



Univerza v Mariboru

---

Fakulteta za energetiko

POSODOBITEV POŽARNE ZAŠČITE V NUKLEARNI  
ELEKTRARNI KRŠKO PO NESREČI V ELEKTRARNI  
FUKUŠIMA

diplomsko delo

Študent: Danijel Zavrl  
Študijski program: visokošolski študijski program 1. stopnje Energetika  
Mentor: izr. prof. dr. Zdravko Praunseis  
Somentor: Željko Selak, univ. dipl. inž. el.  
Lektorica: Polona Hadalin Baša, univ. dipl. slov.

VELENJE, maj 2018



Univerza v Mariboru

Fakulteta za energetiko

Hočevarjev trg 1  
8270 Krško, Slovenija

Številka: R1007837/2017

Kraj in datum: Krško, 14.09.2017

Na osnovi 330. člena Statuta Univerze v Mariboru (Statut UM- UPB-12, Ur. l. RS, št.29/2017) izdajam:

**SKLEP**  
**o podaljšanju veljavnosti teme**  
**diplomskega dela na študijskem programu 1. stopnje**

**Danijelu Zavrlu, študentu**

visokošolskega strokovnega študijskega programa 1. stopnje

**ENERGETIKA**

se dovoljuje izdelati diplomsko delo.

Tema diplomskega dela je s področja inštituta:

**Znanstvenoraziskovalni in razvojni inštitut**

Mentor: **doc. dr. Zdravko Praunseis**

Somentor: **Željko Selak, univ.dipl.inž.el.**

Naslov diplomskega dela:

**POSODOBITEV POŽARNE ZAŠČITE V NUKLEARNI ELEKTRARNI KRŠKO PO NESREČI V ELEKTRARNI  
FUKUŠIMA**

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

**MODERNIZATION OF FIRE PROTECTION IN KRŠKO NUCLEAR POWER PLANT AFTER THE ACCIDENT IN  
FUKUSHIMA**

Tema podaljšana do: **30.09.2018**

Rok za izdelavo, oddajo in zagovor zaključnega dela je **30.09.2018**. Zaključno delo je potrebno izdelati skladno z »Navodili za izdelavo zaključnega dela na 1. in 2. stopnji študija FE UM« in ga v 3 spiralno vezanih izvodih oddati v Referat za študentske zadeve FE UM najkasneje 14 dni pred zagovorom. Hkrati se odda tudi izjava mentor-ja/-ice (in morebitnega somentor-ja/-ice) o ustreznosti zaključnega dela.

Pravni pouk:

Zoper ta sklep je možna pritožba na Senat Fakultete za energetiko v roku 3 delovnih dni.

Obvestiti:

- Danijel Zavrl
- doc. dr. Zdravko Praunseis
- Željko Selak, univ.dipl.inž.el.
- arhiv



Dekan Fakultete za energetiko UM:  
red. prof. dr. Bojan Štumberger

*Bojan Štumberger*

fe@uni-mb.si | t +386 7 620 2210 | f +386 7 620 2222 | IBAN: SI56 0110 0600 0022 624 | VAT: SI 716 74705  
Enota Velenje: Koroška cesta 62a, 3320 Velenje | t +386 3 777 0400 | f +386 3 777 0420

## ZAHVALA

*Za strokovno pomoč pri izdelavi diplomskega dela se zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. Zdravku Praunseisu, somentorju univ. dipl. inž. el. Željku Selaku ter zaposlenim v NEK. Iskreno se zahvaljujem tudi svoji družini, ki mi je v času študija vedno stala ob strani.*

## POSODOBITEV POŽARNE ZAŠČITE V NUKLEARNI ELEKTRARNI KRŠKO PO NESREČI V ELEKTRARNI FUKUŠIMA

**Ključne besede:** Nuklearna elektrarna Krško, Fukušima, požar, mobilna oprema, nesreča.

**UDK:** 614.841.45: 621.311.25(497.4Krško)(043.2)

### *Povzetek*

*Namen diplomskega dela je predstaviti koncept mobilne opreme, ki jo je leta 2011 po nesreči v elektrarni Fukušima – Daiči urgentno kupila Nuklearna elektrarna Krško. V delu smo predstavili primer požara, ki nastane ob padcu komercialnega letala na rezervoar za kurilno olje pri pomožni kotlovnici. Prikazali smo, koliko opreme in osebja je potrebnega za reševanje takšnega problema. Pri tem pa smo izračunali tudi požarno obremenitev ob nastanku požara.*

# MODERNIZATION OF FIRE PROTECTION IN KRŠKO NUCLEAR POWER PLANT AFTER THE ACCIDENT IN FUKUSHIMA

**Keywords:** Krško Nuclear Power Plant, Fukushima, fire, mobile equipment, accident.

**UDK:** 614.841.45: 621.311.25(497.4Krško)(043.2)

## *Abstract*

*The purpose of this diploma thesis is to introduce the concept of mobile equipment which was purchased in 2011 by the Nuclear Power Plant Krško after the accident at the Fukushima – Daichi Power Plant. In this task, we presented an example of a fire that occurs when a commercial airplane falls on a fuel oil tank at the auxiliary boiler room. We showed how much equipment and personnel is needed to rescue this problem. In doing so, we calculated the fire load at the beginning of the fire.*

## KAZALO VSEBINE

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>UVOD .....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>SPLOŠNO O NUKLEARNI ELEKTRARNI KRŠKO .....</b>                      | <b>2</b>  |
| 2.1      | ZGODOVINA.....   | 2         |
| 2.2      | PROIZVODNJA .....  | 3         |
| 2.3      | UPRAVLJANJE .....  | 4         |
| 2.4      | DELOVANJE .....  | 4         |
| 2.4.1    | <i>Primarni krog .....</i>   | <i>5</i>  |
| 2.4.2    | <i>Sekundarni krog.....</i>  | <i>5</i>  |
| 2.4.3    | <i>Terciarni krog.....</i>   | <i>6</i>  |
| 2.5      | TEHNIČNI PODATKI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO .....                      | 6         |
| 2.6      | JEDRSKA VARNOST.....   | 9         |
| 2.6.1    | <i>Sistemi in naprave za preprečitev nezgod.....</i>                   | <i>9</i>  |
| 2.6.1.1  | Sistem za zasilno hlajenje reaktorske sredice .....                    | 10        |
| 2.6.1.2  | Sistemi zadrževalnega hrama .....                                      | 10        |
| 2.6.1.3  | Sistem za vzdrževanje podtlaka v medprostoru zadrževalnega hrama ..... | 11        |
| 2.6.1.4  | Bivalni sistemi kontrolne sobe .....                                   | 11        |
| <b>3</b> | <b>NUKLEARNA ELEKTRARNA FUKUŠIMA – DAIČI.....</b>                      | <b>12</b> |
| 3.1      | FUKUŠIMA – DAIČI .....   | 12        |
| 3.2      | NESREČA .....  | 12        |
| <b>4</b> | <b>POŽAR.....</b>  | <b>16</b> |
| 4.1      | PROCES GORENJA.....  | 16        |
| 4.2      | VRSTE POŽAROV .....  | 17        |
| 4.3      | FAZE POŽARA.....   | 17        |
| 4.3.1    | <i>Faza začetnega požara .....</i>                                     | <i>18</i> |
| 4.3.2    | <i>Faza rastočega požara .....</i>                                     | <i>19</i> |
| 4.3.3    | <i>Požarni preskok .....</i>   | <i>19</i> |
| 4.3.4    | <i>Polno razviti požar .....</i>                                       | <i>20</i> |
| 4.3.5    | <i>Faza pojemajočega požara.....</i>                                   | <i>20</i> |
| 4.4      | GASILNA SREDSTVA.....  | 20        |
| 4.4.1    | <i>Voda.....</i>   | <i>20</i> |
| 4.4.2    | <i>Pena.....</i>   | <i>21</i> |
| 4.4.3    | <i>Ogljikov dioksid (CO<sub>2</sub>) .....</i>                         | <i>22</i> |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 4.4.4    | <i>Gasilni prah</i> .....                                      | 22        |
| 4.4.5    | <i>Haloni</i> .....  | 22        |
| 4.4.6    | <i>Priročna sredstva za gašenje</i> .....                      | 23        |
| 4.5      | <b>POŽARNI RED</b> .....                                       | 23        |
| 4.6      | <b>POŽARNI NAČRT</b> .....                                     | 24        |
| 4.6.1    | <i>Prikaz objekta v prostoru</i> .....                         | 25        |
| 4.6.2    | <i>Prikaz požarne varnosti objekta</i> .....                   | 25        |
| 4.7      | <b>NAČRT EVAKUACIJE</b> .....                                  | 26        |
| <b>5</b> | <b>AKTIVNI UKREPI VARSTVA PRED POŽAROM</b> .....               | <b>27</b> |
| 5.1      | <b>ODKRIVANJE, JAVLJANJE IN ALARMIRANJE POŽARA</b> .....       | 27        |
| 5.1.1    | <i>Dimni javljalniki</i> .....                                 | 28        |
| 5.1.1.1  | Ionizacijski dimni javljalnik.....                             | 28        |
| 5.1.1.2  | Optični točkovni dimni javljalnik.....                         | 28        |
| 5.1.1.3  | Optični linijski ali žarkovni javljalnik .....                 | 29        |
| 5.1.1.4  | Aspiracijski dimni javljalnik .....                            | 30        |
| 5.1.2    | <i>Toplotni javljalniki</i> .....                              | 30        |
| 5.1.2.1  | Statični toplotni javljalnik .....                             | 30        |
| 5.1.2.2  | Dinamični toplotni javljalnik.....                             | 30        |
| 5.1.3    | <i>Plamenski javljalniki</i> .....                             | 31        |
| 5.1.4    | <i>Specialni javljalniki</i> .....                             | 32        |
| 5.1.5    | <i>Ročni javljalniki</i> .....                                 | 32        |
| 5.1.6    | <i>Požarna centrala</i> .....                                  | 32        |
| 5.1.7    | <i>Alarmiranje</i> .....                                       | 33        |
| <b>6</b> | <b>UKREPI URSJV PO NESREČI V FUKUŠIMI</b> .....                | <b>34</b> |
| 6.1      | <b>STORE – SAFETY TERMS OF REFERENCE MODIFIKACIJE</b> .....    | 34        |
| <b>7</b> | <b>DODATNA MOBILNA OPREMA NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO</b> ..... | <b>36</b> |
| 7.1      | <b>POTOPNA ČRPALNA POSTAJA HS450 (HFS HYDROSUB 450)</b> .....  | 36        |
| 7.1.1    | <i>Splošno</i> .....   | 36        |
| 7.1.2    | <i>Dobava vode</i> .....                                       | 38        |
| 7.1.2.1  | Potopna črpalka.....   | 38        |
| 7.1.2.2  | Podporna črpalka.....  | 38        |
| 7.1.3    | <i>Kontrola</i> .....  | 38        |
| 7.1.4    | <i>Ustreznost osebja</i> .....                                 | 39        |
| 7.1.5    | <i>Specifikacija</i> .....                                     | 39        |
| 7.1.5.1  | Splošno.....   | 39        |
| 7.1.5.2  | Motor .....  | 39        |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 7.1.5.3  | Sistem goriva.....  | 40 |
| 7.1.5.4  | Električni sistem.....  | 40 |
| 7.1.5.5  | Hladilni sistem .....   | 41 |
| 7.1.5.6  | Gredna vez .....  | 41 |
| 7.1.5.7  | Hidravlični sistem .....  | 42 |
| 7.1.5.8  | Vodni cevovod .....   | 42 |
| 7.1.5.9  | Cevni kolut.....  | 43 |
| 7.1.5.10 | Dvigalka.....   | 43 |
| 7.2      | POTOPNA ČRPALNA POSTAJA HS60 .....                                      | 43 |
| 7.2.1    | <i>Splošno</i> .....  | 43 |
| 7.2.2    | <i>Glavne karakteristike</i> .....                                      | 44 |
| 7.2.2.1  | Nosilnost .....   | 44 |
| 7.2.2.2  | Hitrost delovanja in dostopnost.....                                    | 44 |
| 7.2.2.3  | Flotacija in potopitev.....   | 45 |
| 7.2.2.4  | Hidravlični pogon.....  | 45 |
| 7.2.2.5  | Delovanje .....   | 45 |
| 7.2.2.6  | Osnovni okvir.....  | 46 |
| 7.3      | PRENOSNA ČRPALKA ROSENBAUER FOX III .....                               | 46 |
| 7.3.1    | <i>Splošno</i> .....  | 46 |
| 7.3.1.1  | Motor .....   | 46 |
| 7.3.1.2  | Črpalka.....  | 47 |
| 7.3.1.3  | Nosilni okvir .....   | 48 |
| 7.3.1.4  | Rezervoar .....   | 48 |
| 7.3.1.5  | Odzračevalni sistem .....   | 48 |
| 7.3.1.6  | Princip delovanja črpalke.....  | 48 |
| 7.3.1.7  | Zaščita pred pregrevanjem .....   | 49 |
| 7.3.1.8  | Regulator pritiska črpalke .....  | 49 |
| 7.4      | ELEKTRIČNA POTOPNA ČRPALKA NAUTILUS 8/1.....                            | 49 |
| 7.4.1    | <i>Opis</i> .....   | 49 |
| 7.4.2    | <i>Materiali, iz katerih je narejena črpalka</i> .....                  | 50 |
| 7.4.3    | <i>Zaščita motorja</i> .....  | 51 |
| 7.4.4    | <i>Transport in skladiščenje črpalke</i> .....                          | 51 |
| 7.5      | VISOKOTLAČNA GASILSKA ČRPALKA (DIESEL).....                             | 52 |
| 7.5.1    | <i>Splošno</i> .....  | 52 |
| 7.5.2    | <i>Črpalka</i> .....  | 53 |
| 7.6      | GASILSKO VOZILO ZA GAŠENJE VELIKIH POŽAROV V NEK (BRONTO SKYLIFT) ..... | 53 |
| 7.6.1    | <i>Splošno</i> .....  | 53 |
| 7.6.2    | <i>Prostor za opremo</i> .....  | 54 |
| 7.6.3    | <i>Gasilska črpalka</i> .....   | 55 |



|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 7.6.4    | <i>Sestava samozaščitnih tal</i> .....  | 55        |
| 7.6.5    | <i>BRONTO – hidravlična roka</i> .....  | 55        |
| 7.6.6    | <i>Nadgradnja</i> .....   | 56        |
| 7.6.6.1  | Glavni okvir .....  | 56        |
| 7.6.6.2  | Podpiranje .....  | 56        |
| 7.6.6.3  | Vrtljiva kupola .....   | 57        |
| 7.6.6.4  | Dvižna roka .....   | 57        |
| 7.6.6.5  | Hidravlični sistem .....  | 57        |
| 7.6.7    | <i>Rezervoar za vodo</i> .....  | 58        |
| 7.6.8    | <i>Rezervoar za penilo</i> .....  | 58        |
| <b>8</b> | <b>STRMOGLJAVLJENJE OZIROMA PADEC KOMERICALNEGA LETALA NA<br/>REZERVOAR KURILNEGA OLJA PRI POMOŽNI KOTLOVNICI</b> ..... | <b>59</b> |
| 8.1      | IZRAČUN POŽARNE OBREMENITVE PADCA LETALA .....  | 60        |
| 8.2      | IZRAČUN POŽARNE OBREMENITVE REZERVOARJA KURILNEGA OLJA PRI POMOŽNI<br>KOTLOVNICI .....                                  | 62        |
| 8.3      | IZRAČUN SKUPNE POŽARNE OBREMENITVE .....  | 63        |
| 8.4      | POTEK GAŠENJA V PRIMERU GORENJA REZERVOARJA ZA KURILNO OLJE IN<br>KOMERICALNEGA LETALA .....                            | 64        |
| 8.4.1    | <i>Vrstni red obveščanja</i> .....  | 64        |
| 8.4.2    | <i>Potek gašenja</i> .....  | 64        |
| <b>9</b> | <b>SKLEP</b> .....  | <b>67</b> |
|          | <b>VIRI IN LITERATURA</b> .....   | <b>68</b> |
|          | <b>PRILOGE</b> .....  | <b>71</b> |
|          | PRILOGA A: IZJAVA O AVTORSTVU IN ISTOVETNOSTI TISKANE IN ELEKTRONSKE OBLIKE<br>ZAKLJUČNEGA DELA .....                   | 71        |

## KAZALO SLIK

|   |    |
|---|----|
| Slika 2.1: Postavitev prvega temeljnega kamna leta 1974 [2].....                        | 3  |
| Slika 2.2: Shema delovanja NEK [5].....   | 4  |
| Slika 3.1: Poškodovani reaktor 4 [10] .....   | 14 |
| Slika 3.2: Mednarodna lestvica jedrskih dogodkov [11].....                              | 14 |
| Slika 4.1: Gorenje [14] .....   | 16 |
| Slika 4.2: Faze požara [18].....  | 18 |
| Slika 4.3: Primer izvlečka požarnega reda NEK [15] .....                                | 24 |
| Slika 5.1: Sistem za odkrivanje, javljanje in alarmiranje [18].....                     | 27 |
| Slika 5.2: Shematski prikaz ionizacijskega javljalnika [18].....                        | 28 |
| Slika 5.3: Shematski prikaz optičnega javljalnika [18] .....                            | 29 |
| Slika 5.4: Shema delovanja žarkovnega javljalnika [18] .....                            | 29 |
| Slika 5.5: Shema dinamičnega toplotnega javljalnika [18] .....                          | 31 |
| Slika 5.6: Svetlobni spekter, ki v času gorenja oddaja večina ogljikovodikov [18] ..... | 31 |
| Slika 7.1: Enota .....  | 37 |
| Slika 7.2: Potopna črpalna postaja HS450 (HFS HydroSub 450).....                        | 37 |
| Slika 7.3: Potopna črpalna postaja HS60 .....   | 44 |
| Slika 7.4: Črpalka .....  | 45 |
| Slika 7.5: Prenosna črpalka Rosenbaur FOX III .....                                     | 47 |
| Slika 7.6: Nizek nivo sesanja črpalke [26] .....  | 50 |
| Slika 7.7: Transport in skladiščenje črpalke [27] .....                                 | 51 |
| Slika 7.8: Prikolica visokotlačne gasilske črpalke.....                                 | 52 |
| Slika 7.9: Električno ali ročno navita cev.....   | 52 |
| Slika 7.10: Gasilsko vozilo za gašenje velikih požarov v NEK (BRONTO SKYLIFT) ....      | 54 |
| Slika 7.11: Sprednji del BRONTO SKYLIFT.....  | 54 |
| Slika 8.1: Shema padca letala.....  | 59 |
| Slika 8.2: Letalo Eclipse 500.....  | 60 |

