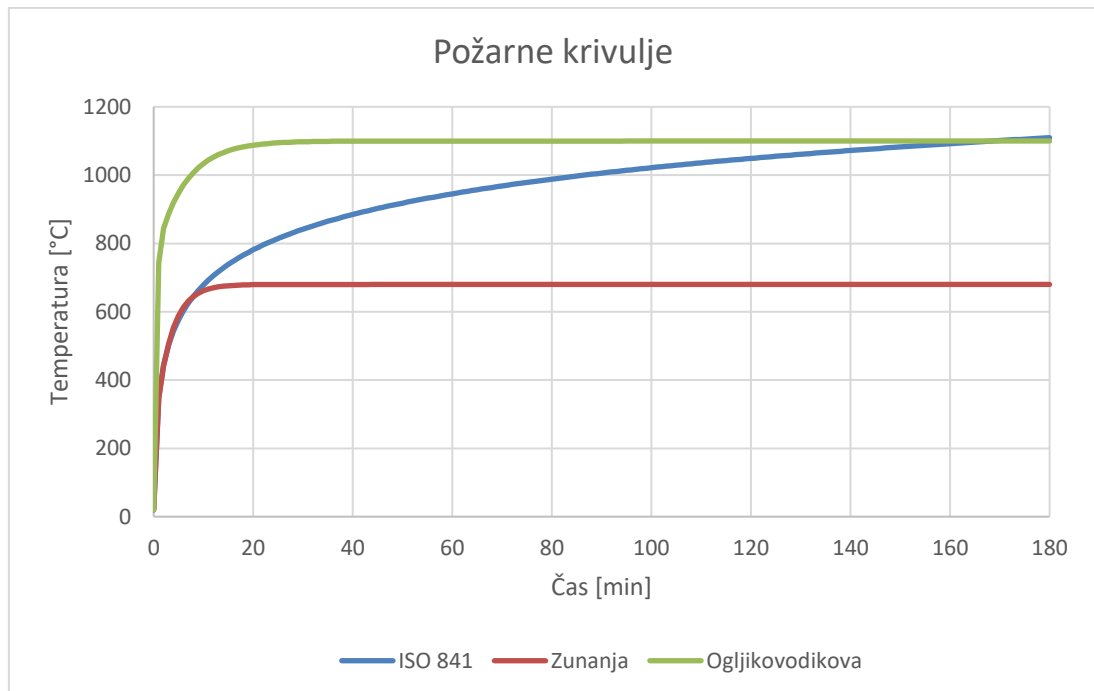
Poznamo dva načina projektiranja požarne varnosti:

1. Predpisni način, to je deterministični pristop, ki temelji na standardu in pri katerem uporabljamo nominalne požarne krivulje.
2. Odzivni pristop, ki upošteva dejansko stanje konstrukcije, temelji na realnih požarih in pri katerem se uporabljajo napredna računska orodja.

##### 4.2.2.1 Predpisni način

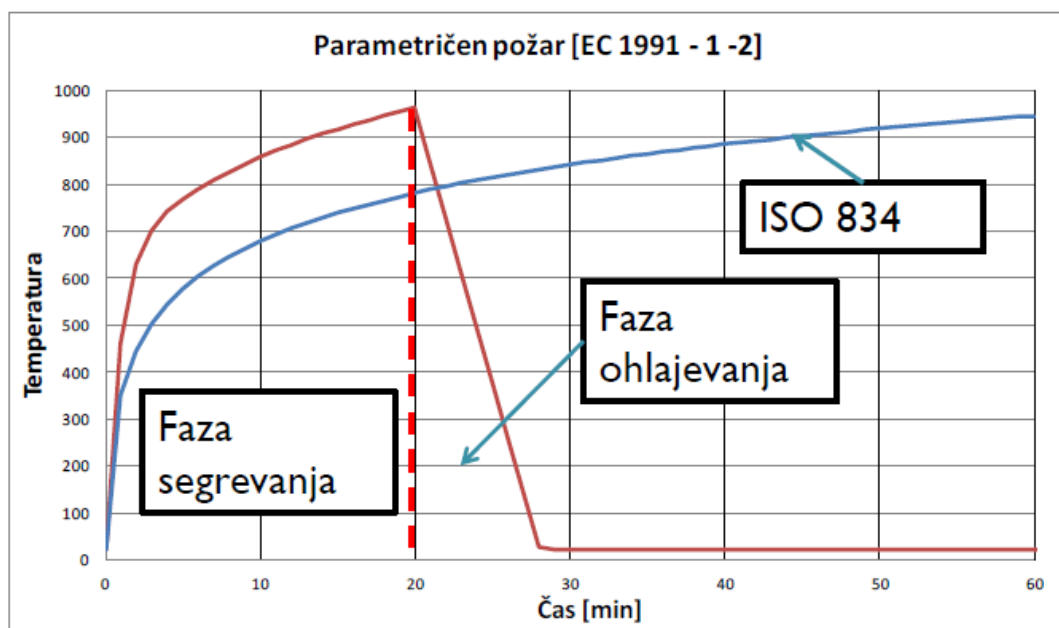
Pri predpisnem načinu ne projektiramo na realen požar ampak na požar, ki ga določa standard. Le ta podaja dva tipa požarnih krivulj, ki prikazujejo razvoj temperature v odvisnosti od časa:

- nominalne požarne krivulje: krivulje, ki najenostavneje predstavljajo polno razvit požar in s katerimi preverjamo požarno odpornost konstrukcije za določeno časovno obdobje. Te krivulje nimajo faze ohlajanja, zato ne predstavljajo realnega požara. V to skupino uvrščamo standardno krivuljo (ISO 834), zunanjo požarno krivuljo in požarno krivuljo ogljikovodikov. Standardna krivulja ISO 834 je prikazana na sliki 41.
- parametrične požarne krivulje: krivulje, ki se bolj približujejo realnim požarom, saj vsebujejo nekaj dodatnih parametrov, ki predstavljajo določeno povezavo z realnostjo. Modeli parametričnega požara upoštevajo: geometrijo požarnega sektorja, požarno obtežbo znotraj požarnega sektorja, odprtine v stenah in/ali strehi ter vrsto in lastnosti različnih konstrukcijskih elementov, ki sestavljajo obod požarnega sektorja. Te krivulje temeljijo na hipotezi enakomerne temperature v požarnem sektorju, kar omejuje njihovo možnost uporabe pri polno razvitih požarih večjih dimenzij. Primer parametrične krivulje je prikazan na sliki 42.



Slika 41: Požarne krivulje po EN 1991-1-2 [1]

Figure 41: Fire curves by EN 1991-1-2 [1]



Slika 42: Primer parametrične požarne krivulje [14]

Figure 42: An example of parametric fire curve [14]

#### 4.2.2.2 Odzivni pristop

Pri odzivnem pristopu projektiramo na dejansko pričakovane požare in dejansko stanje konstrukcije. Seveda oboje lahko opišemo le z določeno natančnostjo vendar nam napredna računska orodja omogočajo tovrstne simulacije, kot je npr. program Pyrosim. Pri tem pa je potrebno določiti ustrezne vhodne podatke, ki so potrebni za določanje projektnega požara.

Poznati moramo:

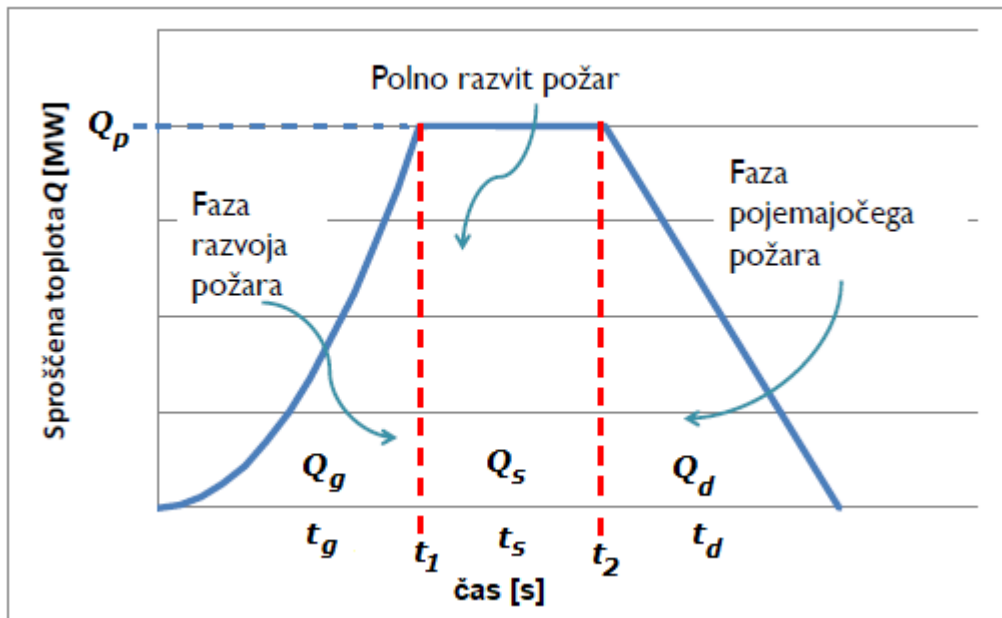
- geometrijo požarnega sektorja,
- lastnosti konstrukcijskih elementov v prostoru in robnih elementov,
- vplive okolice, kot so začetna temperatura prostora, koncentracija kisika,
- vrsto, lego ter količino gorljivih materialov – HRR krivuljo,
- pogoje ventilacije,
- prisotnost aktivnih in pasivnih požarnih ukrepov [14].

### 4.3 Osnovni parametri pri izračunu požarne obtežbe

Obnašanje konstrukcije med požarom najbolje opiše krivulja hitrosti sproščanja toplote (HRR), ki je definirana kot toplota, sproščena pri zgorevanju snovi v enoti časa [14].

Določimo jo lahko eksperimentalno ali računsko. Odvisna je tudi od namembnosti prostora.

Razvoj idealnega modela požara, ki ga uporabljamo za izračune, prikazuje slika 43.



Slika 43: Primer krivulje HRR [14]

Figure 43: An example of HRR curve [14]

#### 4.3.1 Požarna obtežba

Vsoto toplotnih energij ( $Q_t$ ), ki se sproščajo pri zgorevanju vseh vnetljivih snovi v prostoru opišemo z enačbo (1).

$$Q_t = m \Delta H_{eff} = m \chi \Delta H_c \quad [\text{MJ}], \quad (1)$$

kjer je:

$m$  količina gorljivega materiala [kg],

$\Delta H_{eff}$  efektivna kalorična vrednost gorljivega materiala [MJ/kg],

$\chi$  učinkovitost zgorevanja (pričakovana učinkovitost je 80%,  $\chi = 0,8$ ),

$\Delta H_c$  celotna kalorična vrednost gorljivega materiala [MJ/kg] [15].

Kalorične vrednosti posameznih gorljivih materialov so prikazane v preglednici 21.

