



Zdravotně  
sociální fakulta  
Faculty of Health  
and Social Studies

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zdravotně sociální fakulta

Katedra radiologie, toxikologie a ochrany obyvatelstva

diplomová práce

# Posouzení rizik jaderné elektrárny Temelín

Vypracoval: Bc. Jaroslav Košťál  
Vedoucí práce: Ing. Lenka Brehovská, Ph.D.  
Odborný konzultant: Ing. Jaroslav Piosek

České Budějovice Rok 2015

## Abstrakt

Historie mírového využívání jaderné energie je, přes veškerý důraz na bezpečnost provozu energetických zařízení, provázena řadou nehod, z nichž se některé nesmazatelně zapsaly do myslí široké veřejnosti a vedly tak ke změnám chápání pojmu jaderné bezpečnosti a přístupů k jejímu zajištění. Protože následky případných nehod na jaderných elektrárnách mají vždy závažné celospolečenské dopady, je žádoucí dokázat pojmenovat možná rizika, kvantifikovat pravděpodobnost jejich vzniku a tak získat možnost těmto rizikům efektivně a účinně předcházet.

Hypotéza, kterou má tato práce potvrdit nebo vyvrátit, je, že metoda KARS je prakticky použitelná pro vyhodnocování bezpečnosti provozu jaderné elektrárny.

Cílem práce je zhodnotit události a rizika spojená s provozem konkrétního jaderného zařízení metodou KARS a kriticky zhodnotit získané výsledky a použitou metodu.

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část.

Teoretická část obsahuje základní faktografii potřebnou pro správné pochopení zvoleného postupu přípravy a zpracování dat pro metodu KARS a následnou interpretaci získaných výsledků.

V této části práce je podán stručný přehled základních pojmů týkajících se jaderné bezpečnosti, kultury bezpečnosti a havarijní připravenosti, a to včetně jejich definic.

Pozornost je věnována energetickým reaktorům provozovaným na lokalitě Temelín, dále charakteristice lokality, ve které jsou umístěné, a jejich základním parametrům.

S ohledem na zvolený způsob určení rizik pro zpracování metodou KARS je nutné popsat organizaci havarijní odezvy provozovatele jaderného zařízení a zmínit se o provozní a řídicí dokumentaci.

Pro vyhodnocení získaných výsledků je vhodné se seznámit se základními pojmy z oblasti vyhodnocování bezpečnosti JE, PSA a zátěžových testů.

Samozřejmě je nutné popsat i samotnou metodu KARS a s ohledem na získané výsledky definovat pojem kvalita lidského výkonu.

Vlastní zpracování analýzy rizik metodou KARS bylo provedeno v následujících krocích:

1. Sběr dat pro provedení analýzy rizik.
2. Zpracování získaných dat metodou KARS.
3. Interpretace získaných výsledků.
4. Porovnání získaných výsledků s dostupnými daty.

Jednotlivá rizika pro sestavení tabulky souvztažnosti rizik byla stanovena na základě analýzy činnosti jednotlivých členů havarijního štábu a technického podpůrného střediska a na základě řídicí dokumentace pro jednotlivé funkce. V zásahových instrukcích jsou tato rizika buď přímo pojmenována, nebo jsou v nich stanoveny činnosti pro jejich zvládnutí. Následně byla tato rizika dále upřesněna dle provozní dokumentace používané pro řešení abnormálních a havarijních stavů a řešení těžkých havárií. Stanovení souvztažnosti jednotlivých rizik je poměrně subjektivní a vyžaduje značnou míru odborného vhledu do analyzované problematiky.

Vlastní zpracování analýzy rizik bylo provedeno podle postupu stanoveného Ing. Štefanem Pacindou, Ph.D.

V rámci interpretace získaných výsledků jsou stručně popsána jednotlivá rizika uvažovaná v této analýze.

Mezi rizika s největší hodnotou koeficientu aktivity patří selhání lidského faktoru, zemětřesení, havárie letadla, teroristická hrozba, chyby v provozní a řídicí dokumentaci a požár.

Mezi rizika s největší hodnotou koeficientu pasivity patří selhání lidského faktoru, závažné poškození zdraví, ekologická havárie, výpadky komponent a zařízení, radiační havárie, porušení celistvosti jaderných materiálů a poruchy systému kontroly a řízení.

Na základě porovnání rizik uvažovaných v provedené analýze s riziky postulovanými v zátěžových testech lze usuzovat, že systém havarijní odezvy ETE byl připravován tak, aby byl schopen tato rizika zvládnout.

Z výsledků provedené analýzy vyplynulo, že podstatným prvkem pro bezpečné provozování jaderné elektrárny je kvalifikovaný, dobře vybraný a systematicky připravovaný personál.

S ohledem na zkušenosti získané během vypracování této práce, jsem dospěl k závěru, že metoda KARS může mít jen velmi omezené uplatnění pro posuzování bezpečnosti jaderného zařízení.

**Klíčová slova**

KARS, PSA, organizace havarijní odezvy, jaderná bezpečnost, zátěžové testy

## **Abstract**

History of peaceful use of nuclear energy, despite of all necessary emphasis on operation safety, is accompanied by a series of accidents, some of which left indelible trace in minds of wide public and so led to changes in the comprehension of nuclear safety and in the access to its preservation. Because the consequences of possible nuclear power plant accident have always serious social impacts, it is most desirable to define all possibly risks, to quantify probability of their formation and in this way to gain the possibility to prevent them effectively and efficiently.

This work is dedicated to approve or to disapprove that the KARS method is practically applicable for evaluation of nuclear power station operation safety.

The work objective is to evaluate events and risks associated with the operation of a particular nuclear facility by the KARS method and critically evaluate obtained results and the used method as such.

The work is divided into theoretical and practical part.

Theoretical part includes basic information necessary for correct understanding of the chosen data processing procedure and subsequent interpretation of the gained results.

A brief overview of basic concepts relating to the nuclear safety, the safety culture and the emergency preparedness, including their definitions is given in this section of the work.

The attention is paid to the energy reactors operated at Temelín NPP, as well as the characteristics of the locality and their basic parameters.

With the regard to the chosen method of the risks identification that will be processed by the KARS method it is necessary to describe the organization of the emergency response of a nuclear facility operator and to pay the attention to the operational and managing documentation.

For the evaluation of obtained results it is useful to make familiar with basic concepts of the NPP safety evaluation, PSA and the stress tests.

Obviously, it is necessary to describe the KARS method and to define the concept of quality of human performance with regard to the obtained results.

The risk analysis by the KARS method was carried out in the four consecutive steps:

1. Data collection for the risk analysis.
2. Data processing by the use of the KARS method.
3. Interpretation of the obtained results.
4. Comparison of the obtained results with the available data.

The particular risks for the construction of the risk correlation table were based on the analysis of activities of individual members of the emergency and technical support center on the basis of managing documentation for each function. In the emergency instructions these risks are either named or the action to manage them are determined. Subsequently these risks are further more specify according to the operational documentation used for solving abnormal and emergency conditions or solving of severe accidents. Determination of the risk correlation seems to be subjective and requires a considerable degree of professional insight into the analyzed issues.

The risk analysis was processed according to the procedure that was laid down by Ing. Stefan Pacinda, Ph.D.

Each risk taken into consideration in this analysis is briefly described within the interpretation of obtained results.

The coefficients of activity with the biggest value were found for these risks: human error, earthquake, plane crash, terrorist threat, errors in operating and managing documentation and fire.

The coefficients of passivity with the biggest value were found for these risks: human failure, serious damage to health, ecological disaster, components malfunctions, radiation accident, nuclear material integrity damage and control system malfunctions.

Comparison of the risks that were postulated in the stress tests and the risks that were considered in this analysis indicate that the ETE NPP emergency response was prepared to be able to cope these risks.

Results of this analysis showed that the essential element for the safe operation of nuclear power plants is qualified, well selected and systematically trained staff.

In light of the experience acquired during elaboration of this work I have concluded that the KARS method can be used for nuclear safety evaluation only in a limited way.

**Key words**

KARS, PSA, emergency response organization, nuclear safety, stress tests

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to – v nezkrácené podobě – v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných fakultou – elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 18. května 2015.

.....  
Jaroslav Košťál



## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat především mému odbornému konzultantovi Ing. Jaroslavu Pioskovi za pomoc, ochotu, trpělivost a cenné rady poskytnuté ke zdárnému zpracování této kvalifikační práce. Dále bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Lence Brehovské, Ph.D. a rovněž všem zaměstnancům ETE, kteří mi poskytli celou řadu důležitých a praktických informací.

# Obsah

<b>ÚVOD.....</b>	<b>19</b>
<b>1 TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>20</b>
<i>1.1 Vymezení základních pojmů.....</i>	<i>20</i>
1.1.1 Jaderná bezpečnost .....	20
1.1.2 Radiační ochrana.....	20
1.1.3 Jaderné zařízení.....	21
1.1.4 Vybrané zařízení .....	21
1.1.5 Radiační nehoda.....	21
1.1.6 Radiační havárie .....	21
1.1.7 Radiační mimořádná situace .....	21
1.1.8 Fyzická ochrana .....	22
1.1.9 Accident management program .....	22
1.1.10 Limity a podmínky bezpečného provozu JZ.....	22
1.1.11 Činnosti související s využíváním jaderné energie.....	22
1.1.12 Havarijní připravenost .....	23
1.1.13 Havarijní plán .....	23
1.1.14 Bezpečnost .....	23
1.1.15 Kultura .....	23
1.1.16 Kultura bezpečnosti .....	23
1.1.17 Kvalita lidského výkonu .....	24
1.1.18 Jednotlivec .....	24
1.1.19 Lidský faktor.....	24
1.1.20 Lidský výkon .....	24
1.1.21 Bariéry .....	24
1.1.22 Techniky (nástroje) pro předcházení chybám.....	24
1.1.23 Projevy pracovního chování .....	24
1.1.24 Riziko.....	25
1.1.25 Přijatelnost rizika .....	25

1.2	<i>Charakteristika lokality ETE</i> .....	27
1.3	<i>Hlavní charakteristiky bloků na ETE</i> .....	27
1.4	<i>Systém organizace havarijní odezvy držitele povolení</i> .....	29
1.4.1	Havarijní plánování.....	30
1.4.2	Obsazení směny a její řízení v podmínkách běžného provozu.....	31
1.4.3	Opatření přijatá k optimalizaci zásahu směnového personálu.....	32
1.4.4	Typy mimořádných událostí .....	33
1.4.5	Interní organizace havarijní odezvy.....	35
1.4.6	Pohotovostní organizace havarijní odezvy .....	36
1.4.7	Systém vnější havarijní odezvy .....	37
1.5	<i>Dokumentace OHO</i> .....	40
1.5.1	Řídící dokumentace .....	40
1.5.2	Provozní dokumentace.....	41
1.6	<i>Kultura bezpečnosti</i> .....	43
1.6.1	Projevy kultury bezpečnosti.....	43
1.6.2	Model kultury bezpečnosti.....	43
1.6.3	Stadia rozvoje kultury bezpečnosti .....	44
1.6.4	Metody pro rozvoj kultury bezpečnosti .....	45
1.7	<i>Kvalita lidského výkonu</i> .....	45
1.7.1	Základní předpoklady zlepšování kvality lidského výkonu .....	45
1.7.2	Očekávané jednání (chování) jednotlivců.....	46
1.7.3	Očekávané jednání organizace.....	47
1.8	<i>Hodnocení bezpečnosti</i> .....	50
1.8.1	Metody hodnocení bezpečnosti .....	50
1.8.2	Hodnocení bezpečnosti JZ.....	50
1.8.3	Deterministické bezpečnostní hodnocení .....	51
1.8.4	Pravděpodobnostní bezpečnostní analýza .....	51
1.8.5	Nadprojektové nehody .....	52
1.9	<i>Analýza PSA</i> .....	52
1.9.1	Účel, použití a historie analýz PSA .....	54

1.9.2	Základní dělení analýz PSA.....	56
1.9.3	Hodnocení rizika různých typů iniciačních havarijních událostí.....	57
1.9.4	Hodnocení rizika v různých provozních režimech JZ .....	58
1.9.5	Obvyklý rozsah analýz PSA .....	58
1.9.6	Principy konstrukce modelu PSA .....	59
1.9.7	Hierarchie a interpretace hlavních výsledků modelu PSA .....	60
1.9.8	Výsledky PSA pro JE Temelín .....	62
1.9.9	Další využití PSA.....	63
1.9.10	Příklady možných dalších aplikací PSA.....	63
1.9.11	Analýza rizika nevýkonových stavů .....	66
1.9.12	Další analýzy PSA .....	66
1.10	<i>Zátěžové testy</i> .....	69
1.11	<i>Národní akční plán</i> .....	72
<b>2</b>	<b>HYPOTÉZA A METODIKA.....</b>	<b>73</b>
2.1	<i>Hypotéza</i> .....	73
2.2	<i>Metodika</i> .....	73
2.2.1	Postup při analýze rizik metodou KARS .....	74
<b>3</b>	<b>VÝSLEDKY .....</b>	<b>79</b>
3.1	<i>Sběr dat pro provedení analýzy rizik</i> .....	79
3.2	<i>Zpracování získaných dat metodou KARS</i> .....	92
3.2.1	Metoda KARS.....	92
3.2.2	Soupis rizik .....	92
3.2.3	Sestavení tabulky rizik.....	94
3.2.4	Výpočet koeficientů aktivity a pasivity .....	96
3.2.5	Grafické vyhodnocení analýzy .....	98
3.3	<i>Interpretace získaných výsledků</i> .....	100
3.3.1	Oblast primárně i sekundárně nebezpečných rizik .....	100
3.3.2	Oblast sekundárně nebezpečných rizik.....	105
3.3.3	Oblast primárně nebezpečných rizik.....	109
3.3.4	Oblast relativně bezpečná .....	110

3.3.5	Porovnání rizik z hlediska primární a sekundární nebezpečnosti.....	111
3.4	<i>Porovnání získaných výsledků s dostupnými daty .....</i>	<i>113</i>
<b>4</b>	<b>DISKUZE.....</b>	<b>116</b>
<b>5</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>120</b>
<b>6</b>	<b>SEZNAM INFORMAČNÍCH ZDROJŮ .....</b>	<b>122</b>
<b>7</b>	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>129</b>
<b>8</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>131</b>
<b>9</b>	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>132</b>

## Seznam použitých zkratk

AZ	Aktivní zóna
AZR	Automatický zások rezervy
BD	Bloková dozorna
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
BSVP	Bazén skladování vyhořelého paliva
BWR	Bowling Water Reaktor (varný reaktor)
CC	Organizátor řízení (Control Coordinator)
CCHV	Cirkulační chladicí voda
CPM	Critical Path Method (Metoda kritické cesty)
ČEZ	České energetické závody
ČR	Česká republika
DG	Dieselgenerátor
DGS	Dieselgenerátorová stanice
DPS	Diverse Protection System (Systém záložní ochrany reaktoru)
EDU	Elektrárna Dukovany
ENSREG	The European Nuclear Safety Regulators Group
EOPs	Emergency Operational Procedures (Havarijní provozní předpisy)
ETE	Elektrárna Temelín
FO	Fyzická ochrana
GŘ	Generální ředitelství
HCC	Hlavní cirkulační čerpadlo
HDA	Hydroakumulátor
HIS	Havarijní informační středisko
HP	Havarijní připravenost
HŘS	Havarijní řídicí středisko
HŠ	Havarijní štáb
HÚ	Hasební úsek
HZSp	Hasičský záchranný sbor podniku
I.O	Primární okruh

IAEA	International Atomic Energy Agency
II.O	Sekundární okruh
INES	International Nuclear and Radiological Event Scale
IOHO	Interní organizace havarijní odezvy
ISSPD	Informační systém pro správu provozní dokumentace
IZ	Ionizující záření
IZS	Integrovaný záchranný systém
JB	Jaderná bezpečnost
JE	Jaderná elektrárna
JM	Jaderný materiál
JZ	Jaderné zařízení
KARS	Kvalitativní analýza souvztažnosti rizik
KČ	Kondenzátní čerpadlo
KO	Kompenzátor objemu
KTMT	Kontejnment
KÚ	Krajský úřad
LaP	Limity a podmínky bezpečného provozu
LMIZ	Laboratoř metrologie ionizujícího záření
LOCA	Loss of Control Accident (havárie se ztrátou chladiva PO)
LPS	Logistické podpůrné středisko
LRKO	Laboratoř radiační kontroly okolí
LS	Limitační systém
LSa, LSd	Označení pro typy zásahu LS
ME	Metodika
MPP	Místní provozní předpis
MU	Mimořádná událost
ND	Nouzová dozorna
NPP	Nuclear Power Plant
NT	Nízkotlaký
NUREG	Nuclear Regulatory Guide (návody US NRC)

NV	Napájecí voda
ODK	Osobní dozimetrická kontrola
OHO	Organizace havarijní odezvy
OPIS	Operační a informační středisku
ORP	Obec s rozšířenou působností
PA	Pravidla
PC	Přirozená cirkulace
PCS	Plant Control System (Systém řízení bloku)
PG	Parogenerátor
PO	Požární ochrana
POHO	Pohotovostní organizace havarijní odezvy
PP	Provozní předpis, postup
PRGR	Příkaz generálního ředitele
PRPS	Primary Reactor Protection System (Systém primární ochrany reaktoru)
PSA	Probabilistic Safety Assessment (pravděpodobnostní hodnocení bezpečnosti)
PT	Pístový (plnotlaký)
PV-PG	Pojišťovací ventil PG
PWR	Power Water Reactor (tlakovodní reaktor)
Ra	Radiační
RCLS	Reactor Control and Limitation System (Řídící a limitační systém reaktoru)
RMMS	Rychlá monitorovací mobilní skupina
RO	Radiační ochrana
RŘV	Rychlé řízení ventilů
SAMG	Severe Accident Management Guidelines
SBO	Station Blackout (Ztráta bezpečnostního napájení)
SCŘB	Segmentové centrum řízení bezpečnosti
SD	Sdílená dokumentace
SEOPs	Shutdown Emergency Operational Procedures
SI	Směnový inženýr



SKŘ	Systém kontroly a řízení
SM	Směrnice
SMRK	Směnový mistr radiační kontroly
SOR	Systém ochrana reaktoru
SRDGS	Společná rezervní dieselgenerátorová stanice
SSAMG	Shutdown Severe Accident Management Guidelines
ST	Standard
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SVJP	Sklad vyhořelého jaderného paliva
SVV	Systém varování a vyrozumění
TC	Celoblokový provozní předpis (označení užívané na ETE)
TCS	Turbine Control System (systém řízení turbíny)
TD	Technický dispečink
TECDOC	Technical Documents (IAEA-TECDOC)
TF	Chladicí mezikruh hlavních cirkulačních čerpadel
TG	Turbogenerátor
TK	Systém doplňování/odpouštění primárního okruhu
TMI	Three Mile Island
TNČ	Turbonapájecí čerpadlo
TNR	Tlaková nádoba reaktoru
TPS	Technické podpůrné středisko
TQ	Systém havarijního chlazení aktivní zóny a sprchování kontejnmentu
TVD	Technická voda důležitá
TVN	Technická voda nedůležitá
ÚJV	Ústav jaderného výzkumu
US NRC	US Nuclear Regulatory Commission (Komise pro JB USA)
ÚZN	Úplná ztráta napájení
VF	Systém technické vody důležité
VG	čerpadlo vloženého okruhu strojovny
VHPS	Vnější havarijní podpůrné středisko

VRB	Vedoucí reaktorového bloku
VS	Vlastní spotřeba
VT	Vysokotlaký
VTPS	Vedoucí technologického podpůrného střediska
VTR	Vysokotlaká regenerace
VVER	Vodou chlazený a vodou moderovaný energetický reaktor
WANO	World Association of Nuclear Operators (Světová asociace provozovatelů jaderných elektráren)
WEC	Westinghouse
ZHP	Zóna havarijního plánování
ZI	Zásahová instrukce
ZZS JČK	Zdravotnická záchranná služba Jihočeského kraje
ŽP	Životní prostředí

# ÚVOD

Historie mírového využívání jaderné energie je, přes veškerý důraz na bezpečnost provozu energetických zařízení, provázena řadou nehod, z nichž se některé nesmazatelně zapsaly do myslí široké veřejnosti a vedly tak ke změnám chápání pojmu jaderné bezpečnosti a přístupů k jejímu zajištění. Protože následky případných nehod na jaderných elektrárnách mají vždy závažné celospolečenské dopady, je žádoucí dokázat pojmenovat možná rizika, kvantifikovat pravděpodobnost jejich vzniku a tak získat možnost těmto rizikům efektivně a účinně předcházet.