## KAZALO TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabela 2.1: Elektrarna [7].....                         | 7  |
| Tabela 2.2: Gorivo [7] .....                            | 7  |
| Tabela 2.3: Reaktorsko hladilo [7] .....                | 7  |
| Tabela 2.4: Regulacijske palice [7] .....               | 8  |
| Tabela 2.5: Uparjalnik [7] .....                        | 8  |
| Tabela 2.6: Turboagregat [7] .....                      | 8  |
| Tabela 2.7: Transformatorji [7] .....                   | 9  |
| Tabela 3.1: Kratek opis posameznih razredov [11].....   | 15 |
| Tabela 7.1: Splošna specifikacija [23].....             | 39 |
| Tabela 7.2: Specifikacija motorja [23] .....            | 40 |
| Tabela 7.3: Sistem goriva [23] .....                    | 40 |
| Tabela 7.4: Električni sistem [23] .....                | 41 |
| Tabela 7.5: Hladilni sistem [23] .....                  | 41 |
| Tabela 7.6: Gredna vez [23] .....                       | 41 |
| Tabela 7.7: Hidravlični sistem [23] .....               | 42 |
| Tabela 7.8: Vodni cevovod [23].....                     | 42 |
| Tabela 7.9: Cevni kolut [23].....                       | 43 |
| Tabela 7.10: Dvigalka [23].....                         | 43 |
| Tabela 7.11: Pretok vode pri določenem tlaku [25] ..... | 47 |
| Tabela 7.12: Pretok vode pri določenem tlaku [26] ..... | 50 |
| Tabela 7.13: Karakteristike hidravlične roke [29].....  | 55 |

## UPORABLJENI SIMBOLI

|                                    |   |                     |
|------------------------------------|---|---------------------|
| <i>MW</i>                          | – | megavat             |
| <i>kV</i>                          | – | kilovolt            |
| <i>GW</i>                          | – | gigavat             |
| <i>kWh</i>                         | – | kilovatna ura       |
| <i>m</i>                           | – | meter               |
| <i>mm</i>                          | – | milimeter           |
| <i>UO<sub>2</sub></i>              | – | uranov dioksid      |
| <i>t</i>                           | – | tona                |
| <i>H<sub>2</sub>O</i>              | – | voda                |
| <i>H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub></i> | – | borova kislina      |
| <i>m<sup>3</sup></i>               | – | prostornina         |
| <i>°C</i>                          | – | temperatura         |
| <i>kg</i>                          | – | kilogram            |
| <i>m<sup>2</sup></i>               | – | površina            |
| <i>CO<sub>2</sub></i>              | – | ogljikov dioksid    |
| <i>CO</i>                          | – | ogljikov monoksid   |
| <i>Hz</i>                          | – | herc                |
| <i>km</i>                          | – | kilometer           |
| <i>V</i>                           | – | volt                |
| <i>A</i>                           | – | amper               |
| <i>bar</i>                         | – | tlak                |
| <i>l</i>                           | – | liter               |
| <i>ccm<sup>3</sup></i>             | – | prostornina motorja |
| <i>°</i>                           | – | stopinja            |

## UPORABLJENE KRATICE

|         |   |  |
|---------|---|--|
| JEK     | – | Jedrska elektrarna Krško                                     |
| NEK     | – | Nuklearna elektrarna Krško                                   |
| ENTSO-E | – | evropsko združenje sistemskih operaterjev prenosnega omrežja |
| D.O.O.  | – | družba z omejeno odgovornostjo                               |
| D.D.    | – | delniška družba  |
| UV      | – | ultravijolični del   |
| IR      | – | infrardeči del   |
| URSJV   | – | Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost                |
| EU      | – | Evropska unija   |
| STORE   | – | Safety Terms of Reference                                    |
| HFS     | – | Hytrans Fire System  |
| HS      | – | HydroSub   |
| PGE     | – | poklicna gasilska enota                                      |

## 1 UVOD

V današnjem času je moč opaziti, da se po svetu dogaja vse več terorističnih napadov. Eden izmed mamljivih napadov je lahko tudi napad na jedrsko elektrarno. Pomembna je predvsem jedrska varnost elektrarne, kako rešiti problem, ki nastane ob nekem načrtovanem dogodku oziroma kako učinkovito ublažiti posledice, ki ob tem nastanejo.

V prvem delu bosta predstavljeni NEK in elektrarna Fukušima - Daiči. Predstavljen bo tudi koncept požara in kakšne ukrepe poznamo v primeru, da zagori. Pomembni del diplomskega dela pa je predstavitev dodatne mobilne opreme, kupljene leta 2011, ki zagotavlja jedrsko varnost NEK v primeru velikih nesreč.

Zadnji del diplomskega dela bo zajemal opis padca letala na rezervoar za kurilno olje pri pomožni kotlovnici s severne strani elektrarne in ugotovitve, koliko opreme ter pristojnega osebja potrebuje NEK ob takšni nesreči. Poleg vsega pa bo prikazan tudi izračun skupne požarne obremenitve gorenja letala in rezervoarja za kurilno olje.

## 2 SPLOŠNO O NUKLEARNI ELEKTRARNI KRŠKO

V Sloveniji imamo več hidroelektrarn, termoelektrarn in ostalih oblik proizvodnje električne energije, Nuklearna elektrarna pa je samo ena. To je Nuklearna elektrarna Krško, ki jo imenujemo tudi Jedrska elektrarna Krško oziroma s kraticama JEK in NEK.

### 2.1 ZGODOVINA

V petletnem obdobju 1964–1969 je delovna skupina Poslovnega združenja energetike Slovenije naredila prve raziskave, ki so pokazale, da je Krško polje zanimiva lokacija za postavitev NEK [1].

Po opravljenih raziskavah so se začeli nadaljnji postopki, v prvo jedrsko elektrarno pa sta investirali podjetji Savske elektrarne Ljubljana in Elektroprivreda Zagreb. Ti dve podjetji sta izvedli pripravljalna dela, izbrala primerne ponudnika ter izvedli razpis [1].

Avgusta leta 1974 je prišel dan za sklenitev pogodbe. Pogodba je vsebovala podatke o dobavi opreme in gradnji elektrarne, moč 632 MW. Investitorja sta sodelovala z ameriškim podjetjem Westinghouse Electric Corporation, projektantske zadeve pa je opravilo podjetje Gilbert Associates Inc. Bistveni del gradnje sta izpeljali podjetji Gradis in Hidroelektra, montažo pa Hidromontaža in Đuro Đaković. Prvi temeljni kamen NEK, prikazano na sliki 2.1, so postavili decembra 1974. Elektrarna je začela poskusno obratovati leta 1981, tri leta zatem pa je začela s komercialnim obratovanjem [1].



Slika 2.1: Postavitev prvega temeljnega kamna leta 1974 [2]

## 2.2 PROIZVODNJA

NEK ima vgrajen Westinghousov lahkovodni tlačni reaktor, katerega toplotna moč je enaka približno 2.000 MW. Moč same elektrarne na pragu je 696 MW. Elektrarno poganja 400 kV omrežje, ki napaja Slovenijo in Hrvaško. Elektrarna na leto proizvede več kot pet milijard kWh električne energije, kar predstavlja 40-% delež celotne proizvedene električne energije v Sloveniji. V okviru evropske povezave ENTSO-E je NEK kot zanesljiv vir delovne in jalove moči pomembna podporni točka sistemskih operaterjev prenosnega omrežja. Pri velikih prehodnih pojavih znotraj ENTSO-E ima NEK bistven pomen pri stabilizaciji kritičnih obratovalnih stanj in napetostnih razmer [3].

Gorivni cikel je obratovanje elektrarne med dvema remontoma. Remont se izvaja vsakih 18 mesecev. V času remonta se del izrabljenega goriva zamenja z novim, opravijo se preventivni pregledi opreme in zamenjava delov, preverijo se integritete materialov, izvršijo se nadzorna testiranja ter korektivni ukrepi v primeru najdenega stanja [3].

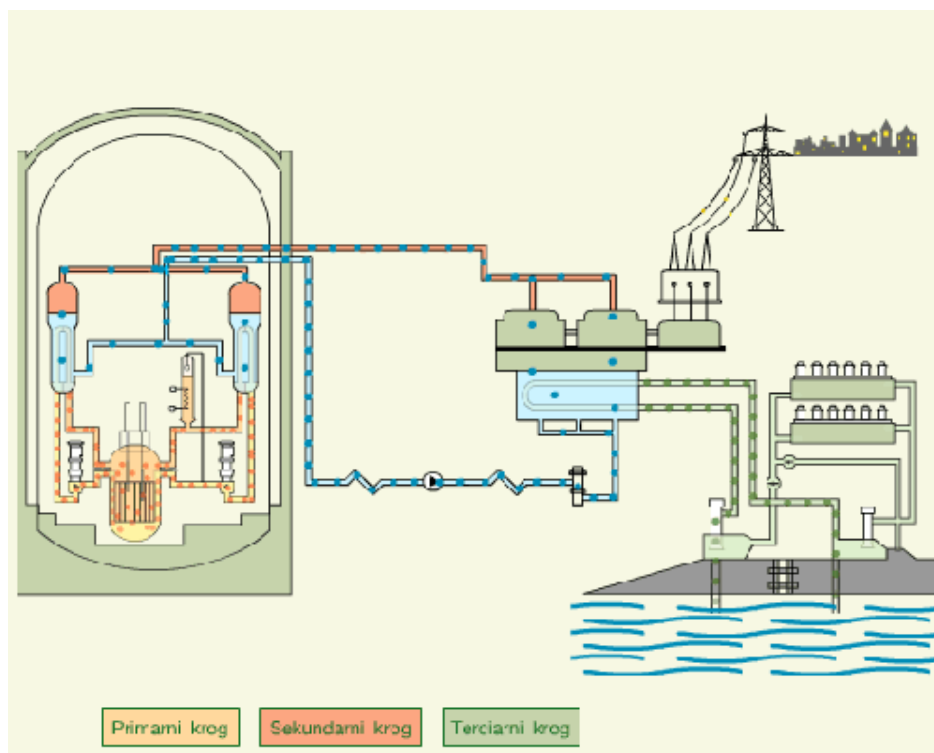


### 2.3 UPRAVLJANJE

Lastnika NEK sta GEN energija d.o.o. in Hrvatske elektroprivrede d.d. Vsako od njiju ima 50-% delež od skupne razpoložljive moči in električne energije NEK na pragu [4].

### 2.4 DELOVANJE

Delovanje elektrarne, ki je prikazano na sliki 2.2, je podobno delovanju vsake klasične termoelektrarne na fosilna goriva, vendar se toplota ne pridobi iz gorenja premoga ali plina, ampak se sprošča ob cepitvi uranovih jeder v reaktorju. Znotraj reaktorja je nameščena reaktorska posoda z gorivnimi elementi. Ti gorivni elementi tvorijo sredico. Navadna prečiščena voda kroži skozi reaktor. Voda je pod tlakom in odvaja sproščeno toploto v uparjalnik. Para, ki posledično nastane v uparjalniku, poganja turbino, z njeno pomočjo pa deluje električni generator, ki oddaja električno energijo v omrežje. Reaktorsko zgradbo imenujemo tudi zadrževalni hram. V njej se nahaja vsa oprema reaktorja in pripadajočega primarnega kroga. V času menjave goriva je potrebna zaustavitev elektrarne [5].



Slika 2.2: Shema delovanja NEK [5]

Tehnološki del NEK razdelimo na tri vrste sistemov:

- primarni sistem,
- sekundarni sistem,
- terciarni sistem [6].

Tem sistemom lahko rečemo tudi primarni, sekundarni in terciarni krog, saj skozi vse tri kroži voda [6].

#### **2.4.1 Primarni krog**

V primarnem krogu so nameščeni:

- reaktor,
- reaktorski črpalki,
- uparjalnik,
- tlačnik,
- cevovodi [6].

V primarnem krogu kroži segreta voda, ki se segreva ob toploti, ki se sprošča v sredici reaktorja. Reaktorski črpalki poganjata vodo v primarnem krogu. Za optimalni tlak v primarnem krogu skrbi tlačnik, ki preprečuje vrenje vode. Zadrževalni hram v primeru katerekoli nezgode izolira primarni sistem od okolice [6].

#### **2.4.2 Sekundarni krog**

V sekundarnem krogu so nameščeni:

- uparjalnika,
- turbine,
- generator,
- kondenzator,
- napajalne črpalke,

- cevovodi [6].

Uparjalnika lahko z drugima besedama imenujemo tudi parna kotla, kjer iz vode sekundarnega kroga nastaja para. Nastala para odteče v turbino, v kateri se energija pare pretvori v mehansko energijo. Vsa mehanska energija se prek generatorja pretvori v električno energijo. Generator s pomočjo transformatorja nastalo energijo odda v elektroenergetsko omrežje. Para, ki se izrabi, gre nato v kondenzator. Cevi kondenzatorja so hladne, zato se para spremeni v vodo. Iz kondenzatorja napajalne črpalke potiskajo vodo v nazaj v uparjalnik, zato pri tem postopku ponovno nastaja para [6].

### **2.4.3 Terciarni krog**

V terciarnem krogu so nameščeni:

- kondenzator,
- hladilne črpalke,
- hladilna stolpa,
- cevovodi [6].

Terciarni krog je potreben za hlajenje kondenzatorja, odvede pa tudi toploto, ki je ni moč izkoristiti za proizvodnjo električne energije. Savsko vodo potiskajo hladilne črpalke v kondenzator in jo nato vračajo nazaj v Savo. Savska voda se pri pretoku skozi kondenzator segreje, kar pa seveda vpliva na biološke razmere reke Save. Kadar pride do nezaželenih vremenskih razmer, pridejo v poštev hladilni stolpi [6].

## **2.5 TEHNIČNI PODATKI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO**

Vsi tehnični podatki NEK so prikazani v tabelah 2.1–2.7 [7].

Tabela 2.1: Elektrarna [7]

|  |                           |
|--|---------------------------|
| Tip reaktorja:                         | lahkovodni tlačni reaktor |
| Toplotna moč reaktorja:                | 1994 MW                   |
| Električna moč na sponkah generatorja: | 727 MW                    |
| Moč na pragu elektrarne:               | 696 MW                    |
| Toplotni izkoristek:                   | 36 %                      |

Tabela 2.2: Gorivo [7]

|   |                 |
|---|-----------------|
| Število gorivnih elementov:                 | 121             |
| Število gorivnih palic v gorivnem elementu: | 235             |
| Razporeditev gorivnih palic:                | 16 × 16         |
| Dolžina gorivnih palic:                     | 3,658 m         |
| Debelina srajčke:                           | 0,572 mm        |
| Gradivo srajčke:                            | Zircaloy-4      |
| Kemična sestava goriva:                     | UO <sub>2</sub> |
| Premer tablete goriva:                      | 8,192 mm        |
| Dolžina tablete goriva:                     | 9,8 mm          |
| Skupna količina urana:                      | 48,7 t          |

Tabela 2.3: Reaktorsko hladilo [7]

|                                       |                                |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| Snov:                                 | H <sub>2</sub> O               |
| Dodatki:                              | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> |
| Število hladilnih zank:               | 2                              |
| Skupni masni pretok:                  | 9021 kg/s                      |
| Tlak:                                 | 15,41 MPa (157 ata)            |
| Celotna prostornina:                  | 197 m <sup>3</sup>             |
| Temperatura na vstopu v reaktor:      | 287 °C                         |
| Temperatura pri izstopu iz reaktorja: | 324 °C                         |
| Število črpalk:                       | 2                              |
| Zmogljivost črpalke:                  | 6,3 m <sup>3</sup> /s          |
| Moč motorja črpalke:                  | 5,22 MW                        |

Tabela 2.4: Regulacijske palice [7]

|  |           |
|--|-----------|
| Število regulacijskih svežnjev:        | 33        |
| Število absorpcijskih palic v svežnju: | 20        |
| Celotna teža regulacijskega svežnja:   | 52,2 kg   |
| Nevtronski absorber:                   | Ag-In-Cd  |
| Odsotna sestava:                       | 80–15,5 % |

Tabela 2.5: Uparjalnik [7]

|   |                     |
|---|---------------------|
| Material:                               | INCONEL 690 TT      |
| Število uparjalnikov:                   | 2                   |
| Tlak pare pri izstopu:                  | 6,5 MPa (63,5 ata)  |
| Temperatura pare pri izstopu:           | 280,1 °C            |
| Temperatura napajalne vode pri vstopu:  | 219,4 °C            |
| Masni pretok pare iz obeh uparjalnikov: | 1088 kg/s           |
| Višina uparjalnika:                     | 20,6 m              |
| Teža uparjalnika:                       | 345 t               |
| Število U-cevi v uparjalniku:           | 5428                |
| Celotna površina prenosa toplote:       | 7177 m <sup>2</sup> |
| Zunanji premer prenosa toplote:         | 19,05 mm            |
| Debelina U-cevi:                        | 1,09 mm             |

Tabela 2.6: Turboagregat [7]

|                                    |                           |
|------------------------------------|---------------------------|
| Maksimalna moč:                    | 730 MW                    |
| Pretok pare:                       | 1090 kg/s                 |
| Vstopni tlak sveže pare:           | 6,4 MPa (63 ata)          |
| Temperatura sveže pare:            | 280,7 °C                  |
| Vrtilna hitrost turbine:           | 157 rad/s (1.500 vrt/min) |
| Vlažnost pare ob vstopu:           | 0,10-%                    |
| Kondenzacijski tlak (vakuum):      | 5,1 kPa (0,052 ata)       |
| Povprečna temperatura kondenzata:  | 33 °C                     |
| Število glavnih napajalnih črpalk: | 3                         |

»se nadaljuje«

»nadaljevanje«

|                                |         |
|--------------------------------|---------|
| Zmogljivost napajalne črpalke: | 50-%    |
| Nazivna moč generatorja:       | 850 MVA |
| Nazivna napetost:              | 21 kV   |
| Nazivna frekvenca generatorja: | 50 Hz   |
| Nazivni $\cos\Phi$ :           | 0,876   |

Tabela 2.7: Transformatorji [7]

|                                    |                |
|------------------------------------|----------------|
| <b>Blokovna transformatorja</b>    |                |
| Nazivna moč:                       | 2 × 500 MVA    |
| Prestavno razmerje:                | 21/400 kV      |
| <b>Transformatorja lastne rabe</b> |                |
| Maksimalno dovoljena trajna moč:   | 2 × 30 MVA     |
| <b>Pomožni transformator</b>       |                |
| Maksimalno dovoljena trajna moč:   | 60 MVA         |
| Prestavno razmerje:                | 105/6,3/6,3 kV |

## 2.6 JEDRSKA VARNOST

Jedrska varnost so organizacijski in tehnični ukrepi, s katerimi jedrski objekt varno obratuje. Ukrepi preprečujejo izredne dogodke oziroma ublažijo njihove posledice in imajo nalogo varovanja delavcev, prebivalstva ter okolja pred ionizirajočimi sevanji [8].