Preglednica 21: Celotne kalorične vrednosti gorljivih materialov [15]

Table 21: Complete Heat of Combustion Values of Typical Fuels [15]

| Material       | $\Delta H_c$ [MJ/kg] | Material           | $\Delta H_c$ [MJ/kg] |
|----------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| Metanol        | 20                   | Parafinski vosek   | 47                   |
| Etanol         | 27                   | Penasta guma       | 37                   |
| Benzin         | 45                   | Guma izopren       | 45                   |
| Bencin         | 44                   | Svila              | 19                   |
| Kurilno olje   | 40                   | Les                | 18                   |
| Celuloza       | 17                   | Volna              | 23                   |
| Oblačila       | 19                   | ABS                | 36                   |
| Bombaž         | 18                   | Epoxy              | 34                   |
| Zrno           | 17                   | Poliester          | 31                   |
| Mast           | 41                   | Polietilen         | 44                   |
| Usnje          | 19                   | Polistiren         | 40                   |
| Linolej        | 20                   | Poliuretanska pena | 26                   |
| Papir, lepenka | 17                   | Polivinilklorid    | 17                   |

#### 4.3.2 Gostoto požarne obtežbe

Gostoto požarne obtežbe ( $q$ ) na enoto ploščine opredelimo z enačbo (2).

$$q = \frac{Q_t}{A} \quad [\text{MJ/m}^2] \quad (2)$$

Kjer je:

$A$  površina tal požarnega sektorja referenčnega prostora ali notranja površina požarnega sektorja [ $\text{m}^2$ ] [1].

V primeru, da nimamo natančne raziskave požarne obtežbe za določen objekt, lahko gostoto požarne obtežbe  $q_{f,k}$  približno določimo z nacionalno klasifikacijo glede na rabo (nastanitev). Vrednosti v preglednici 22 so podane v standardu SIST EN 1991-1-2 [1], in sicer v prilogi E. Za izračun moramo vzeti vrednost 80% centil, ki je predstavljena po Gumbelovi porazdelitvi.

Preglednica 22: Gostota požarne obtežbe  $q_{f,k}$  [MJ/m<sup>2</sup>] za različne rabe [1]

Table 22: Fire densities  $q_{f,k}$  [MJ/m<sup>2</sup>] for different occupancies [1]

| Raba                       | Povprečje | 80% centil |
|----------------------------|-----------|------------|
| Stanovanja                 | 780       | 948        |
| Bolnišnice (sobe)          | 230       | 280        |
| Hoteli (sobe)              | 310       | 377        |
| Knjižnice                  | 1500      | 1824       |
| Pisarne                    | 420       | 511        |
| Šolski razredi             | 285       | 347        |
| Nakupovalna središča       | 600       | 730        |
| Dvorane (kino)             | 300       | 365        |
| Transport (javni prostori) | 100       | 122        |

#### 4.3.4 Moč požara

Na koncu faze razvoja požara je vrednost moči požara  $Q_p$  določena na dva načina, odvisno od tega, ali je požar gorivno ali ventilacijsko nadzorovan. Gorivno nadzorovan požar, je tisti požar, pri katerem imamo dovolj kisika, da lahko v prostoru zgorijo vsi gorljivi predmeti in je celotna sproščena toplota in moč požara pogojna z celotno maso gorljivih snovi v požarnem sektorju. Pri ventilacijsko nadzorovanem požaru pa je jakost požara odvisna od dotoka kisika ter požar običajno ugasne zaradi pomankanja kisika, v prostoru pa ostane še nekaj gorljivih elementov, ki ne zgorijo do konca.

V primeru, da imamo požar gorivno nadzorovan požar, določimo moč požara  $Q_{p,f}$  na podlagi stopnje rasti požara v določenem objektu  $RHR_f$  ali pa na podlagi  $HRRPUA$ , ki predstavlja hitrost sproščanja toplote gorljivih materialov na enoto površine, ki se pri požaru vnamejo (enačba (3)).

$$Q_{p,f} = RHR_f(HRRPUA) * A_f \quad [\text{MW}], \quad (3)$$

kjer je:

$A_f$  – tlorisna površina gorljivih materialov [15].

V preglednici 19 so podane priporočljive vrednosti  $RHR_f$ , ki so zapisane v standardu [1].

Preglednica 23:  $RHR_f$  za različne objekte [1]

Table 23:  $RHR_f$  for Different Occupancies [1]

| Objekt                                                                                                                 | $RHR_f$ [MW/m <sup>2</sup> ] |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Stanovanja, bolnišnice (sobe), hoteli (sobe), pisarne, šolski razredi, nakupovalna središča, transport (javni prostor) | 2,50                         |
| Knjižnice, dvorane (kino)                                                                                              | 5,50                         |

V preglednici 24 so podane vrednosti  $HRR_{PUA}$  za nekatere tekočine in trdne snovi.

Preglednica 24: Hitrost sproščanja toplote nekaterih tekočih in trdnih snovi [15]

Table 24: Rates of burning for some liquid and solid fuels [15]

| Material           | $HRR_{PUA}$ [MW/m <sup>2</sup> ] | Material              | $HRR_{PUA}$ [MW/m <sup>2</sup> ] |
|--------------------|----------------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| Bencin             | 2,40                             | Ploščati les          | 0,09                             |
| Kerozin            | 1,68                             | 1 m <sup>3</sup> lesa | 0,53                             |
| Težko kurilno olje | 1,39                             | Pohištvo              | 1,80                             |
| Etanol             | 0,40                             | Polietilen            | 1,36                             |
| Metanol            | 0,34                             | Polostiren            | 1,40                             |

V primeru, da je požar nadzorovan ventilacijsko, izračunamo moč požara  $Q_{p,v}$  na podlagi enačbe (4).

$$Q_{p,v} = 0,1 A_w \sqrt{h_w} \Delta H_{eff} \quad [\text{MW}], \quad (4)$$

kjer je:

$A_w$  površina odprtin [m<sup>2</sup>]

$h_w$  povprečna višina odprtin [m] [15].

Enačbi (3) in (4) sta predstavljeni v Evrokodu [1], poznamo pa več drugih matematičnih modelov, s katerimi lahko ocenimo maksimalno vrednost HRR  $Q_{fo}$  [MW] in jih podajamo v nadaljevanju:

a) McCaffrey Quintiere in Harkload (1981):

$$Q_{fo} = 0,610 (h_k A_T \sqrt{h_w})^{0,5} \quad [\text{MW}], \quad (5)$$

b) Babrauskas (1980):

$$Q_{fo} = 0,600 A_w \sqrt{h_w}; \quad Q_{fo} = 0,750 A_w \sqrt{h_w} \quad [\text{MW}], \quad (6)$$

c) Thomas (1981):

$$Q_{fo} = 0,0078 A_T + 0,378 A_w \sqrt{h_w} \quad [\text{MW}], \quad (7)$$

kjer je:

$h_k$  prestopni koeficient toplote [kW/m<sup>2</sup>\*K],

$A_T$  celotna površina prostora [m<sup>2</sup>] [15].

Čas  $t_{1,fo}$ , pri katerem pride do polno razvitega požara, izračunamo po enačbi 8.

$$t_{1,fo} = \sqrt{t_g^2 Q_{fo}} \quad [\text{s}], \quad (8)$$

kjer je:

$t_g$  čas, ki opiše trajanje faze razvoja požara [s] [15].

#### 4.3.5 Faza razvoja požara

Po vžigu gorljivega materiala se začne faza razvoja požara. Razvoj požara je odvisen od tipa gorljivega sredstva, procesa zgorevanja, ventilacijskih pogojev in interakcije z okoljem.

Razvoj požara lahko opišemo s t-kvadratnimi krivuljami. Te krivulje delimo v štiri kategorije, ki opisujejo počasne, srednje hitre, hitre in zelo hitre požare. Definirane pa so na podlagi časa, pri katerem požar doseže moč 1 MW. Standardne t-kvadratne krivulje so prikazane na sliki 44.

Čas  $t_1$  pri katerem doseže HRR krivulja svoj maksimum  $Q_p$  določimo z enačbo (9), koeficient razvoja požara pa z enačbo (10).

$$t_1 = t_\alpha \sqrt{Q_p} \quad [\text{s}], \quad (9)$$

$$\alpha_f = \frac{1}{t_\alpha} \quad [\text{kW/s}], \quad (10)$$

kjer je:

$t_\alpha$  čas, pri katerem doseže požar vrednost 1 MW [s]

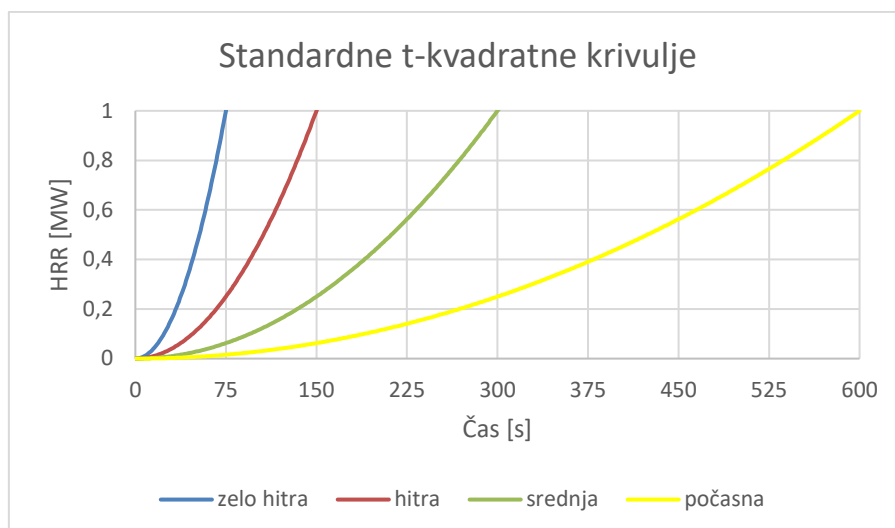
$\alpha_f$  koeficient razvoja požara [kW/s]

$Q_p$  maksimalna vrednost HRR krivulje [MW] [15].

Količina energije  $Q_g$ , ki se sprosti v začetni fazi je opisana z enačbo (11) [15].

$$Q_g = \frac{t_1 Q_p}{3} \quad [\text{MW}] \quad (11)$$





Slika 44: t-kvadratne požarne krivulje

Figure 44: The t-squared fire growth curves

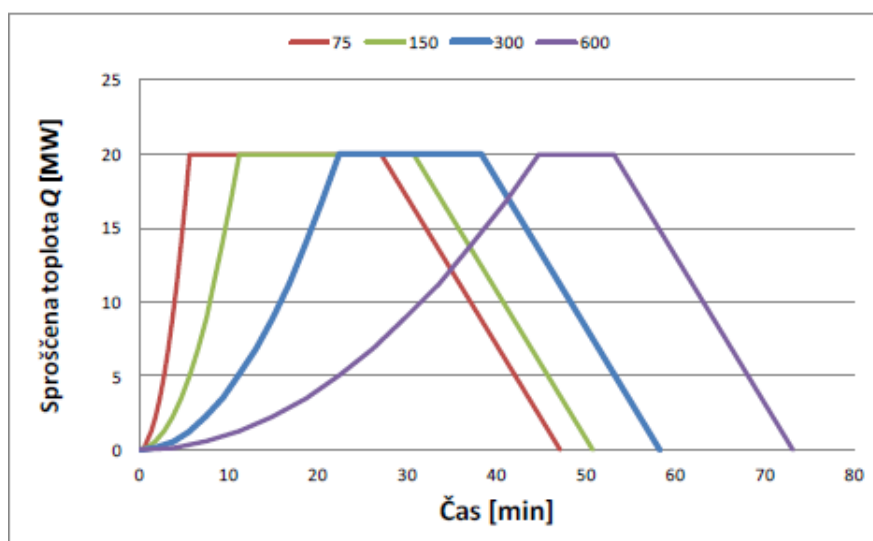
V preglednici 25 so predstavljene štiri standardne t-krivulje.