Hypotéza, kterou má tato práce potvrdit nebo vyvrátit je, že metoda KARS je prakticky použitelná pro vyhodnocování bezpečnosti provozu jaderné elektrárny.

Cílem práce je posoudit události a rizika spojená s provozem konkrétního jaderného zařízení metodou KARS a kriticky zhodnotit získané výsledky a použitou metodu.

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část obsahuje základní faktografii potřebnou pro správné pochopení zvoleného postupu přípravy a zpracování dat pro metodu KARS a následnou interpretaci získaných výsledků. V teoretické části jsou například soustředěna základní data o metodě KARS, PSA, zátěžových testech, organizaci OHO, řídicí a provozní dokumentaci a vlivu lidského faktoru na provoz JE.

V praktické části je provedeno shromáždění dat a jejich zpracování metodou KARS. Získané výsledky jsou dále zpracovány a blíže komentovány. Posledním krokem je kritické zhodnocení použitelnosti metody KARS pro vyhodnocování bezpečnosti provozu jaderné elektrárny, a to zejména s ohledem na analýzu PSA a události postulované v zátěžových testech.

# 1 TEORETICKÁ ČÁST

Teoretická část obsahuje základní faktografii potřebnou pro správné pochopení zvoleného postupu přípravy a zpracování dat pro metodu KARS a následnou interpretaci získaných výsledků.

V této části práce je podán stručný přehled základních pojmů týkajících se jaderné bezpečnosti, kultury bezpečnosti a havarijní připravenosti, a to včetně jejich definic.

Pozornost je věnována energetickým reaktorům provozovaným na lokalitě Temelín, dále charakteristice lokality, ve které jsou umístěné, a jejich základním parametrům.

S ohledem na zvolený způsob určení rizik pro zpracování metodou KARS je nutné popsat organizaci POHO a zmínit se o provozní a řídicí dokumentaci.

Pro následné vyhodnocení získaných výsledků je vhodné se seznámit se základními pojmy z oblasti vyhodnocování bezpečnosti JZ, PSA a zátěžových testů.

Samozřejmě je nutné popsat i samotnou metodu KARS a s ohledem na získané výsledky považují za nezbytné definovat pojem kvalita lidského výkonu.

## 1.1 Vymezení základních pojmů

K řádnému porozumění celé práce je nezbytné definovat některé pojmy související s řešenou problematikou.

### 1.1.1 Jaderná bezpečnost

Stav a schopnost jaderného zařízení a osob obsluhujících jaderné zařízení zabránit nekontrolovatelnému rozvoji štěpné řetězové reakce nebo nedovolenému úniku radioaktivních látek nebo ionizujícího záření do životního prostředí a omezovat následky nehod (1).

### 1.1.2 Radiační ochrana

System technických a organizačních opatření k omezení ozáření fyzických osob a k ochraně životního prostředí (1).

### **1.1.3 Jaderné zařízení**

1. stavby a provozní celky, jejichž součástí je jaderný reaktor využívající štěpnou řetězovou reakci,
2. zařízení pro výrobu, zpracování, skladování a ukládání jaderných materiálů, kromě úpraven uranové rudy a skladů uranového koncentráту,
3. úložiště radioaktivních odpadů, s výjimkou úložišť obsahujících výlučně přírodní radionuklidy,
4. zařízení pro skladování radioaktivních odpadů, jejichž aktivita přesahuje hodnoty stanovené prováděcím právním předpisem (1).

### **1.1.4 Vybrané zařízení**

Součástí nebo systémy jaderných zařízení důležité z hlediska jaderné a technické bezpečnosti, zařazené do bezpečnostních tříd podle svého významu pro bezpečnost provozu jaderných zařízení, podle bezpečnostní funkce systému, jehož jsou součástí, a podle závažnosti jejich případné poruchy. Kritéria pro zařazení a rozdělení vybraných zařízení do bezpečnostních tříd stanoví prováděcí právní předpis (1).

### **1.1.5 Radiační nehoda**

Událost, která má za následek nepřipustné uvolnění radioaktivních látek nebo ionizujícího záření nebo nepřipustné ozáření fyzických osob (1).

### **1.1.6 Radiační havárie**

Radiační nehoda, jejíž následky vyžadují naléhavá opatření na ochranu obyvatelstva a životního prostředí (1).

### **1.1.7 Radiační mimořádná situace**

Situace, která následuje po radiační havárii nebo po takové radiační nehodě nebo po takovém zjištění zvýšené úrovně radioaktivity nebo ozáření, které vyžadují naléhavá opatření na ochranu fyzických osob (1).

### **1.1.8 Fyzická ochrana**

System technických a organizačních opatření zabráňujících neoprávněným činnostem s jadernými zařízeními, jadernými materiály a vybranými položkami (1).

### **1.1.9 Accident management program**

Soubor přijatých strategií, plánů, opatření a činností, které zaručují, že stav technologie, dokumentace a personálu zodpovědného za jejich naplnění je na dostatečné úrovni a je připraven provádět účinné zásahy s cílem zabránit vzniku, resp. mírnit následky havarijních stavů (6).

### **1.1.10 Limity a podmínky bezpečného provozu JZ**

Soubor jednoznačně definovaných podmínek prokazujících, že provoz jaderného zařízení je bezpečný, a který je tvořen údaji o přípustných parametrech, požadavcích na provozuschopnost zařízení, nastavení ochranných systémů, požadavcích na činnost pracovníků a na organizační opatření ke splnění všech definovaných podmínek pro projektované provozní stavy (1).

### **1.1.11 Činnosti související s využíváním jaderné energie**

1. umístování, výstavba, uvádění do provozu, provoz, rekonstrukce a vyřazování z provozu jaderných zařízení,
2. projektování jaderných zařízení,
3. navrhování, výroba, opravy a ověřování systémů jaderných zařízení nebo jejich součástí, včetně materiálů k jejich výrobě,
4. navrhování, výroba, opravy a ověřování obalových souborů pro přepravu, skladování nebo ukládání jaderných materiálů,
5. nakládání s jadernými materiály a vybranými položkami a v případě použití v jaderné oblasti i s položkami dvojího použití,
6. výzkum a vývoj činností uvedených v bodech 1 až 5,
7. odborná příprava fyzických osob specializovaná z hlediska jaderné bezpečnosti k činnostem uvedeným v bodě 1,
8. přeprava jaderných materiálů (1).

### **1.1.12 Havarijní připravenost**

Schopnost rozpoznat vznik radiační mimořádné situace a při jejím vzniku plnit opatření stanovená havarijními plány (1).

### **1.1.13 Havarijní plán**

Soubor plánovaných opatření k likvidaci radiační nehody nebo radiační havárie a k omezení jejich následků, který se zpracovává pro:

1. prostory jaderného zařízení nebo pracoviště, kde se vykonávají radiační činnosti (vnitřní havarijní plán),
2. přepravu jaderných materiálů nebo zdrojů ionizujícího záření (havarijní řád),
3. oblast v okolí jaderného zařízení nebo pracoviště, kde se nachází zdroj ionizujícího záření, v níž se na základě výsledků rozborů možných následků radiační havárie uplatňují požadavky z hlediska havarijního plánování, která se nazývá zóna havarijního plánování (vnější havarijní plán (1)).

### **1.1.14 Bezpečnost**

Stav (systému), v němž jsou rizika poškození zdraví osob, životního prostředí nebo materiální škody omezeny na přijatelnou (rozumně praktickou) úroveň. V podmínkách JE se jedná o: jadernou bezpečnost, radiační ochranu, fyzickou ochranu JZ a JM, PO, technickou bezpečnost, HP, BOZP a ochranu životního prostředí (41).

### **1.1.15 Kultura**

Skladba základních předpokladů – vymyšlených, objevených nebo osvojených danou skupinou lidí, když se učila zvládat problém své externí adaptace (jak přežít) i interní integrace (jak skupinu udržet pohromadě) – které se vyvinuly v průběhu času a jsou předávány z generace na generaci (41).

### **1.1.16 Kultura bezpečnosti**

Soubor charakteristik organizací i jednotlivců, který zajišťuje, že problémům bezpečnosti JE je věnována nejvyšší priorita, jakou si jejich významnost zaslouží (8).

### **1.1.17 Kvalita lidského výkonu**

Úroveň výkonu pracovních činností a profesního jednání (chování) jednotlivců, která je řízena k minimalizaci individuálních i systémových chyb (41).

### **1.1.18 Jednotlivec**

Každý zaměstnanec nebo dodavatel, jehož jednání (chování) ovlivňuje úroveň jaderné bezpečnosti a dosahování cílů a hodnot stanovených organizací (41).

### **1.1.19 Lidský faktor**

Nesprávné (nežádoucí) chování lidského činitele, které může mít za následek vznik nežádoucího stavu nebo porušení bariéry proti vzniku nežádoucího stavu (41).

### **1.1.20 Lidský výkon**

Vnitřní motivace, úsilí a chování zaměstnance k uplatnění svých schopností, znalostí, dovedností a zkušeností pro dosažení stanovených cílů a hodnot (výsledků) v rámci organizace. Lidský výkon je produktem mentálního a fyzického úsilí ke splnění stanoveného úkolu. Ačkoliv je výsledek důležitý, hlavním cílem úsilí pro zlepšení lidského výkonu je zajištění požadovaného pracovního chování v souladu s firemní kulturou (41).

### **1.1.21 Bariéry**

Administrativní a technická opatření (např. předpisy, projekt, program kontrol, následná kontrola), která brání přeměně lidské chyby v nežádoucí stav (41).

### **1.1.22 Techniky (nástroje) pro předcházení chybám**

Metody práce a způsoby přístupu k plnění úkolů, které eliminují negativní vlivy prostředí a snižují riziko vzniku chyb při realizaci činností (41).

### **1.1.23 Projevy pracovního chování**

Jednotlivé principy vyjádřené v podobě žádoucího (očekávaného) pracovního chování. Pracovní chování souvisí s rolí v organizaci (41).



### 1.1.24 Riziko

Riziko je možnost (náhoda), že se stane něco nepříznivého. Znamená to pravděpodobnost, že se stanovená nežádoucí událost vyskytne v daném čase nebo jako výsledek určité situace. Každá lidská činnost přináší určitá rizika poškození zdraví nebo úmrtí. Je třeba si uvědomit, že absolutní bezpečnost nemůže existovat a s tím tedy těsně souvisí schopnost tato rizika hodnotit a oceňovat. Obecně lze rozdělit rizika na dobrovolná, kdy je určitá činnost, při níž se vystavujeme určitému riziku poškození zdraví, prováděna dobrovolně (např. řízení auta) a na rizika nedobrovolná (vyplývající např. z činností průmyslu, přírodních katastrof, atd. (6)).

### 1.1.25 Přijatelnost rizika

Přijatelné riziko lze definovat jako úroveň rizika přijatelnou pro veřejnost, tj. relativní míru rizika ve vztahu např. k přírodním událostem nebo činnosti člověka v jiných oblastech. Výsledky výzkumu přijatelnosti rizika ukázaly, že přijatelnost rizika z určité činnosti je přibližně úměrná třetí mocnině prospěchu z této činnosti a dále také, že veřejnost přijímá asi 1000x větší úroveň rizika při dobrovolných činnostech, než je tomu u nedobrovolných rizik. To znamená, že i neštěstí s velkým počtem obětí (pád letadla) může mít relativně menší společenský význam, pokud k němu dojde v rámci tradičního zavedeného systému letecké dopravy, než havárie s relativně menšími následky v netradičním odvětví (např. jaderná energetika), která může vyvolat obrovské společenské následky (6).

**Tabulka č. 1 – Přehled četností úmrtí vybraných dobrovolných rizik**

ČINNOST	ČETNOST ÚMRTÍ [1/rok]
Jízda na motocyklu	$2,0 \times 10^{-2}$
Kouření (20 cigaret denně)	$5,0 \times 10^{-3}$
Automobilové závody	$1,2 \times 10^{-3}$
Řízení automobilu	$1,7 \times 10^{-4}$
Horolezectví	$1,4 \times 10^{-4}$
Pití alkoholu (1 láhev denně)	$7,5 \times 10^{-5}$
Fotbal	$2,0 \times 10^{-5}$

Zdroj: HLADKÁ, Renata, Pavel BOHŮN, Bohumil KOLÁČEK a Jaroslav KOPEČNÝ (6)

**Tabulka č. 2 – Přehled četností úmrtí vybraných nedobrovolných rizik**

ČINNOST	ČETNOST ÚMRTÍ [1/rok]
Úrazy v domácnosti	$1,1 \times 10^{-4}$
Pády	$9,0 \times 10^{-5}$
Leukémie	$8,0 \times 10^{-5}$
Přejetí motorovým vozidlem	$6,0 \times 10^{-5}$
Požáry	$4,0 \times 10^{-5}$
Utopení	$3,0 \times 10^{-5}$
Střelné zbraně	$1,0 \times 10^{-5}$
Pracovní úrazy (strojírenství)	$1,0 \times 10^{-5}$
Letecká doprava	$9,0 \times 10^{-6}$
Železniční doprava	$4,0 \times 10^{-6}$
Blesk	$5,0 \times 10^{-7}$
Větrná smršť	$4,0 \times 10^{-7}$
Úniky z JE ve vzdálenosti 1 km (Anglie)	$1,0 \times 10^{-7}$
Pád meteoritu	$6,0 \times 10^{-11}$

Zdroj: HLADKÁ, Renata, Pavel BOHŮN, Bohumil KOLÁČEK a Jaroslav KOPEČNÝ (6)

Jednotlivá osoba je ochotna podstoupit určité riziko, ale jen v rozumné míře. Například činnost, při které je riziko úmrtí na osobu a rok  $10^{-3}$  je považováno za naprosto nepřijatelné. U míry rizika  $10^{-4}$  pociťuje jednotlivec potřebu ochrany ze strany společnosti (např. opatření v dopravě, protipožární předpisy, atd.). Riziko  $10^{-5}$  jednotlivec ještě postřehne (varování dětí před utonutím, popálením, atd.). U rizik kolem hodnoty  $10^{-6}$  již jednotlivec nepociťuje žádné ohrožení (6).

**Tabulka č. 3 – Psychologická stupnice hodnocení přijatelnosti rizika veřejností**

Riziko	Přijatelnost pro veřejnost	Stupeň opatření	Opatření
$10^{-3}$	Nepřijatelná rizika	Maximální opatření ke snížení rizika	Opatření ke snížení rizika bez ohledu na prostředky
$10^{-4}$	Mírná opatření	Lidé jsou ochotni obětovat peníze	Požární sbory, policie, ohrazení nebezpečných míst
$10^{-5}$	Aktivní rozpoznávání náhodného rizika	Lidé jsou ochotni akceptovat omezení	Varování, výstrahy, akceptace omezení
$10^{-6}$	Jedinec neregistruje	„To se mě nemůže stát“	Analýzy následků
$10^{-7}$	Fatalismus v hodnocení rizika	„Nedá se nic dělat“ „Vyšší moc“	Žádná

Zdroj: HLADKÁ, Renata, Pavel BOHŮN, Bohumil KOLÁČEK a Jaroslav KOPEČNÝ (6)

Schopnost odhadnout rizika v každodenním životě je nutnou podmínkou pro přežití každého jednotlivce. Veřejnost však stále oceňuje nebezpečí a rizika obvykle intuitivně, což v kombinaci s případným mediálním zvýrazňováním některých rizik vede k jejich přeceňování, nebo naopak u některých k jejich podceňování. Výzkum prokázal, že neobjektivní oceňování rizik nemizí ani za předpokladu, že se podaří míru rizika vyjádřit objektivně. Přijatelnost rizika tedy není pouze otázkou technickou, ale především otázkou společensky psychologickou. Skutečné riziko je třeba určovat a kvantitativně oceňovat na základě vědecké a technické analýzy (6).