### 2.6.1 Sistemi in naprave za preprečitev nezgod

NEK ima za zmanjšanje posledic jedrskih nesreč vgrajenih več sistemov:

- varovalni sistem,
- sistem zadrževalnega hrama,
- sistem za zasilno hlajenje reaktorske sredice,
- sistem za vzdrževanje podtlaka v medprostoru zadrževalnega hrama,

- bivalni sistem kontrolne sobe [9].

Varnostni sistemi imajo nalogo, da preprečijo nekontrolirano uhajanje radioaktivnih snovi v okolico v vseh pogojih obratovanja – tudi v primeru nezgod. Poleg tega je njihova naloga tudi ugotavljanje odstopanj od normalnih obratovalnih stanj, alarmiranje operaterjev in proženje vseh ostalih varnostnih sistemov v primeru, da odstopanje varnostnih parametrov elektrarne presežejo nastavljene mejne vrednosti. Najpomembnejši ukrepi, ki se izvedejo avtomatično, so:

- hitra ugasnitev reaktorja,
- vključitev hlajenja reaktorske sredice v sili,
- izolacija zadrževalnega hrama,
- vključitev zasilnih dizelskih generatorjev [9].

#### 2.6.1.1 Sistem za zasilno hlajenje reaktorske sredice

V vseh izrednih stanjih elektrarne ta sistem skrbi za hlajenje reaktorske sredice. Pri zgorevanju urana nastanejo radioaktivni razcepki, zato je jedrsko gorivo stalni izvor toplote in sevanja. Reaktorsko sredico je, da se jedrsko gorivo zaradi zaostale toplote ne pregreje in poškoduje, treba vedno hladiti. Moč na reaktorju po njegovi ugasnitvi je zaradi zaostale toplote še vedno nekaj odstotkov moči, na kateri je reaktor pred ugasnitvijo obratoval. V primeru kakršnega koli izrednega dogodka, ki bi imel za posledico izgubo primarne hladilne vode, so nameščeni trije sistemi za varnostno vbrizgavanje vode v reaktor:

- akumulatorji za varnostno vbrizgavanje,
- dve visokotlačni črpalki,
- dve nizkotlačni črpalki [9].

#### 2.6.1.2 Sistemi zadrževalnega hrama

Ti sistemi skrbijo za zadrževanje plinastih in tekočih radioaktivnih snovi ter v primeru, ko odpovedo integritete gorivnih palic in primarni hladilni krog, preprečujejo nekontrolirano

puščanje teh snovi v okolje. Za učinkovitost in celovitost zadrževalnega hrama skrbi več podsistemov:

- sistem za osamitev zadrževalnega hrama,
- sistema za prhanje zadrževalnega hrama,
- sistem za hlajenje in recirkulacijo zraka,
- sistem za omejitev količine vodika v zadrževalnem hramu [9].

#### 2.6.1.3 Sistem za vzdrževanje podtlaka v medprostoru zadrževalnega hrama.

Zadrževalni hram je v obliki dvojnega plašča z zračnim medprostorom. V tem prostoru se nahaja podtlak. Podtlak preprečuje nekontrolirano širjenje razcepnih produktov v okolico [9].

#### 2.6.1.4 Bivalni sistemi kontrolne sobe

Ti sistemi so namenjeni za nemoteno delovanje naprav in obratovalne posadke. V primeru nezgode sistemi vzdržujejo potrebno temperaturo, čistost zraka, stalni nadtlak in čiščenje kontaminiranega zraka [9].



### 3 NUKLEARNA ELEKTRARNA FUKUŠIMA – DAIČI

#### 3.1 FUKUŠIMA – DAIČI

Jedrska elektrarna Fukušima je zgrajena iz šestih vrelo-vodnih reaktorjev. Elektrarno je zgradilo podjetje General Electric. Moč vseh reaktorjev je približno enaka 4,7 GW. Ta parameter nam pove, da se Jedrska elektrarna Fukušima uvršča med petindvajset največjih elektrarn na svetu. Leta 1967 je bil izdelan prvi reaktor, štiri leta za tem pa je začel pridelovati električno energijo za komercialne namene. Leta 1974 je s svojim delovanjem začel reaktor 2, dve leti za tem pa reaktor 3. Dve leti po začetku delovanja reaktorja 3, so bili vsi reaktorji prvič na protipotresni preizkušnji, saj je Japonsko obšel potres Miyagi [10].

#### 3.2 NESREČA

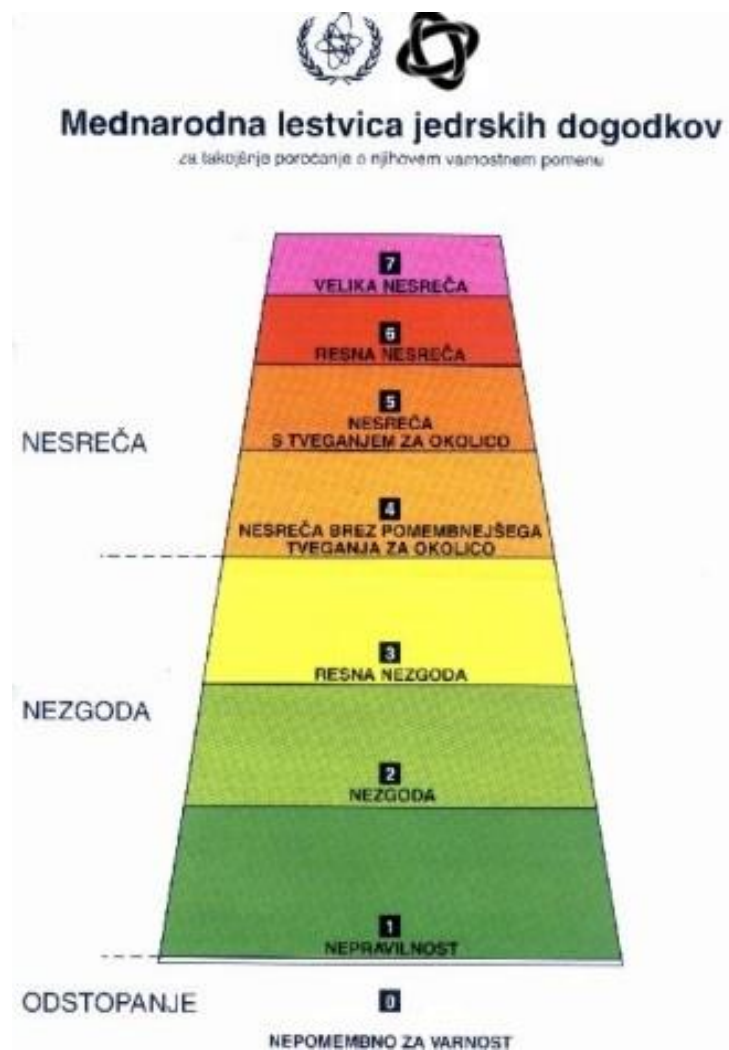
Nesreča na elektrarni Fukušima je druga najhujša nesreča po Černobilu, ki se je zgodila 11. marca 2011 na Japonskem zaradi posledic močnega potresa in cunamija. Ob nesreči je prišlo do odpovedi različne opreme, jedrskega taljenja in izpustov radioaktivnih snovi v zrak [10].

Med tem ko je elektrarno zajel potres, se je reaktor 4 izpraznil, reaktorja 5 in 6 pa sta bila v mirovanju. Vsi ostali reaktorji so se samodejno izklopili. Varnosti generatorji so začeli z varnostnim ohlajanjem reaktorjev. Celoten obrat, skupaj s kletnim prostorom reaktorjev, kjer so bili nizko ležeči generatorji in električna stikala, je zajel cunami, ki je v višino meril kar 15 m. Poleg tega je cunami zajel še zunanje črpalke za oskrbo morske vode, ki se uporablja za hlajenje. Vsa priključitev na električno omrežje je bila prekinjena, saj je cunami uničil električne vode. Celotna moč za hlajenje je bila izgubljena, zato so se reaktorji začeli pregrevati. Zaradi poplav ni bilo omogočene zunanje pomoči [10].

Reaktorji 1, 2 in 3 so dosegli popolno stopitev v naslednjih nekaj urah in dnevih. Po ugotovitvah se je izkazalo, da je bil zgornji del jedra v prvem reaktorju stopljen, zato se je posledično sesedel v spodnjo četrtino jedra. Drugi dan po nesreči se je jedro reaktorja spet ohladilo. Nato se je začelo jedro pregrevali, saj je bilo hladilo dodano šele zvečer. To je povzročilo vodikovo eksplozijo, ki je uničila zgornji del stavbe pri reaktorjih 1, 3 in 4. Zaradi eksplozije v reaktorjih 1 in 3 je prišlo do poškodbe reaktorja 2, reaktor 4, ki je prikazan na sliki 3.1, pa je zajel požar. Voda, ki je bila namenjena za ohlajanje, je začela iztekati iz reaktorjev, jedrska jedra pa se zaradi tega niso več hladila. Jedrske palice v bazenih vsake reaktorske stavbe so se začele segrevati. Zaradi strahu pred radioaktivnostjo je v radiju 20 km okoli elektrarne prišlo do evakuacije. 17. marca je bil ponovno zagnan generator v bloku 6, ki je omogočal hlajenje reaktorja 5 in 6. Do 20. marca je bilo obnovljeno električno omrežje na posameznih delih elektrarne. Oprema za reaktorje 1–4 je bila zaradi poškodbe ob nesreči neuporabna. Zaradi poplavljenega vode je bil dostop do kletnih prostorov nemogoč. V kletnih prostorih so bila potrebna popravila, kamor so delavci vstopili šele 5. maja. Meritve, ki jih je tedaj opravilo japonsko ministrstvo, so pokazale sledi radioaktivnega sevanja na severu države v radiju 30–50 km od elektrarne. To je povzročilo velike skrbi. Hrana je bila odmaknjena iz prodaje. Izpusti sevanja iz Fukušime so bili z neodvisnimi meritvami primerljivi s Černobilskimi. Voda iz vodovodov je bila za tisti čas prepovedana za uporabo. V bolnišnico so morali pripeljati dva delavca z opeklinami na gležnjih. Sprva je bila nesreča iz stališča japonskih uradnikov ocenjena na 4. stopnjo po mednarodni lestvici jedrskih dogodkov, nato je bila zvišana na 5. stopnjo in na koncu celo na 7. stopnjo. Tuji strokovnjaki so bili mnenja, da bo območje jedrske nesreče očiščeno šele čez sto ali celo tisoč let [10]. Za lažjo predstavbo so stopnje podane na sliki 3.2 in v tabeli 3.1 [11].



Slika 3.1: Poškodovani reaktor 4 [10]



Slika 3.2: Mednarodna lestvica jedrskih dogodkov [11]

Tabela 3.1: Kratek opis posameznih razredov [11]

|   |  |
|---|--|
| Razred 0 – Odstopanja                                     | Nima vpliva na varnost. Dogodek izven INES-lestvice.   |
| Razred 1 – Nepravilnost                                   | Nepravilnost, ki ni skladna z odobrenim obratovalnim režimom.  |
| Razred 2 – Nezgoda  | Znatno radiološko onesnaževanje znotraj elektrarne in/ali prekomerno obsevanje delavca.  |
| Razred 3 – Resna nezgoda                                  | Hudo radiološko onesnaženje znotraj elektrarne in/ali hudo obsevanje delavca s takojšnjimi zdravstvenimi posledicami.  |
| Razred 4 – Nesreča brez pomembnejšega tveganja za okolico | Resna poškodba reaktorske sredice in/ali radioloških prepek ali močno obsevanje enega ali več delavcev z veliko verjetnostjo smrti.  |
| Razred 5 – Nesreča s tveganjem za okolico                 | Resna poškodba reaktorske sredice in/ali radioloških prepek. Sprostitev radioaktivnih snovi v okolje v omejenem obsegu, ki pa že lahko terja omejeno aktiviranje ukrepov v sili. |
| Razred 6 – Resna nesreča                                  | Znatni izpusti v okolje, ki bi verjetno že zahtevali aktiviranje ukrepov v sili v polnem obsegu.   |
| Razred 7 – Velika nesreča                                 | Obsežni izpusti radioaktivnosti v okolje z verjetnimi akutnimi in zapoznelimi zdravstvenimi posledicami; dolgotrajne posledice na okolju.  |

## 4 POŽAR

Kadar se ogenj nenadzorovano širi v prostoru, ta pojav imenujemo požar. V procesni industriji predstavlja požar največjo nevarnost. Pogosto se dogaja kot izpust nevarnih snovi in eksplozije. V hujših primerih pa običajno povzroči večjo škodo ali celo izgube življenj. Toplota, ki intenzivno seva ob požaru, je lahko usodna za ljudi. Ob požaru lahko pride do pomanjkanja kisika. V procesu in zgradbah lahko požari naredijo veliko škodo [12] [13].

### 4.1 PROCES GORENJA

Kemijsko reakcijo, kjer snov reagira s kisikom in se sprošča toplota, imenujemo požar ali gorenje. V primeru stika trde in tekoče gorljive snovi z virom toplote se začne gorljiva snov segrevati in razvijati hlapove. Ob zadostni količini hlapov nastane vnetljiva zmes hlapov in kisika, ki se ob nadaljnjem segrevanju vnema [13].

Za gorenje, prikazano na sliki 4.1, so potrebni gorivo, kisik in toplota. V primeru izostanka enega od teh pogojev ne pride do gorenja oziroma gorenje preneha, če odstranimo enega od njih [13].



Slika 4.1: Gorenje [14]

## 4.2 VRSTE POŽAROV

Delimo jih na lokacijo, kjer nastajajo:

- požar v urbanem okolju,
- požar v naravnem okolju,
- požar v industriji [12].

Delimo jih tudi na velikost:

- Začetne: takšni požari se pojavijo v prostoru z velikostjo 2 m<sup>2</sup>. Njihovo gašenje je možno z ročnimi gasilniki brez posebne zaščitne opreme.
- Majhne: takšni požari se pojavijo v enem ali več prostorih do velikosti 30 m<sup>2</sup>, gašenje izvede devet gasilcev z ustrezno gasilsko opremo.
- Srednje velike: takšni požari se pojavijo na površini do 300 m<sup>2</sup>, gašenje izvede vsaj dvakrat toliko gasilcev kot pri majhnih požarih.
- Velike: takšni požari se pojavijo na enem ali več objektov do skupne površine 1.000 m<sup>2</sup>, gašenje izvede vsaj 60 gasilcev z ustrezno gasilsko opremo.
- Katastrofalne: požar se pojavi na širšem območju, gašenje izvedejo vse možne sile na tem območju [12].

Delimo jih tudi na več vrst razredov gorljivega materiala:

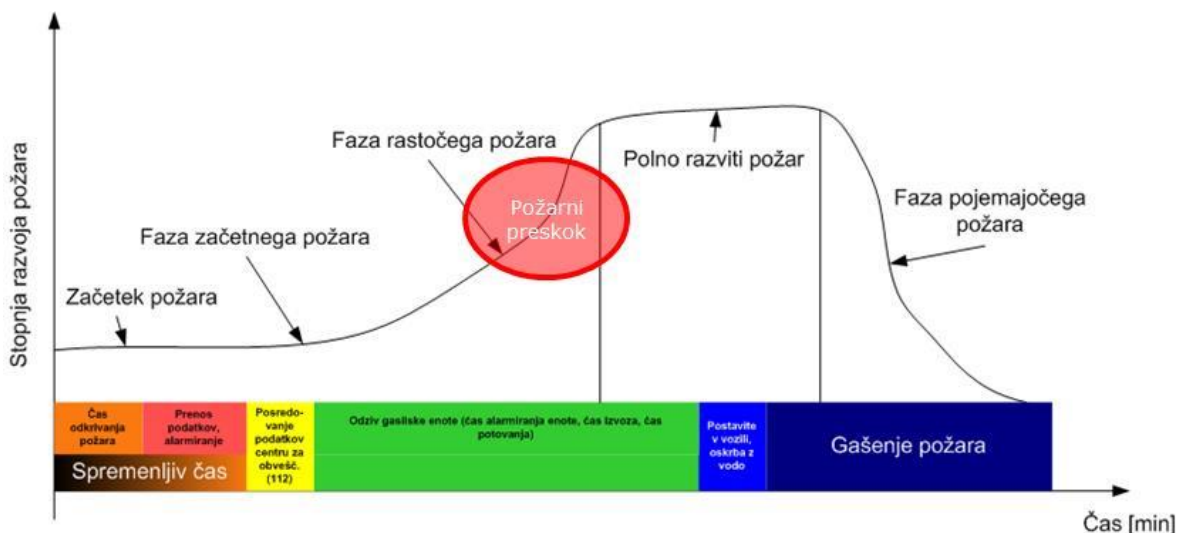
- Razred A: sem spadajo gorljive trdne snovi, ki v normalnih zgorevalnih razmerah tvorijo žerjavico (papir, les, tekstil, slama, plastične mase).
- Razred B: sem spadajo gorljive trdne snovi, ki se utekočinijo (olja, nafta, bencin, nitrolak).
- Razred C: sem spadajo požari gorljivih plinov (metan, acetilen, butan-propan).
- Razred D: sem spadajo požari kovin (aluminij, magnezij, titan) [12].

## 4.3 FAZE POŽARA

Na sliki 4.2 so prikazane faze požara, ki največkrat poteka v petih fazah:

- faza začetnega požara,

- faza rastočega požara,
- požarni preskok,
- polno razvit požar,
- faza pojemajočega požara [18].



Slika 4.2: Faze požara [18]

### 4.3.1 Faza začetnega požara

Tukaj pride do vžiga in začetka gorenja nekega gorljivega materiala. Ob prisotnosti kisika in gorljivega materiala so potrebni viri, ki povzročijo vžig. Ti viri so:

- plamen, ki je direkten ali stik z drugimi vročimi ali gorečimi materiali (kondukcija);
- daljša izpostavljenost viru toplote od zunaj pri nizki temperaturi;
- segrevanje, ki se izvede samodejno, kar vodi do samovžiga eksotermne kemijske reakcije (pri tej reakciji se sprošča toplota);
- obloki ali električne iskre;
- toplota ali iskre, ki so posledica trenja;
- tlak plina se hitro zvišuje, kar povzroči dvig temperature, dokler ni dosežena temperatura samovžiga;
- segrevanje s sevanjem ali konvekcijo [18].