Preglednica 25: Štiri standarne vrednosti  $\alpha_r$  [16]

Table 25: The four standatd fire growth coefficients [16]

| Koeficient razvoja požara | Čas do 1 MW [s] | $\alpha_r$ | Požarni scenarij                             |
|---------------------------|-----------------|------------|----------------------------------------------|
| počasi                    | 600             | 0,00293    | Kompaktno pakirani leseni produkti           |
| srednje                   | 300             | 0,01172    | Leseno pohištvo z majhno vsebnostjo plastike |
| hitro                     | 150             | 0,0469     | Visoko zložene lesene palete                 |
| zelo hitro                | 75              | 0,1876     | Oblazinjeno pohištvo                         |

Na sliki 45 lahko opazimo, kakšen vpliv ima  $t_\alpha$  časovni potek HRR krivulje.



Slika 45: Vpliv  $t_\alpha$  na HRR krivuljo [14]

Figure 45: An influence of  $t_\alpha$  on HRR curve [14]

Razvoj požara, oziroma hitrost sproščanja toplote je odvisna od materialov in skladno s tem lahko odvisnost povežemo z namembnostjo prostora [1]. Standard SIST EN 1991-1-2 [1] podaja preglednico 26, ki določa stopnjo rasti požara za različne nastanitve.

Preglednica 26: Stopnja rasti požara za različne nastanitve [1]

Table 26: Fire growth rate for different occupancies [1]

| Raba                       | Hitrost razvoja požara | $t_a[s]$ |
|----------------------------|------------------------|----------|
| Stanovanja                 | srednja                | 300      |
| Bolnišnice (sobe)          | srednja                | 300      |
| Hoteli (sobe)              | srednja                | 300      |
| Knjižnice                  | hitra                  | 150      |
| Pisarne                    | srednja                | 300      |
| Šolski razredi             | srednja                | 300      |
| Nakupovalna središča       | hitra                  | 150      |
| Dvorane (kino)             | hitra                  | 150      |
| Transport (javni prostori) | počasna                | 600      |

#### 4.3.6 Polno razvit požar

Pri polno razvitem požaru doseže krivulja HRR maksimalno vrednost, ki ostane v tej fazi konstantna. Ocenjeno je, da se do začetka faze pojemačnega požara, porabi 70 % celotne energije. Energijo, ki se porabi v fazi polno razvitega požara določimo z enačbo (12), čas, ki opiše trajanje polno razvitega požara pa z enačbo (13).

$$Q_s = 0,7 Q_t - Q_g \quad [\text{MW}], \quad (12)$$

$$t_s = \frac{Q_s}{Q_p} \quad [\text{s}], \quad (13)$$

kjer je:

$Q_s$  energija, ki se porabi v fazi polno razvitega požara [MW],

$t_s$  čas, ki opiše trajanje faze polno razvitega požara [s] [15].

#### 4.3.7 Faza pojemačnega požara

V zadnji fazi se manjša količina goriva, zato začne požar pojemat. V tej fazi se sprosti še preostalih 30% celotne energije. Energijo, ki se porabi v fazi pojemačnega požara določimo z enačbo (14), čas, ki opiše trajanje faze pojemačnega požara pa z enačbo (15).

$$Q_d = 0,3 Q_t \quad [\text{MW}], \quad (14)$$

$$t_d = \frac{2 Q_d}{Q_p} \quad [\text{s}], \quad (15)$$

kjer je:

$Q_d$  energija, ki se porabi v fazi pojemačnega požara [MW],

$t_s$  čas, ki opiše trajanje faze pojemačnega požara [s] [15].

## 5 RAZISKAVE POŽARNIH OBTEŽB ZA RAZLIČNE VRSTE OBJEKTOV

V prejšnjem poglavju smo spoznali kako se določa projektni požarni scenarij in kaj vse vpliva nanj. Spoznali smo, da je za opis merodajnega scenarija eden izmed ključnih parametrov požarna obtežba, zato smo v tem poglavju pripravili preglednico, ki na podlagi dolgoletnih raziskav podaja priporočene vrednosti gostot požarnih obtežb za različne tipe stavb.

Če želimo oceniti požarno obtežbo v določenem požarnem sektorju, je potrebno poznati material, težo, debelino, površino ter lokacijo gorljivih snovi v prostoru. Požarno obtežbo delimo na dve kategoriji:

- nepremična požarna obtežba: sestavljena je iz gorljivih materialov, ki so trajno vgrajeni v zidove, strop in tla;
- premična požarna obtežba: sestavljena je iz gorljivega pohištva ter drugih vsebin, ki so vnesene v prostor, za potrebe uporabe stanovalca.

V objektih se požarna obremenitev spreminja glede na velikost prostora, količino gorljivih snovi in vrsto objekta. S statističnimi raziskavami pa je mogoče ugotoviti, kolikšna je gostota požarne obtežbe v različnih stavbah, kot so stanovanja, hoteli, pisarne, trgovine itd.

Pri določanju preglednice gostot požarnih obtežb upoštevamo naslednje predpostavke:

- po vsem prostoru so gorljivi materiali enakomerno razporejeni,
- vsi gorljivi materiali se vžgejo,
- vsi gorljivi materiali v celoti zgorijo.

Požarno obtežbo v stavbi lahko določimo z raznimi raziskavami. Najpogostejše metode raziskovanja so:

- metoda tehtanja,
- metoda popisa,
- metoda kombinacije (tehtanje in popis),
- metoda z vprašalniki,
- metoda pregledovanja spletne strani nepremičnin.

V preteklosti so bile najpogostejše uporabljene metoda tehtanja, metoda popisa ter kombinacija teh dveh metod. Vsaka metoda ima svoje prednosti in slabosti. V nadaljevanju so predstavljene različne metode določanja gostote požarne obtežbe.

## **5.1 Metode določanja gostote požarne obtežbe**

### **5.1.1 Metoda tehtanja**

Pri metodi tehtanja mora raziskovalec fizično vstopiti v prostor, ki ga želi analizirati. V prostoru dokumentira vsebino in karakteristike vseh predmetov, mase gorljivih materialov pa pridobi z direktnim tehtanjem [17].

Glavne pomanjkljivosti te metode so:

- S tehtanjem lahko določimo samo maso premičnih gorljivih predmetov.
- Težko določimo maso samo gorljivega dela predmeta, če je le ta sestavljen iz gorljivih kot tudi iz negorljivih materialov.
- Potreben je fizični vstop v prostor, kar lahko vpliva na motenje poslovnih dejavnosti ter posega v zasebnost posameznika.
- Tehtanje vseh predmetov v prostoru zahteva veliko časa in fizičnega dela. Dvigovanje težkih predmetov pogosto zahteva sodelovanje več oseb [17].

### **5.1.2 Metoda popisa**

Pri metodi popisa izračunamo maso gorljivih predmetov na podlagi izmerjenih volumnov in pripadajočih gostot. Tudi pri takem načinu pridobivanja podatkov je potreben fizičen vstop strokovnjaka v prostor, kjer lahko izmeri in določi potrebne karakteristike predmetov. Maso predmetov se določi na podlagi poznanih gostot materialov ali pa se oceni na podlagi raziskav predhodno stehanih premetov. Pri izvajanju metode popisa, so strokovnjaki ugotovili, da obstaja povezava med vizualnimi karakteristikami predmetov in njihovimi masami. Ta odnos se obravnava s prenosno funkcijo oz. formulo za maso, izraženo s fizičnimi značilnostmi predmeta. S to metodo lahko določimo tudi maso nepremičnih gorljivih predmetov, pri tem pa uporabljamo redukcijske faktorje mase [17].

Glavne pomanjkljivosti te metode so:

- Redukcijski faktorji za izračun mase gorljivih materialov, ki določajo nepremično požarno obtežbo, niso natančno določeni in se v različnih literaturah nekoliko spreminjajo. Razlika v rezultatih se giblje v obsegu 10%.
- Težko je določiti delež različnih materialov v predmetih.
- Težko je določiti volumen predmetov nepravilnih oblik.
- Prenosne funkcije niso natančno določene zaradi pomanjkanja standardizacije pohištva [17].

- Za pretvorbo mase v požarno obtežbo se uporablja kalorična vrednost lesa. Ta poenostavitev pa ne upošteva dejanskega prispevka drugih materialov (plastika, tekoča goriva, itd.) k celotni sproščeni energiji [17].

### **5.1.3 Metoda kombinacije (tehtanje in popis)**

Ta metoda uporablja kombinacijo tehtanja in popisa. Za manjše predmete, ki jih lahko stehtamo uporabljamo metodo tehtanja, za večje predmete in ovoj prostora pa metodo popisa. Pri metodi kombinacije uporabljamo tudi popis predhodno stehtanih predmetov, ki jih primerjamo z dejanskimi predmeti v prostoru in na podlagi podobnosti določamo mase teh predmetov. [15]

Glavne pomanjkljivosti te metode so:

- Predhodno stehtani predmeti se pogosto ne ujemajo s karakteristikami dejanskih predmetov, zato tu nastajajo napake.
- Potreben je vstop v prostor, kar lahko zmoti poslovne dejavnosti v tem prostoru ali poseg v zasebnost, če gre za stanovanja.
- Metoda lahko vzame veliko časa, še posebej če gre za raziskavo, ki obsega veliko število stavb [17].

### **5.1.4 Metoda z vprašalniki**

Metoda z vprašalniki se izvaja tako, da strokovnjak razdeli vprašalnike uporabnikom določene stavbe. Uporabniki sami izpolnijo vprašalnike, na katerih je potrebno v preglednici pohištva označiti koliko in kakšne predmete imajo v določenem prostoru. V nekaterih primerih je od uporabnikov zahtevano, da nekatere predmete, ki se ne nahajajo v preglednici na vprašalniku, sami izmerijo in v vprašalnik zapišejo mere in materiale teh predmetov. Ta metoda skrajša čas raziskave, ne posega v zasebni prostor stanovalcev ter ne ovira poslovnih dejavnosti [17].

Glavne pomanjkljivosti te metode so:

- V vprašalnikih niso zajeti vsi predmeti v prostoru in njihove karakteristike so lahko pomanjkljive.
- Pridobljene požarne obtežbe s to metodo so zgolj informativne, saj informacije, ki jih pridobimo z vprašalniki niso enostavno preverljive.
- Zaradi problemov s preverjanjem podatkov, je ta metoda najmanj zanesljiva [17].

### 5.1.5 Metoda pregledovanja spletne strani nepremičnin

Pri tej metodi strokovnjak pregleduje spletne strani nepremičnin in določa požarne obtežbe na podlagi arhitekturnih risb, fotografij in ostalih informacij, ki jih pridobi na spletu. Masa gorljivih predmetov se v prostoru določi na podlagi vizualne interpretacije podatkov iz fotografij ter na podlagi kaloričnih vrednosti materialov. Prednost te metode je, da ni potrebna fizična prisotnost strokovnjaka v obravnavanem prostoru [17].

Metoda ima nekaj omejitev, kot so:

- Fotografije prikazujejo le omejen pogled na prostor in je zato težko dokumentirati vse predmete, ki vplivajo na požarno obtežbo. Fotografije prikazujejo pospravljen prostor z idealno postavitvijo in brez nereda, kar ne predstavlja realne situacije.
- Masa vseh predmetov v prostoru je določena na podlagi ocen in predpostavk [17].

## 5.2 Rezultati raziskav požarnih obtežb glede na vrsto stavb

### 5.2.1 Stanovanjske stavbe

#### Raziskava v Indiji leta 1992

V mestu Kanpur v Indiji sta Kumar in Rao naredila študijo gostote požarne obtežbe v stanovanjih. Raziskava je obsegala 35 stanovanjskih objektov in skupaj zajemala 4256,6 m<sup>2</sup> površine. Uporabljala sta metodo popisa [19]. Rezultati raziskave so prikazani v preglednici 27.