## **1.2 Charakteristika lokality ETE**

Jaderná elektrárna Temelín (ETE) je umístěna v jižních Čechách asi 25 km severně od Českých Budějovic v nadmořské výšce 510 m n. m (10).

Je tvořena dvěma jadernými bloky s tlakovodními energetickými reaktory. Nejbližším městem je Týn nad Vltavou ležící 5 km severovýchodně od elektrárny. Elektrárna čerpá vodu pro technologické účely z přehradní nádrže Hněvkovice na řece Vltavě (cca 5 km východně od lokality). Koncovým jímačem tepla je atmosféra (10).

V lokalitě ETE jsou umístěny Sklad čerstvého jaderného paliva a Sklad vyhořelého jaderného paliva. Vyhořelé jaderné palivo je skladováno v obalových souborech typu CASTOR chlazených přirozenou cirkulací vzduchu v SVJP (10).

Držitelem povolení k provozu všech jaderných zařízení umístěných v lokalitě je ČEZ a.s., Duhová 2/1444, 140 53 Praha 4 (10).

## **1.3 Hlavní charakteristiky bloků na ETE**

Jaderná elektrárna je tvořena dvěma jadernými bloky s tlakovodními energetickými reaktory VVER-1000 sériového provedení typu V 320, z nichž každý má nominální výkon 3000 MWt. Primární okruh tvoří reaktor, kompenzátor objemu a čtyři chladicí cirkulační smyčky, každá s hlavním cirkulačním čerpadlem a parogenerátorem horizontálního typu (10).

Zařízení primárního okruhu je umístěno v hermetické obálce (kontejnmentu) z předpjatého betonu. Ochranná obálka se skládá z válcové konstrukce o vnitřním průměru 45 m, uzavřené polokulovým vrchlíkem. Vnitřní povrch ochranné obálky je pokryt hermeticky těsnou ocelovou vystýlkou. Uvnitř kontejnmentu jsou rovněž umístěny bazény skladování vyhořelého paliva, kam se vyváží vyhořelé palivo z aktivní zóny reaktoru. Po snížení zbytkového výkonu je vyhořelé palivo přemístěno do obalového souboru a odvezeno do skladu vyhořelého jaderného paliva (kapacita na dobu životnosti elektrárny (10)).

Reaktor (resp. aktivní zóna reaktoru) je chlazený a moderovaný lehkou vodou primárního okruhu, která je čerpána přes aktivní zónu hlavními cirkulačními čerpadly. Teplo akumulované v chladiči je po průchodu reaktorem předáváno v parogenerátorech vodě sekundárního okruhu. Tlak primárního okruhu je udržován kompenzátozem objemu. Sekundární okruh se skládá ze zařízení na výrobu páry (sekundární strana PG), systému napájecí vody, z jednoho turbogenerátoru s nominálním elektrickým výkonem 1000 MWe a systému regenerace (10).

Aktivní bezpečnostní systémy mají redundanci 3 x 100 % a jsou vzájemně nezávislé a fyzicky oddělené. Pasivní bezpečnostní systémy (hydroakumulátory uvnitř kontejnmentu) mají redundanci 2 x 100 %. Je zajištěna seismická odolnost všech redundantních bezpečnostních systémů, včetně elektrického napájení a systémů řízení a dalších pomocných systémů (10).

Záložní zdroje systémů elektrického napájení a systémů řízení jsou vzájemně nezávislé, fyzicky oddělené a seismicky odolné (podléhající kvalifikaci jako pro bezpečnostní systémy). Existují i záložní neseismicky odolné zdroje elektrického napájení pro systémy související s bezpečností. Projekt disponuje diverzifikovanými systémy pro zajištění plnění tří základních bezpečnostních funkcí: 1. zajištění odstavení reaktoru (podkritičnost), 2. odvod tepla (dochlazení) a 3. zamezení únikům (bariéry a izolace kontejnmentu (10)).

Elektrárna čerpá vodu pro technologické účely z přehradní nádrže Hněvkovice na řece Vltavě (cca 5 km východně od lokality). Koncovým jímačem tepla je atmosféra.

Zbytkové teplo je za normálního provozu do atmosféry odváděno prostřednictvím chladicích věží (dvě na blok), v havarijních stavech přes parogenerátory a přepouštěcí stanice do atmosféry nebo přes systém technické vody důležité a chladicí nádrže s rozstříkem. S vnější elektrickou sítí je lokalita spojena dvěma linkami 400 kV a dvěma linkami 110 kV přes rozvodnu Kočín (10).

Řízená štěpná reakce (kritický stav) byla na prvním bloku poprvé dosažena dne 11. 10. 2000, na druhém bloku poprvé dne 31. 5. 2002 (10).

## **1.4 Systém organizace havarijní odezvy držitele povolení**

Základním cílem bezpečnosti jaderné elektrárny je zabránit nekontrolovaným únikům radioaktivních materiálů, především těch, které jsou vytvářeny v AZ reaktoru. Pro zajištění tohoto cíle je projekt založen na koncepci tzv. "ochrany do hloubky", která spočívá v principu využití vícenásobných fyzických bariér bránících úniku radioaktivních materiálů (10).

Cílem zvládnutí těžkých havárií je zabezpečení 4. úrovně ochrany do hloubky (zmírňovat následky po vzniku těžké havárie), po selhání 3. úrovně ochrany do hloubky (tj. neúspěchu při prevenci poškození paliva při řízení projektových a nadprojektových událostí (10)).

Na zvládnutí havárií navazuje systém havarijní připravenosti, jehož hlavním cílem je zabezpečení 5. úrovně ochrany do hloubky (zmírňovat radiační následky významných úniků radioaktivních látek (10)).

Fungující systém zvládnutí těžkých havárií je zabezpečen souborem opatření personálního, administrativního a technického charakteru (10).

V personální oblasti se jedná o vytvoření organizace havarijní odezvy a zajištění činností příslušejících jednotlivým funkcím, v administrativní oblasti o zpracování a implementaci příslušných postupů, návodů a instrukcí a v technické oblasti o zabezpečení funkčnosti požadovaného rozsahu technických prostředků pro implementaci strategií a o vytvoření struktury havarijních podpůrných středisek, z nichž personál zajišťuje řízení a provádění zásahů (10).

### 1.4.1 Havarijní plánování

System havarijního plánování je implementován v souladu s požadavky a metodikami IAEA a zároveň jsou zapracovány všechny legislativní požadavky ČR (10).

Havarijní plánování patří mezi základní atributy jaderných elektráren v ČR. Cílem havarijního plánování na jaderných elektrárnách je zabezpečit technickou, personální a dokumentační připravenost zaměstnanců elektrárny a externích organizací podílejících se na řešení mimořádných událostí s důrazem na:

- snížení rizika vzniku mimořádné události, nebo zmírnění následků mimořádné události v lokalitě JE a v ZHP,
- předcházení vážných zdravotních poškození při mimořádné události (10).

Strategické cíle společnosti ČEZ jsou transformované do stanovených dlouhodobých cílů a úkolů v oblasti havarijního plánování v souladu s politikou bezpečnosti (10).

Strategie havarijního plánování vychází z logického vývoje jakékoliv události na JE. Pro případ vzniku mimořádné události jsou zpracovány pro potřeby řízení a provádění zásahu příslušné zásahové postupy, respektive zásahové instrukce pro zaměstnance, případně další osoby, na vybraných pracovních funkcích zařazených do Organizace havarijní odezvy (OHO (10)).

Provádění zásahu při vzniku mimořádné události je na jaderné elektrárně zabezpečeno v první fázi rozvoje mimořádné události vždy personálem nepřetržitého směnového provozu (IOHO – interní organizace havarijní odezvy), pod řízením SI (10).

V případě, kdy událost svým rozsahem přerůstá nad rámec možností personálu nepřetržitého směnového provozu, začíná druhá fáze (zmírnění následků) a IOHO je doplněna zaměstnanci držícími pohotovost v rámci organizace havarijní odezvy (POHO – pohotovostní organizace havarijní odezvy (10)).

V tomto případě jsou aktivována havarijní podpůrná střediska: Havarijní štáb, Technické podpůrné středisko, Vnější havarijní podpůrné středisko, Havarijní informační středisko a Logistické podpůrné středisko. Odpovědnost za řízení zásahů po aktivaci HŠ přebírá od SI Velitel HŠ (10).

Při vzniku MU je zajištěno bezodkladné vyrozumění o události na SÚJB, KÚ, Krajské ředitelství HZS, na ORP, na TD ČEZ a na Meteostanici (10).

K předání informace se používá vyplněného formuláře „Prvotního oznámení, respektive Následných hlášení o vzniku MU“. Pro odeslání formulářů se využívá elektronická pošta, popř. fax. Při nemožnosti navázání přímého spojení se SÚJB, se používá záložní cesta přes OPIS GRH HZS ČR (10).

Pro potřeby plánování zajištění ochrany obyvatelstva v okolí JE pro případ vzniku radiační havárie a pro potřebu vypracování vnějšího havarijního plánu je rozhodnutím SÚJB stanovena zóna havarijního plánování JE (pro ETE území o poloměru 13 km). Pro zabezpečení opatření k přípravě a provedení evakuace obyvatelstva byla dále tímto rozhodnutím stanovena vnitřní část ZHP daná plochou kruhu o poloměru 5 km se zahrnutím obcí na jeho hranici (10).

#### **1.4.2 Obsazení směny a její řízení v podmínkách běžného provozu**

Personál nepřetržitého směnového provozu obou bloků ETE (směnový personál) je zařazen do směn. Počet personálu na každé směně a jeho kvalifikace zabezpečuje zvládnutí všech provozních stavů bloků za normálních, abnormálních i havarijních provozních podmínek. Směny jsou pravidelně střídány po osmi hodinách podle směnového harmonogramu tak, aby měl provozní personál dostatečný časový prostor na odpočinek a udržování požadované kvalifikace (školení, výcvik ... (10)).

Směnový personál provádí všechny činnosti podle provozní dokumentace (postupy, instrukce, programy ...), pokrývající normální a abnormální provoz i havarijní podmínky (zahrnují všechny projektové a částečně i nadprojektové události až do poškození paliva (10)).

Ve všech těchto stavech směnový personál řídí a provádí činnosti s možnou podporou ostatního technického personálu JE. V případě vzniku havarijních podmínek s poškozením paliva přechází odpovědnost za řízení činností na personál TPS a HŠ a směnový personál pokračuje v provádění činností podle požadavků TPS a HŠ (10).

Směnový inženýr ETE je odpovědný za provedení klasifikace, vyhlášení MU a provedení aktivace potřebné části organizace havarijní odezvy ETE (10).

V případě potřeby je oprávněn aktivovat část organizace havarijní odezvy i dříve, než jsou naplněna kritéria pro její aktivaci. Během rozvoje MU může SI na základě dalších upřesňujících informací provést změnu klasifikace dle aktuálního stavu (10).

Řízení každého bloku JE (ETE) v případě vzniku mimořádné události je zajišťováno následujícími pracovními funkcemi:

- Vedoucí reaktorového bloku,
- Vedoucí blokové dozorny,
- Operátor primárního okruhu,
- Operátor sekundárního okruhu (10).

Základním pracovištěm tohoto personálu je příslušná bloková dozorna. V případě její neobyvatelnosti, respektive ztráty možnosti ovládní blokované technologie, zabezpečují své činnosti z nouzové dozorny (10).

### **1.4.3 Opatření přijatá k optimalizaci zásahu směnového personálu**

Při ohrožení bezpečnosti na bloku nebo na lokalitě nebo při vzniku situace, kterou nelze zvládnout silami směny, vyhláší SI jeden z 3 stupňů mimořádné události:

- MU 1. stupně (Alert),
- MU 2. stupně (Site Emergency),
- MU 3. stupně (General Emergency (10)).

Pro zvládnutí MU je vytvořena organizace havarijní odezvy, která má interní součást (IOHO), složenou ze směnového personálu a pohotovostní součást (POHO), složenou ze specialistů technického personálu JE, kteří drží hotovost (v rámci 4 směn (10)).

Hotovost POHO je organizačně zabezpečena tak, že do 20 minut v pracovní době a do 1 hodiny v mimopracovní době od vyhlášení mimořádné události se příslušní specialisté dostaví na pracoviště havarijních středisek. Prostředky pro aktivaci personálu POHO jsou zálohované (10).

Hodnocení odchylek od normálního provozu podle klasifikačního systému podléhá na jaderné elektrárně každá událost významná z hlediska bezpečnosti, která, pokud není řešena, může vést ke vzniku mimořádné události (10).



Klasifikace závažnosti mimořádných událostí vychází z požadavků vyhlášky SÚJB č. 318/2002 Sb. v platném znění, s přihlédnutím k doporučením IAEA v dokumentu TECDOC-955 „Generic assessment procedures for determining protective actions during a reactor accident“ (10).

Účelem klasifikace mimořádných událostí je zejména zajištění včasné aktivace organizace havarijní odezvy a volba vhodné a účinné odezvy (10).

Postup posuzování závažnosti vzniklých mimořádných událostí na jaderných elektrárnách je uveden v příslušných zásahových instrukcích. Posuzování závažnosti vzniklých nahlášených událostí provádí SI porovnáním typu nahlášené události s množinou předem nadefinovaných zásahových úrovní. Klasifikaci MU je oprávněn provést také velitel havarijního štábu (10).

Zásahové úrovně ve své podstatě představují soubor předem určených, místně specifických, iniciačních podmínek, při jejichž dosažení je stav jaderné elektrárny zařazen do příslušného klasifikačního stupně a typu. Zásahové úrovně jsou zpracovány pro všechny provozní režimy jaderné elektrárny. Iniciační podmínkou může být překročení některého ze stanovených parametrů, eventuálně výskyt diskrétních interních a externích událostí, jejichž rozvoj může ohrozit jadernou bezpečnost a radiační ochranu jaderné elektrárny (10).

#### **1.4.4 Typy mimořádných událostí**

Včasná identifikace typu vzniklé události a ocenění její závažnosti z hlediska bezpečnosti jaderné elektrárny umožňuje provést volbu přiměřené odezvy. Mimořádné události jsou z hlediska svého vzniku rozděleny do tří základních typů:

- Události z technologických příčin,
- Radiační události,
- Události z jiných rizik (10).

Toto členění zásahových úrovní umožňuje směnovému inženýrovi snadnější identifikaci závažnosti vzniklé mimořádné události zejména ve vazbě na zajištění jaderné bezpečnosti a radiační ochrany (10).

V případě nahlášení mimořádné události provede SI nejdříve ověření, zda se jedná o radiační mimořádnou událost z netechnologických příčin. Pokud tuto možnost vyloučí, ověřuje, zda došlo k události z technologických příčin, která může vést k poškození ochranných bariér, eventuálně k následnému úniku radioaktivních látek, tj. radiační události z technologických příčin (10).

V případě vyhlášení MU 1. stupně se aktivuje pouze technická součást POHO – technické podpůrné středisko (TPS), v případě vyhlášení MU 2. a 3. stupně se aktivuje i zbývající část - Havarijní štáb ETE (HŠ). Do doby jeho aktivace řídí činnosti směnový inženýr ETE a směnový personál postupuje podle příslušných provozních předpisů (10).

Pracovištěm TPS i HŠ je Havarijní řídicí středisko (HŘS), které je umístěno v areálu ETE. Při vyhlášení MU 2. a 3. stupně se rovněž aktivují tzv. logistické podpůrné středisko (soustředění, stravování a ubytování potřebných specialistů pro řešení havarijní situace), havarijní informační středisko (zajištění styku s novináři a informování veřejnosti) a vnější havarijní podpůrné středisko (zajištění radiačního monitorování v ZHP) se sídlem v Českých Budějovicích. Všechna tato střediska jsou řízena havarijním štábem (10).

Organizační způsob zvládnutí mimořádných událostí je stanoven ve Vnitřním havarijním plánu schváleném SÚJB (10).

Pro řešení technologických havárií (až do poškození paliva) jsou zpracovány strategie, které jsou obsaženy v havarijních provozních postupech (EOPs). Pro zmírňování následků havárií po poškození paliva (těžké havárie) jsou zpracovány strategie, které jsou obsaženy v návodech pro řízení těžkých havárií (SAMG). V EOPs je vždy hlavní prioritou obnovení odvodu tepla z aktivní zóny a zabránění poškození 1. bariéry proti úniku štěpných produktů (pokrytí paliva), zatímco v SAMG je hlavní prioritou zabránění poškození 3. bariéry proti úniku štěpných produktů (kontejnment), která je v tu chvíli poslední neporušenou bariérou. EOPs a SAMG jsou založeny na symptomatickém přístupu k řízení havarijních situací převzatého od Westinghouse (10).

## 1.4.5 Interní organizace havarijní odezvy

Interní organizace havarijní odezvy je tvořena výhradně směnovým personálem, tj. zaměstnanci, kteří zajišťují normální provoz JE. Personál nepřetržité směny zabezpečuje dle pokynů SI veškeré činnosti spojené s potlačením projevů vznikající MU až do doby aktivace zaměstnanců držících v rámci OHO nepřetržitou pohotovost (10).

SI v případě vzniku MU je odpovědný za řízení MU až do doby, kdy odpovědnost předá aktivovanému Veliteli HŠ. Jeho činnost se při vzniku MU řídí dle ZI pro SI, ve které jsou uvedeny všechny odpovědnosti a pravomoci (10).

Mezi nejdůležitější patří: posouzení závažnosti MU - klasifikace, zabezpečení vyrozumění a varování personálu JE a varování v ZHP, vyrozumění vedení JE a příslušných orgánů a organizací o vzniku MU, rozhodnutí o aktivaci POHO, rozhodnutí o ochranných opatřeních pro personál JE. Odpovědnost za technologii dál zůstává v kompetenci SI (10).