### 4.3.2 Faza rastočega požara

Gorenje je lahko po vžigu:

- zelo hitro (eksplozije s plinom),
- hitro ali enakomerno (gorenje lesa),
- počasno (tlenje) [18].

Na začetku je hitrost razvoja požara odvisna od lastnosti gorljivih snovi in manj od ostalih faktorjev, ki so: dovajanje kisika, geometrija prostora in lastnosti gradbenih elementov. Do vžigne temperature in vžiga ostalih materialov postanejo goreči materiali novi izvor segrevanja. Temperatura požara narašča z razvojem in širjenjem požara. Dim se sprošča pri počasnem požaru. Takšen požar se razvija počasi, plamena ob gorenju ni, količina toplote je nizka. Prostor zapolni dim, ob nepopolnem zgorevanju pa ga lahko zapolnijo tudi gorljivi plini. Zaradi majhne količine toplote, ki nastane ob gorenju, je toplotni vzgon majhen. Pretok okoliškega zraka pa vpliva na gibanje delcev dima in nezgorelih plinov. Do gorenja s plameni pride predvsem pri hitrem požaru. Tukaj je razvoj požara hitrejši. Preizkusi kažejo, da je za neprekinjeno gorenje pred požarnim preskokom potrebna toplotna moč vsaj 20 kW [18].

### 4.3.3 Požarni preskok

V prostorih, ki so zaprti v fazi rastočega požara, pride do faze, ko se zraku oziroma dimnim plinom zviša temperatura in posledično temperatura toplotnega sevanja te plasti. Zaradi tega pride v zelo kratkem času do vžiga vseh še negorečih materialov v prostoru. V času požarnega preskoka znaša toplotno sevanje iz stropa na tla 15–20 kW/m<sup>2</sup>. Požar preide v polno razviti požar, saj plameni zajamejo ves prostor. Ta prehod se imenuje požarni preskok [18].



#### 4.3.4 Polno razviti požar

Za to fazo je značilno:

- Da so vsi gorljivi materiali v prostoru zajeti v požar.
- Da temperatura ne narašča več, kasneje pa začne postopoma padati.
- Da je hitrost sproščanja največja. V tej fazi manj materiala zgori kot pa ga pirolizira, razlog za to pa je pomanjkanje kisika. Hitrost gorenja v tej fazi kontrolira ventilacija.
- Količina toplote, ki se sprošča pri polno razvitem požaru, je odvisna od:
  - stopnje prezračevanja prostora,
  - količine in vrste razpoložljivega goriva.

Pri tej fazi imajo zunanji faktorji odločilen vpliv na hitrost gorenja v prostoru. Običajno pride do širjenja požara v sosednje prostore [18].

#### 4.3.5 Faza pojemajočega požara

Zaradi pomanjkanja gorljivega materiala ali kisika pride do pojemanja požara. Gorljivi material v tej fazi kontrolira hitrost gorenja. V primeru pojemanja požara zaradi pomanjkanja kisika in ne zaradi pomanjkanja gorljivega materiala, lahko v tej fazi ob ponovnem dovajanju kisika preide požar iz faze tlenja v intenzivno rast požara [18].

### 4.4 GASILNA SREDSTVA

#### 4.4.1 Voda

Najcenejše in najbolj dostopno gasilno sredstvo je voda. Voda ima močan hladilni učinek – zaradi velike specifične toplote. Prezračevanje in hlajenje vročega prostora je moč izvesti z uporabo vodne megle. Z vodo nikoli ne smemo gasiti požarov v bližini električnih naprav

oziroma požarov na napravah, ki so pod električno napetostjo, saj smo pri tem lahko življenjsko ogroženi. Voda ima tako dobre lastnosti kot tudi slabe:

Dobre lastnosti:

- velike količine,
- lahek transport,
- poceni gasilno sredstvo,
- možen velik domet.

Slabe lastnosti:

- gašenje elektrike ni mogoče,
- gašenja vnetljivih tekočin in plinov ni moč izvesti, saj so te snovi lažje od vode,
- pojavijo se lahko burne reakcije vode s snovmi, kot so natrijev in kalcijev karbid,
- povzročitev dodatne škode,
- v zimskem času lahko zaradi hladnega zraka prihaja do ledu [15] [16].

#### **4.4.2 Pena**

Z mešanja vode, zraka in penila dobimo produkt, ki ga imenujemo pena. Ta mešanica je v določenem razmerju. Penilno število je eden izmed kazalcev, ki definira razmerje med volumnom pene in volumnom mešanice vode ter penila v peni [11]. Več kot je v sestavu pene zraka, tem lažja je pena. Poznamo težko peno, ki ima število openitev 4–20, srednje težko peno 21–200 in lahko peno 200–1.000 openitev [16].

S peno se gasijo vnetljive tekočine, saj ima pena manjšo gostoto od tekočine in dušilno ter ohlajajočo vlogo. Penina pomanjkljivost je prevodnost električnega toka, zato je ne smemo uporabljati pri gašenju naprav pod električno napetostjo. V primeru gašenja visokih temperatur in agresivnih snovi se lahko pojavi razkroj pene.

Ločimo več vrst penilnih sredstev:

- proteinska,

- pene, ki tvorijo vodni film,
- sintetična penila
- fluoroproteinske pene [12] [15] [16].

#### **4.4.3 Ogljikov dioksid (CO<sub>2</sub>)**

Pri gašenju z ogljikovim dioksidom se gasilno sredstvo ohladi na približno  $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Pri tako nizkih temperaturah ima ogljikov dioksid hladilni učinek, kemijska nevtralnost pa zagotavlja dušenje. Ker se hitro razkadi, to gasilno sredstvo ni primerno za uporabo na prostem. Zaradi slabe električne prevodnosti ga uporabljamo pri gašenju pod električno napetostjo. Problem se pojavi pri gašenju požarov razreda D, saj lahko ogljikov dioksid razpade na ogljik in kisik, kar lahko povzroči pospešitev gorenja. Dobra lastnost tega gasilnega sredstva je, da po končanem gašenju ne pušča nobene umazanije [12].

#### **4.4.4 Gasilni prah**

To gasilno sredstvo deluje antikalatično, saj ima zaradi svojih lastnosti močan dušilni učinek. Pri tem gasilnem sredstvu lahko učinek hlajenja skoraj zanemarimo. Praktično se lahko uporablja za gašenje vseh požarov. Poznamo naslednje vrste praškov:

- BC-prašek, ki je na bazi natrijevega in kalijevega hidrogenkarbonata;
- ABC-prašek, ki je na bazi amonijevega fosfata;
- M-prašek, ki je namenjen za gašenje gorljivih kovin [15].

#### **4.4.5 Haloni**

Uvrščamo jih med halogenirane ogljikovodike. Pod vplivom toplote haloni razpadajo na zelo strupene snovi. Haloni so učinkovita sredstva, saj je pri enakem požaru potrebnega bistveno manj tega gasilnega sredstva kot pri gašenju z ogljikovim dioksidom. Proizvodnja in uvoz halonov je v Republiki Sloveniji prepovedana [16].

#### 4.4.6 Priročna sredstva za gašenje

Poleg glavnih gasilnih sredstev lahko za gašenje uporabimo še druga priročna sredstva (zemlja in pesek). Proces gorenja preneha tako, da gorečo snov prekrijemo z zemljo ali peskom, s tem pa goreči snovi odvzamemo kisik, ki ga dobi iz zraka. Poleg tega lahko požar gasimo tudi s pregrinjali in odejami [16].

#### 4.5 POŽARNI RED

Slika 4.3 prikazuje primer izvlečka požarnega reda NEK. Požarni red je dokument, katerega namen je izboljšati požarno varnost in preprečiti nastanek požara. Požarni red morajo imeti izdelani lastniki in uporabniki stanovanjskih, poslovnih in industrijskih objektov oziroma delodajalci, če niso lastniki objektov in drugih delovnih prostorov, ki jih uporabljajo.

Požarni red določa:

- Organizacijo varstva pred požarom, predvsem naloge in odgovornosti zaposlenih ali stanovalcev v primeru, da pride do požara, ne določa pa odgovornosti obiskovalcev ali gostov.
- Ukrepe varstva pred požarom.
- Odstranjevanje vseh gorljivih snovi iz požarno ogroženih prostorov.
- Podatke o številu uporabnikov stavbe oziroma prostora.
- Ukrepe v primeru eksplozije, gorljivih odpadkov in drugih virov vžiga.
- Ukrepe za hitro intervencijo in evakuacijo.
- Druge preventivne in aktivne ukrepe varstva pred požari.
- Navodila za ravnanje v primeru požara, zlasti naloge in postopke za zaposlene, obiskovalce ali stanovalce.
- Način usposabljanja zaposlenih oziroma stanovalcev [17].

## POŽARNI RED - IZVLEČEK

ORGANIZACIJA VARSTVA PRED POŽAROM

|                                      |                                    |  |
|--------------------------------------|------------------------------------|--|
| <br><small>IZPOLNI VARSTVENO</small> | <br><small>OMEJENO OBMOČJE</small> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Določbe "ZAKONA O VARSTVU PRED POŽAROM" SO DOLŽNI UPOŠTEVATI VSI DELAVCI NEK, VSI DELAVCI DRUGIH PODJETIJ, KI OPRAVLJAJO DELA V NEK IN OBISKOVALCI.</li> <li>- ZA IZVAJANJE UKREPOV VARSTVA PRED POŽAROM SO ODGOVORNI VSI ZAPOSLENI V NEK, ODGOVORNE VODJE PA SO DOLŽNE SKRBE TI, DA SE UPOŠTEVAJO VSA NAVODILA IZ IZVLEČKA POŽARNEGA REDA, TER POSTOPKA ADF-1.0.500 "PROGRAM PROTIPožARNE ZAŠČITE - POŽARNI RED".</li> </ul> |
|--------------------------------------|------------------------------------|--|

UKREPI VARSTVA PRED POŽAROM

|                                      |                                    |  |
|--------------------------------------|------------------------------------|--|
| <br><small>IZPOLNI VARSTVENO</small> | <br><small>IZPOLNI OBMOČJE</small> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- KAJENJE JE DOVOLJENO LE V ZA TE NAMENE ODOBRENH PROSTORIH.</li> <li>- STOPNIŠČA, PREHODI IN HODNIKI MORAJO BITI TRAJNO PREHODNI. PROSTE POVRŠINE MORAJO BITI TUDI OKOLI GASILNIH APARATOV IN NOTRANJNH HIDRANTOV TER ELEKTRIČNH RAZDELILNH OMARJČ (GLAVNO STKALO).</li> <li>- PO KONČANIH DELIH ALI IZTEKU DELOVNEGA ČASA JE POTREBNO S PODROČJA DELA ODSTRANITI VSE ODPADKE IN OSTANKE KAKOR TUDI VSE VNETLJIVE SNOVI.</li> <li>- VSAKO POMANJKLJIVOST NA GASILNIH SREDSTVIH IN POVEČANO POŽARNO OGROŽENOST JE POTREBNO JAVITI POOBlašČENI OSEBI (tel. 245 ali tel. 270).</li> <li>- KOLIČINA VNETLJIVIH SNOVI, KI SE VNAŠA V ZGRADBE TEHNOLOŠKEGA PROCESA MORA BITI OMEJENA PO POSTOPKU FPP-3.7.007 "RAVNANJE Z VNETLJIVIMI SNOVI".</li> <li>- ZA VARJENJE, REZANJE, BRUŠENJE, LOTANJE KOVNH IN DELA Z ODPRTIM PLAMENOM JE OBVEZNA DOVOLILNICA PO POSTOPKU FPP-3.7.008 "DOVOLILNICA ZA DELA S TOPLLOTNIMI UČINKI" (tel. 245 ali tel. 340).</li> <li>- POŽARNO STRAŽO PO POSTOPKU FPP-3.7.005 "NALOGE POŽARNE STRAŽE" JE OBVEZNO ZAGOTOVITI (tel. 245 ali tel. 340) V NASLEDNH PRIMERIH:               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. KO PRIDE DO PORUŠITVE POŽARNE BARIERE (ODPRTA POŽARNA VRATA, POŠKODOVANA TESNJLNA MASA TESNJLA V PREDORU-PENETRACIJI)</li> <li>2. NEOPERABILNI SISTEMI ZA JAVLJANJE IN GAŠENJE POŽARA</li> <li>3. PRETAKANJE VNETLJIVH SNOVI</li> </ol> </li> </ul> |
|--------------------------------------|------------------------------------|--|

NAVODILA ZA RAVNANJE V PRIMERU POŽARA

|                                       |   |  |
|---------------------------------------|---|--|
| <br><small>TELEFONSKO OBLIČEV</small> | <br><small>APARAT ZA GAŠENJE POŽARA</small> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- VSAK DELAVEC, KI OPAZI, DA GROZI NEPOSREDNA NEVARNOST POŽARA OZIROMA ZAČETNI POŽAR, MORA NEVARNOST ODSTRANITI IN POŽAR POGASITI, ČE TO LAHKO STORI BREZ NEVARNOSTI ZASE IN ZA DRUGE. ČE SAM NE MORE POGASITI POŽARA MORA TAKOJ OBLIČEVATI GASILCE (tel. 150) ALI OSEBJE GLAVNE KONTROLNE SOBE (tel. 341 ali tel. 340).</li> <li>- OBVEŠČANJE O POŽARU:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- KDO SPOROČA O POŽARU? (Ime in priimek ter številko klicatelja).</li> <li>- KAJ GORI? (Goreča vsebina in obseg požara).</li> <li>- KJE GORI? (Točna lokacija požara (stavba, nadstropje), ali so poškodovane osebe)</li> <li>- KATERE SO MOŽNE NEVARNOSTI? (Nevarnost eksplozije, zastrupitve).</li> </ul> </li> <li>- NA NAPRAVAH, KI JIH JE ZAJEL POŽAR ALI JIH NEPOSREDNO OGROŽA, IZKLOPI ELEKTRIČNO NAPETOST.</li> <li>- IZBERI PRIMERNA OSEBNA VAROVALNA IN GASILNA SREDSTVA ZA GAŠENJE.</li> <li>- PRIBLIŽAJ SE POŽARU NA VARNO RAZDALJO (3-4m), KAR JE ODVISNO OD OBSEGA POŽARA.</li> <li>- AKTIVIRAJ GASILNE NAPRAVE IN GASI PREMISLJENO.</li> <li>- V SLUČAJU NUJNEGA UMIKA SLEDI OZNAKAM ZA SMER EVAKUACIJE.</li> <li>- Z GASILNO SNOVJO PREKRIJ CELOTNO GOREČO POVRŠINO.</li> <li>- GOREČO OSEBO CVIJS PROTI-POŽARNO ODEJO ALI JO VALJAJ PO TLEH DOKLER POŽARA NA NJEJ NE POGASIS (POZOR - NE BODI PANIČEN).</li> <li>- UPORABA DVIGAL NI DOVOLJENA.</li> <li>- RAVNAJ SE PO NAVODILIH GASILCEV IN BODI DISCIPLINIRAN IN RAZSODEN.</li> <li>- ZAPRI POŽARNA VRATA, OSTALA VRATA IN OKNA, DA NE PRIDE SO ZADIMLJENOSTI STOPNIŠČ IN OSTALIH PROSTOROV.</li> <li>- GASILSKA ENOTA PO PRIHODU PREVZAME GAŠENJE IN REŠEVANJE PO POSTOPKU FPP-5.002 "POSTOPANJE V PRIMERU POŽARA".</li> </ul> |
|---------------------------------------|---|--|

TA NAVODILA MORAJO UPOŠTEVATI VSI, KI SE NAHAJAJO NA TEM OBMOČJU NE GLEDE NA TO, ČE TU DELAJO ALI SO OBISKOVALCI (ZARIS-3897).

PR1-002, Rev. 3

Slika 4.3: Primer izvlečka požarnega reda NEK [15]

## 4.6 POŽARNI NAČRT

Za zmanjšanje nevarnosti nastanka požara in zagotavljanja učinkovitosti gašenja v primeru požara, je treba izdelati požarni načrt, ki prikazuje stanje objekta in delov objekta z

označenimi nevarnostmi ter sistemi, napravami in sredstvi za požarno zaščito. Njegova namembnost se sklicuje k uporabnikom objekta, gasilcem in drugim reševalcem [17].

Požarni načrt mora biti izdelan v pravilnem merilu. Običajno je izdelan v formatu A4 ali A3 ali v drugem formatu, na katerem je še možna popolna preglednost grafičnih znakov. Lastnik ali uporabnik je en izvod požarnega načrta dolžan izročiti gasilski enoti, ki opravlja javno gasilsko službo na območju objekta [17].

Požarni načrt obsega dva prikaza objekta v prostoru in prikaz požarne varnosti objekta [17].

#### **4.6.1 Prikaz objekta v prostoru**

Ta mora zajemati podatke o:

- legi in namenu uporabe vseh objektov na zemljišču,
- stopnji požarne obremenitve,
- visoko in nizkonapetostnih elektrovodih ter napravah,
- plinovodih ali vodih požarnih snovi,
- prisotnost nevarnih snovi in eksplozijsko ogroženih prostorih,
- hidrantnih omrežjih in drugih vodnih virov za potrebe gašenja,
- intervencijskih poteh in postavitvenih površinah za gasilce in druge reševalce,
- gasilskih orodiščih [17].

#### **4.6.2 Prikaz požarne varnosti objekta**

Ta mora zajemati podatke o:

- mejah požarnih sektorjev;
- evakuacijskih poteh in stopniščih;
- posebno požarno nevarnih prostorih;
- prostorih, kjer je prepovedano gašenje z vodo;
- prostorih, ki so izpostavljena sevanju;

- poteh, ki so dostopne;
- stropih z zaporami in odprtini, ki so prisotne v zidovih;
- legi, kjer je nameščena plinska požarna pipa;
- opremi pod tlakom;
- električnih transformatorjev in napravah za oskrbo z energijo ter stikalih za te naprave;
- vgrajenih sistemih aktivne požarne zaščite, napravah, opremi in drugih sredstvih [17].

#### 4.7 NAČRT EVAKUACIJE

Je načrt z grafičnim prikazom objekta ali delov objekta, s katerega je moč razbrati, kako naj se gibajo osebe v primeru požara ali drugih nevarnosti. Načrt mora vsebovati vrisane položaje posamezne sobe ali posameznega prostora in točke nahajanja. Poleg tega pa še položaj zbirnega mesta, mesta, na katerih so nameščene naprave, oprema in sredstva za gašenje začetnih požarov ter položaj ročnih javljalnikov požara. Načrt mora biti nameščen v vsaki sobi, kjer se zadržujejo ljudje [17].