Preglednica 27: Rezultati raziskave v Indiji v stanovanjih [18]

Table 27: Results of survey in India in dwellings [18]

| Uporaba sobe | Št. sob | Povprečna ploščina sobe [m <sup>2</sup> ] | Gostota požarne obtežbe [MJ/m <sup>2</sup> ] |      |           |          |
|--------------|---------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|------|-----------|----------|
|              |         |                                           | Min                                          | Max  | Povprečje | St. dev. |
| Atelje       | 55      | 17,9                                      | 278                                          | 746  | 428       | 87       |
| Jedilnica    | 18      | 12,9                                      | 167                                          | 715  | 429       | 147      |
| Spalnica     | 136     | 13,2                                      | 130                                          | 933  | 496       | 170      |
| Veranda      | 30      | 13,4                                      | 89                                           | 690  | 279       | 112      |
| Kuhinja      | 66      | 6,8                                       | 164                                          | 1557 | 673       | 207      |
| Shramba      | 36      | 5,8                                       | 235                                          | 2175 | 852       | 622      |
| Kopalnica    | 72      | 2,6                                       | 127                                          | 839  | 382       | 124      |
| Vse sobe     | 413     | 10,3                                      | 89                                           | 2175 | 487       | 255      |

Iz preglednice lahko razberemo, da imamo največje vrednosti gostote požarne obtežbe v shrambi in kuhinji, najmanjše pa na verandi. Povprečne vrednosti se gibljejo med 279 in 852 MJ/m<sup>2</sup>.

## Raziskava v Kanadi leta 2009

V sklopu projekta CFMRD so v Kanadi preiskovali, kolikšna je gostota požarne obtežbe v večstanovanjskih objektih. Uporabili so metodo pregledovanja spletne strani z nepremičninami [20]. Rezultati so prikazani v preglednici 28.

Preglednica 28: Gostote požarnih obtežb v različnih sobah [19]

Table 28: Fire Load Densities for Various Rooms [19]

| Soba                | Št. sob | Povprečna površina [m <sup>2</sup> ] | Gostota požarne obtežbe [MJ/m <sup>2</sup> ] |          |             | Požarna obtežba |
|---------------------|---------|--------------------------------------|----------------------------------------------|----------|-------------|-----------------|
|                     |         |                                      | Povprečje                                    | St. dev. | 95 % centil | Povprečje [MJ]  |
| Kuhinja             | 515     | 9,8                                  | 807                                          | 123      | 940         | 7908            |
| Sekundarna spalnica | 129     | 10,5                                 | 594                                          | 146      | 846         | 6237            |
| Spalnica            | 347     | 16,6                                 | 534                                          | 125      | 753         | 8864            |
| Dnevna soba         | 397     | 17,6                                 | 412                                          | 127      | 610         | 7251            |
| Jedilnica           | 292     | 9,7                                  | 393                                          | 132      | 576         | 3812            |
| Kletna dnevna soba  | 130     | 23,2                                 | 288                                          | 96       | 450         | 6682            |

Ta raziskava je zelo pomembna, saj obsega veliko število prostorov in lahko opazimo da ima majhen raztros podatkov (standardna deviacija je okoli 100). Zanimivo je, da ima največja požarna obtežba v spalnici (8864 MJ), vendar ima kuhinja večjo gostoto požarne obtežbe, saj ima manjšo kvadraturu prostora.

V preglednici 29 je prikazana sestava materialov, ki tvorijo požarno obtežbo [19]. Opazimo lahko, da v kuhinji, dnevnici in jedilnici prevladujejo predmeti iz lesa in papirja, plastike je v vseh prostorih razen v kuhinji približno 30 %, tekstil pa se nahaja predvsem v spalnicah (30%).

Preglednica 29: Kompozicija požarne obtežbe [19]

Table 29: Composition of the Fire Load [19]

| Soba                | Procent mase |          |         |
|---------------------|--------------|----------|---------|
|                     | Les in papir | Plastika | Tekstil |
| Kuhinja             | 86,5         | 13,5     | << 1%   |
| Dnevna soba         | 65,8         | 32,9     | 1,4     |
| Jedilnica           | 72,6         | 26,6     | 0,8     |
| Spalnica            | 42,3         | 26,4     | 31,4    |
| Sekundarna spalnica | 39,8         | 29,8     | 30,3    |
| Kletna dnevna soba  | 61           | 39       | 0,2     |

### Raziskava avtorjev Hietaniemi in Mikkola leta 2010

Leta 2010 sta avtorja Hietaniemi in Mikkola izdala članek [20], v katerem sta podala rezultate starih raziskav ter jih posodobila. Rezultati so prikazani v preglednici 30.

Preglednica 30: Ključne vrednosti za porazdelitev gostote požarne obtežbe v stanovanjih [20]

Table 30: Key figures of fire load density distributions in dwellings [20]

|                                 |            | <b>Celotno stanovanje</b> | <b>Pohištvo</b> | <b>Dnevna soba</b> | <b>Spalnica</b> | <b>Kuhinja</b> |
|---------------------------------|------------|---------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|----------------|
| Finska - Holm in Oksanen (1970) | Povprečje  | 391                       | 247             | 354                | 505             | 511            |
|                                 | 80% centil | 443                       | 300             | 422                | 574             | 574            |
| Evrokod 1                       | Povprečje  | 780                       | -               | -                  | -               | -              |
|                                 | 80% centil | 948                       | -               | -                  | -               | -              |
| ZDA, 1970                       | Povprečje  | 320                       | -               | 350                | 390             | 290            |
|                                 | 80% centil | 425                       | -               | 430                | 485             | 415            |
| Kanada, 2004                    | Povprečje  | 445                       | -               | -                  | -               | -              |
|                                 | 80% centil | 565                       | -               | -                  | -               | -              |

Na podlagi dveh kompatibilnih študij iz ZDA (1970) in Kanade (2004) lahko opazimo, da se je požarna obtežba v roku 30 let povečala za približno 30 – 40 %. Na podlagi tega podatka lahko ocenimo kakšne požarne obtežbe pričakujemo za Evropo in sicer tako, da obtežbe, ki sta jih predstavila avtorja Holm in Oksanen povečamo za 30%. Tako sta avtorja Hietaniemi in Mikkola določila gostoto požarne obtežbe v stanovanjih. Rezultati so prikazani v preglednici 31 [20].

Preglednica 31: Povzetek rezultatov, ki sta ju pridobila avtorja Hietaniemi in Mikkola [20]

Table 31: Summary of the results obtained by the authors Hietaniemi in Mikkola [20]

| <b>Soba</b>        | <b>Gostota požarne obtežbe [MJ/m<sup>2</sup>]</b> |                    | <b>HRRPUA [kW/m<sup>2</sup>]</b> |                    |
|--------------------|---------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|
|                    | <b>Povprečje</b>                                  | <b>80% fraktil</b> | <b>Povprečje</b>                 | <b>80% fraktil</b> |
| Dnevna soba        | 460                                               | 548                | 642                              | 766                |
| Spalnica           | 656                                               | 871                | 916                              | 1092               |
| Kuhinja            | 665                                               | 747                | 928                              | 1107               |
| Celotno stanovanje | 509                                               | 575                | 710                              | 847                |



## Povzetek raziskav

V preglednici 32 so prikazani rezultati pomembnejših raziskav gostote požarne obtežbe v stanovanjih v zadnjih 50 letih. Povprečne vrednosti gostot požarnih obtežb se gibljejo med 32 in 1174 MJ/m<sup>2</sup>.

Preglednica 32: Pomembnejše raziskave gostote požarnih obtežb v stanovanjih [21]

Table 32: Important fire load density surveys in dwellings [21]

[illegible]

### 5.2.2 Poslovne stavbe

Največ raziskav požarnih obtežb je bilo opravljenih v poslovnih stavbah. V preglednici 33 je prikazan pregled najpomembnejših raziskav. Rezultati teh raziskav so v nadaljevanju tudi podrobneje predstavljeni.

Preglednica 33: Pomembnejše raziskave požarne obtežbe v pisarnah

Table 33: Important surveys for determining fire loads in offices

| Država   | Avtor      | Leto | Št. pisarn               | Metoda      |
|----------|------------|------|--------------------------|-------------|
| ZDA      | Culver     | 1975 | 2226                     | popis       |
| -        | CIB W14    | 1986 | Povzetek starih raziskav |             |
| Indija   | Kumer      | 1993 | 388                      | popis       |
| Švica    | ETH in VKF | 2005 | 95 podjetij              | -           |
| Kanada   | /          | 2011 | 103                      | tehtanje    |
| Kitajska | Wang       | 2013 | 413                      | kombinacija |

#### Raziskava v ZDA leta 1975

V ZDA je leta 1975 Culver obravnaval 23 tipičnih ameriških poslovnih stavb v različnih predelih države. Celotna študija je obsegala 2226 pisarn, med katerimi je bilo naključno izbranih 1354. Na podlagi naključno izbranih pisarn je Culver naredil statistiko požarne obtežbe. Rezultati so prikazani v preglednici 34. Natančneje je obdelal 834 zasebnih pisarn in jih razdelil po kategorijah, kot je prikazano v preglednici 35. Rezultati kažejo, da vrsta poslovne stavbe (vladna ali zasebna), geografska lokacija, višina in starost zgradbe zelo malo ali pa sploh ne vplivajo na gostoto požarne obtežbe [22].

Preglednica 34: Rezultati ankete o gostoti požarne obtežbe v vladnih in zasebnih pisarnah v MJ/m<sup>2</sup> [22]

Table 34: Results of fire load density survey for government and private offices in MJ/m<sup>2</sup> [22]

| Tip stavbe     | Povprečje | St. dev. | Min | Max              |
|----------------|-----------|----------|-----|------------------|
| Vladne stavbe  | 641       | 641      | 53  | 9365 (skladišče) |
| Zasebne stavbe | 720       | 562      | 132 | 4551 (skladišče) |

Iz preglednice 34 lahko razberemo, da imajo zasebne poslovne stavbe višjo povprečno gostoto požarne obtežbe kot vladne stavbe. Največje obtežbe pa lahko pričakujemo v skladiščih.