Personál nepřetržitého směnového provozu (kromě řídicího personálu směny na BD) v případě vyhlášení MU v závislosti na stupni závažnosti buď nadále vykonává činnosti podle příslušných ZI a pokynů řídicího personálu směny nebo se shromažďuje v případě vyhlášení ochranných opatření v provozním podpůrném středisku v krytu pod provozní budovou odkud na základě pokynů SI nebo HŠ provádí požadované zásahy na technologii nebo vytváří operativní podporu jednotce HZSp při vyprošťovacích a záchranných pracích (10).

Pro potřebu zajištění realizace ochranných opatření shromáždění, ukrytí a evakuace jsou ustanovena krytová a shromažďovací družstva, zabezpečující aktivaci a následný provoz krytů a shromaždišť v areálu JE. Základní povinnosti členů krytových družstev v krytu jsou: řízení režimu v krytu, evidence ukrytých, pořádková služba, obsluha vzduchotechniky, dozimetrické přeměřování osob, obsluha DGS (10).

Shromažďovací družstvo řídí činnost na shromaždišti, zabezpečuje tedy pořádkovou službu, evidenci osob, výdej prostředků osobní ochrany, dozimetrické přeměřování osob (10).

## 1.4.6 Pohotovostní organizace havarijní odezvy

Pohotovostní organizace havarijní odezvy je tvořena personálem havarijních podpůrných středisek držících týdenní nepřetržitou hotovost (10).

Jedná se o následující funkce:

- |                   |                  |                           |
|-------------------|------------------|---------------------------|
| ➤ velitel HŠ,     | ➤ vedoucí TPS,   | ➤ dozimetrista LRKO,      |
| ➤ vnější podpora, | ➤ technolog 1,   | ➤ řidič RMMS2,            |
| ➤ administrátor,  | ➤ technolog 2,   | ➤ dozimetrista RMMS2,     |
| ➤ mluvčí HŠ,      | ➤ řízení zásahů, | ➤ zástupce logistika,     |
| ➤ ochrana,        | ➤ dozimetrista,  | ➤ zástupce mluvčího (41). |
| ➤ logistik,       | ➤ informatik,    |                           |
| ➤ ekolog,         | ➤ analytik VHPS, |                           |

### Havarijní štáb

Havarijní štáb je hlavním řídicím pracovištěm OHO JE. Po své aktivaci zabezpečuje vyhlášení ochranných opatření pro zaměstnance a další osoby nacházející se v areálu JE v době vzniku MU, řízení činností všech zaměstnanců a dalších osob podílejících se na provádění zásahu při potlačování rozvoje a řešení následků MU v JE a zajišťuje komunikaci s vnějšími složkami HP. HŠ zabezpečuje dodávky nezbytného materiálu, speciálních prostředků, střídání personálu a jejich materiální zabezpečení prostřednictvím logistického podpůrného střediska (10).

### Technické podpůrné středisko

Technické podpůrné středisko je profesně obsazené tak, aby mohlo poskytovat kvalifikovanou technickou podporu personálu dozorny postiženého bloku při řešení mimořádných událostí. Personál TPS současně zajišťuje okamžité hodnocení bezpečnostního stavu jaderné elektrárny se zřetelem na jadernou bezpečnost a radiační ochranu, řídí činnost operativně ustanovovaných zásahových skupin při řešení následků mimořádných událostí a je schopen zpracovávat podklady a doporučení pro rozhodovací a řídicí činnost havarijního štábu. V případě požadavku SI nebo velitele HŠ může být vyžádána podpora pro personál TPS dalšími specialisty (10).

### **Vnější havarijní podpůrné středisko**

VHPS zabezpečuje činnosti spojené s radiačním monitorováním a hodnocením radiační situace v zóně havarijního plánování a na základě výsledků radiačního monitorování i prognózy dalšího vývoje radiační situace (10).

### **Havarijní informační středisko**

Personál havarijního informačního střediska zajišťuje v případě vzniku mimořádné události předávání veškerých informací masmédiím a zodpovídání dotazů veřejnosti. Jeho činnost je zaměřena zejména na informování laické veřejnosti a orgánů státní správy a samosprávy bezprostředně nezapojených do systému vnější havarijní připravenosti jaderné elektrárny. Zodpovídá za přípravu tiskových zpráv pro sdělovací prostředky. Havarijní informační středisko je umístěné v areálu Zdravotně sociální fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (10).

### **Logistické podpůrné středisko**

Personál logistického podpůrného střediska zajišťuje potřebné materiálně technické prostředky a kvalifikované lidské zdroje dle požadavků a potřeb HŠ, technického podpůrného střediska a vnějšího havarijního podpůrného střediska. Logistické podpůrné středisko představuje vnější podporu OHO. Logistické podpůrné středisko je umístěné v areálu Zdravotně sociální fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (10).

## **1.4.7 Systém vnější havarijní odezvy**

Zabezpečení externí podpory a případné použití dalších kapacit, zdrojů a prostředků řídí v HŠ funkce Logistik, ve spolupráci s logistickým podpůrným střediskem. Pro výpomoc s dopravou, či těžkou technikou je nastavena možnost požádat OPIS HZS JčK, který má pravomoc v rámci IZS vyzvat další složky a organizace k pomoci při zvládnutí následků MU. V rámci celé skupiny ČEZ je nastavena pomoc prostřednictvím krizového štábu ČEZ pro postiženou lokalitu. V rámci tohoto orgánu by byla zajišťována dostupnost externích specialistů (dodavatelé, expertní znalosti, zahraniční pomoc, atp.). Nejúčinnější pomoc se předpokládá z lokality EDU (10).

Na zajištění vnější HP JE se podílí celá řada orgánů a organizací jak na národní, tak lokální úrovni. Při výskytu MU a následném řešení vzniklé MU komunikuje JE s následujícími vnějšími orgány a organizacemi na národní i lokální úrovni (10).

### **SÚJB - Krizový štáb**

Krizový štáb SÚJB zabezpečuje prostřednictvím radiační monitorovací sítě ČR nezávislé hodnocení radiačních projevů vzniklé radiační MU. Na základě výsledků monitorování jednotlivých složek monitorovací sítě ČR poskytuje podklady pro rozhodování Krizového štábu kraje o opatřeních k ochraně obyvatelstva (10).

### **Krajský úřad**

Krajský úřad zabezpečuje koordinaci vnější havarijní připravenosti všech ORP, jejichž území zasahuje do ZHP. Hejtmán příslušného kraje řídí ve spolupráci se starosty dotčených ORP veškeré činnosti spojené se zajištěním vnější havarijní připravenosti v celé ZHP a rozhoduje o vyhlášení a realizaci opatření na ochranu obyvatelstva. Jako poradní orgán mu slouží Krizový štáb kraje. Vyhlášení neodkladných ochranných opatření provádí na základě doporučení Krizového štábu SÚJB, zpracovaných výsledků radiačního monitorování a dalších podkladů poskytovaných jednotlivými složkami radiační monitorovací sítě (10).

Provozovatel poskytuje, v případě radiační havárie na jaderné elektrárně, krizovému štábu kraje prostřednictvím havarijního štábu potřebnou součinnost, data a informace nezbytné pro posouzení závažnosti vzniklé situace. Pro zajištění součinnosti odesílá Jaderná elektrárna do Krizového štábu kraje svého zástupce (10).

### **Obce s rozšířenou působností**

Starostové dotčených obcí s rozšířenou působností rozhodnou o svolání krizových štábů obce a řídí vyhlášení a realizaci ochranných opatření na dotčeném území ORP. Při řízení těchto činností vychází z Vnějšího havarijního plánu. Ochranná opatření vyhláší po předcházejícím projednání s krizovým štábem kraje, který zajišťuje vzájemnou koordinaci zpráv a informací předávaných mezi jednotlivými ORP, SÚJB a Jadernou elektrárnou. Tento postup slouží k zajištění provázanosti vyhlášených ochranných opatření na území spadající pod správu jednotlivých ORP (10).

### **Hasičský záchranný sbor**

Hasičský záchranný sbor zabezpečuje na základě pokynu z jaderné elektrárny varování obyvatelstva v zóně havarijního plánování pomocí sirén ovládaných prostřednictvím národního integrovaného systému varování a dále zabezpečuje odvyílání příslušných rozhlasových a televizních relací u České televize a Českého rozhlasu. HZS kraje pro ČEZ, a. s. rovněž zabezpečuje vyrozumění dotčených obcí s rozšířenou působností prostřednictvím krajského operačního a informačního střediska HZS (v souladu s vyhláškou č. 318/2002 Sb. v platném znění). Hasičský záchranný sbor dále řídí IZS a disponuje technickými prostředky pro podporu zvládnání mimořádných událostí na jaderné elektrárně (10).

### **Český hydrometeorologický ústav**

Český hydrometeorologický ústav zabezpečuje pro jaderné elektrárny vyhodnocování aktuální meteorologické situace a zpracování prognóz dalšího vývoje. Výstupy základních meteorologických údajů nezbytných pro ocenění potenciálního nebo skutečného šíření radioaktivních úniků v okolí JE předává do příslušných informačních sítí JE (10).

### **Policie a bezpečnostní služba**

Policie a bezpečnostní služba spolupracují při vyrozumění obyvatelstva v zóně havarijního plánování, organizaci evakuace, dopravní situace, střežení objektů atd. (10).

### **Zdravotnická záchranná služba (Traumatologický plán)**

V prostorách ETE je zdravotnická péče zabezpečena souběžně lékařem závodní preventivní péče se zdravotní sestrou (v pracovní době) a skupinou rychlé zdravotnické pomoci (nepřetržitá pohotovost 7 dní v týdnu 24 hod. denně). Skupina rychlé zdravotnické pomoci je tvořena středním zdravotním pracovníkem – záchranářem ZZS JčK a řidičem – záchranářem HZSp (41).

## 1.5 Dokumentace OHO

Havarijní připravenost je jedním z procesů ČEZ, a. s. řízených a zajišťovaných pod jadernou legislativou (vyžaduje prokázání schopnosti řídit a zajišťovat havarijní připravenost JE, jako nezbytné podmínky pro získání povolení k provozu JZ).

### 1.5.1 Řídící dokumentace

Řídící dokumentace jsou dokumenty, které jsou nástrojem řízení strategického a vyššího managementu, respektive projektových manažerů. Procesní řídicí dokumenty popisují, jak se řídí systém, útvar, skupina procesů, projekt či proces. Stanovují odpovědnosti a delegují pravomoci shora dolů. Operativní řídicí dokumenty obsahují časově omezené požadavky či postupy, rozhodnutí a ukládají úkoly v liniové, procesní nebo projektové struktuře (41).

Vzhledem k tomu, že bezpečnostní požadavky havarijní připravenosti se dotýkají prakticky všech oblastí řízení, je každý pracovník zodpovědný za dodržování požadavků havarijní připravenosti v rozsahu své působnosti v JE (41).

Odpovědnost za havarijní připravenost JE zůstává na držiteli povolení k provozu jaderného zařízení, kterým je ČEZ, a. s. (41).

Havarijní připravenost JE je komplexní systém, který popisuje řada řídicích dokumentů. Pro názornost uvádím několik příkladů, samozřejmě bez nároku na úplnost:

- PRGR - Příkaz generálního ředitele (např.: Politika bezpečnosti a ochrany životního prostředí, Politika kvality řízení),
- PA - Pravidla (např.: Organizační řád ČEZ, a. s.),
- SD - Sdílená dokumentace (např.: Radiační ochrana v ETE),
- SM - Směrnice (např.: Havarijní připravenost JE),
- ST - Standard (např.: Kultura bezpečnosti v působnosti SCŘB – divize výroba),
- PP - Postup (např.: Organizační zabezpečení HP, Technické zabezpečení HP, Řízení a provádění zásahů),
- ZI - Zásahová instrukce ETE (např.: ZI – SI, ZI - Velitel HŠ, ZI - Vnější podpora, ZI - Mluvčí HŠ (ETE), ZI - Řízení zásahů...).



## 1.5.2 Provozní dokumentace

Při řízení nebo vykonávání různých činností na technologickém zařízení se používá tzv. provozní dokumentace (41).

Provozní dokumentace je skupina dokumentů, zahrnující PP a jejich změny formou revize, dočasné změny PP a operativní programy. Celkový přehled o všech položkách provozní dokumentace (aktuální i historie) je k dispozici v ISSPD (41).

Místní provozní předpis je řízený dokument předepisující způsob provozování uceleného souboru zařízení, bloku, systému. Obsahem MPP jsou popisy příslušných systémů, komponent a jejich provozních režimů a popisy, kterými jsou předepsány činnosti personálu, manipulace a operace při obsluze systémů pro uvedení technologie do určitého, předem definovaného stavu (41).

### Kategorizace MPP z hlediska JB

Z hlediska JB jsou místní provozní předpisy rozděleny do tří kategorií.

Kategorie 1 - provozní předpisy s bezprostředním vlivem na JB.

Patří sem MPP schvalované SÚJB. MPP může být platný nejdříve až po schválení SÚJB – vydáním rozhodnutí a vzdáním se práva rozkladu a/nebo nabytím právní moci rozhodnutí. Pro stanovení účinnosti MPP platí rozhodnutí SÚJB.

Kategorie 2 - provozní předpisy důležité z hlediska JB.

Patří sem MPP vyžadované jadernou legislativou, MPP pro řízení, ovládání, zkoušky a kontroly systémů důležitých z hlediska JB. Tyto předpisy musí být předávány – distribuovány na SÚJB a doporučovány ke schválení zaměstnanci z útvaru jaderná bezpečnost ETE.

Kategorie 3 - provozní předpisy nedůležité z hlediska JB.

Patří sem všechny ostatní MPP nezařazené do kategorie 1 nebo 2. Tyto předpisy nemusí být předávány SÚJB. Jsou na SÚJB distribuovány pouze v případě, že si je sám vyžádá/vyžádal (41).

Zařazení MPP do kategorií určuje vedoucí útvaru JB ETE. Přehled jednotlivých MPP se zařazením do kategorií je uveden v Matici MPP (41).

## **Používání řízených dokumentů**

Při provádění veškerých činností, pro něž jsou potřebné řízené dokumenty, se dbá zejména na to, aby se používala platná dokumentace; použití neschválené nebo neplatné dokumentace je nepřípustné (41).

Provozní dokumentace patří mezi nejdůležitější řízené dokumenty z hlediska zajištění bezpečnosti. Proto jsou pro ni závazně stanoveny způsoby používání, vycházející z definic úrovní používání. Stanovení způsobu používání Provozní dokumentace nijak nesnižuje její závaznost. Každý dokument je závazný ve v něm stanoveném rozsahu a uživatel dokumentu je zodpovědný za splnění všech v něm definovaných povinností (41).

## **Definice úrovní používání Provozní dokumentace**

U Provozní dokumentace rozeznáváme čtyři typy úrovní používání:

- nepřetržité používání se záznamem,
- nepřetržité používání,
- používání pro ověření,
- informativní používání (41).

U některé Provozní dokumentace může být v různých částech dokumentu použita různá úroveň používání. V tomto případě je příslušný dokument označen jako smíšené používání s vyznačením nejvyšší použité úrovně používání (41).

## **Dělení provozní dokumentace**

Provozní dokumentaci lze dělit i jinak, například na celoblokové a systémové předpisy. Celoblokové předpisy pak lze rozdělit na předpisy pro normální, abnormální provozní a havarijní provozní stavy (41).

Provozní dokumentace zahrnuje i Limity a podmínky, Administrativní postup a Operativní program. Pro provozní dokumentaci se též používá označení místní provozní předpis (41).

## 1.6 Kultura bezpečnosti

### 1.6.1 Projevy kultury bezpečnosti

Každý v organizaci, od vrcholového vedení až k výkonným zaměstnancům, musí prosazovat bezpečnost a přispívat k neustálému zlepšování kultury bezpečnosti, podporované systémem řízení (41).

Kultura bezpečnosti není hmotná věc, takže kromě definice ji musíme popsat prostřednictvím jejích projevů, kterými je vnímána:

- existence strategických a akčních plánů,
- existence a kvalita systémů řízení rizik,
- existence a kvalita informačního systému,
- rozsah hodnocení systému řízení bezpečnosti,
- rozsah a kvalita školení zaměstnanců v oblasti práce a bezpečnosti,
- existence pozitivních postojů k bezpečnosti mezi zaměstnanci,
- rozsah, ve kterém jsou zaměstnanci oddáni bezpečnosti při každodenních činnostech,
- postavení vrcholových zaměstnanců bezpečnosti v hierarchii organizace (41).

### 1.6.2 Model kultury bezpečnosti

Kulturu bezpečnosti lze popsat ve třech úrovních:

- úroveň artefaktů,
- úroveň hodnot,
- úroveň základních předpokladů (41).

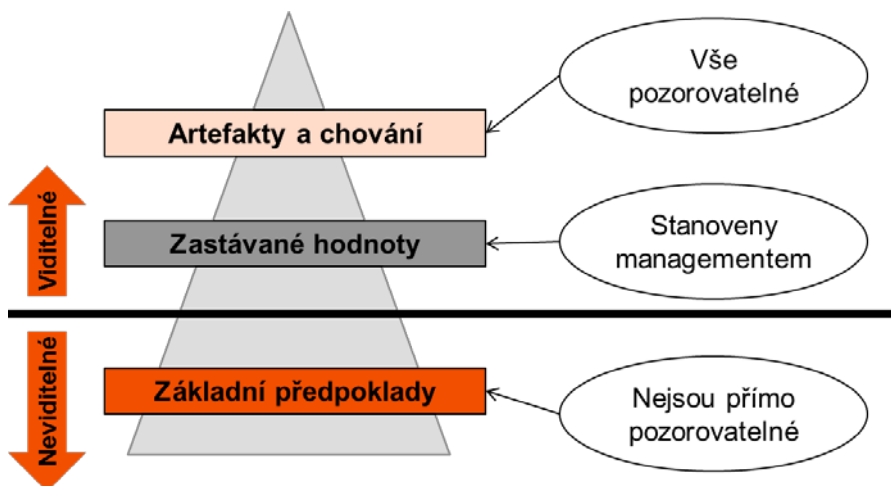
Nejvyšší úrovní jsou artefakty a chování - tato úroveň je nejsnadněji identifikovatelná, pozorovatelná, ovlivnitelná. Součástí této úrovně jsou všechny vnější projevy kultury, které člověk vnímá (41).