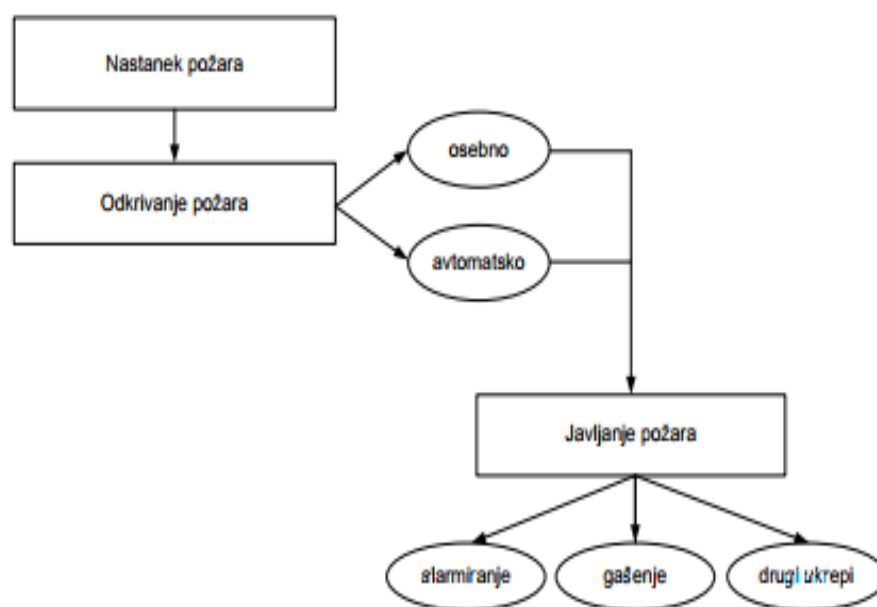
Načrt evakuacije mora biti tako kot požarni načrt v pravilnem merilu in na pravilnem formatu A4 ali A3. Za izdelavo prilog študij požarne varnosti in požarnega reda pri označevanju izhodov iz prostora in objekta, smeri evakuacije v objektu, ročnega javljalnika požara, naprav, opreme in sredstev za gašenje je treba upoštevati Pravilnik o grafičnih znakih. Pravilnik določa, da se za izdelavo načrta uporabljajo znaki po standardih SIST 1013 in SIST ISO 6790 [13] [17].

Evakuacijske poti za vhod v objekt in izhod iz objekta morajo biti vedno proste ter označene. V primeru alarma ali požara morajo vsi zapustiti objekt. Evakuacija se mora izvesti hitro in brez kakršnekoli panike. Pri evakuaciji je pomembno, da se vsi, ki so zapustili objekt, zberejo na skupnem zbirališču z namenom, da se preveri število evakuiranih oseb, organizira reševanje preostalih zaposlenih, ki so ostali v objektu in reševanje premoženja ter se začne z gašenjem [13] [17].

## 5 AKTIVNI UKREPI VARSTVA PRED POŽAROM

### 5.1 ODKRIVANJE, JAVLJANJE IN ALARMIRANJE POŽARA

V sistemu aktivne požarne zaščite so osnovni element naprave za odkrivanje, javljanje in alarmiranje. Njihova naloga je, da čim hitreje odkrijejo požar oziroma zgorevalne produkte, ki nastanejo med tlenjem ali gorenjem s plamenom. Naprave za odkrivanje lahko zaznajo dim, toploto in svetlobo, ki nastanejo med gorenjem. Sam proces za odkrivanje požara za zagotavljanje požarne varnosti ni dovolj, saj moramo nastanek požara javiti naprej, o tem obvestiti uporabnike objekta, gasilce ali začne z avtomatskim gašenjem. Sistem za odkrivanje, javljanje in alarmiranje je prikazana na sliki 5.1 [18].



Slika 5.1: Sistem za odkrivanje, javljanje in alarmiranje [18]

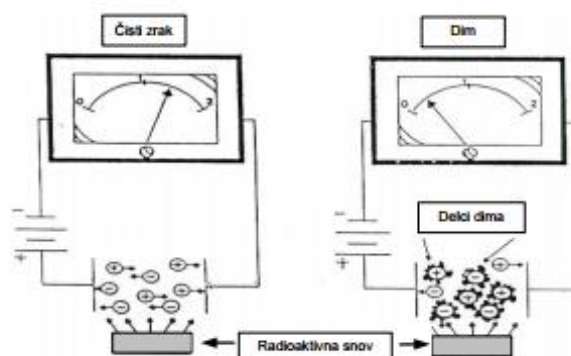


### 5.1.1 Dimni javljalniki

Požarni javljalniki, ki so občutljivi na delce, ki nastajajo kot stranski produkt gorenja in tlenja in so razpršeni v zraku, imenujemo dimni javljalniki. Poznamo ionizacijske, optične točkovne, linijske in aspiracijske dimne javljalnike [18].

#### 5.1.1.1 Ionizacijski dimni javljalnik

Javljalnik, ki je prikazan na sliki 5.2, se danes skoraj ne uporablja več. Občutljiv je na produkte gorenja, ki lahko vplivajo na ionizacijski tok v javljalniku. Znotraj javljalnika je komora z majhno količino radioaktivnega vira, ki povzroči ionizacijo. V primeru, ko je komora brez dima, zaradi ionizacije steče v komori električni tok. Vrednost električnega toka pade, ko v komoro vstopi dim. To zazna javljalnik in opozori, da je v prostoru prisoten dim. Ionizacijski javljalnik je bolj učinkovit pri požaru s pojavom plamena in manjšimi dimnimi delci. Slabosti tega javljalnika je, da je občutljiv na prah in vodno meglo, kar lahko povzroči lažne alarme [18].

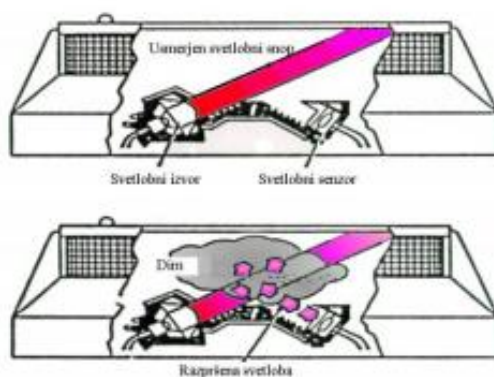


Slika 5.2: Shematski prikaz ionizacijskega javljalnika [18]

#### 5.1.1.2 Optični točkovni dimni javljalnik

Javljalnik, prikazan na sliki 5.3, je danes najpogosteje uporabljen javljalnik. Občutljiv je na produkte gorenja, ki lahko vplivajo na absorpcijo ali razpršitev sevanja v infrardečem,

vidnem in ultravijoličnem delu elektromagnetnega valovanja, kar zazna fotocelica. Javljalik vsebuje svetlobni izvor in svetlobni senzor. V primeru, ko znotraj javljalnika ni delcev dima, je svetlobni snop, ki ga oddaja svetlobni izvor, v celoti usmerjen stran od svetlobnega sprejemnika. V primeru, ko v telo javljalnika vstopi dim, ta povzroči lom svetlobnega snopa in del tega pade na svetlobni sprejemnik. Nakar to zazna javljalik in tako javi prisotnost dima v prostoru. Optični javljalik je namenjen predvsem za tiste vrste požarov, kjer je pričakovati dolgo fazo dima, torej večje dimne delce [18].



Slika 5.3: Shematski prikaz optičnega javljalnika [18]

#### 5.1.1.3 Optični linijski ali žarkovni javljalik

Javljalik, prikazan na sliki 5.4, je namenjen odkrivanju dima na večjih površinah. Javljalik je sestavljen iz oddajne in sprejemne enote, ki sta medsebojno na vidnem polju. Snop infrardeče svetlobe oddaja oddajna enota neprestano, sprejema ga pa sprejemna enota [18].



Slika 5.4: Shema delovanja žarkovnega javljalnika [18]

#### 5.1.1.4 Aspiracijski dimni javljalik

To je dimni javljalik z ventilatorjem, ki srka vzorce zraka v posebni cevovod z odprtinami na enakomernih razdaljah, skozi katere prihaja zrak in v primeru požara tudi dimni delci. Vzorci gredo skozi filtre, ki zadržijo grobe delce. Manjši delci vstopijo v merilno komoro, v kateri je zelo občutljiv optični dimni javljalik z lasersko diodo. Optični laser omogoča, da javljalik šteje posamezne dimne delce. Pri teh javljalnikih je občutljivost tisočkrat večja kot pri običajnih optičnih javljalnikih [18].

### 5.1.2 Toplotni javljalniki

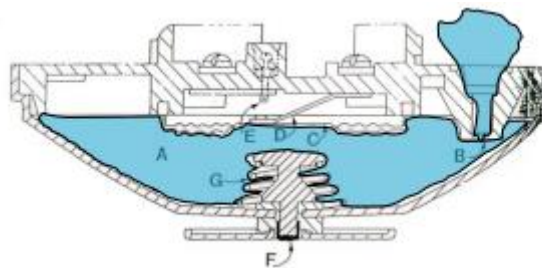
Toplotni javljalniki reagirajo na porast temperature. Poznamo statične in dinamične javljalnike [18].

#### 5.1.2.1 Statični toplotni javljalik

Javljalnik sproži požarni alarm, ko velikost temperature doseže ali preseže določeno vrednost. Prožilni elementi so lahko taljivi členi, bimetalni trak, termistor ali temperaturno občutljiv kabel [18].

#### 5.1.2.2 Dinamični toplotni javljalik

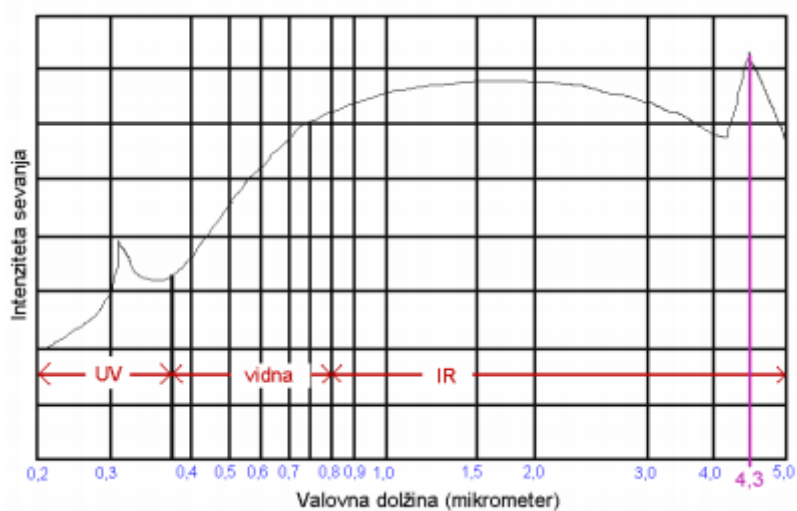
Javljalnik, prikazan na sliki 5.5, sproži alarm, ko hitrost spremembe temperature na časovno enoto preseže določeno vrednost. Porast temperature, da aktivira javljalik, mora navadno biti okoli 6–8 °C/min. Toplotni javljalniki se vgrajujejo predvsem takrat, ko zaradi motilnih vplivov ni smiselno vgrajevati dimnih [18].



Slika 5.5: Shema dinamičnega toplotnega javljalnika [18]

### 5.1.3 Plamenski javljalniki

Plamenski javljalniki se odzovejo na sevanje plamena. Goriva, ki zgorevajo s plamenom, praviloma oddajajo značilen svetlobni spekter, ki je prikazan na sliki 5.6 [18].



Slika 5.6: Svetlobni spekter, ki v času gorenja oddaja večina ogljikovodikov [18]

Svetlobni javljalnik najhitreje od vseh zazna požar. Javljalnik lahko reagira na različne dele spektra. Največkrat se uporabljajo:

- ultravijoličen del (UV),
- infrardeči del (IR),
- kombinirani spekter (UV + IR ali IR + IR ali IR + IR + IR) [18].

#### **5.1.4 Specialni javljalniki**

Specialni javljalniki se uporabljajo zelo redko. Sem spadajo predvsem javljalniki plinov (CO ali metan) in razni kombinirani javljalniki. Nekateri proizvajalci vgrajujejo več senzorjev v enako ohišje na primer temperaturni/optični dimni/ionizacijski dimni [18].

#### **5.1.5 Ročni javljalniki**

Neka vrsta električnih stikal so lahko ročni javljalniki. Vgrajeni so v rdeče razpoznavno ohišje. Njihovo aktiviranje je lahko večstopenjsko, kar otežuje zlorabe in lažno alarmiranje. Nekateri ročni javljalniki imajo pokrov, ki v primeru odstranitve pošljejo v centralo prvi signal [18].

#### **5.1.6 Požarna centrala**

Njena naloga je, da vrši osrednji nadzor sistema za odkrivanje, javljanje in alarmiranje. Naloge centrale so še:

- Nadzor delovanja sistema – nadzira delovanje posameznih javljalnikov in ostalih komponent, ki so priključene na centralo. Napake se pokažejo z ustrezno indikacijo.
- Sprejem in prikaz signala iz javljalnika – to je ena od ključnih funkcij centrale. Pri sodobnih centralah je omogočen izpis številke javljalnika in njegove lokacije.
- Krmiljenje na centralo priključenih komponent – sem spada avtomatsko zaustavitev prezračevanja, vklop odvoda dima in toplote, krmiljenje izhodov na evakuacijskih poteh.
- Prenos signala do stalno zasedenega mesta – cilj sistema za odkrivanje, javljanje in alarmiranje požarov je, da signal požarnega javljanja doseže odziv oseb (odgovorna oseba za gašenje začetnih požarov, gasilci, zaposleni).
- Oskrba z električno energijo – centrala v primeru izpada električnega toka zagotavlja oskrbo z električno energijo. V teh primerih se v ohišju požarne centrale nahaja rezervna baterija [18].

### 5.1.7 Alarmiranje

Njegova glavna naloga je obveščanje uporabnikov objekta o požaru. Obveščanje se lahko izvede s pomočjo zvočnih ali svetlobnih opozoril oziroma z njihovo kombinacijo. Poznamo dve vrsti zvočnih opozoril:

- v obliki tona s pomočjo sirene,
- predhodno posneto glasovno opozorilo.

Jakost alarmnega signala mora zagotavljati slišnost v vseh delih alarmnega področja, v praksi pa največkrat pride do tega, da v najoddaljenejši točki zgradbe doseže jakost alarmnih signalov 75 dBA [18].

## 6 UKREPI URSJV PO NESREČI V FUKUŠIMI

Takoj po nesreči v elektrarni Fukušima je URSJV začela z razmišljanjem, kaj narediti. Storili so naslednje:

- sodelovali pri pripravi EU-metodologije,
- formalno naložili izvedbo NEK,
- za obvladovanje težkih nesreč so zahtevali še več izboljšav,
- zahtevali so analizo podmen državnega načrta ob jedrski nesreči,
- pripravili nacionalno poročilo,
- sodelovali pri pregledu ostalih poročil,
- pripravili dolgoročni načrt [19].

Izvedbo izrednega varnostnega pregleda je maja 2011 NEK naložila URSJV. Varnostni pregled je obsegal EU-program stresnih testov. Njihov namen je preveriti vpliv izjemnih nesreč s poudarkom na:

- ekstremnih zunanjih dogodkih (poplave in potresi),
- izgubi ključnih sistemov elektrarne (ponor toplote, električno napajanje),
- obvladovanje težkih nezgod in ukrepi za zmanjšanje posledic nesreče [19].

### 6.1 STORE – SAFETY TERMS OF REFERENCE MODIFIKACIJE

NEK je takoj po nesreči v Fukušimi opravila analizo, s katero je ugotavljala možne kratkoročne izboljšave. Rezultati STORE-modifikacije so:

- Nabava dodatne mobilne opreme (dizelski generatorji, črpalke in kompresorji).
- Vgradnja hitrih priključkov, s katerim je možno dodatno mobilno opremo enostavno in hitro priključiti.

- Priprava novih postopkov in spremembe obstoječih, ki omogočajo uporabo nove opreme v primeru težke nesreče [20].



## **7 DODATNA MOBILNA OPREMA NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO**

NEK ima mobilno opremo in vire za izvedbo prvotnega odziva v primeru preprečevanja težkih nesreč ter blažitev njihovih posledic za daljše časovno obdobju tudi do 24 ur brez druge pomoči. Brez potrebe po dodatnih težkih mobilnih napravah pa tudi do enega tedna. Mobilna oprema je nameščena na varnih lokacijah, da je zaščitena v primeru naključnih dogodkov. Gorivo se skladišči v količinah za vsaj prvih 72 ur. Mehanske povezave, napajalniki, priključna orodja in druga oprema so vnaprej nameščene na določenih lokacijah, kjer je treba priključiti ali uporabiti mobilno opremo. Mobilna oprema se redno testira in vzdržuje v skladu s postopki vzdrževanja naprav [21].

### **7.1 POTOPNA ČRPALNA POSTAJA HS450 (HFS HYDROSUB 450)**

#### **7.1.1 Splošno**

Z enoto, ki je prikazana na sliki 7.1, je možnost transporta vode velikih razsežnosti, kar pomeni, da je vodo možno transportirati na velike razdalje. Enota ima podporno črpalko, ki jo poganja motor in se napaja s pomočjo potopne črpalke. Celotna postaja ima obliko zabojnika. Transportirati jo je treba na mesto oskrbe z vodo. Transport se izvede s pomočjo tovornega vozila, ki mora imeti nameščeno roko s kljuko. Postaja s tovornim vozilom je prikazana na sliki 7.2 [22].

Motor, ki je namenjen direktnemu pogonu podporne črpalke, je nameščeno v enoti. Podporna črpalka ima skozi gred, ki se uporablja za pogon hidravlične črpalke. Več kot 60 m dolgih hidravličnih cevi poganja hidravlični motor HFS potopne črpalke. Cevi se lahko navijajo [22].



Slika 7.1: Enota



Slika 7.2: Potopna črpalna postaja HS450 (HFS HydroSub 450)

## **7.1.2 Dobava vode**

### 7.1.2.1 Potopna črpalka

Potopna črpalka napaja podporno črpalko. Potopna črpalka je med transportom HFS nameščena na zadnjem delu enote. V času uporabe enote je treba potopno črpalko vzeti iz nje in jo potopiti v odprto vodo. Tlačno cev za vodo je treba priključiti na to črpalko. Naloga potopne črpalke je, da dobavlja zadostno količino vode za podporno črpalko. Tlačna cev za vodo, ki izhaja iz potopne črpalke, mora biti priključena na sesalno stran potopne črpalke [22].