Preglednica 35: Vpliv uporabe in velikosti prostora na gostoto požarne obtežbe v zasebnih poslovnih stavbah [22]

Table 35: Influence of room use and size on fire load density for private office buildings [22]

| Uporaba prostora                      | Površina prostora<br>$A_f$ [m <sup>2</sup> ] | Št. prostorov | Celotna požarna obtežba [MJ/m <sup>2</sup> ] |          |      |
|---------------------------------------|----------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------|----------|------|
|                                       |                                              |               | Povprečje                                    | St. dev. | Max. |
| Splošne pisarne                       | $A_f \leq 4,65$                              | 3             | 1529                                         | 1538     | 3269 |
|                                       | $4,65 \leq A_f \leq 9,30$                    | 107           | 800                                          | 413      | 1977 |
|                                       | $9,30 \leq A_f \leq 27,90$                   | 331           | 650                                          | 334      | 2513 |
|                                       | $A_f \geq 27,90$                             | 38            | 554                                          | 378      | 2100 |
| Administrativna pisarna               | $A_f \leq 4,65$                              | 3             | 923                                          | 325      | 1195 |
|                                       | $4,65 \leq A_f \leq 9,30$                    | 21            | 580                                          | 519      | 2118 |
|                                       | $9,30 \leq A_f \leq 27,90$                   | 78            | 580                                          | 281      | 1239 |
|                                       | $A_f \geq 27,90$                             | 44            | 466                                          | 281      | 1318 |
| Predprostor                           | $A_f \leq 4,65$                              | 1             | -                                            | -        | 228  |
|                                       | $4,65 \leq A_f \leq 9,30$                    | 4             | 360                                          | 255      | 685  |
|                                       | $9,30 \leq A_f \leq 27,90$                   | 29            | 536                                          | 404      | 2074 |
|                                       | $A_f \geq 27,90$                             | 11            | 237                                          | 211      | 659  |
| Konferenčna soba                      | $A_f \leq 4,65$                              | 0             | -                                            | -        | -    |
|                                       | $4,65 \leq A_f \leq 9,30$                    | 3             | 641                                          | 255      | 826  |
|                                       | $9,30 \leq A_f \leq 27,90$                   | 45            | 554                                          | 431      | 2470 |
|                                       | $A_f \geq 27,90$                             | 9             | 290                                          | 88       | 387  |
| Prostor za shranjevanje dokumentacije | $A_f \leq 4,65$                              | 2             | 3427                                         | 782      | 3981 |
|                                       | $4,65 \leq A_f \leq 9,30$                    | 10            | 1345                                         | 1142     | 4262 |
|                                       | $9,30 \leq A_f \leq 27,90$                   | 5             | 817                                          | 44       | 1933 |
|                                       | $A_f \geq 27,90$                             | 3             | 431                                          | 44       | 457  |
| Skladišče                             | $A_f \leq 4,65$                              | 27            | 1213                                         | 1107     | 4552 |
|                                       | $4,65 \leq A_f \leq 9,30$                    | 18            | 1169                                         | 1090     | 3085 |
|                                       | $9,30 \leq A_f \leq 27,90$                   | 26            | 1046                                         | 993      | 4095 |
|                                       | $A_f \geq 27,90$                             | 6             | 694                                          | 800      | 2672 |
| Knjižnica                             | $A_f \leq 4,65$                              | 0             | -                                            | -        | -    |
|                                       | $4,65 \leq A_f \leq 9,30$                    | 2             | 1520                                         | 0        | 1520 |
|                                       | $9,30 \leq A_f \leq 27,90$                   | 7             | 2153                                         | 1089     | 3506 |
|                                       | $A_f \geq 27,90$                             | 1             | -                                            | -        | 2601 |

Iz preglednice 35 je mogoče razbrati, da se z večanjem površine prostora manjša gostota požarne obtežbe. Opazimo lahko, da je povprečna gostota požarne obtežbe največja v prostoru za shranjevanje dokumentacije in v knjižnici, najmanjša pa v predprostoru.

## Zbirka raziskav CIB W14

Kompletna študija vrednosti gostote požarnih obtežb je bila narejena v začetku osemdesetih let prejšnjega stoletja [22]. Rezultati več študij so zbrani v preglednici 36.

Preglednica 36: Povzetek podatkov o gostoti požarne obtežbe [ $\text{MJ/m}^2$ ] v poslovnih stavbah iz poročila CIB W14 [22]

Table 36: Summary of fire load density data [ $\text{MJ/m}^2$ ] in office buildings from the CIB W14 workshop [22]

| Vir                         |                         | Povprečje | St. dev. |
|-----------------------------|-------------------------|-----------|----------|
| Švedski podatki             |                         | 411       | 334      |
| Evropski podatki            | Vir 1                   | 420       | 270      |
|                             | Vir 2                   | 410       | 330      |
|                             | Vir 3                   | 330       | 400      |
| Švicarski podatki           | Tehnične pisarne        | 580       | -        |
|                             | Administrativne pisarne | 750       | -        |
| Podatki ZDA (vladne stavbe) |                         | 555       | 625      |

## Raziskava v Indiji leta 1993

Od julija 1992 pa do julija 1993 je Kumer naredil raziskavo požarnih obtežb v osmih vladnih stavbah v Kanpurju v Indiji. Celotna študija je zajela 388 prostorov. Podatki so bili pridobljeni na podlagi metode popisa [23]. Rezultati so predstavljeni v preglednici 37 in 38. Povprečne vrednosti se gibljejo med 153 in 601  $\text{MJ/m}^2$ .

Preglednica 37: Vpliv uporabe prostora na gostoto požarne obtežbe [23]

Table 37: Influence of room use on fire load density [23]

| Uporaba prostora               | Št. prostorov | Površina prostora<br>$A_f$ ( $\text{m}^2$ ) | Celotna požarna obtežba [ $\text{MJ/m}^2$ ] |          |      |
|--------------------------------|---------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|----------|------|
|                                |               |                                             | Povprečje                                   | St. dev. | Max. |
| Sprejemna soba                 | 19            | 246,7                                       | 537                                         | 349      | 1540 |
| Skladišče in soba za dokumente | 40            | 1217,9                                      | 601                                         | 372      | 1860 |
| Tehnična soba                  | 21            | 623,8                                       | 434                                         | 302      | 1240 |
| Administrativna pisarna        | 84            | 3617,8                                      | 432                                         | 200      | 1760 |
| Splošna pisarna                | 108           | 2802,6                                      | 300                                         | 191      | 1080 |
| Hodnik                         | 36            | 1922,2                                      | 153                                         | 140      | 1150 |
| Konferenčna soba               | 8             | 585,5                                       | 189                                         | 39       | 317  |
| Stranišče                      | 62            | 461,9                                       | 146                                         | 143      | 762  |
| Drugo                          | 10            | 251,4                                       | 278                                         | 270      | 862  |
| Vsi prostori skupaj            | 388           | 11719,8                                     | 348                                         | 262      | 1860 |

Preglednica 38: Vpliv uporabe in velikosti prostora na gostoto požarne obtežbe [23]

Table 38: Influence of room use and size on fire load density [23]

| Uporaba prostora                  | Površina prostora<br>$A_f$ [m <sup>2</sup> ] | Št.<br>prostorov | Celotna požarna obtežba [MJ/m <sup>2</sup> ] |         |      |
|-----------------------------------|----------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------|---------|------|
|                                   |                                              |                  | Povprečje                                    | St. dev | Max. |
| Sprejemna soba                    | $A_f \leq 16$                                | 14               | 640                                          | 436     | 1540 |
|                                   | $16 < A_f \leq 32$                           | 4                | 409                                          | 180     | 722  |
|                                   | $A_f > 32$                                   | 1                | -                                            | -       | -    |
| Skladišče in soba<br>za dokumente | $A_f \leq 16$                                | 10               | 867                                          | 475     | 1860 |
|                                   | $16 < A_f \leq 32$                           | 15               | 845                                          | 440     | 1690 |
|                                   | $32 < A_f \leq 48$                           | 6                | 604                                          | 201     | 907  |
|                                   | $A_f > 48$                                   | 9                | 396                                          | 199     | 732  |
| Tehnična soba                     | $A_f \leq 16$                                | 9                | 734                                          | 288     | 1260 |
|                                   | $16 < A_f \leq 32$                           | 5                | 622                                          | 438     | 1240 |
|                                   | $32 < A_f \leq 48$                           | 2                | -                                            | -       | -    |
|                                   | $A_f > 48$                                   | 5                | 292                                          | 77      | 452  |
| Administrativna<br>pisarna        | $A_f \leq 16$                                | 21               | 416                                          | 160     | 897  |
|                                   | $16 < A_f \leq 32$                           | 25               | 395                                          | 159     | 763  |
|                                   | $32 < A_f \leq 48$                           | 6                | 349                                          | 107     | 496  |
|                                   | $A_f > 48$                                   | 32               | 377                                          | 126     | 1300 |
| Glavna pisarna                    | $A_f \leq 16$                                | 48               | 530                                          | 244     | 1080 |
|                                   | $16 < A_f \leq 32$                           | 36               | 311                                          | 108     | 584  |
|                                   | $32 < A_f \leq 48$                           | 5                | 181                                          | 72      | 332  |
|                                   | $A_f > 48$                                   | 19               | 208                                          | 108     | 482  |
| Hodnik                            | $A_f \leq 16$                                | 14               | 466                                          | 349     | 1150 |
|                                   | $16 < A_f \leq 32$                           | 11               | 142                                          | 162     | 580  |
|                                   | $32 < A_f \leq 48$                           | 4                | 73                                           | 80      | 208  |
|                                   | $A_f > 48$                                   | 7                | 137                                          | 34      | 202  |
| Konferenčna soba                  | $A_f \leq 60$                                | 4                | 246                                          | 51      | 317  |
|                                   | $A_f > 60$                                   | 4                | 165                                          | 22      | 202  |
| Stranišče                         | $A_f \leq 16$                                | 51               | 215                                          | 172     | 762  |
|                                   | $16 < A_f \leq 32$                           | 11               | 77                                           | 44      | 130  |
|                                   | $A_f > 32$                                   | -                | -                                            | -       | -    |

Podobno kot pri preglednici Culverja, lahko tudi v preglednici 38 opazujemo vpliv velikosti prostora na gostoto požarne obtežbe. Najvišje povprečne vrednosti gostote požarne obtežbe imamo v skladiščih, najnižje pa v straniščih.

### Raziskava v Švici leta 2005

V Švici so leta 2005 naredili raziskavo, ki je zajemala 95 industrijskih in komercialnih podjetij [22]. Rezultati so prikazani v preglednici 39. Priporočena vrednost za gostoto požarne obtežbe v pisarnah je  $700 \text{ MJ/m}^2$ , v sejnih sobah pa  $300 \text{ MJ/m}^2$ .

Preglednica 39: Rezultati raziskave o gostoti požarne obtežbe v pisarnah [22]

Table 39: Results of fire load density survey for offices [22]

| Uporaba pisarn       | Požarna obtežba<br>[MJ/m <sup>2</sup> ] | Priporočena požarna obtežba<br>[MJ/m <sup>2</sup> ] |
|----------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Pisarne - splošno    | 300 - 900                               | 700                                                 |
| Pisarne - sejne sobe | 200 - 400                               | 300                                                 |

### Raziskava v Kanadi leta 2011

V Kanadi so z metodo tehtanja določili požarne obtežbe v petih različnih poslovnih stavbah. Raziskava je obsegala 103 pisarne, od tega je bilo 27 zaprtih pisarn in 76 odprtih pisarn. Raziskava je potekala od novembra 2010 do aprila 2011 [22]. Rezultati raziskave so prikazano v preglednici 40.

Preglednica 40: Primerjava gostot požarnih obtežb pridobljenih po različnih metodah [MJ/m<sup>2</sup>] [22]

Table 40: Comparison of fire load density by different survey methods [MJ/m<sup>2</sup>] [22]

|           | Št. pisarn | Metoda popisa | Metoda tehtanja | Metoda kombinacije |
|-----------|------------|---------------|-----------------|--------------------|
| Povprečje | 103        | 852           | 530             | 557                |
| St. dev.  | 103        | 484           | 257             | 286                |

V prejšnjem poglavju smo spoznali metode raziskav in izvedeli, kakšne so njihove slabosti in prednosti. V preglednici 40 lahko opazimo, da dobimo največje vrednosti pri metodi popisa, najmanjše pa pri metodi tehtanja. Najbolj točen rezultat pa dobimo z metodo kombinacije.

## Raziskava na Kitajskem leta 2013

Leta 2013 je Wang z metodo kombinacije popisa in tehtanja raziskoval kakšna je pričakovana požarna obtežba v poslovnih objektih. Analiziral je 14 večnadstropnih poslovnih stavb, ki so imele med 18 in 53 nadstropij [21]. Rezultati raziskave so prikazani v preglednici 41. Rezultati se gibljejo med 305 in 584 MJ/m<sup>2</sup>.