Prostřední úrovní jsou zastávané hodnoty - tato úroveň je ovlivnitelná a pozorovatelná jen částečně. Hodnoty mají spolu s normami a pravidly určující, regulující a usměrňující funkci. Napovídají, jak se chovat v konkrétní situaci. Vytvářejí se na základě úspěšného řešení určité situace daným způsobem (41).

Tento způsob řešení je ostatními vnímán, sdílen a následně přetvářen ve sdílenou hodnotu. Tato vrstva kultury funguje na vědomé úrovni (41).

Spodní úroveň jsou základní předpoklady - tato úroveň je nejhlubší, neuvědomovaná a proto velmi odolná změně. Základní předpoklady jsou v zaměstnancích tak hluboce zakořeněny, že jsou považovány za samozřejmé, a proto není považováno za vhodné o nich vůbec diskutovat. Jestliže jsou základní předpoklady zpochybňovány, vzbuzuje to v zaměstnancích úzkost. Této úzkosti se člověk snaží vyhnout a proto má tendenci dění kolem sebe vnímat v souladu se svými předpoklady, což může občas znamenat použití nějaké formy obranné reakce jako třeba popírání, či zkreslování (41).

**Obrázek č. 1 – Model kultury bezpečnosti**



Zdroj: Interní dokumentace ČEZ, a.s.; ČEZ\_ST\_0030 Kultura bezpečnosti v působnosti SCŘB – divize výroba (41)

### 1.6.3 Stadia rozvoje kultury bezpečnosti

Existují tři stadia rozvoje kultury bezpečnosti. Každé stadium obsahuje odlišné povědomí o účincích lidského chování a postojů na bezpečnost.

1. Bezpečnost je založena na pravidlech a předpisech - je kladen důraz na postupy.
2. Bezpečnost je považována za cíl organizace - je kladen důraz na plánování a dosahování cílů v oblasti bezpečnosti.
3. Bezpečnost lze vždy zlepšit - je kladen důraz na trvalé zlepšování a dosahování vynikajících výsledků (41).

## **1.6.4 Metody pro rozvoj kultury bezpečnosti**

System řízení musí prosazovat a podporovat silnou kulturu bezpečnosti prostřednictvím:

- zajišťování společného pochopení klíčových aspektů kultury bezpečnosti,
- poskytování prostředků, s jejichž pomocí organizace podporuje jednotlivce i týmy v tom, aby své úkoly vykonávali bezpečně a úspěšně, přičemž zvažuje vzájemné působení mezi jednotlivci, technologií a organizací,
- upevňování postoje osvojování znalostí a vědomostí a zvědavého postoje na všech úrovních organizace,
- poskytování prostředků, s jejichž pomocí organizace trvale usiluje o rozvíjení a zlepšování své kultury bezpečnosti (41).

## **1.7 Kvalita lidského výkonu**

### **1.7.1 Základní předpoklady zlepšování kvality lidského výkonu**

Definování požadavků na minimalizaci lidských chyb je reakcí na známou a nevyhnutelnou skutečnost, že lidé jsou omylní a i ti nejlepší jednotlivci dělají chyby. Chyby (selhání) při výkonu činností mají zásadní význam pro výsledek. Úroveň profesionality všech zaměstnanců se proto odráží ve výsledcích. Důsledné uplatňování vhodných nástrojů na snížení počtu lidských chyb a vytváření bariér je prevencí proti vzniku nežádoucích stavů s negativními dopady na bezpečnost, ŽP či zdraví lidí (41).

Základním předpokladem dosahování očekávaných výsledků lidského výkonu je ztotožnění se s následujícími zásadami:

- Situace, v nichž může vzniknout chyba, jsou předvídatelné, zvladatelné a je možné jim předcházet.
- Chování jednotlivců je ovlivněno procesy a hodnotami (prioritami) organizace.
- Lidé dosahují vynikající úrovně výkonu hlavně tehdy, pokud jsou podporováni a povzbuzováni svými vedoucími, kolegy i podřízenými.
- Nežádoucímu stavu je možno zabránit porozuměním příčinám vzniku chyb a poučením se z minulých událostí, nikoliv hledáním viníka (41).

## 1.7.2 Očekávané jednání (chování) jednotlivců

Jednotlivci by při výkonu práce na JE měli uplatňovat následující zásady:

### Komunikace za účelem vzájemného porozumění

- Komunikují přesně a často.
- Informují spolupracovníky nebo nadřízené, kdykoliv se při provádění nějaké činnosti objeví potenciální problém.
- Uplatňují metody efektivní týmové spolupráce.
  - ✓ Ptají se, aby dostali nezbytnou informaci.
  - ✓ Otevřeně diskutují, jestliže vznikne potenciální problém.
  - ✓ Iniciativně hledají způsoby řešení problémů.
  - ✓ Konflikty řeší tak, aby se dosáhlo co nejlepšího řešení.
  - ✓ Hodnotí jednání ostatních k podnícení dosažení týmových dovedností.
  - ✓ Sledují rozdíly mezi očekávaným a skutečným stavem a jakýkoliv vývoj těchto rozdílů (41).

### Používání technik pro předcházení chybám

- Využívají metody sebekontroly.
- Využívají metody kolegiální kontroly.
- Věnují náležitou pozornost provádění úkolů.
- Očekávají úspěšné provedení úkolu, ale plánují i opatření pro případ vzniku problému.
- Vyžadují dostatek času pro správné a bezpečné splnění úkolu.
- Používají kontrolu správného postupu (použití kontrolních listů (41)).

### Prověřování odolnosti bariér proti vzniku chyb

- Dodržují předepsané postupy a závazné pokyny (smysl pro opatrnost).
- Prověřují nezbytnost při omezování standardních bezpečnostních opatření.
- Sledují parametry ovlivňující bezpečnost.
- Zastaví plnění úkolu v případě, že se objeví neznámé nebo neočekávané stavy a skutečnosti (41).

### Zlepšování osobních schopností

- Rozvíjí silný osobní vztah k vlastní práci (sounáležitost s firmou).
- Doplnují si znalosti a chápou faktory, které ovlivňují lidské chování (41).

### **1.7.3 Očekávané jednání organizace**

Vedoucí na všech úrovních řízení by měli uplatňovat následující zásady:

#### Podpora otevřené komunikace

- Vysvětlují (komunikují) role, odpovědnosti, očekávané chování, výsledky a standardy.
- Vytváří atmosféru otevřené komunikace.
- Prověřují hodnoty (priority) organizace, předpoklady a názory jednotlivců, které by mohly potenciálně vést ke vzniku nežádoucího sebeuspokojení (41).

#### Podpora týmové spolupráce

- Analyzují úkoly, aby identifikovali situace se zvýšenou pravděpodobností vzniku chyb.
- Prosazují dodržování náročných standardů.
- Prověřují, zda zaměstnanci přesně chápou možné následky nebezpečného chování.
- Řeší konflikty mezi zaměstnanci nebo pracovními skupinami.
- Prověřují, zda jsou zaměstnanci schopni splnit požadavky daného úkolu.
- Minimalizují neinformovanost zaměstnanců.
- Zajišťují (před zahájením práce) rovnováhu mezi požadavky na plnění úkolů a dovednostmi/schopnostmi jednotlivce.
- Vytvářejí dobré mezilidské vztahy a pracovní vztahy (41).

#### Vyhledávání a odstraňování organizačních nedostatků

- Získávají a reagují na zpětnou vazbu od zaměstnanců o problémech, které mohou vést ke vzniku chyb.
- Rozpoznávají základní příčiny problémů s lidským výkonem.
- Sledují trendy výkonu lidí (41).

### Prosazování požadovaného chování na pracovištích

- Určují způsob chování, který je důležitý pro úspěšné provedení úkolu.
- Prosazují požadované chování zaměstnanců při každé příležitosti.
- Odborně vedou zaměstnance formou pozorování, aktivního naslouchání a dotazování.
- Zabraňují nebezpečnému chování.
- Účastní se aktivit spojených se školením zaměstnanců k dosahování cílů a hodnot (41).

### Oceňování prevence vzniku chyb

- Prosazují jadernou bezpečnost jako nejvyšší prioritu.
- Podporují poctivé přiznání osobních omezení.
- Určují jednotlivce na provedení prací podle stanovených kritérií.
- Chrání zaměstnance před rušivými vlivy organizace, které nesouvisí s výkonem práce.
- Přizpůsobují svoje chování tak, aby bylo v souladu se stanovenými hodnotami (41).

### Prosazování firemní kultury

- Zavádí taková organizační opatření, aby zaměstnanci nemuseli vykonávat práci v neodůvodněném spěchu.
- Poskytují podřízeným možnost pracovat s takovými zaměstnanci, kteří jim jdou dobrým příkladem.
- Zjednodušují pracovní postupy.
- Eliminují činnosti prováděné provizorním způsobem.
- Ověřují vhodnost plánování nestandardních kroků, testů a nepravidelných zkoušek (41).

### Předcházení rizik a zmírňování následků chyb

- Podporují volný tok informací mezi zaměstnanci a pracovními skupinami.
- Delegují pravomoci na nejnižší vhodnou úroveň řízení v organizaci.
- Podporují zjednodušování procesů a postupů při provádění činností.



- Schvalují pouze postupy s jasnou a logickou posloupností úkolů tak, aby byly uživatelsky přijatelné.
- Vysvětlují zásady používání a dodržování dokumentace.
- Prověřují funkčnost bariér.
- Nastavují pracovní procesy a přidělují prostředky ke snížení administrativní zátěže (41).

#### Prevence rozvoje situací se zvýšenou pravděpodobností vzniku chyb

- Zabezpečují kvalifikaci výkonných zaměstnanců, vedoucích i manažerů na rozpoznávání situací se zvýšenou pravděpodobností vzniku chyb.
- Upozorňují zaměstnance na klíčová rozhodovací místa úkolu.
- Nenechávají zaměstnance provádět práce, pro které jsou vhodnější stroje.
- Prověřují, zda jsou zaměstnanci správně vyškolení v reakci na neočekávané stavy.
- Plánují a realizují proškolení (briefing) před zahájením nepravidelně prováděných úkolů.
- Systematicky vyhledávají situace, ve kterých jsou zaměstnanci nadměrně sebevědomí nebo naopak nemají dostatek zkušeností pro bezpečné provedení zadaného úkolu (41).

#### Podpora učícího se prostředí (tzv. učící se organizace) pro trvalé zlepšování

- Provádějí sebehodnocení výsledků útvarů, procesů a činností k identifikaci neshod a potenciálu pro zlepšení.
- Jsou schopni poučit se z událostí i zkušeností (vnitřních i vnějších), uplatňují princip netrestání za neúmyslné chyby pro nastolení prostředí otevřené komunikace.
- Zavádějí programy nápravných opatření.
- Pro zlepšení lidského výkonu používají proaktivní i reaktivní opatření.
- Sdílí zkušenosti (41).

## **1.8 Hodnocení bezpečnosti**

### **1.8.1 Metody hodnocení bezpečnosti**

Deterministickou metodou se rozumí metoda analýzy, která používá pro klíčové parametry jaderného zařízení numerické hodnoty bez ohledu na jejich pravděpodobnost (hodnota pravděpodobnosti je brána 1) vedoucí k jedinému (jednoznačnému) výsledku. Použité parametry mohou být voleny konzervativně nebo jako nejlepší odhad na základě inženýrského posouzení analyzovaného děje (7).

Pravděpodobnostní metodou se rozumí metoda ocenění bezpečnosti jaderného zařízení, která bere v úvahu pravděpodobnost, průběh a následky poruch zařízení nebo přechodových podmínek k odvození číselných odhadů míry jejich bezpečnosti (7).

### **1.8.2 Hodnocení bezpečnosti JZ**

Pro ověření plnění obecného bezpečnostního cíle a základních bezpečnostních principů musí během procesu projektování i ve všech dalších etapách životního cyklu JZ probíhat proces komplexního deterministického a pravděpodobnostního hodnocení bezpečnosti jako iterační, ověřovací a potvrzovací činnost, kterou musí být prokázáno, že projekt a zařízení podle projektu jsou schopna plnit v rozsahu projektových východisek požadavky jaderné bezpečnosti a radiační ochrany při normálním a abnormálním provozu a při projektem předpokládaných havarijních podmínkách (7).

Toto hodnocení musí být dokumentováno tak, aby umožnilo nezávislé ověření a aktualizaci s ohledem na provozní zkušenost, nové informace, stávající úroveň vědy a techniky a metod hodnocení. Základní formou dokumentace tohoto hodnocení jsou bezpečnostní zprávy, jejichž obsah a úroveň informací stanoví Státní úřad pro jadernou bezpečnost (7).

### 1.8.3 Deterministické bezpečnostní hodnocení

Deterministické bezpečnostní hodnocení musí analyzovat a vyhodnotit průběhy dějů všech kategorií stavů jaderného zařízení a prokázat:

- správnost definování projektových východisek jaderného zařízení jako celku i jeho jednotlivých částí,
- plnění bezpečnostních funkcí a kritérií přijatelnosti,
- dostatečný konzervatismus a bezpečnostní rezervy,
- že zvládnutí projektem předpokládaných provozních stavů včetně projektových a vybraných nadprojektových nehod je možné zajistit zásahem automatické funkce bezpečnostních systémů v kombinaci s předepsanými zásahy obsluhy,
- správnost nastavení řídicích a ochranných systémů; přijatelnost jejich odezvy, včetně zohlednění odezev plánovaných zásahů obsluhy; správné zohlednění podmínek možných rušivých vlivů systémů nesouvisejících s bezpečností či falešného zapracování ochranných systémů nebo chyb obsluhy (7).

### 1.8.4 Pravděpodobnostní bezpečnostní analýza

Pro každý projekt jaderného zařízení s reaktorem musí být vyvinuta a používána pravděpodobnostní bezpečnostní analýza (PSA úrovně 1 a 2) tak, aby:

- příslušné modely obsahovaly všechny předpokládané provozní stavy jaderného zařízení a všechny podstatné iniciační události včetně vlivu vnitřních požárů, záplav, nepříznivých povětrnostních podmínek, seismických událostí a lidských zásahů,
- bylo prokázáno, že projekt je vyvážený tak, že žádný prvek nebo postulovaná iniciační událost nezpůsobuje nepřiměřeně vysoký příspěvek k celkovému riziku a že bariéry a úrovně ochrany do hloubky plní uspokojivě svoji funkci,
- bylo prokázáno, že existuje dostatečná prevence před vlivy malých odchylek parametrů jaderného zařízení, které by mohly způsobit velké změny jeho provozních podmínek (7).

Požadavky na deterministické a pravděpodobnostní analýzy a související kvalitativní bezpečnostní cíle stanoví Státní úřad pro jadernou bezpečnost (7).

### **1.8.5 Nadprojektové nehody**

S využitím kombinace deterministických a pravděpodobnostních metod a inženýrského úsudku musí být proveden výběr bezpečnostně nejvýznamnějších nadprojektových událostí (tzv. rozšířené podmínky), provedeny jejich bezpečnostní analýzy a stanoveny ty události, pro které je potřebné a současně rozumně proveditelné zavést v projektu jaderného zařízení odpovídající preventivní či zmírňující technická a organizační opatření (7).

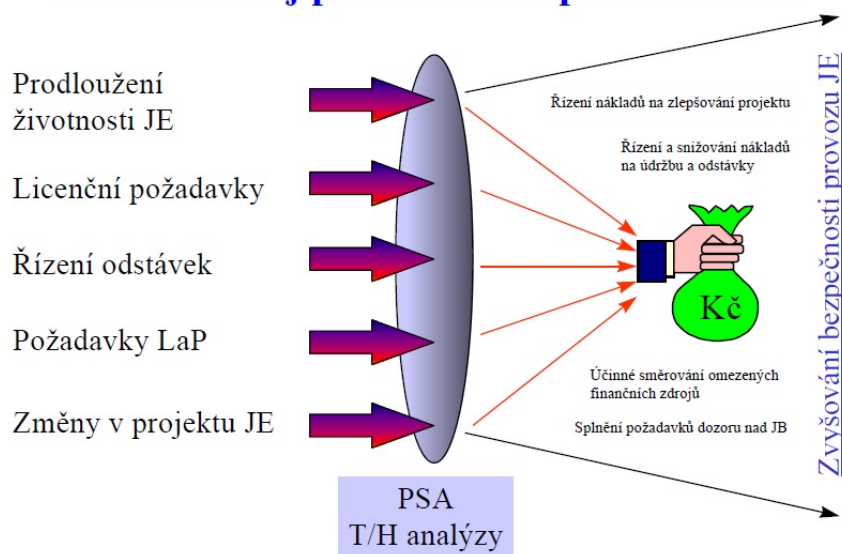
## **1.9 Analýza PSA**

Pravděpodobnostní analýzy bezpečnosti tvoří společně se standardním licenčním hodnocením bezpečnosti pomocí bezpečnostních zpráv, resp. bezpečnostních analýz, základ jak jednorázového, tak i periodického bezpečnostního hodnocení jaderného zařízení. Ve světě jsou široce rozšířeny pro svoji jedinečnou vlastnost poskytovat poznatky o riziku, a tím i bezpečnosti provozu JE a jeho hlavních příspěvcích, které nelze získat žádnými jinými prostředky. Motivem ke vzniku těchto analýz je především ucelenost a systematickosti pohledu na oblast bezpečnosti provozu JZ a možnost stanovení priorit různých bezpečnostních opatření, kterou modely PSA poskytují prostřednictvím kvantifikace dopadů těchto opatření na změnu rizika provozu a tím ocenění jeho bezpečnosti (7).