### 7.1.2.2 Podporna črpalka

Prek potopne črpalke se napaja podporna črpalka. Porazdelitev tlačne cevi podporne črpalke je lahko izvedena prek eno ali večkratnih izhodnih mest na straneh enote. Na sesalni strani regulacija podporne črpalke zahteva minimalen tlak vode, z namenom zagotavljanja delovanja pri hitrosti, ki je višja od hitrosti delovanja podporne črpalke v prostem teku. Da se tesnilne obloge v podporni črpalki ne pregreva, mora operater vedno zagotavljati zadostno količino vode v podporno črpalko [22].

## **7.1.3 Kontrola**

Kontrolna plošča je nameščena na zunanji strani enote. Uporablja se za zagon, zaustavitev in delovanje enote. Informacije o napakah in prikaz alarma zagotavlja kontrolor. Indikatorji za alarm se sproščajo prek utripajočih luči ali piskanjem [22].

#### 7.1.4 Ustreznost osebja

Za ustrezno vzpostavitev delovanja so potrebne tri osebe, dve osebi sta potrebni za upravljanje potopne črpalke, ena pa za delovanje PCS. Zaradi tega mora vsaj ena oseba temeljito poznati navodila za uporabo enote in varnostne predpise. Po končani namestitvi cevi v pravilen položaj in priklopu cevi lahko z napravo dela samo ena oseba. Za odstranitev črpalke so potrebne tri osebe [22].

#### 7.1.5 Specifikacija

##### 7.1.5.1 Splošno

Spodnja tabela 7.1 opisuje splošne specifikacije potopne črpalne postaje HS450 [23].

Tabela 7.1: Splošna specifikacija [23]

|                                  |                                |
|----------------------------------|--------------------------------|
| Proizvajalec                     | Hytrans systems B.V.           |
| Tip                              | HFS HydroSub 450               |
| Leto izdelave                    | 2011                           |
| Teža                             | 9.000 kg                       |
| Električno napajanje             | 230 V 16 A                     |
| Nazivni pretok                   | Nominalno: 12.000 l/min        |
| Maksimalni vodni tlak            | 12 bar                         |
| Maksimalne dimenzije (d × š × v) | 5.750 mm × 2.450 mm × 2.550 mm |

##### 7.1.5.2 Motor

V spodnji tabeli 7.2 so podane specifikacije o motorju potopne črpalne postaje HS450 [23].

Tabela 7.2: Specifikacija motorja [23]

|                                    |                    |
|------------------------------------|--------------------|
| Proizvajalec                       | Volvo              |
| Tip                                | TAD 1643 VE        |
| Število valjev                     | 6                  |
| Prostornina                        | 16.12 l            |
| Moč                                | 565 kW             |
| Specifikacija olja                 | Shell Rimula X15W0 |
| Poraba goriva maksimalna/nominalna | 136 l/h / 110 l/h  |
| Kapaciteta olja                    | 48 l               |
| Oljni filter (2-krat)              | HS 4028050003      |
| Oljni obvodni filter (1-krat)      | HS 4028050004      |
| Element zračnega filtra (2-krat)   | HS 4028030014      |
| Izpuh                              | Volvo              |

#### 7.1.5.3 Sistem goriva

V tabeli 7.3 so podane specifikacije sistema goriva za potopno črpalno postajo HS450 [23].

Tabela 7.3: Sistem goriva [23]

|                                   |                         |
|-----------------------------------|-------------------------|
| Gorivo                            | Diesel ASTM – D975 – 2D |
| Kapaciteta                        | 590 l                   |
| Teoretičen čas delovanja za 590 l | Minimalno 4 h           |
| Pred – filter goriva (1-krat)     | HS 4028050032           |
| Končni filter goriva (2-krat)     | HS 4028050033           |

#### 7.1.5.4 Električni sistem

V tabeli 7.4 so podane specifikacije električnega sistema goriva za potopno črpalno postajo HS450 [23].

Tabela 7.4: Električni sistem [23]

|            |                                 |
|------------|---------------------------------|
| Altenator  | 28 V/100 A                      |
| Akumulator | 280 Ah, 1.000 A v skladu z EN   |
| Tip        | 2 × Centurion 12 V X Tender 280 |
| Jermen     | HS 4028050036                   |

#### 7.1.5.5 Hladilni sistem

V tabeli 7.5 so podane specifikacije hladilnega sistema za potopno črpalno postajo HS450 [23].

Tabela 7.5: Hladilni sistem [23]

|                          |                                     |
|--------------------------|-------------------------------------|
| Hladilnik                | Volvo                               |
| V-jermen za ventilator   | HS 4028050035                       |
| Hladilno sredstvo        | Shell sredstvo proti zmrzali –38 °C |
| Filter hladilne tekočine | HS 4028050034                       |
| Kapaciteta               | 93 l                                |

#### 7.1.5.6 Gredna vez

V tabeli 7.6 so podane specifikacije gredne vezi za potopno črpalno postajo HS450 [23].

Tabela 7.6: Gredna vez [23]

|                                     |               |
|-------------------------------------|---------------|
| Proizvajalec                        | Reich         |
| Gredna vez: motor – črpalka         | HS 4001060016 |
| Gredna vez: črpalka – vodna črpalka | HS 4001060017 |

## 7.1.5.7 Hidravlični sistem

V tabeli 7.7 so podane specifikacije hidravličnega sistema za potopno črpalno postajo HS450 [23].

Tabela 7.7: Hidravlični sistem [23]

|   |                                |
|---|--------------------------------|
| Hidravlično olje                        | Kroon Oil Perlus Super HVI 32  |
| Kapaciteta                              | 170 l                          |
| Element filtra                          | 10 mu HS 30050011              |
| <b>Potopna črpalna</b>                  |                                |
| Tlak: varnostni ventil – glavni sistem  | 350 bar                        |
| Hidravlična črpalna                     | Parker P2-145                  |
| Hladilnik olja                          | AKG HS30060016                 |
| <b>Pogon dvigalke/motka</b>             |                                |
| Tlak: varnostni ventil – pomožni sistem | 85 bar                         |
| Hidravlična črpalna                     | Parker zobniška črpalna 3,6 cc |
| Električni motor                        | 1,5 kW 24 VDC 3.000 obrt./min  |

## 7.1.5.8 Vodni cevovod

V tabeli 7.8 so podane specifikacije vodnega cevovoda za potopno črpalno postajo HS450 [23].

Tabela 7.8: Vodni cevovod [23]

|  |                              |
|--|------------------------------|
| Spajanje sesalne odprtine                    | 10" HFS Multilug spajanje    |
| Prenosnik tlaka, atm. Vode 0–25 bar (2-krat) | HS 70100001                  |
| Dušilni ventil                               | Tyco HS 4010010011           |
| Ventil za odvodnjavanje                      | Econosto HS 4010010001       |
| Spajanje iztočne odprtine                    | 2 × 8 "HFS Multilug spajanje |

### 7.1.5.9 Cevni kolut

V tabeli 7.9 so podane specifikacije cevnega koluta za potopno črpalno postajo HS450 [23].

Tabela 7.9: Cevni kolut [23]

|                   |                       |
|-------------------|-----------------------|
| Dolžina cevi      | 60 m                  |
| Tlačna cev        | NW 25 max. WP 350 bar |
| Povratna cev      | NW 32 max. WP 65 bar  |
| Hidravlični motor | Prostornina 50 cc     |

### 7.1.5.10 Dvigalka

V tabeli 7.10 so podane specifikacije dvigalka potopne črpalne postaje HS450 [23].

Tabela 7.10: Dvigalka [23]

|                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| Dolžina kabla     | 60 m              |
| Kapaciteta        | Max. 4.000 N      |
| Hidravlični motor | Prostornina 20 cc |

## 7.2 POTOPNA ČRPALNA POSTAJA HS60

### 7.2.1 Splošno

Potopna črpalna postaja HS60, prikazana na sliki 7.3, je sestavljena iz mobilne hidravlične pogonske potopne črpalke, skupaj s plavajočo napravo. Ta črpalna ima izhod s premerom 110 mm storž spojka, ki jo poganja štirivaljni dizelski motor tip HFS-1500 v standardni izvedbi. Ta tip omogoča 1.500 l/min pri 10 barih. V primeru, da se zamenja tekač, se lahko doseže pretok 4.000 l/min pri 2,5 bara. Samo ohišje črpalne postaje je narejeno iz nerjavečega jekla in aluminijasto bronaste zlitine [24].





Slika 7.3: Potopna črpalna postaja HS60

## 7.2.2 Glavne karakteristike

### 7.2.2.1 Nosilnost

Teža plavajoče črpalke je nizka, približno 50 kg, kar zagotavlja, da dve osebi postavita črpalke v vodo [24].

### 7.2.2.2 Hitrost delovanja in dostopnost

Mobilnost in velika dolžina hidravlične cevi, ki meri 30 m, zagotavlja dostop do skoraj vseh voda. S tem je zagotovljena zelo hitra oskrba z vodo, ne da bi pri tem izgubili vodo ali celo čas – zaradi težav z vlečenjem do 30 m ali dvigovanjem vode z globine [24].

### 7.2.2.3 Flotacija in potopitev

Omogočeno je potapljanje ali plavanje črpalke, brez vpliva na vodno gladino ali valove. Posebnost črpalke, ki je prikazana na sliki 7.4, je, da bo tudi v primeri črpanja iz zelo plitkih virov in v primerih nevarnosti kavitacije oziroma nastanka mehurčkov še vedno delovala [24].



Slika 7.4: Črpalka

### 7.2.2.4 Hidravlični pogon

Hidravlični prenos sile izvaja zelo učinkovito aksialno bato hidravlične črpalke. Hidravlične sestavne dele poganja hidravlični motor, priključen na centrifugalno črpalko. Največji tlak, ki ga lahko doseže hidravlični sistem, je 350 barov [24].

### 7.2.2.5 Delovanje

Hitrost pogonskega motorja se nadzira na nadzorni plošči naprave, kapaciteta vode pa se regulira s hitrostjo [24].

#### 7.2.2.6 Osnovni okvir

Na dnu osnovnega okvirja so pritrjeni zgornji deli z zvočno izolacijskimi ploščami. Dimenzije te opreme so  $2.145 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \times 1.700 \text{ mm}$ . Teža pa znaša  $1.150 \text{ kg}$  [24].

HFS-črpalka, ki ima visoki pretok, je namenjena zaščiti pri poplavi velikega območja. V primeru kombinacije s HYDROSUB 60 enoto je možno črpati s pretokom do  $20.000 \text{ l/min}$ , kar znaša  $1.200 \text{ m}^3/\text{h}$ . Črpalka je pritrjena na okvir z dvema plavajočima posodama. Posodi preprečujejo, da se črpalka ne bi popolnoma potopila v vodo [24].

### 7.3 PRENOSNA ČRPALKA ROSENBAUER FOX III

#### 7.3.1 Splošno

##### 7.3.1.1 Motor

Motor, ki poganja prenosne črpalke FOX III, prikazana na sliki 7.5, je 2-valjni 4-taktni bencinski motor, proizvajalca BMW. Motor je iz lahke kovine in prisilno hlajen z ventilatorjem. Za primerno mazanje in temperaturo motorja skrbi oljna črpalka za prisilno cirkulacijo olja in druga s priključenim hladilnikom olja ali vode za hlajenje glave valja [25].



Slika 7.5: Prenosna črpalka Rosenbauer FOX III

### 7.3.1.2 Črpalka

Enostopenjska centrifugalna črpalka je sestavljena iz tekača (rotorja), ohišja črpalke in ležajnega podstavka. Ohišje in podstavek sta izdelana iz zlitine lahke kovine, ki je odporna proti koroziji. Os črpalke je narejena iz nerjavečega jekla. Motor in črpalka sta povezana z enoploščno suho sklopko, ki jo je moč odklopiti. Črpalka je opremljena s sesalnim košem in slepo sklopko. Oba tlačna priključka sta opremljena z nepovratnim in reducirnim ventilom. Priključek za praznjenje je nameščen na najnižji točki ohišja. V zgornjem delu ohišja je nameščen avtomatski odzračevalni ventil. Ta ventil se pri obratovanju s pred tlakom avtomatsko zapre. Pretok vode pri določenem tlaku je prikazan v tabeli 7.11 [25].

Tabela 7.11: Pretok vode pri določenem tlaku [25]

| <b>PRETOK:</b> | <b>TLAK:</b> |
|----------------|--------------|
| 2.000 l/min    | Pri 3 bar    |
| 1.600 l/min    | Pri 10 bar   |
| 1.000 l/min    | Pri 15 bar   |

#### 7.3.1.3 Nosilni okvir

Motor in črpalka sta s štirimi elastičnima gumijastima kovinskima ležajema pritrjena na nosilni okvir. Na koncu okvirja so pritrjeni štirje zložljivi ročajji, ki so prevlečeni z gumo. Glede na način nošenja, je ročaje moč namestiti vzdolžno ali prečno, okvir pa se ravno tako da opremiti s transportnimi kolesi za lažji transport [25].

#### 7.3.1.4 Rezervoar

Rezervoar je odporen na gorivo, UV-svetlobo in ozon, saj je izdelan iz plastične mase. Nameščen je pod motorjem, da pri nalivanju goriva ne pride do polivanja goriva po motorju. Za boljšo varnost je rezervoar opremljen z varnostnim pokrovom. Do izenačitve pritiska v rezervoarju in okolici pride v primeru, da v rezervoar doteka zrak. S prečrpavanjem je moč izvesti praznjenje rezervoarja [25].

#### 7.3.1.5 Odzračevalni sistem

Je avtomatsko krmiljena, dvojno delujoča batna črpalka z možnostjo ročnega upravljanja. Vsi deli ohišja so izdelani iz materiala, ki je odporen proti koroziji. Bati so opremljeni s tesnilnimi in vodilnimi obroči ter so priviti v celoto in prek ekscentra obratujejo s pomočjo drsnika. Deli črpalke, ki se gibljejo in so namenjeni za odzračevanje, so mazani z oljno kopeljo. V pokrovih ventilov so koncentrično nameščeni sesalni in tlačni ventili [25].

#### 7.3.1.6 Princip delovanja črpalke

Pogon je nameščen s pomočjo klinastega jermena. Črpalka začne s črpanjem vode in pri tem doseže pritisk 1,5 bar. Hidravlični izklopni valj deluje v nasprotni smeri, kot deluje vzmet in potisne napajalno jermenico nazaj. S tem se postopek odzračevanja konča. Ročica, ki je povezana z napajalno jermenico, omogoča tudi ročno upravljanje črpalke za odzračevanje,

obratovanje črpalke v prostem teku ali pri obratovanju z najnižjimi pritiski. Prozorna vakuumška cev povezuje črpalko za odzračevanje in sesalno stran centrifugalne črpalke. Pri napajanju iz hidranta se je treba izogniti uhajanju vode skozi črpalko za odzračevanje, zato se povezava avtomatsko prekine prek ventila, ki se zapre glede na pritisk vode na dovodu. S pomočjo ročaja, ki je nameščen na ventilu, se lahko to izvede tudi ročno [25].

#### 7.3.1.7 Zaščita pred pregrevanjem

Zaščita je sestavljena iz termoelementov in se odpre v primeru, ko temperatura vode za gašenje doseže 60 °C in se zapre v primeru, ko se temperatura vode za gašenje spusti na 55 °C. S tem je možno preprečiti pregrevanje črpalke [25].

#### 7.3.1.8 Regulator pritiska črpalke

Regulator pritiska se aktivira s pritiskom na določeno tipko, pri čemer zasveti indikatorska LED-lučka. S tem se vzdržuje konstanten obratovalni tlak, ki je neodvisen od pretoka vode. S pomočjo tipk + in –, ki so na zaslonu, lahko pritisk vode povišamo ali znižamo. V primeru, da regulator ni aktiviran, imajo tipki + in – drugačno funkcijo [25].

### 7.4 ELEKTRIČNA POTOPNA ČRPALKA NAUTILUS 8/1

#### 7.4.1 Opis

Črpalka Nautilus je enostopenjska centrifugalna črpalka, ki je direktno povezana z elektromotorjem. Poganja jo trifazni asinhronski motor. Črpalko lahko uporabljamo v ležečem ali pokončnem položaju in popolnoma potopljeno. Vsi deli, ki so pod napetostjo, so izvedeni vodotesno. Ta črpalka je najlažja v svojem razredu, saj vključno s kablom, tehta samo okoli 30 kg. Odlikuje jo ergonomski nosilni ročaj, kar omogoča enostavno prenašanje

ene ali dveh oseb. Ima optimalno obliko konstrukcije, kar omogoča njeno uporabo v ozkih jaških. Posebnost te črpalke je, da se lahko uporablja za zelo nizek nivo sesanja do višine 8 mm, kar je prikazano na sliki 7.6. Prav tako je tudi primerna za umazano vodo (nečistoče v obliki peska ali blata), katerih velikosti trdih delcev so do 10 mm. Pretok vode pri določenem tlaku je prikazan v tabeli 7.12 [26] [27].

Tabela 7.12: Pretok vode pri določenem tlaku [26]

| <b>PRETOK:</b> | <b>TLAK:</b> |
|----------------|--------------|
| 1170 l/min     | Pri 0,5 bar  |
| 935 l/min      | Pri 1 bar    |
| 120 l/min      | Pri 2 bar    |



Slika 7.6: Nizek nivo sesanja črpalke [26]

#### 7.4.2 Materiali, iz katerih je narejena črpalka

Gred črpalke je narejena iz nerjavnega jekla, tekač in vodno kolo pa iz jeklene litine. Material ohišja je izdelan iz aluminijeve zlitine, ki je odporna na morsko vodo, nerjavno jeklo in umetne mase [26] [27].

### 7.4.3 Zaščita motorja

Črpalka ima avtomatsko zaščito motorja, ki v primeru preobremenitve samodejno izklopi črpalko. Ko se odpravi motnja črpalke, se iz varnostnih razlogov črpalka ne zažene avtomatsko, ampak jo je treba zagnati ročno. Zaženemo jo s pomočjo stikala za zaščito motorja – vklop ali izklop [26] [27].

### 7.4.4 Transport in skladiščenje črpalke

Črpalka se lahko transportira in skladišči v ležečem ter pokončnem položaju, kar je prikazano na sliki 7.7. Med vsakim transportiranjem in skladiščenjem je treba črpalko pritrditi, da se ne more prevrniti ali odkotaliti. Da se po daljšem času neuporabe prepreči zlepljenje tesnilnih površin črpalke, je treba črpalko prevrteti vsaj enkrat na vsake dva meseca [26] [27].