Preglednica 41: Podatki raziskave o gostoti požarne obtežbe v sodobnih visokih poslovnih stavbah [21]

Table 41: Survey Data of Fire Load Density in Modern High-Rise Office Buildings [21]

| Uporaba prostora        | Št. prostorov | Površina prostora [m <sup>2</sup> ] |     | Gostota požarne obtežbe [MJ/m <sup>2</sup> ] |     |       |          |
|-------------------------|---------------|-------------------------------------|-----|----------------------------------------------|-----|-------|----------|
|                         |               | Min                                 | Max | Min                                          | Max | Povp. | St. dev. |
| Administrativna pisarna | 62            | 7                                   | 16  | 213                                          | 736 | 463   | 120      |
|                         | 154           | 16                                  | 32  | 182                                          | 822 | 529   | 157      |
|                         | 71            | 32                                  | 48  | 221                                          | 586 | 478   | 93       |
|                         | 8             | 48                                  | 102 | 143                                          | 374 | 308   | 70       |
| Glavna pisarna          | 16            | 30                                  | 60  | 395                                          | 784 | 540   | 114      |
|                         | 69            | 60                                  | 120 | 245                                          | 881 | 584   | 176      |
| Konferenčna soba        | 10            | 20                                  | 32  | 375                                          | 647 | 451   | 117      |
|                         | 14            | 32                                  | 64  | 235                                          | 524 | 305   | 88       |
|                         | 9             | 64                                  | 132 | 169                                          | 262 | 188   | 40       |

## Gostota požarne obtežbe v standardih

Gostoto požarne obtežbe podajata tudi standarda Evrokod in NFPA 577 (nacionalno združenje za zaščito pred požari. Vrednosti, ki jih podaja Evrokod so zapisane v preglednici 42, vrednosti, ki jih priporoča NFPA 557 pa v preglednici 43.

Preglednica 42: Priporočene vrednosti gostote požarne obtežbe [MJ/m<sup>2</sup>] po EC1 [22]

Table 42: Recommended values of fire load densities [MJ/m<sup>2</sup>] according to EC1 [22]

| Prostor | Standard | Povprečje | 80% centil | 95% centil |
|---------|----------|-----------|------------|------------|
| Pisarne | EC1      | 420       | 511        | 760        |

Preglednica 43: Priporočene vrednosti gostote požarne obtežbe [MJ/m<sup>2</sup>] po NFPA 577 [22]

Table 43: Recommended values of fire load densities [MJ/m<sup>2</sup>] according to NFPA 557 [22]

| Prostor | Standard | Vrsta obtežbe | Povprečje | St. dev. |
|---------|----------|---------------|-----------|----------|
| Pisarne | NFPA 557 | premična      | 600       | 500      |
|         |          | nepremična    | 130       | 40       |
|         |          | celotna       | 730       | 502      |

Iz preglednice 43 lahko razberemo da predstavlja nepremična obtežba približno 15 % celotne obtežbe.

## Povzetek raziskav

V preglednici 44 so prikazani rezultati pomembnejših raziskav gostote požarne obtežbe v poslovnih stavbah v zadnjih 50 letih. Najobsežnejše raziskave so bile v ZDA leta 1975 in od na Finskem leta 2000.

Preglednica 44: Pomembnejše raziskave gostote požarnih obtežb v poslovnih stavbah [21]

Table 44: Important fire load density surveys in office buildings [21]

| Leto objave | Država/regija  | Povprečje [MJ/m <sup>2</sup> ] | St. dev. [MJ/m <sup>2</sup> ] | Metoda      | Št. pisarn | Raziskovalec     |
|-------------|----------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|------------------|
| 1968        | ZDA            | <sup>a</sup> 541               | -                             | Kombinacija | 252        | Bryson and Gross |
| 1968        | ZDA            | <sup>a</sup> 434               | -                             | Kombinacija | 201        | Bryson and Gross |
| 1970        | Anglija        | <sup>a</sup> 370               | -                             | -           | 93         | Baldwin et al.   |
| 1974        | Švedska        | 411                            | 334                           | -           | -          | Thomas           |
| 1975        | Evropa         | 420                            | 370                           | -           | -          | Thomas           |
| 1976        | ZDA            | 713                            | 430                           | Popis       | 1044       | Culver           |
| 1984        | Nova Zelandija | <sup>a</sup> 407               | -                             | Kombinacija | -          | Barnett          |
| 1995        | Nova Zelandija | 680                            | 227                           | -           | 5          | Narayanan        |
| 1996        | ZDA            | <sup>a</sup> 1314              | <sup>a</sup> 516              | Tehtanje    | 6          | Caro and Milke   |
| 1997        | Indija         | 348                            | 262                           | Popis       | 388        | Kumar and Rao    |
| 2000        | Nova Zelandija | 950                            | 759                           | Kombinacija | 10         | Yii              |
| 2000        | Finska         | 1000                           | 391                           | Popis       | 1500       | Korpela          |
| 2008        | Francija       | 657                            | 290                           | Kombinacija | 61         | Thauvoye         |
| 2012        | Kanada         | 557                            | 286                           | Kombinacija | 103        | Eduful           |
| 2012        | Kanada         | 852                            | 484                           | Popis       | 103        | Eduful           |
| 2012        | Kanada         | 530                            | 257                           | Tehtanje    | 103        | Eduful           |
| 2013        | Kitajska       | 497                            | 187                           | Kombinacija | 503        | Wang             |
| 2013        | Kitajska       | 652                            | 391                           | Kombinacija | 202        | Zhai             |

<sup>a</sup> gostota požarne obtežbe je pretvorjena iz kg/m<sup>2</sup> v MJ/m<sup>2</sup> na podlagi kalorične vrednosti les 18,5 MJ/kg



### 5.2.3 Šole

#### Raziskava v Kanadi leta 2009

Raziskava gostote požarne obtežbe v Kanadi je potekala od februarja 2009 do marca 2009. Avtorja študije sta Hadjisophocleous in Chen. Predmet raziskave so bile štiri osnovne šole in tri srednje šole v mestu Ottawa. Uporabili so metodo popisa, le nekaj lažjih predmetov so tudi stehali [24]. Rezultati raziskave so prikazani v preglednici 45.

Preglednica 45: Rezultati raziskave v osnovnih in srednjih šolah v Kanadi [24]

Table 45: Results of a survey in primary and secondary schools in Canada [24]

|                        | Št. prost. | Površina povprečje [m²] | Gostota premične požarne obtežbe [MJ/m²] |          | Gostota celotne požarne obtežbe [MJ/m²] |          |
|------------------------|------------|-------------------------|------------------------------------------|----------|-----------------------------------------|----------|
|                        |            |                         | Povprečje                                | St. dev. | Povprečje                               | St. dev. |
| Osnovne šole           |            |                         |                                          |          |                                         |          |
| Učilnica               | 20         | 76,8                    | 303,9                                    | 79,5     | 397,5                                   | 87,1     |
| Računalniška učilnica. | 3          | 73,9                    | 211,0                                    | 33,6     | 331,5                                   | 151,9    |
| Knjižnica              | 4          | 128,9                   | 545,8                                    | 157,8    | 641,1                                   | 244      |
| Skupaj                 | 27         | 844,0                   | 329,5                                    | 129,9    | 426,3                                   | 151,5    |
| Srednje šole           |            |                         |                                          |          |                                         |          |
| Učilnica               | 15         | 69,6                    | 137,2                                    | 70       | 192,6                                   | 84       |
| Računalniška učilnica  | 8          | 82,6                    | 201                                      | 71,9     | 241,1                                   | 71,3     |
| Učilnice za znanost    | 10         | 104,7                   | 336                                      | 63,8     | 379,5                                   | 57,2     |
| Učilnice za umetnost   | 4          | 116,2                   | 490,7                                    | 93,5     | 544,4                                   | 101,1    |
| Knjižnice              | 3          | 274,6                   | 537,8                                    | 111,3    | 586,2                                   | 122,3    |
| Skupaj                 | 40         | 101,0                   | 265,1                                    | 155,9    | 313,7                                   | 157,3    |

Iz preglednice 45 lahko opazimo, so v osnovnih šolah večje gostote požarnih obtežb kot v srednjih šolah. Povprečna vrednost se v učilnicah razlikuje za kar 52 %, v računalniških učilnicah pa za 27 %.

### Raziskava v Indiji leta 2013

Raziskava je potekala v Indiji in sicer na fakulteti Sardar Petel. Raziskava je obsegala eno šolo [25]. Rezultati so prikazani v preglednici 46.

Preglednica 46: Gostote požarnih obtežb v različnih učilnicah v šoli Sardar Petel v Indiji [25]

Table 46: Density of fire loads in different classrooms at Sardar Petel School in India [25]

|                               | Površina [m <sup>2</sup> ] | Gostota požarne obtežbe [MJ/m <sup>2</sup> ] | Požarna obtežba [MJ] |
|-------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------|----------------------|
| Računalniška učilnica         | 36,0                       | 589                                          | 21189                |
| Laboratorij za mehaniko       | 65,4                       | 381                                          | 24923                |
| Učilnica                      | 69,2                       | 489                                          | 33852                |
| Prometni laboratorij          | 69,2                       | 603                                          | 41710                |
| Raziskovalni laboratorij      | 69,2                       | 819                                          | 56608                |
| Laboratorij za geologijo      | 69,2                       | 836                                          | 57792                |
| Oddelek za elektro inženiring | 91,2                       | 749                                          | 68270                |
| Laboratorij za fiziko         | 91,2                       | 780                                          | 71148                |
| Vhod v knjižnico              | 94,5                       | 380                                          | 35938                |
| Soba za seminarje             | 106,7                      | 800                                          | 85324                |
| Administrativna pisarna       | 216,0                      | 749                                          | 161734               |
| Čitalnica v knjižnici         | 288,0                      | 629                                          | 181080               |

### Raziskava na Irskem

Raziskava je bila izvedena na Tehnološkem inštitutu Cork, na Irskem. Obsegala je 2984 m<sup>2</sup> [26]. Rezultati raziskave so prikazani v preglednici 47. Na desni strani preglednice je prikazan interval vrednosti požarnih obtežb v predhodnih raziskavah.

Preglednica 47: Gostote požarnih obtežb [MJ/m<sup>2</sup>] v Tehnološkem inštitutu Cork [26]

Table 47: Density of fire loads [MJ/m<sup>2</sup>] at Cork Institute of Technology [26]

|                             | Gostota premične požarne obtežbe |          | Gostota celotne požarne obtežbe |          | Vrednosti predhodnih raziskav |      |
|-----------------------------|----------------------------------|----------|---------------------------------|----------|-------------------------------|------|
|                             | Povprečje                        | St. dev. | Povprečje                       | St. dev. | Min                           | Max  |
| Jedilnice                   | 148                              | 40       | 148                             | 40       | 300                           | 500  |
| Učilnice s fiksnimi stoli   | 59                               | 10       | 273                             | 26       | 80                            | 304  |
| Učilnice s premičnimi stoli | 187                              | 55       | 272                             | 71       | 80                            | 304  |
| Računalniška učilnica       | 298                              | 75       | 625                             | 123      | 201                           | 211  |
| Hodniki                     | 3                                | 1        | 120                             | 33       | 0                             | 63   |
| Izpitne dvorane             | 199                              | 18       | 228                             | 70       | 190                           | 285  |
| Knjižnice                   | 307                              | 64       | 519                             | 105      | 538                           | 2129 |
| Administrativne pisarne     | 1753                             | 684      | 1897                            | 661      | 224                           | 750  |
| Kabineti                    | 1359                             | 850      | 1474                            | 861      | 224                           | 600  |

## 5.2.4 Bolnišnice

V preglednici 44 je predstavljenih več različnih rezultatov raziskav, ki so bile opravljene v zadnjih 50 letih. Povprečne vrednosti se gibljejo med 177 in 551 MJ/m<sup>2</sup>.