Praktická využitelnost analýz PSA pro potřeby JZ tedy není jen v jednorázovém využití konečných výsledků, tj. stanovení úrovně rizika provozu JZ a jeho složení, ale především ve využití zpracovaných pravděpodobnostních modelů, mezivýsledků, přístupů a metod PSA i specifických zkušeností z provádění analýz PSA k řadě aplikací zaměřených na ekonomický přínos při zachování dostatečné úrovně bezpečnosti, i k aplikacím zaměřeným na identifikaci a odstraňování slabých míst hlediska bezpečnosti při účinném vynakládání a směřování finančních prostředků (7).

**Obrázek č. 2 – Pravděpodobnostní hodnocení bezpečnosti**

## **PSA - nástroj pro zaměření pozornosti na**



Zdroj: MLADÝ, Ondřej (7)

První komplexní aplikace metod a technik pravděpodobnostního hodnocení bezpečnosti (PSA) se datuje k roku 1975, k bezpečnostní studii amerického dozoru nad jadernou bezpečností US NRC Safety Study, WASH-1400. Tato analýza, známá také jako Rasmussenova studie, byla zaměřena na hodnocení bezpečnosti soustavy jaderných elektráren v USA. Od doby této zásadní, přelomové studie došlo k významnému pokroku a rozvoji metod analýz PSA, a tyto se staly standardním nástrojem hodnocení bezpečnosti jaderných energetických zařízení. Významný rozvoj metod analýz PSA nastal po havárii druhého bloku JE v Three Mile Island (USA), kdy se ukázalo, že iniciační událost a následné havarijní sekvence byly v analýze PSA zastoupeny, ale nebyla jim věnována náležitá pozornost (7).

Mezi další nejdůležitější studie lze zařadit např. studii German Risk Study (fáze A) z r. 1979, zkoumající bezpečnost bloků PWR 1300 MW (referenční blok JE BIBLIS) a fáze B z roku 1989. Další významnou studií byl dokument US NRC NUREG-1150, který provedl referenční hodnocení JE pěti různých typů (PWR a BWR) v USA (Surry, Zion, Sequoyah, Peach Bottom a Grand Gulf (7)).

### 1.9.1 Účel, použití a historie analýz PSA

Pravděpodobnostní hodnocení bezpečnosti (PSA) je analytickou metodou hodnocení bezpečnosti JE, která identifikuje a váže kombinace událostí vedoucí k vážným haváriím, stanovuje pravděpodobnost vzniku každé kombinace (havarijního scénáře) vedoucí k analyzovaným, definovaným nežádoucím událostem - poškození AZ, poškození kontejnmentu, účinkům na obyvatelstvo. Metoda PSA tedy systematicky a realisticky spojuje do jednotného rámce všechny aspekty bezpečnosti: projektové charakteristiky, provozní postupy a zkušenosti, spolehlivost systémů, havarijní předpisy, výkonnost člověka, fyzikální procesy při haváriích a potenciální zdravotní účinky radioaktivních látek, uvolněných z JZ, na obyvatelstvo v okolí JZ (7).

Kromě toho je PSA koncepčním a matematickým nástrojem pro odvození číselných hodnot odhadů rizika plynoucího z provozu jaderných zařízení i průmyslových zařízení obecně. PSA také může číselně vyjádřit nejistoty a neurčitosti nutně obsažené v těchto odhadech. Metody PSA se stále postupně vyvíjejí a jejich zdokonalování vede k dalšímu snižování nejistot obsažených v modelech, nicméně již současné metodiky analýz PSA jsou zcela způsobilé a schopné poskytnout věrohodné číselné výsledky (7).

Hlavní výhodou analýz PSA je získání znalostí z oblasti bezpečnosti provozu JE, od fáze jejího projektování, způsobu jejího provozu až po účinky na okolní prostředí, včetně identifikace nejvýznamnějších příspěvků k riziku a možnosti srovnávat různá alternativní řešení navrhovaná pro snížení rizika. PSA poskytuje konzistentní a integrovaný model bezpečnosti jaderné elektrárny. V důsledku toho PSA také nabízí konzistentní a integrovaný rámec pro rozhodování zaměřené na zajištění jaderné bezpečnosti. Změny, či jejich alternativy v různých oblastech projektu nebo provozu JE se mohou porovnávat na společném základu, a to kvantitativním vyjádřením míry rizika stanovené pomocí analýz PSA (7).

PSA může poskytovat informace a vstupy pro rozhodování o:

- a) změnách a vylepšeníh projektu JE,
- b) způsobu provozu JE,
- c) bezpečnostních analýzách a zaměření výzkumu na potřebné oblasti,
- d) přístupu k požadavkům národních orgánů dozoru nad jadernou bezpečností (7).

Pravděpodobnostní hodnocení bezpečnosti je jedním z nejvhodnějších a neúčinnějších nástrojů k podpoře rozhodovacího procesu při řízení bezpečnosti jaderných elektráren. Jako takové si může klást jeden nebo i více z následujících tří základních obecných cílů:

- Analyzovat úroveň bezpečnosti jaderného zařízení a identifikovat nejvhodnější oblasti pro její zlepšení (snížení rizika).
- Analyzovat úroveň bezpečnosti a porovnat ji s explicitními či implicitními kritérii.
- Analyzovat úroveň bezpečnosti s cílem podpory provozu jaderného zařízení (7).

### **Specifické cíle PSA**

#### a) Identifikace dominantních havarijních sekvencí

Jedná se o identifikaci takových kombinací iniciačních událostí a poruch zařízení či selhání lidského faktoru, které mohou vést s významnou četností k nežádoucím následkům.

#### b) Identifikace systémů, zařízení a činnosti personálu důležitých z hlediska bezpečnosti

Analýza výsledků PSA, tj. identifikovaných dominantních havarijních sekvencí, vede k hodnocení relativních důležitostí různých systémů, zařízení, provozních předpisů a předpisů údržby, spolu s oceněním možných nejistot.

#### c) Hodnocení důležitých závislostí (systémových a rozhraní člověk-stroj)

Jsou vyhodnoceny důležité závislosti mezi systémy a závislosti interakce mezi systémy a lidským faktorem, které jsou důležité z hlediska bezpečnosti. Tyto závislosti zahrnují iniciační události způsobené společnou příčinou, poruchy zařízení se společnou příčinou a vícenásobné závislé lidské chyby, které snižují původně zamýšlený stupeň zálohování projektového řešení systémů JZ a tím i bezpečnost elektrárny.

#### d) Identifikace a hodnocení již existujících i zcela nových bezpečnostních problémů

Výsledky PSA mohou identifikovat nové bezpečnostní problémy buď obecného charakteru, nebo problémy specifické pro dané JZ. Mimoto se může PSA použít jako nástroj pro hodnocení relativní důležitosti nově identifikovaného, nebo již existujícího bezpečnostního problému s možností přiřadit těmto problémům priority (7).

e) Analýza těžkých havárií

Výsledky PSA mohou pomoci při stanovení důležitých havarijních sekvencí, které by měly být považovány za zvládnutelné projektovým řešením jaderného zařízení, a sekvencí vedoucích k nadprojektovému rozvoji havárie, kterým projektové řešení není schopno zabránit.

f) Rozhodnutí o modernizaci jaderného zařízení (obecné i specifické požadavky)

PSA se může použít ke kvantifikaci relativních důležitostí jednotlivých alternativ specifických opatření při modernizaci provozovaného jaderného zařízení. Hodnocení nemusí sloužit pouze k seřazení jednotlivých možných alternativ modernizace ve smyslu jejich potenciálního přínosu ke zvýšení bezpečnosti (snížení rizika), ale také může určit způsob účinného vynaložení finančních nákladů při rozhodování, kterou z alternativ modernizace realizovat a kterou nikoliv.

g) Modifikace projektového řešení jaderného zařízení

U jaderných zařízení, které jsou ve fázi vývoje projektu, se mohou výsledky PSA použít pro hodnocení různých alternativ projektových řešení. Tato „optimalizace“ je obvykle iteračním procesem.

h) Stanovení priorit v oblasti legislativních požadavků a bezpečnosti

Poznatky PSA mohou sloužit jako pomůcka při stanovení priorit v oblasti legislativních požadavků dozorných orgánů nebo ke stanovení priorit v oblasti vývoje a analýz bezpečnosti. Stanovení priorit se může řídit poznatky PSA z oblasti charakteristických rysů jaderného zařízení nebo postupy ovlivňujícími bezpečnost, či z oblasti neurčitostí modelů provozu či fyzikálních procesů jaderného zařízení (7).

## **1.9.2 Základní dělení analýz PSA**

Protože riziko havárií jaderně energetických zařízení může být vyvoláno různými událostmi, které mají původ uvnitř JZ nebo mimo ně, a protože je třeba také hodnotit riziko provozu při práci zařízení na plném výkonu, nízkých výkonových hladinách nebo při plánovaných odstávkách, lze komplexní hodnocení rizika provozu JZ rozdělit do analýz různých úrovní a typů, které tvoří jakési modulární uspořádání komplexního hodnocení rizika provozu jaderných zařízení (7).



Hovoříme o pravděpodobnostních analýzách bezpečnosti PSA různých úrovní. V mezinárodní praxi se vyvinuly tři úrovně (tzv. Level 1 až 3) pravděpodobnostního hodnocení bezpečnosti PSA:

1. úroveň PSA: Hodnocení poruch zařízení JE, které vede ke zjištění četnosti (frekvence) poškození AZ v důsledku takových poruch. Za nežádoucí stav JE a následek různých havarijních scénářů se považuje tavení anebo vážné poškození AZ.

2. úroveň PSA: Hodnocení odezvy kontejnmentu, které spolu s výsledky 1. úrovně vede ke zjištění četnosti (frekvence) a rozsahu úniků radioaktivních látek z kontejnmentu. V návaznosti na analýzu 1. úrovně se analyzuje zatížení kontejnmentu od havarijních sekvencí analyzovaných v předcházející úrovni. Výsledkem je určení možných způsobů a okamžiků selhání kontejnmentu, charakteristik úniků radioaktivních látek (zdrojový člen) a očekávané četnosti výskytu takových událostí.

3. úroveň PSA: Hodnocení následků na okolí JE, které spolu s výsledky analýzy 2. úrovně vede k odhadům rizik, kterým je vystavena veřejnost. V návaznosti na analýzu 2. úrovně jsou zjišťovány následky nehody vně JE. Za následky se považují zdravotní účinky uvolněných radioaktivních látek na obyvatelstvo, a to buď ve formě pravděpodobnosti okamžitých, nebo pozdějších nádorových úmrtí. Tím je v podstatě dokončeno celkové posouzení rizik celého jaderného zařízení (7).

### **1.9.3 Hodnocení rizika různých typů iniciačních havarijních událostí**

Iniciační události jsou události vyvolávající možné havarijní sekvence vedoucí s určitou pravděpodobností na definovaný nežádoucí stav JZ. U nich se rozlišuje, zda vznikají v zařízení samotném v důsledku jeho poruchy, nebo zda působí na zařízení z vnějšku (7).

#### INTERNÍ INICIAČNÍ UDÁLOSTI

Vznikají v JZ samotném jako porucha určitého zařízení, systému nebo v důsledku chybné lidské činnosti. Může se jednat např. o prasknutí potrubí, falešné zapůsobení signálů, ochran nebo selhání komponent a systémů. Zpravidla tvoří největší příspěvek k celkové četnosti poškození AZ (7).

## EXTERNÍ INICIAČNÍ UDÁLOSTI

Vznikají mimo zařízení JZ jako důsledek vnějších vlivů, a mohou být způsobeny selháním zařízení v důsledku určité události (požáry, záplavy, letící předměty), člověkem v okolí JE (výbuchy plynovodu, chemických skladů, průmyslová činnost, transport nebezpečných látek, pád letadla) nebo přírodními jevy (zemětřesení, tornáda, vnější záplavy), atd. Příspěvek těchto vnějších událostí k riziku provozu je velmi specifický pro dané jaderné zařízení, v závislosti na jeho projektovém řešení a zvolené lokalitě výstavby (7).

### **1.9.4 Hodnocení rizika v různých provozních režimech JZ**

Toto hodnocení rizika vyplývá z iniciačních událostí vyskytujících se při provozu jaderného zařízení na plném výkonu ( $N = 100\% N_{\text{NOM}}$ ) nebo při jiných nevykonových režimech, např. zvyšování a snižování výkonu či při plánovaných odstávkách a překládkách paliva, kdy se provádí revize a údržba zařízení. Zkušenosti ukázaly, že analýza těchto stavů je velmi důležitá, protože mohou tvořit kolem 10 - 50% příspěvků k celkové četnosti poškození AZ při provozu na plném výkonu (7).

### **1.9.5 Obvyklý rozsah analýz PSA**

Obecným minimálním požadavkem je zpracování analýz PSA 1. úrovně pro interní iniciační události, v poslední době doplněné o analýzy rizika nevykonových stavů a vybrané externí iniciační události, např. požáry a záplavy. Je to dáno nejen specifickými národními legislativními požadavky, ale i velikostí příspěvků k celkovému riziku provozu, kterému jednoznačně dominují interní iniciační události. Z hlediska rizika jsou také důležité některé stavy při nevykonových režimech. Z externích událostí pak obvykle nejvíce přispívají k celkovému riziku provozu JZ rizika požárů, ale závažné mohou být např. i seismické události (např. pro lokality v Asii), či další události, vždy v závislosti na dané lokalitě JZ (7).

V současnosti jsou analýzy PSA 1. úrovně pro interní iniciační události zpracovány téměř pro každou jadernou elektrárnu, téměř polovina elektráren má zpracovány nebo v současnosti analyzuje 2. úroveň, analýza PSA 3. úrovně je spíše výjimkou (7).

## 1.9.6 Principy konstrukce modelu PSA

Analýza PSA 1. úrovně se v logické posloupnosti skládá z následujících úloh:

### 1. Identifikace iniciačních událostí havárií

Cílem této úlohy je analyzovat a určit co možná nejúplnější seznam událostí, které mohou svým rozvojem v případě následného selhání systémů nebo lidského faktoru vést k analyzovanému nežádoucímu stavu, tj. poškození AZ.

### 2. Modelování možných havarijních sekvencí

Po nalezení a seskupení všech iniciačních událostí, při znalosti bezpečnostních funkcí a systémů, které je zajišťují, i minimálních požadavků na tyto systémy je cílem této úlohy, jako dalšího logického kroku, analyzovat odezvu JE na každou skupinu iniciačních událostí. Tato analýza se provádí pomocí metody stromu událostí.

STROM UDÁLOSTÍ je vlastně zobrazením informací o možných průbězích havarijních sekvencí pro danou iniciační událost.

### 3. Modelování systémů

Cílem této úlohy je, po analýze havarijních sekvencí vedoucích k poškození AZ, podrobně analyzovat události vyskytující se v havarijní sekvenci, tj. selhání jednotlivých systémů zajišťujících bezpečnostní funkce a stanovit všechny možné kombinace poruch zařízení, kterými k selhání daného systému může dojít. Tato analýza se provádí pomocí metody stromu poruch.

STROM PORUCH je grafický model různých paralelních a sériových kombinací selhání prvků, které mohou způsobit výskyt stanovené vrcholové nežádoucí události. Selháními mohou být události, způsobené poruchami prvků systému, lidskými omyly, nebo jinými událostmi, které mohou způsobit nežádoucí událost. Strom poruch tedy zobrazuje logické vazby základních událostí, které způsobují výskyt nežádoucí události definované jako vrcholová událost stromu poruch.

### 4. Analýza dat a parametrických modelů

Cílem této úlohy je shromáždit a získat všechna data nezbytná pro kvantifikaci logického modelu vytvořeného během předcházejících úloh (7).

Jinými slovy, cílem je analyzovat a přiřadit jednotlivým prvkům modelu, iniciačním událostem ve stromech událostí a základním událostem ve stromech poruch, data vyjadřující četnost nebo pravděpodobnost jejich výskytu.

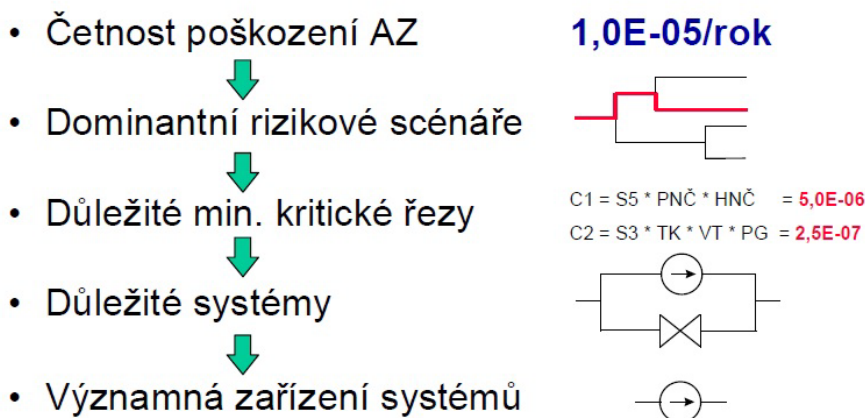
#### 5. Kvantifikace havarijních sekvencí

Cílem této poslední úlohy je kvantifikovat vytvořený logický model havarijních sekvencí za použití pravděpodobnostních parametrů stanovených v předcházející úloze a kvalitativně i kvantitativně jej vyhodnotit (7).

### 1.9.7 Hierarchie a interpretace hlavních výsledků modelu PSA

Výsledky modelu PSA jsou souhrnem výsledků jak kvalitativního, tak kvantitativního hodnocení. Obecně lze říci, že výstupy PSA lze popsat určitou hierarchií výsledných informací. Tato hierarchie kvantitativních výsledků je zobrazena na obrázku č. 3 (7).

**Obrázek č. 3 – Hierarchie výsledků PSA**



Zdroj: MLADÝ, Ondřej (7)

Na nejvyšším stupni v hierarchickém uspořádání rizikových poznatků je hodnota celkové četnosti poškození AZ, která vypovídá o riziku provozu dané JE a může být proto, s určitou nezbytnou obezřetností, použita např. pro porovnání s rizikem provozu ostatních JE, nebo se stanovenými bezpečnostními cíli (7).