Slika 7.7: Transport in skladiščenje črpalke [27]



## 7.5 VISOKOTLAČNA GASILSKA ČRPALKA (DIESEL)

### 7.5.1 Splošno

Prikolica visokotlačne gasilske črpalke, prikazana na sliki 7.8, je dvoosna tipa HT 303118, proizvajalca Humbaur. Njena masa je približno 2.900 kg. Mere prikolice so 4.770 mm × 1.865 mm × 2.300 mm. Na prikolici je nameščen tudi vitel za hitri napad. Vitel je dolg 55 m. Omogočeno je električno navijanje cevi, prikazano na sliki 7.9, oziroma ročno v sili. Vitel je opremljen z zavoro in vodilom za cev. Prikolica je opremljena z 230 V priključkom za polnjenje akumulatorja. Vsa oprema je zložena v posameznih prostorih prikolice, ki so zaprti z vrati v obliki rolete [28].



Slika 7.8: Prikolica visokotlačne gasilske črpalke



Slika 7.9: Električno ali ročno navita cev

## 7.5.2 Črpalka

Črpalko poganja vodno hlajeni dizelski motor s prostornino 4.400 ccm<sup>3</sup> in močjo 94 kW oziroma 126 KS. Njegov proizvajalec je Caterpillar. Črpalka je 4-stopenjska centrifugalna. Njen nazivni pretok je 500 l/min pri 34 bar. Vse komande za pogon črpalke se izvajajo iz upravljalkega mesta črpalke. Črpalka je opremljena z dvema 3" vhodoma, z dvema 2,5" tlačnima izhodoma in dvema pipicama za izpust vode na črpalki. Na črpalko je vgrajen senzor za temperaturo, ki se ob povečani temperaturi vode v črpalki nad dovoljeno vrednost aktivira. Na vhodu črpalke je ventil za termično razbremenitev tlačnega vhoda črpalke. Volumen rezervoarja za gorivo znaša 240 l [28].

Visokotlačna gasilska črpalka je izdelana v skladu z najnovejšimi tehničnimi spoznanji in za izvajanje nalog NEK. Vozilo se sme uporabljati izključno za napajanje gasilskih instalacij za gašenje z vodo. V primeru, da se vozilo uporablja za druge namene, lahko pride do nevarnih situacij za udeležence, lahko pa nastane tudi materialna škoda. Črpalke se ne sme uporabljati na področju, kjer je možnost eksplozije. Prav tako se z njo ne sme črpati derivatov mineralnih olj, gorljivih ali eksplozivnih tekočin [28].

## 7.6 GASILSKO VOZILO ZA GAŠENJE VELIKIH POŽAROV V NEK (BRONTO SKYLIFT)

### 7.6.1 Splošno

Proizvajalec tega vozila je Mercedes-Benz, tipa ACTROS 4451. Vozilo, prikazano na sliki 7.10, ima srednje dolgo rdečo kabino in bele odbijače ter blatnike. Poganja ga EURO 5 dizelski motor z EDC-regulacijo in upravljalnim modulom EM8. Moč samega vozila znaša 350 kW/476 PS. Vgrajen ima 16-stopenjski menjalnik s Telligent-schaltavtomatiko. Dimenzije pnevmatike na vozilu se razlikujejo po velikosti, glede na kateri osi so nameščene. Skupna dovoljena obremenitev vozila znaša do 44.000 kg [29].



Slika 7.10: Gasilsko vozilo za gašenje velikih požarov v NEK (BRONTO SKYLIFT)

### 7.6.2 Prostor za opremo

V sprednjem delu Bronto skylifta slike 7.11 je nameščen sklop črpalke, mešalca, hitro napadalne naprave in opreme. Za sprednjim prostorom se nahaja delovna platforma s sklopom hidravlične roke. Na delovno platformo so integrirani štirje prostori, zaprti z roletami, ki so namenjeni za gasilsko opremo. Prostori so izdelani iz stabilnega aluminijastega panelnega sestava iz profilov. Delovna platforma je prevlečena z aluminijasto rebrasto pločevino. Osvetlitev prostorov se vključuje avtomatsko z magnetnimi prekinjevalci [29].



Slika 7.11: Sprednji del BRONTO SKYLIFT

### 7.6.3 Gasilska črpalka

Vgrajena je v sprednjem prostoru za opremo. Turbina, pokrov črpalke, ohišje črpalke so izdelani iz lahke kovinske litine, ki je odporna na morsko vodo. Kardanski zglob črpalke in tesnilni prstani pa iz korozijsko odpornega jekla. Črpalka je prva stopenjska gasilska črpalka. Ni občutljiva na umazano vodo in zmrzovanje. Črpalko poganja motor vozila prek kardanskega sklopa in pomožnega pogona šasije [29].

### 7.6.4 Sestava samozaščitnih tal

Sestavljen je iz dveh sprednjih ploščatih ročnikov voda ali pena in štirih talnih ročnikov voda ali pena z bočne strani vozila s skupnim pretokom 600 l/min pri 10 bar. Sestav samozaščite se uporablja pri talnih požarih izpod vozila –za zaščito sprednjih in zadnjih koles [29].

### 7.6.5 BRONTO – hidravlična roka

V tabeli 7.13 so prikazane karakteristike hidravlične roke gasilskega vozila za gašenje velikih požarov (BRONTO SKYLIFT) [29].

Tabela 7.13: Karakteristike hidravlične roke [29]

|   |                   |
|---|-------------------|
| Delovna višina                                | Okoli 40,0 m      |
| Dolžina roke z monitorjem                     | Okoli 6,5 m       |
| Maksimalna orientacijska vrednost pod nivojem | Okoli 4,0 m       |
| Nivojska izravnava                            | Okoli 7°          |
| Širina podpornikov oboje stransko (C/C)       | 6,0 m             |
| Širina podpornikov enostransko (C/C)          | 4,4 m             |
| Maksimalni pretok vode nominalno              | 5.500–6.000 l/min |

»se nadaljuje«

»nadaljevanje«

|                       |              |
|-----------------------|--------------|
| Obračanje, brezkončno | 360°         |
| Transportna višina    | Okoli 3,90 m |
| Transportna dolžina   | Okoli 11,0 m |
| Transportna širina    | Okoli 2,5 m  |
| Skupna teža           | Od 26,0 t    |

### 7.6.6 Nadgradnja

#### 7.6.6.1 Glavni okvir

Glavni nosilni okvir ima obliko korita in je zavarjen iz visoko kakovostnega jekla. S pomočjo vijačne povezave z vzmetnimi elementi je pritrjen na okvir šasije. Oljni rezervoar ima volumen 400 l. Opremljen je z:

- pokazateljem olja in temperature,
- odprtino za polnjenje zgoraj,
- odzračevalnim ventilom,
- sesalnimi cevmi,
- povratno napeljavo [29].

#### 7.6.6.2 Podpiranje

Vodoravni pogrezljivi podpornik z variabilnimi širinami podpiranja. Podpiranje je izvedeno z izvlečenim nosilcem iz zavarjenega koritastega profila z integriranimi izvlečenimi cilindri. Nastavljivi so hidravlično brezstopenjsko. Širina podpornikov prečno je 2.500 mm. Maksimalni podporni tlak je 170 kN. Maksimalni talni tlak pa 94 N/cm<sup>2</sup> ali 30 N/cm<sup>2</sup> s podložno ploščo 50 mm × 750 mm × 750 mm. Podpiranje vsebuje tudi elektrovarnostne naprave, ki so:

- dva mikro procesorja,

- varovanje podpornikov s pomočjo potenciometrov,
- brezstopenjsko končno stikalo na vseh podpornih cilindrih,
- stikalo za nadzor talnega tlaka,
- štiri rumene opozorilne luči na zunanji strani [29].

#### 7.6.6.3 Vrtljiva kupola

Natančna in z računalniško vodenim robotom zavarjena konstrukcija. Pogonja jo menjalnik z redukcijo, z lastnim zaviralom, deblokada pa je prek lamelne zavore. V primeru pogona v sili se uporablja ročni zaganjalnik. Kupola ima področja vrtenja 360°. Pogon obračanja je lahko z elektriko, hidravliko in vodo [29].

#### 7.6.6.4 Dvižna roka

Dvižna roka je izdelana iz 4 delov, ki so iz visoko trdnih jeklenih profilov. Roka drsi s pomočjo drsnih ležajev. Dolžina dvižne roke brez roke za monitor je približno 33 m. Roka za monitor je enodelna, dolžine približno 6,5 m. Obračanje je omogočeno za približno 175°. Kabel, cevi in napeljave so speljane v energetsko verigo v teleskopskem delu in so zaščitene proti poškodbami in UV-sevanjem [29].

#### 7.6.6.5 Hidravlični sistem

Izdelan je iz aksialne batne črpalke, ki je regulirana s tlakom in tokom. Pogonska moč črpalke je približno 49 kW. Pogon je izveden prek zglobne osi ali direktnega priključka. Posamezno premikanje ali skupno upravljanje je izvedeno prek proporcionalnega upravljanja, upravljanje v sili pa prek ventilov. Filtracija poteka prek tlačnih filtrov na vsaki tlačni napeljavi. Vsi cilindri imajo trdno pokromano tekalno površino in so pritrjeni na zložljivo uležanje [29].

### **7.6.7 Rezervoar za vodo**

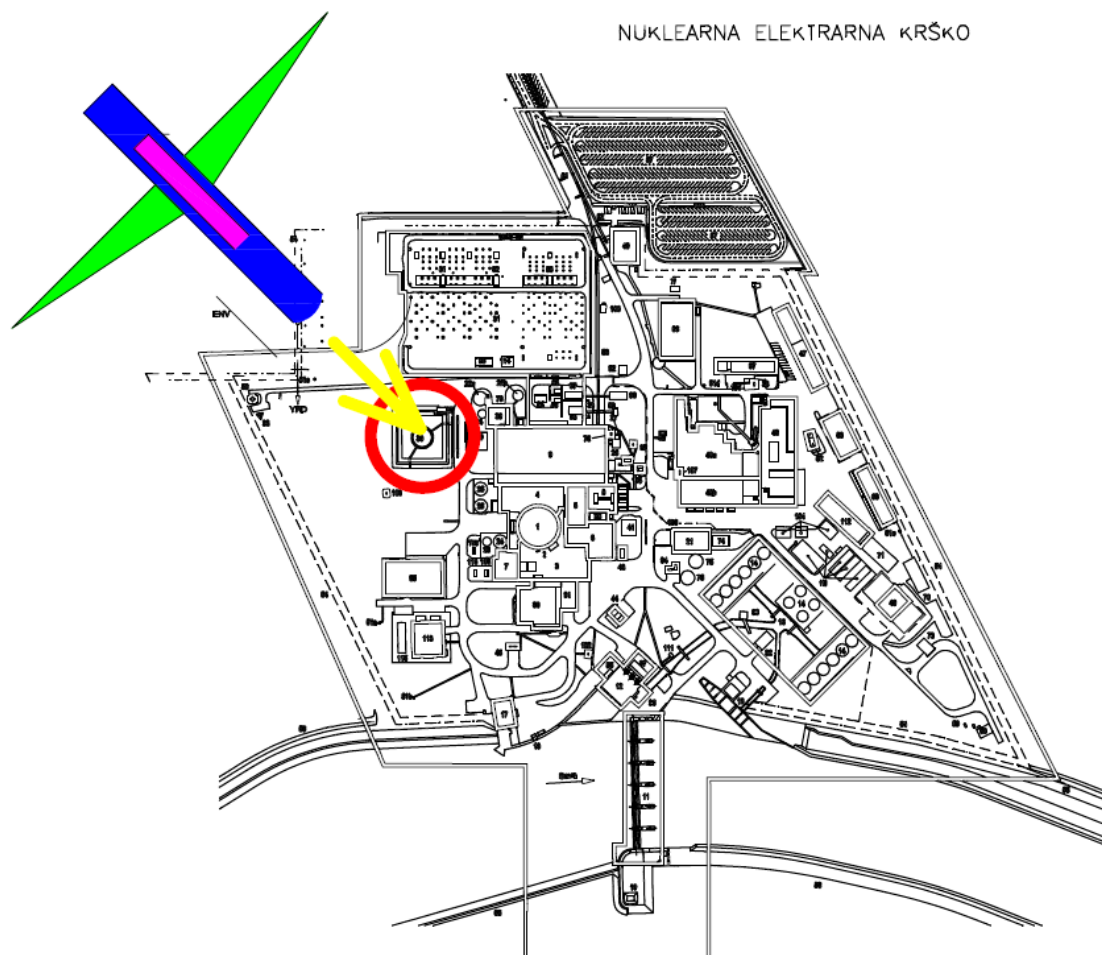
Rezervoar za vodo je izdelan iz s steklom ojačanega poliestra in je odporen na korozijo, kemijske snovi in UV-sevanje. Njegova velikost je približno 8.500 l. Rezervoar se lahko polni z A-stabilno in slepo spojko, preko hidranta in z ventilom. Pritisk, ki se pojavi pri polnjenju rezervoarja, je enak 8 bar. Količina vode v rezervoarju je prikazana na upravljaljskem pultu črpalke [29].

### **7.6.8 Rezervoar za penilo**

Rezervoar za penilo je prav tako izdelan iz enakega materiala kot za vodo. Njegova velikost je približno 1.500 l. Rezervoar se lahko polni z ventilom. Količina penila je prav tako prikazana na upravljaljskem pultu črpalke [29].

## 8 STRMOGLJAVLJENJE OZIROMA PADEC KOMERICALNEGA LETALA NA REZERVOAR KURILNEGA OLJA PRI POMOŽNI KOTLOVNICI

Za primer oziroma kot nekakšno vajo smo si izbrali padec letala iz severne smeri na elektrarno. Osredotočili se bomo predvsem na požar rezervoarja kurilnega olja pri pomožni kotlovnici in požar, ki nastane ob padcu letala. V primer bomo vključili zgolj letalo brez potnikov. Shema, kamor naj bi strmoglavilo oziroma padlo komercialno letalo, je prikazana na sliki 8.1.



Slika 8.1: Shema padca letala



V našem primeru smo si izbrali manjše letalo Eclipse 500, prikazano na sliki 8.2. Letalo je izdelal ameriški proizvajalec Eclipse Aviation. Poganjata ga dva turboventilatorska motorja. V njem se lahko pelje do 5 potnikov. Njegova dolžina je približno 10,1 m, višina pa 3,4 m. Razpon kril je 11,4 m. Doseže lahko hitrost do 685 km/h. Kapaciteta njegovega rezervoarja za gorivo je 251 gallons, kar je približno 950,14 l [30] [31].



Slika 8.2: Letalo Eclipse 500

Formula požarne obremenitve:

$$PO = \frac{Q \times T}{P} \quad (8.1)$$

kjer je:

Q – količina gorljivega materiala (kg),

T – toplotna vrednost snovi (MJ/kg) in

P – površina prostora (m<sup>2</sup>) [32].

## 8.1 IZRAČUN POŽARNE OBREMENITVE PADCA LETALA

Formula požarne obremenitve padca letala:

$$PO_L = \frac{Q_K \times T_K}{P_{POL}} \quad (8.2)$$

kjer je:

$Q_K$  – količina kerozina (kg),

$T_K$  – toplotna vrednost kerozina (MJ/kg) in

$P_{POL}$  – površina požarnega območja letala ( $m^2$ ).

$$T_K = 43,15 \text{ MJ/kg}$$

Formula za izračun površine požarnega območja letala:

$$P_{POL} = d \times \check{s} \tag{8.3}$$

kjer je:

$d$  – dolžina letala (m) in

$\check{s}$  – širina letala oziroma razpon kril (m).

$$d = 10,1 \text{ m}$$

$$\check{s} = 11,4 \text{ m}$$

Izračun površine požarnega območja letala (8.3):

$$P_{POL} = d \times \check{s} = 10,1 \times 11,4 = 115,14 \text{ m}^2$$

Formula za izračun količine kerozina  $Q_{Kerozina}$  ( $Q_K$ ):

$$m_K = Q_K = V_K \times \rho_K \tag{8.4}$$

kjer je:

$V_K$  – volumen tanka s kerozinom ( $m^3$ ) in

$\rho_K$  – gostota kerozina ( $kg/m^3$ ).

$$V_K = 950,14 \text{ l} = 950,14 \text{ dm}^3 = 0,95014 \text{ m}^3$$

$$\rho_K(\text{pri } 15^\circ\text{C}) = 804 \text{ kg/m}^3$$

$$m_K = V_K \times \rho_K = 0,95014 \times 804 = 763,91 \text{ kg}$$

$$m_K = Q_K = 763,91 \text{ kg}$$

Izračun požarne obremenitve padca letala (8.2):

$$PO_L = \frac{Q_K \times T_K}{P_{POL}} = \frac{763,91 \times 43,15}{115,14} = 286,28 \text{ MJ/m}^2$$

## 8.2 IZRAČUN POŽARNE OBREMENTVE REZERVOARJA KURILNEGA OLJA PRI POMOŽNI KOTLOVNICI

Formula požarne obremenitve rezervoarja kurilnega olja pri pomožni kotlovnici:

$$PO_{KO} = \frac{Q_{KO} \times T_{KO}}{P_{PORKO}} \quad (8.5)$$

kjer je:

$Q_{KO}$  – količina kurilnega olja (kg),

$T_{KO}$  – toplotna vrednost kurilnega olja (MJ/kg) in

$P_{PORKO}$  – površina požarnega območja rezervoarja za kurilno olje (m<sup>2</sup>).

$$T_{KO} = 42,6 \text{ MJ/kg}$$

Formula za izračun površine požarnega območja rezervoarja za kurilno olje:

$$P_{PORKO} = \pi \times r^2 \quad (8.6)$$

kjer je:

$\pi$  – pi in

$r$  – polmer rezervoarja za kurilno olje pri pomožni kotlovnici (m).

$$r = 9,31 \text{ m}$$

Izračun površine požarnega območja rezervoarja za kurilno olje (8.6):

$$P_{PORKO} = \pi \times r^2 = \pi \times 9,31^2 = 272,30 \text{ m}^2$$

Formula za izračun količine kurilnega olja  $Q_{\text{Kurilnega olja}}$  ( $Q_{KO}$ ):

$$m_{KO} = Q_{KO} = V_{RKO} \times \rho_{KO} \quad (8.7)$$

kjer je:

$V_{RKO}$  – volumen rezervoarja kurilnega olja ( $m^3$ ) in

$\rho_{KO}$  – gostota kurilnega olja ( $kg/m^3$ ).