Preglednica 48: Gostote požarne obtežbe v sobah v bolnišnicah

Table 48: Fire load densities in hospital rooms

| Leto | Avtorji                 | Št. sob | Povprečje | St. dev | 80% | 90% | 95% |
|------|-------------------------|---------|-----------|---------|-----|-----|-----|
| 1970 | Robertson in Gross [27] | -       | 234       | -       | -   | -   | -   |
| 1976 | Babrauksas [27]         | -       | 551       | -       | 585 | -   | -   |
| 1977 | Green [27]              | 25      | 177       | 40,1    | -   | -   | 247 |
| 1983 | Harmathy [28]           | -       | 420       | 130     | -   | -   | -   |
| 1986 | Thomas [28]             | -       | 300       | -       | -   | -   | -   |
| 2002 | Hall [29]               | -       | 230       | -       | 350 | 440 | 520 |
| 2007 | PNISI [29]              | 23      | 188       | 107     | -   | -   | -   |

## 5.2.5 Garažne hiše

Na podlagi raziskave avtorjev M.J. Spearpoint, M.Z.M. Tohir, A.K. Abu in P. Xie smo izdelali preglednico 49 iz katere je mogoče razbrati, kako se priporočena požarna obtežba spreminja glede na velikost parkirnega mesta [30]

Preglednica 49: Priporočene vrednosti gostot požarnih obtežb za garažne hiše [30]

Table 49: Recommended fire load densities for car parking buildings [30]

| Velikost parkirnega mesta | Priporočena požarna obtežba [MJ/m <sup>2</sup> ] | Standardna deviacija [MJ/m <sup>2</sup> ] |
|---------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 16 m <sup>2</sup>         | 392                                              | 13                                        |
| 29 m <sup>2</sup>         | 216                                              | 6,8                                       |
| 40 m <sup>2</sup>         | 157                                              | 5                                         |

## 5.2.6 Trgovine

V preglednici 50 je predstavljenih več rezultatov raziskav, ki so bile izvedene v zadnjih 50 letih v več različnih trgovskih centrih in trgovinah. Povprečne vrednosti gostot požarnih obtežb se gibljejo med 550 in 852 MJ/m<sup>2</sup>.

Preglednica 50: Gostota požarne obtežbe [MJ/m<sup>2</sup>] v trgovinah

Table 50: Fire load densities [MJ/m<sup>2</sup>] in stores

| Leto | Avtorji                 | Št. trgovin | Povprečje | St. dev | 80 % centil | 90 % centil | 95 % centil |
|------|-------------------------|-------------|-----------|---------|-------------|-------------|-------------|
| 1970 | Robertson in Gross [27] | -           | 852       | -       | -           | -           | -           |
| 1984 | Barnett [27]            | -           | 550       | -       | -           | -           | -           |
| 2002 | Hall [29]               | -           | 600       | -       | 900         | 1100        | 1300        |
| 2007 | PNISI (Francija) [29]   | 26          | 571       | 372     | -           | -           | -           |
| 2008 | Zalok (Kanada) [31]     | 168         | 747       | 833     | -           | -           | 2050        |

V preglednici 51 so prikazane povprečne vrednosti gostote požarne obtežbe v trgovinah, pridobljene na podlagi švicarske raziskave CIB W14 [32].

Preglednica 51: Povprečne vrednosti gostote požarne obtežbe v trgovinah - švicarska raziskava, CIB W14 (1986) [32]

Table 51: Mean fire load densities in different stores - Swiss Data, CIB W14 (1986) [32]

| Tip Trgovine          | Povprečje [MJ/m <sup>2</sup> ] |
|-----------------------|--------------------------------|
| Knjigarna             | 1000                           |
| Trgovina s preprogami | 800                            |
| Trgovina z oblačili   | 600                            |
| Trgovina s hrano      | 700                            |
| Trgovina s pohištvo   | 400                            |
| Trgovina s tehniko    | 300                            |
| Trgovina z alkoholom  | 700                            |
| Semenarna             | 600                            |
| Trgovina z obutvijo   | 500                            |
| Športna trgovina      | 800                            |
| Trgovina z igračami   | 500                            |

### 5.2.7 Hoteli

V preglednici 52 so predstavljene rezultati raziskave, ki je potekala v Franciji in je obsegala več različnih javnih zgradb, med njimi tudi večje število hotelov [29].

Preglednica 52: Gostote požarnih obtežb v hotelih [MJ/m<sup>2</sup>] - raziskava PNISI [29]

Table 52: Fire load densities in hotels [MJ/m<sup>2</sup>] - PNISI survey [29]

| PNISI     | Št. prostorov | Gostota premične požarne obtežbe |          | Gostota celotne požarne obtežbe |          |
|-----------|---------------|----------------------------------|----------|---------------------------------|----------|
|           |               | Povprečje                        | St. dev. | Povprečje                       | St. dev. |
| Recepcija | 6             | 412                              | 384      | 551                             | 399      |
| Soba      | 10            | 297                              | 114      | 562                             | 138      |
| Pralnica  | 6             | 1279                             | 763      | 1379                            | 821      |

Iz preglednice 52 je razvidno, da je največja gostota požarne obtežbe v pralnicah, najmanjša pa v sobah. Na recepciji predstavlja nepremična obtežba 25 %, v sobah 45 % in v pralnici 7 % celotne požarne obtežbe.

V preglednici 53 je predstavljenih več rezultatov raziskav, ki so bile opravljene v zadnjih 50 letih v hotelih. Vrednosti gostot požarnih obtežb se gibljejo okoli 300 MJ/m<sup>2</sup>.

Preglednica 53: Rezultati pomembnejših raziskav gostote požarne obtežbe v hotelih

Table 53: Results of important fire load density surveys in hotels

| Leto | Avtorji                         | Gostota požarne obtežbe [MJ/m <sup>2</sup> ] |         |
|------|---------------------------------|----------------------------------------------|---------|
|      |                                 | Povprečje                                    | St. dev |
| 1971 | Forsberg in Thor [28]           | 301                                          | -       |
| 1976 | Pettersson [27]                 | 270                                          | -       |
| 1983 | Harmathy [28]                   | 244                                          | 70      |
| 1983 | Švedski podatki - CIB W14 [27]  | 310                                          | 92      |
| 1983 | Evropski podatki - CIB W14 [27] | 310                                          | 104     |
| 1984 | Barnett [27]                    | 263                                          | -       |
| 1986 | Thomas [28]                     | 300                                          | -       |
| 1993 | B.S.F.S.E. [27]                 | 310                                          | -       |
| 1994 | Mabin [27]                      | 251                                          | 58      |
| 1994 | F.E.D.G. [27]                   | 300                                          | -       |
| 2002 | Hall [28]                       | 310                                          | -       |

### 5.2.8 Industrijske stavbe

V Švici je potekala raziskava v več kot 95 industrijskih in komercialnih objektih in obsegala 336 meritev. Avtorji raziskave so ETH (Švicarski zvezni inštitut za tehnologijo Zürich) in VFK (Švicarska gasilska uprava, Berne) [29]. Rezultati so prikazani v preglednici 54.

Preglednica 54: Gostota požarne obtežbe v proizvodnjah različnih industrijskih objektov – raziskava ETH in VFK [29]

Table 54: Fire load densities for different industrial buildings – ETH and VFK survey [29]

| Sektor             | Št. prostorov | Gostota požarne obtežbe [MJ/m <sup>2</sup> ] |          |
|--------------------|---------------|----------------------------------------------|----------|
|                    |               | Povprečje                                    | St. dev. |
| Kemična industrija | 21            | 13865                                        | 21860    |
| Raznoliko blago    | 63            | 4712                                         | 7338     |
| Pridelava lesa     | 31            | 6235                                         | 8805     |
| Pridelava papirja  | 56            | 9880                                         | 16430    |
| Pridelava plastike | 41            | 5051                                         | 7865     |
| Pridelava hrane    | 58            | 7945                                         | 12593    |
| Pridelava jekla    | 37            | 2461                                         | 3983     |
| Tekstil            | 16            | 2609                                         | 4221     |

V preglednici 55 so prikazani rezultati raziskave Roberstona in Grossa iz leta 1970 [27].

Preglednica 55: Gostote požarne obtežbe v industrijskih objektih v proizvodnji - raziskava avtorjev Roberstson in Gross [27]

Table 55: Fire load densities for different industrial buildings in manufacture sector – Roberston and Gross survey [27]

| Proizvodnja      | Št. raziskav | Površina [m <sup>2</sup> ] | Povprečje [kg/m <sup>2</sup> ] | Povprečje [MJ/m <sup>2</sup> ] |
|------------------|--------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Tovarna pohištva | 2            | 51075                      | 76                             | 1269                           |
| Tovarna vzmetnic | 2            | 14473                      | 81                             | 1353                           |
| Tovarna oblačil  | 2            | 8519                       | 53                             | 885                            |
| Tiskarna         | 2            | 17814                      | 168                            | 2806                           |

Preglednica 56: Gostota požarne obtežbe v skladiščih različnih industrijskih objektov [27]

Table 56: Fire load densities for different warehouses in industrial buildings [27]

| Skladišča | Št. raziskav | Površina [m <sup>2</sup> ] | Povprečje [kg/m <sup>2</sup> ] | Povprečje [MJ/m <sup>2</sup> ] |
|-----------|--------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Splošno   | 4            | 48140                      | 124                            | 2071                           |
| Tiskanje  | 1            | 12550                      | 860                            | 14362                          |

V industrijskih stavbah so zelo velike gostote požarnih obtežb. Te se gibljejo tudi do več tisoč MJ/m<sup>2</sup>, največje pa so v skladiščih.

### 5.3 Preglednica priporočenih vrednosti gostot požarnih obtežb v različnih stavbah

Priporočene vrednosti požarne obtežbe za različne tipe objektov in prostorov, ki smo jih pridobili na podlagi raziskav, ki so se izvajale zadnjih 50 let, so prikazane v preglednici 58.

Do teh vrednosti smo prišli tako, da smo za posamezen objekt ali prostor zbrali vse raziskave, ki so opisane v prejšnjem poglavju ter za vsak prostor naredili svojo preglednico, ki je vsebovala letnico, kraj, število analiziranih sob, povprečno vrednost in standardno deviacijo. Osredotočili smo se predvsem na iskanje povprečne vrednosti vseh raziskav. To smo storili tako, da smo pri vsaki raziskavi upoštevali velikost vzorca in povprečno vrednost. Tako smo dobili povprečje vseh raziskav, vendar je bilo to povprečje nato potrebno ustrezno interpretirati. Večjo težo pri presoji so imele novejše raziskave in raziskave z večjim številom obravnavanih sob. Pri določanju priporočene vrednosti gostote požarne obtežbe je potrebno razumeti, da gre tu zgolj za oceno in da je težko točno statistično določiti vrednost za izbrani prostor, saj imamo preveč variabilnih dejavnikov, ki vplivajo na rezultate. Največji vpliv na rezultate pa imajo predvsem velikost prostora, količina ter material gorljivih predmetov, kraj in letnica raziskave. Glede na podatke raziskav pa lahko približno določimo povprečno gostoto požarne obtežbe za stavbe oz. prostore različne namembnosti. V preglednici 58 so prikazane povprečne vrednosti gostot požarnih obtežb, ki se lahko uporabljajo kot vhodni podatki pri projektiranju.

Če primerjamo predstavljeno analizo raziskav z že podanimi vrednostmi iz Evrokoda [1], lahko ugotovimo, da se ti rezultati razlikujejo približno od 10 – 20 %. Primerjava rezultatov je prikazana v preglednici 58.