Na druhém místě jsou to pak havarijní scénáře dominantní pro celkové riziko provozu, na něž je třeba zaměřit pozornost pro zvyšování bezpečnosti JE (7).

Na třetím místě v hierarchickém žebříčku je pak složení a důležitost jednotlivých minimálních kritických řezů, tedy minimálních kombinací událostí modelu vedoucích k poškození AZ. Jejich seřazení podle velikosti příspěvku k riziku, ale i analýza jejich kvalitativního složení je velmi cennou výslednou informací o složení rizika. Z modelu lze také získat informace o důležitosti (ve formě relativního příspěvku k riziku) jednotlivých systémů zajišťujících bezpečnostní funkce po iniciační události a přehled o zařízení významném pro selhání těchto systémů při plnění daných funkcí (7).

Kromě kvantitativních výsledků, vyjadřujících příspěvky k riziku, jsou také velmi cennou informací i pouhé kvalitativní výsledky bez číselného vyjádření, protože mohou vypovídat o způsobech poruch a kombinacích jednotlivých událostí modelu vedoucích k nežádoucímu následku, poškození AZ. Tyto kvalitativní výsledky zahrnují:

- celkový soubor minimálních kritických řezů modelu - minimální kombinace iniciačních událostí, lidských chyb a poruch prvků, které způsobují nežádoucí událost (poškození AZ),
- kvalitativní složení minimálních kritických řezů a jejich jednotlivých prvků podle způsobu přispívání k selhání systému (na úrovni stromů poruch) a poškození AZ (pro celý model),
- potenciální vliv poruch se společnou příčinou - identifikace takových minimálních kritických řezů systému, které mohou selhat v důsledku jedné poruchy,
- potenciální významnost selhání lidského faktoru (7).

Na základě těchto poznatků a výsledků je pak možné odvozovat doporučení, úpravy nebo akce mající za cíl účinně směřovat investice pro snížení rizika a zlepšení bezpečnosti provozu JE (7).

## 1.9.8 Výsledky PSA pro JE Temelín

Podrobné výsledky analýz jsou uvedeny v souhrnné formě ve zprávě „Temelin NPP PSA Interim Summary Report“. Četnost poškození aktivní zóny pro výkonový provoz způsobená interními iniciačními událostmi byla vypočtena na hodnotu  $8.96E-5$ /rok, interní požáry přispívají hodnotou  $1.8E-5$ /rok a záplavy hodnotou  $2.3E-6$ /rok. Příspěvek seismických a dalších externích analyzovaných událostí se pohybuje pod hranicí  $1.0E-7$ /rok. Relativní příspěvky interních iniciačních událostí k četnosti poškození AZ jsou uvedeny v Tabulce č. 4 (7).

**Tabulka č. 4 – Příspěvky interních iniciačních událostí k četnosti poškození AZ**

Strom události	Popis	Výsledek PSA	
		Frekvence	Příspěvek
01-S4	Malá LOCA	3.29E-006	22.1%
01-T9	Střední únik z I.O do II.O	3.09E-006	20.7%
01-T6	ÚZN VS	2.65E-006	17.8%
01-T7	Neoddělitelný parní únik/ únik NV v KTMT	2.06E-006	13.8%
01T5A	Oddělitelný parní únik/ únik NV mimo KTMT	1.30E-006	8.7%
01-T5	Oddělitelný parní únik/ únik NV mimo KTMT	7.06E-007	4.7%
01-S5	Velmi malá LOCA	7.03E-007	4.7%
01-X1	Prasknutí trubky PG	2.89E-007	1.9%
01-S1	Ztráta integrity TNR	2.69E-007	1.8%
01-X2	Prasknutí trubky PG	1.62E-007	1.1%
01ISL	LOCA do jiných systémů I.O	1.60E-007	1.1%
01-S3	Střední LOCA	1.02E-007	0.7%
01T10	Velký únik z I.O do II.O	5.61E-008	0.4%
01-S2	Velká LOCA	3.04E-008	0.2%
01-TS	Neodstavení reaktoru při požadavku na odstavení	1.53E-008	0.1%
	Všechny ostatní	2.38E-008	0.1%

Zdroj: MLADÝ, Ondřej (7)

## **1.9.9 Další využití PSA**

### LIVING PSA

Living PSA (LPSA) je možné definovat jako analýzu PSA JZ, která je používána k určování průměrného rizika na základě očekávaných nepohotovostí systémů a zařízení. Je pravidelně aktualizována podle potřeby tak, aby odrážela aktuální stav projektového řešení a provozních vlastností JZ a je dokumentována takovým způsobem, při kterém jakýkoliv aspekt modelu PSA může být přiřazen existující informaci o JZ, příslušné dokumentaci nebo předpokladu použitému k modelování při absenci dané informace. LPSA může být používána buď projektanty nebo personálem elektrárenské společnosti či dozoru nad jadernou bezpečností pro řadu dlouhodobých cílů a požadovaných účelů, jako například pro ověření úrovně rizika projektu JZ, hodnocení dopadu uvažovaných změn projektu či provozních předpisů, pro vylepšení programu školení personálu a hodnocení změn licenční základny JZ. Normálně tvoří součást obecné základny bezpečnostního hodnocení JZ (7).

### SAFETY MONITOR

Safety Monitor (SM), také nazývaný monitor rizika - je prostředek analýzy rizika v reálném čase pro určování okamžitého rizika daného aktuálním stavem systémů a zařízení. SM odráží v jakémkoliv okamžiku aktuální konfiguraci elektrárny, ve smyslu známého stavu různých systémů a zařízení, například zda jsou nějaká zařízení mimo provoz z důvodů údržby nebo funkčních zkoušek. Model SM je vytvořen na základě modelu LPSA. Je aktualizován ve stejných intervalech jako modely LPSA. SM je využíván personálem elektrárny pro každodenní podporu rozhodnutí týkajících se provozu, aniž by byly nutné jakékoliv znalosti z oboru PSA (7).

## **1.9.10 Příklady možných dalších aplikací PSA**

### A. STANOVENÍ POŘADÍ DŮLEŽITOSTI A ANALÝZY NÁKLADŮ A ZISKŮ

Pomocí modelů PSA (citlivostní analýzou či změnami v modelu) lze zjistit bezpečnostně-ekonomické preference vybraných projektových změn.

Lze tedy kvantitativně i kvalitativně vyhodnotit navrhovanou změnu nebo její varianty z hlediska přínosu ke snížení rizika provozu JE a při známých nákladech potřebných na realizaci těchto změn, stanovit pořadí jejich důležitostí (7).

#### B. HODNOCENÍ LIMIT A PODMÍNEK BEZPEČNÉHO PROVOZU

Analýzy pravděpodobnostního hodnocení bezpečnosti prokázaly, že požadavky obsažené v LaP na mezní doby nepohotovosti zařízení se velmi různí a kolísají v mezích od velmi konzervativních pro některé konfigurace elektrárny, až po nedostatečně restriktivní pro jiné, z hlediska dodržení přijatelné úrovně rizika provozu.

Deterministické LaP nutí odstavit blok při ztrátě funkce definovaných systémů po překročení určitého časového intervalu definovaného v LaP do předepsaného režimu (horká rezerva, studený stav), který však nemusí být v porovnání s dalším provozem na výkonu a opravou porouchaného zařízení nejméně rizikovým řešením. Paradoxně tak může vzniknout stav, kdy z důvodů zajištění vyšší úrovně bezpečného provozu bloku a na úkor ekonomických ztrát se odstavuje blok, který je pak provozován s vyšší mírou rizika. Tato skutečnost vede k potřebě pružného, dynamického využívání modelu PSA elektrárny pro vyhodnocování aktuálního rizika pro daný stav nebo konfiguraci bloku, protože pomocí modelů PSA pro různé výkonové hladiny pro danou konfiguraci lze zhodnotit a doporučit nejlepší řešení z hlediska optimální bezpečnosti provozu bloku pro danou konfiguraci JE (7).

#### C. SLEDOVÁNÍ RIZIKA PROVOZU A ŘÍZENÍ KONFIGURACE JE

Pomocí základního modelu PSA lze zpětně za určité časové období vyhodnocovat provoz bloku z hlediska úrovně dosaženého rizika, identifikovat konfigurace bloku, které za dané období nejvíce přispěly k celkovému riziku a tyto nežádoucí konfigurace napříště vyloučit.

Totéž, ale v reálném čase, je možné provádět pomocí prostředků monitorování rizika, kdy ještě před realizací každé plánované konfigurace bloku, může operátor provést pomocí např. Safety Monitoru hypotetický výpočet rizika způsobeného zamýšlenou konfigurací a podle výsledku se rozhodnout, zda ji uskuteční nebo bude hledat alternativní řešení.



Protože Safety Monitor uchovává informace o skutečných konfiguracích bloku, časech jednotlivých konfigurací a s nimi spojených úrovni rizika, je možné velmi jednoduše sestavovat zprávy pro vedení JE nebo dozorné orgány o úrovni (indikátorech) rizika provozu za uplynulé období, vyhodnocovat je a na základě vyhodnocení pak činit závěry a opatření směřující ke zvýšení bezpečnosti provozu (7).

#### D. HODNOCENÍ A OPTIMALIZACE ÚDRŽBY

Protože modely PSA (nebo Safety Monitoru) obsahují informace o očekávaných nepohotovostech zařízení v důsledku údržby, funkčních zkoušek za provozu, atd., je pomocí těchto modelů možné také hodnotit reálné historie nebo hypotetické strategie údržby z hlediska dosahované úrovně rizika bloku a na základě vyhodnocení optimalizovat činnosti a plány údržby (7).

#### E. ŘÍZENÍ KONFIGURACÍ BLOKU PŘI ODSTÁVKÁCH

Světová zkušenost z modelování rizika nevykonových režimů JE ukazuje, že tyto režimy a provozní stavy v rámci režimů jsou nezanedbatelnými přispěvateli k četnosti poškození AZ vzhledem k riziku analyzovanému pro stav bloku na plném výkonu (7).

#### F. ŠKOLENÍ PROVOZNÍHO PERSONÁLU

Výsledky modelu PSA umožňují zaměřit školení a výcvik personálu jaderné elektrárny na nejpravděpodobnější a nejzávažnější havarijní scénáře. Pokud se v těchto scénářích objevují dominantní rizikové příspěvky způsobené selháním lidského faktoru, lze na jejich základě změnit havarijní předpisy nebo vhodným zaměřením výcviku snížit pravděpodobnost selhání lidského faktoru v těchto rizikově dominantních havarijních sekvencích (7).

#### G. STYK SE STÁTNÍM DOZOREM (Výjimky z LaP)

Na základě aplikací modelu je možné získat oporu a faktické argumenty pro jednání se státním dozorem, např. o trvalé úpravě LaP (rizikově informované LaP) nebo k získání jednorázové výjimky z LaP doložením, že překročení maximální povolené doby provozu na výkonu o určitý čas (např. o dalších 36 hodin) pro danou aktuální konfiguraci bloku je stále ještě v mezích přijatelné úrovně rizika provozování bloku (7).

### **1.9.11 Analýza rizika nevýkonových stavů**

Zkušenosti ukázaly, že analýza nevýkonových stavů (režimů JE) je velmi důležitá, protože může tvořit 10 - 50% příspěvků k poškození AZ při provozu na plném výkonu. Zatímco otázka příspěvku rizika od iniciačních událostí na plném výkonu je otázkou spíše projektu dané JE, příspěvky od nevýkonových stavů závisí především na strategických údržby specifických pro každou JE, dostupnosti zařízení zabezpečujícího bezpečnostní funkce během těchto nevýkonových stavů (blokady bezpečnostního zařízení, plánovaná údržba, limity a podmínky) a kvalitě a úrovni havarijních předpisů pro nevýkonové stavy (7).

Při analýze nevýkonových stavů se v podstatě analyzuje a porovnává snížení rizika v důsledku příznivějších podmínek provozu (reaktor je podkritický, nízký tlak a teplota a v důsledku toho nižší četnost výskytu iniciačních událostí a delší doba do poškození AZ při výskytu havárie) proti podstatně menší pohotovosti nebo zálohování bezpečnostních zařízení pro úspěšné zvládnutí havarijního scénáře (blokady zařízení, údržba, LaP, havarijní předpisy, atd. (7)).

Cílem této analýzy je tedy identifikovat nejvýznamnější provozní stavy JE, přiřadit k nim příslušné iniciační události a jejich četnosti, upravit model analýz PSA pro plný výkon a následně jej kvantifikovat (7).

### **1.9.12 Další analýzy PSA**

#### Analýza rizika externích událostí

V riziku vnějších (externích) událostí na JE obvykle dominují seismické události a extrémní povětrnostní vlivy. Součástí analýzy však jsou i další vnější rizika, neboť vnější rizika závisí především na lokalitě dané elektrárny. Analýzy externích událostí vyžadují rozsáhlé specifické znalosti. Obecně platí, že je obvykle provedena analýza k identifikaci potenciálních iniciačních událostí a určení četnosti jejich výskytu. Další analýzou se pak zjišťuje vliv iniciační události na zařízení JE (míra poškození, nefunkčnosti, šíření iniciátoru, atd.). Pak se obdobně jako pro interní události provádí kvantifikace havarijních událostí s tím, že systémy a zařízení vyřazené přímo iniciační událostí nejsou k dispozici pro splnění bezpečnostních funkcí (7).

### Analýza rizika požárů

Obecnou metodiku analýzy požárního rizika používanou ke stanovení slabin JE při odolávání vnitřním požárům a odhadu s tím spojené četnosti poškození AZ lze rozdělit do tří větších kroků.

1. Analýza rizika zahrnující posouzení četnosti požárů jako iniciační události pro definované požární úseky.
2. Druhým krokem je analýza odolnosti zařízení a identifikace možných poškození JE v důsledku požárů ve všech uvažovaných požárních úsecích.
3. Třetí stupeň zahrnuje kvantifikaci stromů událostí a havarijních sekvencí přičemž je hodnocena podmíněná pravděpodobnost poškození AZ pro každý stav požárního poškození JE.

Odhad četnosti poškození AZ následkem požárů zahrnuje náhodné poruchy zařízení, lidské chyby a poškození nebo nefunkčnost zařízení způsobené požárem. Stromy událostí a stromy poruch pro interní iniciační události jsou upraveny tak, aby odrážely škody na zařízení způsobené požárem a umožnily posoudit podmíněnou pravděpodobnost havarijní sekvence (7).

### Analýza rizika záplav

Analýza rizik způsobených vnitřními záplavami se provádí takřka stejně jako u požárů. Nejprve se provádí přehledová analýza, jejímž účelem je určit v elektrárně ty oblasti, ve kterých by mohl výskyt záplav za konzervativních předpokladů významně přispět k riziku poškození AZ, a naopak identifikovat a vyřadit oblasti z tohoto hlediska nevýznamné. Pro potenciálně významné případy a scénáře záplav se provádí podrobnější realistická analýza (7).

### Analýza rizika seismické události

Účelem analýzy rizika seismické události je analyzovat vliv zemětřesení jako iniciační události na četnost poškození AZ. Analýza vyžaduje stanovení rizika vzniku seismické události v lokalitě v podobě křivek závislosti zemětřesení dané intenzity (zrychlení podloží) na četnosti jeho výskytu.

Použitý přístup je natolik rozsáhlý, že jej nemá smysl podrobně popisovat a vyžaduje účast specialistů na seismologii při určování rozsahu a četnosti výskytu zemětřesení v lokalitě a specialistů na lomovou mechaniku pro určení dopadů a efektů těchto zemětřesení na budovy a zařízení JE. Výsledkem je konstrukce sady „křivek seismického rizika“, které udávají četnost výskytu seismické události jako funkci zrychlení podloží, které vyvolá.

Na základě tohoto je možné provést analýzu odolnosti zařízení, jejímž výsledkem je stanovení podmíněné pravděpodobnosti selhání zařízení jako funkce zrychlení podloží (intenzity zemětřesení).

Výpočty dopadu zemětřesení na četnost poškození AZ jsou pak umožněny začleněním informací z práce těchto specialistů do seismických stromů událostí a funkčních stromů poruch reprezentujících dopad poruch způsobených seismickou událostí na četnost poškození AZ a jejich kvantifikací (7).

#### Analýza rizika ostatních externích událostí

Cílem této analýzy je stanovit příspěvek dalších externích událostí, kromě zemětřesení, vnitřních požárů a záplav, k celkové četnosti poškození AZ. Takovými událostmi mohou být například nehody při transportu nebezpečných toxických, nebo výbušných látek v blízkosti JE, nehody ve skladištích chemických materiálů v lokalitě, pád letadla, nehody průmyslových zařízení v okolí elektrárny, vnější požáry a záplavy, letící úlomky po havárii turbíny a další události.

Metodika použitá k analýze rizika způsobeného těmito externími událostmi je charakterizována postupnou přehledovou analýzou vyřazující jednotlivé události na základě nevýznamnosti jejich příspěvku k četnosti poškození AZ nebo na základě zanedbatelné četnosti jejich výskytu. Podrobná analýza se pak opět provádí jen pro ty události, které nemohou být vyřazeny během přehledové analýzy (7).

## 1.10 Zátěžové testy

*Přístup uplatňovaný při zátěžových testech k posuzování ověřování jaderné bezpečnosti je odlišný od doposud používaných nástrojů. Bylo vytipováno několik typů událostí a řečeno: „Stalo se to a to, neptejte se, jak je to pravděpodobné, ale řekněte, jak si s danou situací vaše elektrárna poradí“. Tím jsou provozovatelé nuceni zvažovat silné a slabé stránky projektů JE spolu se způsoby, jakými jsou JE provozovány, místo toho, aby se omezili na dokazování, že dané situace v podmínkách dané lokality prostě nemohou nastat.*

Zátěžové testy jaderných elektráren požadované Evropskou radou jsou definovány jako cílené hodnocení bezpečnostních rezerv a odolnosti JE, na pozadí skutečností, ke kterým došlo v Japonsku na JE Fukushima-Daiichi, po zemětřesení a následné vlně tsunami dne 11. 3. 2011. Zadání požaduje analyzovat kombinace extrémních situací, které vedou k těžké havárii jaderného zařízení, bez ohledu na jejich nízkou pravděpodobnost. Zátěžové testy jsou součástí komplexního hodnocení bezpečnosti JE (10).