Celotna kapaciteta rezervoarja je 1500000 l, vendar smo pri izračunih upoštevali 450000 l, saj rezervoar ni nikoli poln, v njem je vedno približno 30 % kurilnega olja od celotne kapacitete rezervoarja.

$$V_{RKO} = 450000 \text{ l} = 450000 \text{ dm}^3 = 450 \text{ m}^3$$

$$\rho_{KO}(\text{pri } 15 \text{ }^\circ\text{C}) = 860 \text{ kg/m}^3$$

$$m_{KO} = V_{RKO} \times \rho_{KO} = 450 \times 860 = 387.000 \text{ kg}$$

$$m_{KO} = Q_{KO} = 387.000 \text{ kg}$$

Izračun požarne obremenitve rezervoarja kurilnega olja pri pomožni kotlovnici (8.5):

$$PO_{KO} = \frac{Q_{KO} \times T_{KO}}{P_{PORKO}} = \frac{387.000 \times 42,6}{272,30} = 60.544,25 \text{ MJ/m}^2$$

### 8.3 IZRAČUN SKUPNE POŽARNE OBREMENITVE

Skupna požarna obremenitev:

$$PO_L + PO_{KO} = 286,28 + 60.544,25 = 60.830,53 \text{ MJ/m}^2 = 60,83 \text{ GJ/m}^2$$

Znani so zakoni požarne obremenitve:

- do 1 GJ/m<sup>2</sup> je nizka požarna obremenitev,
- 1–2 GJ/m<sup>2</sup> je srednje požarna obremenitev,
- nad 2 GJ/ m<sup>2</sup> je visoka požarna obremenitev.

Kot je razvidno iz izračunov, bi bila požarna obremenitev visoka, saj presega 2 GJ/m<sup>2</sup>.

## 8.4 POTEK GAŠENJA V PRIMERU GORENJA REZERVOARJA ZA KURILNO OLJE IN KOMERCIALNEGA LETALA

### 8.4.1 Vrstni red obveščanja

- Na začetku se sproži alarm plamenskega javljalnika, ki je blizu rezervoarja.
- Vodja izmene NEK zahteva start črpalke za izpiranje.
- Glavni operater, ki je v kontrolni sobi, sprejme alarm na požarni centrali in o alarmu obvesti gasilce, strojnike kondenzacije in vodjo izmene obratovanja.
- Strojnik opreme kondenzacije je takoj poslan na samo mesto dogodka, ogleda si dogodek in razglasi padec letala na rezervoar za kurilno olje in posledično nastanek požara rezervoarja ter letala.
- Vodja izmene gasilske enote NEK izda navodila za izvoz z gasilskimi vozili.
- Ko le-ta prispe na severno stran elektrarne in si ogleda situacije, izda napotke gasilcema o načinu intervencije in obvesti vodjo izmene obratovanja o najdenem stanju. Pove mu tudi, da bo potrebna pomoč gasilcev Poklicne gasilske enote Krško. Vodja izmene obratovanja pokliče v elektrarno gasilce PGE Krško, vodjo gasilcev PGE Krško, vodjo požarne zaščite in sistem inženirja.
- Med samo intervencijo vodja izmene gasilske enote NEK določi, na kakšen način zaščititi in ukrepati, da se prepreči morebitni prenos požara na druge objekte, opremo.
- Po prihodu gasilcev PGE Krško vodja izmene gasilske enote NEK izdaja ukaze vodji gasilcev PGE Krško.
- Vodja izmene gasilske enote NEK javi vodji izmene obratovanja, da je požar povsem lokaliziran [33].

### 8.4.2 Potek gašenja

Primer se začne z alarmiranjem toplotnega javljalnika požara pri rezervoarju in alarmom na požarni centrali v kontrolni sobi. Po sproženem alarmu glavni operater obvesti gasilce v

NEK. Vodja izmene gasilske enote NEK ugotovi lokacijo alarma. Takoj urgentno obvesti kontrolno sobo, da je potreben izvoz na ogroženo lokacijo. Vodja izmene gasilske enote NEK poda gasilcem kratka napotke o lokaciji intervencije in načinu izvoza, kot predvideva vnaprej pripravljen požarno-obrambni načrt. Ta se nato sam odpelje s komandnim vozilom do kraja dogodka. Med vožnjo obvesti varnostnike o intervenciji in jim poda navodila, da naj odprejo vrata tehnološkega dela. Ko prispe do mesta dogodka, si vse natančno ogleda in na podlagi pregleda izda navodila gasilcema za postavitve vozila ZIEGLER. Gasilca takoj začneta s postavitvijo vozila in postavljanjem hidravlične roke ter priklopom na hidrantno omrežje. Ko vse priklopita, začneta z gašenjem – tako z vodo kot tudi s peno. Ugotovi se, da je zaradi velikosti požara potrebna še pomoč gasilcev PGE Krško. Najprej prispe na mesto intervencije vodja gasilcev PGE Krško, ki prevzame vodenje, nato še gasilci PGE Krško. Vodna zavesa turbinske zgradbe zaradi servisiranja trenutno ne deluje, zato gasilci PGE Krško takoj po prihodu naredijo izvoz z vlečnim vozilom (traktorjem) CLAAS ARION 630C, na katerega priklopijo prikolico s črpalko HYDRO SUB 60 in jo pripeljejo na mesto dogodka. Črpalko postavijo ob bazen, kjer je prirejeno mesto sesanja in napeljejo gasilske cevi do mesta požara. V primeru, da je požar še vedno prisoten in ni dovolj samo HYDRO SUB 60, pripeljejo še HYDRO SUB 450. Po uspešnem gašenju in prenehanju požara vodja izmene gasilske enote NEK javi vodji izmene obratovanja o koncu gašenja [33].

- a) Udeleženci intervencije:
  - glavni operater,
  - strojnik opreme,
  - vodja gasilcev PGE Krško,
  - gasilci PGE Krško,
  - sistem inženir,
  - vodja požarne zaščite NEK,
  - dežurna izmena obratovanja NEK,
  - izmena dežurne gasilske enote NEK,
  - dežurna izmena varnostnikov.
  
- b) Oprema, uporabljena v intervenciji:
  - toplotni javljalnik,

- komandno vozilo,
- gasilsko vozilo ZIEGLER,
- vlečno vozilo (traktor) CLASS ARION 630C,
- HYDRO SUB 60,
- HYDRO SUB 450.

## 9 SKLEP

V diplomskem delu smo skušali predstaviti dodatno mobilno opremo v NEK. Ugotovili smo, kako zelo pomembna je tako požarna kot tudi jedrska varnost. Skozi delo lahko ugotavljamo, da sama elektrarna daje velik poudarek na varnosti. Predstavili smo koncept padca komercialnega letala na rezervoar kurilnega olja elektrarne in nastale posledice. Pri tem smo ugotovili, da je potrebnega kar nekaj različnega osebja, in sicer: glavni operater, strojnik opreme, vodja gasilcev PGE Krško, sistem inženir, gasilci PGE Krško, vodja požarne zaščite NEK, dežurna izmena obratovanja NEK, izmena dežurne gasilske enote NEK in dežurna izmena varnostnikov. Glavno vlogo poleg osebja pa ima oprema, ki je v pomoč pri reševanju in gašenju: toplotni javljalnik, komandno vozilo, gasilsko vozilo ZIEGLER, vlečno vozilo (traktor) CLASS ARION 630C, HYDRO SUB 60 in HYDRO SUB 450. Skozi izračune smo ugotovili, da je požarna obremenitev ob tej nesreči glede na standarde visoka.

Glede na to, da se po svetu dogajajo različni nepredvideni dogodki, lahko v prihodnosti pričakujemo, da se bo poudarek na varnost elektrarne še povečeval. Prav tako se bo kupovala še modernejša mobilna oprema za lažje prestajanje težkih nezgod.



## VIRI IN LITERATURA

- [1] *Zgodovina NEK* (brez datuma). Dostopno na: [http://www.nek.si/sl/o\\_nek/zgodovina\\_nek/](http://www.nek.si/sl/o_nek/zgodovina_nek/) [19. 4. 2017]
- [2] *NEK: Jubilejno leto polno presežkov* (10. 12. 2014). Dostopno na: [http://www.dolenjskilist.si/2014/12/10/125683/novice/posavje/NEK\\_Jubilejno\\_1eto\\_polno\\_presezkov/](http://www.dolenjskilist.si/2014/12/10/125683/novice/posavje/NEK_Jubilejno_1eto_polno_presezkov/) [19. 4. 2017]
- [3] *Proizvodnja NEK* (brez datuma). Dostopno na: [http://www.nek.si/sl/o\\_nek/proizvodnja/](http://www.nek.si/sl/o_nek/proizvodnja/) [20. 4. 2017]
- [4] *Upravljanje NEK* (brez datuma). Dostopno na: [http://www.nek.si/sl/o\\_nek/upravljanje/](http://www.nek.si/sl/o_nek/upravljanje/) [20. 4. 2017]
- [5] *Delovanje NEK* (brez datuma). Dostopno na: [http://www.nek.si/sl/o\\_jedrski\\_tehnologiji/delovanje\\_nek/](http://www.nek.si/sl/o_jedrski_tehnologiji/delovanje_nek/) [20. 4. 2017]
- [6] *Sistemi in delovanje NEK* (brez datuma). Dostopno na: [http://www.nek.si/sl/o\\_jedrski\\_tehnologiji/delovanje\\_nek/sistemi\\_in\\_delovanje/](http://www.nek.si/sl/o_jedrski_tehnologiji/delovanje_nek/sistemi_in_delovanje/) [20. 4. 2017]
- [7] *Tehnični podatki NEK* (brez datuma). Dostopno na: [http://www.nek.si/sl/o\\_jedrski\\_tehnologiji/tehnichni\\_podatki/](http://www.nek.si/sl/o_jedrski_tehnologiji/tehnichni_podatki/) [20. 4. 2017]
- [8] Interni vir: Jedrska varnost NEK (november 2013)
- [9] Interni vir: Nuklearna elektrarna Krško – Ocena požarne ogroženosti (april 2016)
- [10] *Jedrska katastrofa v elektrarni Fukušima – Daiči* (16. 1. 2017). Dostopno na: [https://sl.wikipedia.org/wiki/Jedrska\\_katastrofa\\_v\\_elektrarni\\_Fuku%C5%A1ima-Dai%C4%8Di](https://sl.wikipedia.org/wiki/Jedrska_katastrofa_v_elektrarni_Fuku%C5%A1ima-Dai%C4%8Di) [21. 4. 2017]
- [11] *Mednarodna lestvica jedrskih dogodkov* (junij 2003). Dostopno na: [http://www.arao.si/uploads/datoteke/PO\\_67\\_2003\\_arao.pdf](http://www.arao.si/uploads/datoteke/PO_67_2003_arao.pdf) [22. 4. 2017]
- [12] *Požar* (16. 1. 2017). Dostopno na: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Po%C5%BEar> [24. 4. 2017]

- [13] Praunseis, Z. (2011). *Osnove procesne, požarne in eksplozijske varnosti*. Krško: Založniška dejavnost Fakultete za energetiko.
- [14] *Osnove gorenja in gašenja* (brez datuma). Dostopno na: [http://www.e-save.si/app/strani/gasilci/osnove\\_gorenja\\_in\\_gasenja/osnove\\_gorenja\\_in\\_gasenja.html](http://www.e-save.si/app/strani/gasilci/osnove_gorenja_in_gasenja/osnove_gorenja_in_gasenja.html) [26. 4. 2017]
- [15] Interni vir: Varstvo pred požarom – obnovitveno usposabljanje NEK (2012)
- [16] Saša (Aleksander Gajič), Dr. sci. Nenad Kacian prof. inž. (5. 1. 1998). *Strokovni priročnik požarne varnosti*. Ljubljana Inštitut prevent d.o.o.
- [17] Mojca Zupan, *Požarno red, požarni načrt, načrt evakuacije* (2009). Dostopno na: <http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2009/176.pdf> [27. 4. 2017]
- [18] Republika Slovenija, Ministrstvo za obrambo, uprava RS za zaščito in reševanje. *Gradivo (delno) za pripravo na strokovni izpit iz varstva pred požarom* (januar 2009). Dostopno na: [http://www.sos112.si/slo/tdocs/pozar\\_gradivo.pdf](http://www.sos112.si/slo/tdocs/pozar_gradivo.pdf) [14. 6. 2017]
- [19] Siniša Cimeša (2012). *Kaj je storila URSJV po Fukušimi?* [PowerPoint]. Dostopno na: <http://www.ursjv.gov.si/>
- [20] Interni vir: Odziv NEK na dogodek 11/9/2001 in nezgodo na Japonskem v luči podaljšanja življenjske dobe NEK (2012)
- [21] Interni vir: Overview of mobile equipment used in case of beyond desing basis accident (BDBA) at Nuclear Power Plant Krško. (2011)
- [22] Interni vir: Priročnik z navodili za uporabo HFS HydroSub 450 (brez datuma)
- [23] Hytrans hydrosub 450 specifikacije (brez datuma). Dostopno na: <https://www.yumpu.com/en/document/view/35322284/hytrans-hydrosub-450-specifications-fire-fighting-technologies> [29. 5. 2017]
- [24] HydroSub 60 (2015). Dostopna na: <http://vatropromet.hr/proizvod/hydrosub-60/> [5. 6. 2017]
- [25] Interni vir: PRENOSNA ČRPALKA – FOX – navodila za uporabo (2006)
- [26] Interni vir: Potopna črpalka NAUTILUS 8/1
- [27] Rosenbauer. *NAUTILUS 8/1 – Verwenderinformation*. Dostopno na: [https://www.rosenbauer.com/fileadmin/sharepoint/products/equipment/submersible\\_pumps/docs/VWI\\_NAUTILUS\\_8-](https://www.rosenbauer.com/fileadmin/sharepoint/products/equipment/submersible_pumps/docs/VWI_NAUTILUS_8-)

- 1\_DE\_EN\_FR\_ES\_IT\_NL\_FIN\_NO\_SLO\_HR\_HU\_PL\_CZ\_CN.pdf [10. 12. 2017]
- [28] Interni vir: Agregat z visokotlačno črpalko 500/30 2011 (brez datuma)
- [29] Interni vir: ZIEGLER – BRONTO SKYLIFT (1996)
- [30] *Eclipse aviation's – ECLIPSE 500* (september 2008). Dostopno na: [https://www.bjtonline.com/sites/bjtonline.com/files/pdfs/eclipse\\_500.pdf](https://www.bjtonline.com/sites/bjtonline.com/files/pdfs/eclipse_500.pdf) [5. 1. 2018]
- [31] *Eclipse 500* (april 2015). Dostopno na: [https://sl.wikipedia.org/wiki/Eclipse\\_500](https://sl.wikipedia.org/wiki/Eclipse_500) [7. 1. 2018]
- [32] Ocena požarnih nevarnosti, tveganj, ogroženosti in obremenitev (brez datuma). Dostopno na: [http://www.gasilec.net/uploads/datoteke/Matjaz/Izobra%C5%BEevanje/1\\_Ocena%20po%C5%BEarnih%20nevarnosti,%20tveganj,%20ogro%C5%BEenosti%20in%20obremenitev.pdf](http://www.gasilec.net/uploads/datoteke/Matjaz/Izobra%C5%BEevanje/1_Ocena%20po%C5%BEarnih%20nevarnosti,%20tveganj,%20ogro%C5%BEenosti%20in%20obremenitev.pdf) [11. 1. 2018]
- [33] Interna dokumentacija in ustni viri zaposlenih v NEK

## PRILOGE

### PRILOGA A: IZJAVA O AVTORSTVU IN ISTOVETNOSTI TISKANE IN ELEKTRONSKE OBLIKE ZAKLJUČNEGA DELA

Priloga 6 – IZJAVA O AVTORSTVU IN ISTOVETNOSTI TISKANE IN ELEKTRONSKE OBLIKE ZAKLJUČNEGA DELA

UNIVERZA V MARIBORU  
Fakulteta za energetiko  
(ime članice UM)

**IZJAVA O AVTORSTVU IN ISTOVETNOSTI TISKANE IN ELEKTRONSKE OBLIKE ZAKLJUČNEGA DELA**

Ime in priimek študent-a/-ke: Danijel Zavri  
Študijski program: ENERGETIKA  
Naslov zaključnega dela: Posodobitev požarne zaščite v nuklearni elektrarni krško po nesreči v elektrarni Fukušima

Mentor: Zdravko Praunseis  
Somentor: Željko Selak

Podpisan-i/-a študent/-ka Danijel Zavri

- izjavljam, da je zaključno delo rezultat mojega samostojnega dela, ki sem ga izdelal/-a ob pomoči mentor-ja/-ice oz. somentor-ja/-ice;
- izjavljam, da sem pridobil/-a vsa potrebna soglasja za uporabo podatkov in avtorskih del v zaključnem delu in jih v zaključnem delu jasno in ustrezno označil/-a;
- na Univerzo v Mariboru neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico ponuditi zaključno delo javnosti na svetovnem spletu preko DKUM; sem seznanjen/-a, da bodo dela deponirana/objavljena v DKUM dostopna široki javnosti pod pogoji licence Creative Commons BY-NC-ND, kar vključuje tudi avtomatizirano indeksiranje preko spleta in obdelavo besedil za potrebe tekstovnega in podatkovnega rudarjenja in ekstrakcije znanja iz vsebin; uporabnikom se dovoli reproduciranje brez predelave avtorskega dela, distribuiranje, dajanje v najem in priobčitev javnosti samega izvirnega avtorskega dela, in sicer pod pogojem, da navedejo avtorja in da ne gre za komercialno uporabo;
- dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v zaključnem delu in tej izjavi, skupaj z objavo zaključnega dela;
- izjavljam, da je tiskana oblika zaključnega dela istovetna elektronski obliki zaključnega dela, ki sem jo oddal/-a za objavo v DKUM.

Uveljavljam permissivnejšo obliko licence Creative Commons: \_\_\_\_\_ (navedite obliko)

**Začasna nedostopnost:**

Zaključno delo zaradi zagotavljanja konkurenčne prednosti, zaščite poslovnih skrivnosti, varnosti ljudi in narave, varstva industrijske lastnine ali tajnosti podatkov naročnika: \_\_\_\_\_ (naziv in naslov naročnika/institucije) ne sme biti javno dostopno do \_\_\_\_\_ (datum odloga javne objave ne sme biti daljši kot 3 leta od zagovora dela). To se nanaša na tiskano in elektronsko obliko zaključnega dela.

---

**Temporary unavailability:**

To ensure competition priority, protection of trade secrets, safety of people and nature, protection of industrial property or secrecy of customer's information, the thesis \_\_\_\_\_ (institution/company name and address) must not be accessible to the public till \_\_\_\_\_ (delay date of thesis availability to the public must not exceed the period of 3 years after thesis defense). This applies to printed and electronic thesis forms.

---

Datum in kraj: Maribor, 01.03.2018

Podpis študent-a/-ke: \_\_\_\_\_

*Zoran Dujak*

Podpis mentor-ja/-ice: \_\_\_\_\_  
(samo v primeru, če delo ne sme biti javno dostopno)

Ime in priimek ter podpis odgovorne osebe naročnika in žig:

\_\_\_\_\_  
(samo v primeru, če delo ne sme biti javno dostopno)