Preglednica 57: Primerjava analiziranih rezultatov z rezultati iz standarda [1]

Table 57: Comparison of analysed results with those given in the standard [1]

| Raba                 | Analizirani rezultati           | Evrokod [1] | Razlika [%] |
|----------------------|---------------------------------|-------------|-------------|
|                      | Gostota požarne obtežbe [MJ/m2] |             |             |
| Stanovanja           | 600                             | 780         | - 23        |
| Bolnišnice (sobe)    | 300                             | 230         | 23          |
| Hoteli (sobe)        | 350                             | 310         | 11          |
| Pisarne              | 450                             | 420         | 7           |
| Šolski razredi       | 350                             | 285         | 19          |
| Nakupovalna središča | 700                             | 600         | 14          |

Preglednica 58: Priporočene vrednosti gostot požarnih obtežb v različnih objektih

Table 58: Recommended fire load densities for different types of occupancies

| Stavba              | Prostor                                            | Priporočena gostota požarne obtežbe [MJ/m <sup>2</sup> ] |
|---------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Stanovanjske stavbe |                                                    | 600                                                      |
|                     | Kuhinja                                            | 800                                                      |
|                     | Jedilnica                                          | 400                                                      |
|                     | Dnevna soba                                        | 450                                                      |
|                     | Spalnica                                           | 600                                                      |
|                     | Kopalnica                                          | 400                                                      |
|                     | Veranda                                            | 350                                                      |
|                     | Shramba                                            | 1100                                                     |
|                     | Atelje                                             | 450                                                      |
| Poslovne stavbe     |                                                    | 650                                                      |
|                     | Pisarna                                            | 450                                                      |
|                     | Predprostor                                        | 500                                                      |
|                     | Konferenčna soba                                   | 400                                                      |
|                     | Prostor za shranjevanje dokumentacije in skladišče | 1500                                                     |
|                     | Tehnična soba                                      | 450                                                      |
|                     | Hodnik                                             | 200                                                      |
|                     | Stranišče                                          | 200                                                      |
| Šola                |                                                    |                                                          |
|                     | Učilnica                                           | 350                                                      |
|                     | Laboratorij                                        | 700                                                      |
|                     | Računalniška učilnica                              | 500                                                      |
| Hotel               |                                                    |                                                          |
|                     | Soba                                               | 350                                                      |
|                     | Recepcija                                          | 550                                                      |
|                     | Pralnica                                           | 1500                                                     |
| Bolnišnica          |                                                    | 300                                                      |
| Trgovina            |                                                    | 700                                                      |
| Garažna hiša        |                                                    | 250                                                      |



## 6 ZAKLJUČEK

Tekom študija na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo mi je bil požar vedno predstavljen kot še nekoliko nerazvit del gradbeništva. Prav zato sem se odločil svojo magistrsko delo izvesti v sklopu Katedre za mehaniko in se tako bolj podrobno posvetiti prav tej problematiki.

Z analizo statističnih podatkov Urada republike Slovenije ter z podrobnejšo obravnavo in klasifikacijo teh podatkov, nam je uspelo priti do ugotovitev, ki bodo lahko v veliko pomoč projektantom, gasilskim službam in vsakomur, ki bo želel imeti bolj natančen vpogled v statistiko požarov in s tem povezano požarno ogroženost v Sloveniji. Določili smo devet kategorij požarov glede na njihov nastanek (razlog vžiga) in za vsakega od njih prikazali požarno ogroženost glede na čas (leto, mesec, dan, uro), glede na vrsto objekta kjer se pojavljajo in glede na kraj oziroma občino. Kot smo v samem začetku pričakovali je Slovenija najbolj požarno ogrožena v zimskih mesecih, ugotovili smo, da so glavni razlog za to dimniški požari. Glede na čas v dnevu se večina požarov zgodi med 15:00 in 21:00 uro. Najbolj požarno ogrožene so stanovanjske stavbe, kjer se največ požarov zgodi zaradi kuhanja. Najbolj požarno ogrožene so občine na severozahodu in zahodu Slovenije, med njimi je najbolj ogrožena občina Tolmin.

Na temo požarne obtežbe je bilo od leta 1970 do danes po celem svetu narejenih veliko število raziskav. Večina raziskav je bila narejenih na bazi petih različnih metod za določanje mase gorljivih predmetov, ki smo jih v magistrskem delu opisali. Rezultate teh raziskav smo iz različnih virov zbrali in analizirali, ter jih enostavno in pregledno predstavili. Na podlagi teh rezultatov smo izdelali preglednico, v kateri navajamo priporočene vrednosti gostot požarnih obtežb za različne tipe stavb, in bolj podrobno za različne sobe znotraj le teh. Običajno se pri projektiranju porabljajo vrednosti, navedene v Evrokodu [1], ki so bile določene le za nekaj tipov zgradb. Rezultat dela je razširjena preglednica, ki zajema več podatkov in je tako bolj vesplošno uporabna. Še vedno puščamo odprt prostor za popravke, nadgradnjo in izboljšave, veliko več raziskav bo potrebnih za pravilnejše in bolj točne vrednosti.

V zaključku bi radi pozvali študente gradbeništva ali pa kogarkoli, ki ga dana tematika zanima, da naše delo nadgradijo z novimi raziskavami, osnovanimi predvsem na slovenskem prostoru. Tako lahko skupaj doprinesemo k znanju in podatkih o razvoju požara ter gostoti požarne obtežbe in s tem ne le obogatimo tehnično znanje, ampak naredimo korak bližje k večji požarni varnosti v Sloveniji.

## 7 VIRI

- [1] SIST EN 1994-1-2: Projektiranje požarno odpornih stavb.
- [2] Uprava RS za zaščito in reševanje. 2014. [www.sos112.si](http://www.sos112.si) (Pridobljeno 12. 12. 2018.)
- [3] Kako preprečite požar v dimniku?. 2018. <https://vsebovredn.triglav.si/dom/zakaj-bi-ivegali-da-v-dimniku-zagori-ukrepajte-pravocasno> (Pridobljeno 07. 01. 2019.)
- [4] Tomazin, M. 2004. Dimniški požari – vzroki in gašenje. Požar 4(10), str. 21 – 23
- [5] Dimniški požar. 2013. [http://www.pgddolj.si/files/dimniski\\_pozar.pdf](http://www.pgddolj.si/files/dimniski_pozar.pdf) (Pridobljeno 07. 01. 2019.)
- [6] Krušec, I. 2001. Osnove varstva pred požarom, Tiskarna Ljubljana d.d., Ljubljana.
- [7] Tehnična smernica TSG-V-006:2018. Razvrščanje objektov.
- [8] Statistični urad Republike Slovenije, Prebivalstvo. 2012. [https://pxweb.stat.si/SiStatDb/pxweb/sl/10\\_Dem\\_soc/10\\_Dem\\_soc\\_05\\_prebivalstvo\\_10\\_stevilo\\_preb\\_20\\_05C40\\_prebivalstvo\\_obcine/?tablelist=true](https://pxweb.stat.si/SiStatDb/pxweb/sl/10_Dem_soc/10_Dem_soc_05_prebivalstvo_10_stevilo_preb_20_05C40_prebivalstvo_obcine/?tablelist=true) (Pridobljeno 20. 01. 2019.)
- [9] Geodetska uprava RS. 2016. <http://prostor4.gov.si/imps/srv/slv/catalog.search#/metadata/25e80f41-8348-4759-bac1-ec56c7223509> (Pridobljeno 25. 01. 2019.)
- [10] Arso meteo. 2018. <http://meteo.arso.gov.si> (Pridobljeno 15. 01. 2019.)
- [11] Skupščina gasilske zveze Tolmin prinesla menjavo v vodstvu. 2018. <https://tolmin.si/novica/132066> (Pridobljeno 23. 03. 2019.)
- [12] Grm, B. 2002. Kemija v gasilstvu, Požar, eksplozija in nevarne snovi. Ljubljana, Gasilska zveza Slovenije.
- [13] Hozjan, T. 2015. Uvodno predavanje. <http://www.km.fgg.uni-lj.si/PREDMETI/PozarnaVarnost/index.html> (Pridobljeno 15. 01. 2019.)
- [14] Hozjan, T. 2015. Požarna obtežba <http://www.km.fgg.uni-lj.si/PREDMETI/PozarnaVarnost/index.html> (Pridobljeno 15. 01. 2019.)

- [15] Z. C. Grigoras, D. Diaconu-Sotropa. 2013. Establishing the Design Fire Parameters for Buildings, Gheorghe Asachi Thecnical University of Iasi.
- [16] C. Mayfield, D. Hopkin. 2011. Design Fires for Use in Fire Safety Engineering, BRE press.
- [17] E. Zalok, J. Eduful. 2013. Assessment of fuel load survey methodologies and its impact on fire load data, Fire Safety Journal 62: 299-310.
- [18] S. Kumar, C.V.S. Rao, 1995. Fire load in residential buildings. Build Environment 30: 299-305.
- [19] Bwalya, A., Loughheed, G., Kashef, A., Saber, H. 2011. Survey Results of Combustible Contents and Floor Areas in Canadian Multi-Family Dwellings, Fire Technology 47.
- [20] Hietaniemi, J., Mikkola, E. 2010. Design Fires for Fire Safety Engineering, VTT Working Papers 139, VTT Technical Research Centre of Finland; Espoo, Finland.
- [21] Xie Q, Xiao J, Gardoni P, Hu K. 2019. Probabilistic analysis of building fire severity based on fire load density models. Fire Technology.
- [22] N. E. Khorasani, M. Garlock, P. Gardoni. 2013. Fire load: Survey data, recent standards, and probabilistic models for office buildings, Eng. Struct. 8: 152–165.
- [23] S. Kumar, C. K. Rao. 1997. Fire loads in office buildings. J. Struct. Eng. 123: 365-368.
- [24] Hadjisophocleous, G. and Chen, Z. 2010. A Survey of Fire Loads in Elementary Schools and High Schools, Journal of Fire Protection Engineering 20(1): 55–71.
- [25] P. R. Shrivastava and P. H. Sawant. 2013. Estimation of Fire Loads for an Educational Building - A Case Study, International Journal of Scientific Engineering and Technology 2(5): 388-39.
- [26] G. M. Doyle and A. Macilwraith. 2019. A Survey of Fire Loads for Different Room Types found in a Third Level Educational Building. <http://ceur-ws.org/Vol-2348/paper25.pdf> (Pridobljeno 25.6.2019.)

- [27] H. W. Yii. 2000. Effect of Surface Area and Thickness on Fire Loads. 2000. Fire Engineering Research Report, University of Canterbury.
- [28] A. C. Bwalya, N. Benichou. 2003. Literature Review on Design Fires, National Research.
- [29] Thauvoye, C., Zhao, B., Klein, M. et al. 2008. Fire Load Survey and Statistical Analysis. Karlsson, Fire Safety Science – Proceedings of the Ninth International Symposium, International Association for Fire Safety Science: 991–1002.
- [30] Spearpoint MJ, Mohd Tohir MZ, Abu AK, Xie P. 2015. Fire load energy densities for risk-based design of car parking buildings. Case Stud Fire Saf 3:44–50.
- [31] Zalok, E., Hadjisophocleous, G.V. and Mehaffey, J.R. 2009. Fire Loads in Commercial Premises, Fire and Materials 33.
- [32] Hadjisophocleous, G.V., and Bénichou, N. 2004. Fire Safety Design Guidelines for Federal Buildings, National Research Council of Canada. Ottawa, Canada.