O provedení zátěžových testů byl ČEZ, a.s. požádán dopisem SÚJB ze dne 25. 5. 2011. Provedení zátěžových testů bylo upraveno příkazem ředitele Divize výroba ČEZ, a.s., který specifikoval jejich rozsah a způsob provedení (10).

Hodnocení bylo provedeno specialisty z oborů jaderné bezpečnosti, projektování jaderných zařízení, managementu havárií, havarijní připravenosti a výzkumu fenomenologie těžkých havárií, plně kvalifikovanými pro tuto činnost. Hodnotitelé postupovali v souladu s deterministickým přístupem předpokládaného postupného selhání všech preventivních opatření při hodnocení extrémních scénářů (10).

V průběhu zpracování hodnocení proběhlo několik pracovních setkání se zpracovateli zátěžových testů ostatních JE typu VVER v rámci tzv. klubu VVER (EDU, Paks, Loviisa, Bohunice, Mochovce) a JE Kozloduj. V rámci WANO probíhají diskuse i s ostatními provozovateli JE typu VVER mimo země Evropské unie (10).

Pro zabezpečení objektivnosti hodnocení bylo provedeno nezávislé posouzení výsledků nejvýznamnějšími vnějšími dodavateli v oblasti jaderné bezpečnosti, mezi které patří zejména ÚJV Řež a Westinghouse (10).

Hodnocení popisuje charakteristiku projektu JE Temelín a její lokality na základě znalostí, které vyplývají z bezpečnostních studií, analýz, průzkumů a inženýrského odhadu, a týkají se současného výskytu několika neočekávaných (nadprojektových) a nepravděpodobných situací a poruch, kombinací kterých dochází k hypotetickému havarijnímu stavu bloku s předpokládanou četností výskytu jedenkrát za 1 000 000 let provozu JE nebo ještě menší (10).

Hodnocení zahrnuje:

- posouzení projektových požadavků a soulad s jejich plněním,
- posouzení odolnosti, robustnosti vůči nadprojektovým stavům (bezpečnostní rezervy, diverzita, redundance, fyzická separace, atd.) a efektivitu systému ochrany do hloubky, včetně identifikace hraničních stavů a případných opatření jak se těmto hraničním stavům vyhnout,
- identifikaci všech prostředků k udržování 3 základních bezpečnostních funkcí (reaktivita, chlazení paliva, omezení úniků), podpůrných funkcí (elektrické napájení, odvod tepla do koncového jímače) a zvažuje efektivní možnosti k dalšímu zlepšení ochrany do hloubky (10).

V hodnocení jsou postiženy všechny provozní režimy a stavy jaderných bloků. Konkrétně se zabývá dopady událostí, jako je zemětřesení, záplavy, extrémní přírodní vlivy, ztráta vnějších zdrojů elektrického napájení, úplná ztráta elektrického napájení a ztráta koncového jímače tepla. Významnou část zprávy tvoří rovněž kapitola „těžké havárie“, jež popisuje procesy a strategie pro jejich zvládnutí v různých fázích (10).

Tato zpráva je hodnocena a popisuje výrazně nad rámec licenčních požadavků stanovených platnou legislativou (Zákon č. 18/1997 Sb.). Výsledky hodnocení potvrzují skutečnost, že robustnost JE Temelín poskytuje značné rezervy k odvrácení těžkých havárií (10).

Z pohledu zátěžových testů je významné zejména pozitivní hodnocení lokality. Přestože území České republiky není rizikové z pohledu extrémními klimatických jevů, byla při výběru lokality pro umístění JE Temelín plně respektována oficiální kritéria IAEA, stanovená od r. 1979 obecně závazným předpisem, který specifikoval umístění budoucích JE právě s ohledem na minimalizaci rizik ve vztahu k vnějším vlivům (10).

Z tohoto důvodu je možné hodnotit lokalitu JE Temelín jako vysoce stabilní ve vztahu k vnějším přírodním jevům, včetně seismicity. Konečným médiem (jímačem koncového tepla) je atmosféra a chlazení je zajištěno odparem v chladicích věžích nebo bazénech s rozstříkem. Surovou vodu pro JE zajišťují vodní nádrže, které jsou umístěny výrazně níže pod úrovní JE, proto ani jejich poškození (např. v případě extrémních záplav, zemětřesení apod.) elektrárnu neohrozí (10).

Hodnocení bezpečnostních rezerv vychází především z výpočtových analýz a případně z kvalifikovaného inženýrského odhadu. Zpráva analyzuje možný dopad kombinované neprovoznosti systémů důležitých pro bezpečnost JE, např. při úplné ztrátě elektrického napájení (station blackout), ztrátě systémů zajišťujících odvod tepla do koncového jímače nebo při ztrátě vnějšího elektrického napájení (např. při rozpadu energetické sítě (10)).

I přes vysokou úroveň bezpečnosti provozu a robustnost JE Temelín byly, na základě provedených rozborů, identifikovány následující možnosti dalšího zvýšení bezpečnosti a odolnosti JE Temelín, uplatňující se v preventivní i následné fázi rozvoje extrémních stavů:

- doplnění dalších mobilních zdrojů elektrického napájení a mobilních zařízení pro čerpání medií, nezávislých a plně oddělených od stávajících projektových systémů (napájením, dislokací, apod.),
- optimalizace organizace a školení personálu pro řízení extrémních situací (např. při zasažení obou bloků JE, při ztrátě řídicích center, systémů komunikace, apod.),
- rozšíření kapacity zařízení pro likvidaci vodíku při těžkých haváriích (10).

## 1.11 Národní akční plán

Dne 31. 12. 2012 předal SÚJB Evropské komisi „Pofukušimský národní akční plán k posilování jaderné bezpečnosti jaderných zařízení v České republice“ (31).

Akční plán byl zpracován v návaznosti na závěry zátěžových zkoušek, jež byly zveřejněny spolu se Společným prohlášením Vysoké skupiny zástupců evropských dozorů nad jadernou bezpečností (ENSREG) a Evropské komise 26. dubna 2012 (31).

Akční plán obsahuje soubor všech hlavních závěrů a doporučení obsažených v Národní zprávě ze zátěžových testů pro ČR, zprávách z prověrek ENSREGu, včetně Závěrečné souhrnné zprávy 2. Mimořádného zasedání smluvních stran Úmluvy o jaderné bezpečnosti (31).

Akční plán zahrnuje seznam nápravných akcí identifikovaných během periodického hodnocení bezpečnosti jaderné elektrárny Dukovany a Temelín po dvaceti, resp. deseti letech provozu, bezpečnostních zjištění při prověrkách/misích IAEA, nálezů zjištěných při realizaci projektu zaměřeného na dlouhodobý provoz JE Dukovany a v neposlední řadě závěrů zátěžových zkoušek provedených ve světle havárie na japonské jaderné elektrárně Fukushima Daiichi (31).

Navržená opatření jsou postupně realizována provozovatelem obou jaderných elektráren, společností ČEZ, a.s. (31).

Kroky obecné povahy, např. úpravy jaderné legislativy nebo otázky týkající se mezinárodní spolupráce, budou realizovány příslušnými orgány státní správy, především SÚJB a dalšími relevantními ministerstvy (31).

Akční plán ČR je živý dokument, který bude revidován a průběžně aktualizován dle nejnovějších poznatků (31).



## 2 HYPOTÉZA A METODIKA

Touto kapitolou začíná vlastní praktická část této práce věnovaná vyhodnocení událostí a rizik spojených s provozem konkrétního jaderného zařízení metodou KARS.

### 2.1 Hypotéza

Metoda KARS je prakticky použitelná pro vyhodnocování bezpečnosti provozu jaderné elektrárny.

### 2.2 Metodika

Zpracování analýzy rizik bude provedeno v následujících krocích:

1. Sběr dat pro provedení analýzy rizik.
2. Zpracování získaných dat metodou KARS.
3. Interpretace získaných výsledků.
4. Porovnání získaných výsledků s dostupnými daty.

Prvním problémem, se kterým se při provádění analýzy rizik bude nutno vyrovnat je stanovení analyzovaných rizik. Pro jejich stanovení se nabízí několik postupů.

První možností je jejich stanovení na základě vlastní úvahy. Tato možnost by byla zřejmě velmi pohodlná, nicméně výsledek by byl silně subjektivní a s minimální vypovídací hodnotou.

Druhou možností by bylo sestavení tabulky rizik na základě interview s několika odborníky na provoz JE. Nicméně i zde lze předpokládat řadu problémů. Například jak vybrat jeho účastníky, aby byly pokryty různé aspekty provozu JE a zejména řešení abnormálních a havarijních stavů. Jak zpracovat jejich odpovědi, které budou zřejmě odrážet jejich úzké profesní zaměření a rozdílnou provozní zkušenost. Jak stanovit, jejich vhodný (minimální) počet.

Pro eliminaci výše zmíněných úskalí se jeví jako vhodná možnost rozebrat činnosti jednotlivých členů HŠ a TPS na základě řídicí dokumentace pro jednotlivé funkce. Jedná se o devatenáct funkcí. V zásahových instrukcích lze předpokládat buď přímé pojmenování jednotlivých rizik, nebo stanovení činností pro jejich zvládnutí.

Zároveň odpadá problém se subjektivitou jednotlivých výpovědí, protože tuto dokumentaci připravují specialisté na havarijní připravenost ve spolupráci s dalšími specialisty JE. Tato dokumentace je pravidelně aktualizována a připomínkována. Zřejmě jedinou nevýhodou tohoto přístupu je jeho pracnost a časová náročnost.

Vlastní zpracování analýzy rizik metodou KARS bude provedeno podle postupu stanoveného Ing. Štefanem Pacindou, Ph.D.

### **2.2.1 Postup při analýze rizik metodou KARS**

Metoda byla vytvořena zejména proto, aby uživatelům odpověděla na otázku, kterým rizikům se věnovat prioritně, a která by se mohla řešit s určitým časovým odkladem (12).

#### **Algoritmus metody KARS**

Vzhledem k tomu, že se jedná o kvalitativní analytickou metodu, není použití metody KARS komplikované. Přesto je důležité dodržet harmonogram kroků, které vedou ke zjištění míry nebezpečnosti rizik průmyslového procesu. Při aplikaci metody KARS je důležité dodržet 8 kroků vedoucích k cíli (12):

##### 1. Zpracování soupisu rizik

Prvním krokem analýzy rizik metodou KARS je vytvořit soupis rizik, který by měl být vypracován odborníky. Soupis rizik by měl být co nejvíce obsáhlý a podrobný, aby analýza rizik měla vypovídající hodnotu (12).

##### 2. Sestavení tabulky souvztažnosti rizik

Tabulka souvztažnosti rizik se sestaví jako matice, ve které je počet řádků a sloupců roven počtu všech identifikovaných rizik. Zároveň platí, že riziko prvního řádku  $R_{1i}$  je zároveň rizikem prvního sloupce  $R_{1j}$  atd. (12).

**Tabulka č. 5 – Souvztažnost rizik – výčet rizik**

	Riziko	1.	2.	3.	4.
1.					
2.					
3.					
4.					

Zdroj: JELŠOVSKÁ, Katarína a Andrea PETERKOVÁ (12)

### 3. Vyplnění tabulky souvztažnosti rizik

Tabulku souvztažnosti rizik vyplníme následovně:

(a) Jelikož riziko  $R_i$  nemůže vyvolat samo sebe, budou na hlavní diagonále matice pro všechna rizika  $r_{ij} = 0$  (pro  $i = j$ ).

(b) Pro vyplnění dalších pozic postupujeme po řádcích zleva doprava. Do pozic  $r_{ij}$  (pro  $i \neq j$ ) vyplníme hodnoty:

1 – je-li reálná možnost, že riziko  $R_i$  může vyvolat riziko  $R_j$ ,

0 – v případě, že riziko  $R_i$  nevyvolá riziko  $R_j$ .

Tímto způsobem vyplníme všechny pozice  $r_{ij}$  do tabulky (12).

**Tabulka č. 6 – Vyplněná diagonála tabulky souvztažnosti rizik**

	Riziko	1.	2.	3.	4.
1.		0			
2.			0		
3.				0	
4.					0

Zdroj: JELŠOVSKÁ, Katarína a Andrea PETERKOVÁ (12)

### 4. Vytvoření součtů souvztažnosti rizik

Následujícím krokem analýzy KARS je doplnění tabulky souvztažnosti rizik o jeden řádek a jeden sloupec. Jednotlivé pozice v novém řádku, resp. sloupci budou představovat součty jednotlivých řádků, resp. sloupců. Tímto obdržíme výslednou tabulku souvztažnosti rizik a jednotlivé součty řádků a sloupců použijeme pro výpočty koeficientů aktivity a pasivity (12).

**Tabulka č. 7 – Tabulka souvztažnosti rizik – součty aktivit a pasivit**

	Riziko	1.	2.	3.	4.	$\Sigma$
1.		0				
2.			0			
3.				0		
4.					0	
$\Sigma$						0

Zdroj: JELŠOVSKÁ, Katarína a Andrea PETERKOVÁ (12)

### 5. Výpočet koeficientů aktivity a pasivity jednotlivých rizik

Cílem dalšího kroku je převést výslednou tabulku souvztažnosti rizik do matematicky a graficky prezentované podoby. Cílem analýzy KARS je posouzení přítomných rizik, k čemuž využijeme tzv. koeficienty aktivity a pasivity.

Koeficient aktivity  $K_{ARi}$  je procentuální vyjádření počtu návazných rizik, která mohou být vyvolána působením rizika  $R_i$ .

Koeficient pasivity  $K_{PRi}$  je procentuální vyjádření počtu rizik, která mohou (na základě správně vyplněné tabulky souvztažnosti rizik) vyvolat působení rizika  $R_i$ .

Tato procentuální vyjádření se vztahují k počtu všech rizik, která mohou v systému nastat. Pro vyjádření koeficientu  $K_{ARi}$  a  $K_{PRi}$  si musíme stanovit počet kombinací, kdy riziko  $R_i$  ostatní rizika může vyvolat, nebo jimi může být vyvoláno (za předpokladu, kdy nevyvolá samo sebe nebo není vyvoláno samo sebou). Pro  $x$  = počet rizik platí, že počet kombinací je roven  $x - 1$ .

Samotný výpočet koeficientu se provádí podle následujících vztahů:

$$\text{koeficient aktivity: } K_{ARi} = \frac{\sum 1R_i}{x-1} * 100, \text{ pro } \sum 1 \text{ v řádce } i,$$

$$\text{koeficient pasivity: } K_{PRi} = \frac{\sum 1R_i}{x-1} * 100, \text{ pro } \sum 1 \text{ ve sloupci } j.$$

Každé riziko  $R_i$  je charakterizováno dvojicí koeficientů  $K_{ARi}$  a  $K_{PRi}$ . Pro lepší práci a reprodukovatelnost výsledku výpočtu sestavíme tabulku koeficientů  $K_{ARi}$  a  $K_{PRi}$  (12).

**Tabulka č. 8 – Tabulka koeficientů aktivit a pasivit rizik**

Riziko	1.	2.	3.	4.
$K_{ARi}$ (%)				
$K_{PRi}$ (%)				

Zdroj: JELŠOVSKÁ, Katarína a Andrea PETERKOVÁ (12)

#### 6. Grafické vyhodnocení rizik

Pro přehlednější zpracování výsledků získaných z předchozích kroků je možné využít grafického zobrazení a hodnocení pomocí grafu souvztažnosti  $K_{ARi}$  a  $K_{PRi}$  pro jednotlivé  $R_i$  (graf závislosti). Na osu x grafu souvztažnosti budeme vynášet hodnoty  $K_{ARi}$  a na osu y budeme vynášet hodnoty  $K_{PRi}$  a to vždy pro jednotlivé  $R_i$  (podle tabulky koeficientů aktivity a pasivity pro jednotlivá rizika (12)).

#### 7. Výpočet os koeficientu aktivity a pasivity

Hlavním cílem vyhodnocení grafu souvztažnosti je stanovení významnosti („rizikovitosti“) jednotlivých rizik podle jejich souvztažností s ostatními riziky v systému. Stanovení významnosti rizik docílíme rozdělením grafu na 4 základní oblasti osami  $O_1$  a  $O_2$ . Tyto oblasti nám stanoví, jak významná rizika se v nich nacházejí.

Výsledné oblasti (kvadranty) jsou:

- (a) Oblast primárně i sekundárně nebezpečných rizik,
- (b) Oblast sekundárně nebezpečných rizik,
- (c) Oblast primárně nebezpečných rizik,
- (d) Oblast relativně bezpečná.

Osu  $O_1$  sestrojíme jako kolmici na osu x a osu  $O_2$  jako kolmici na osu y. Hodnota, ve které bude osa  $O_1$ , resp.  $O_2$ , protínat osu x, resp. y, vypočítáme podle níže uvedených vzorců. Před výpočtem je však nutné si stanovit, jakou část rizik chceme rozdělením na kvadranty pokrýt. Obecně se doporučuje pokrytí na 80% všech rizik, tzn., že do oblasti I. (primárně i sekundárně nebezpečné) dostaneme 80% analyzovaných rizik.

Vzorce pro výpočet os  $O_1$  a  $O_2$ :

$$\text{osa } O_1 \quad O_{1=K_{Amax}} - \frac{K_{Amax} - K_{Amin}}{100} * 80, \text{ pro pokrytí 80\% všech rizik,}$$

$$\text{osa } O_2 \quad O_{2=K_{Pmax}} - \frac{K_{Pmax} - K_{Pmin}}{100} * 80, \text{ pro pokrytí 80\% všech rizik (12).}$$

## 8. Vyhodnocení analýzy KARS

Výsledkem analýzy metodou KARS je graf souvztažnosti rizik, zpracovaný na základě údajů z tabulky koeficientů  $K_{ARi}$  a  $K_{PRi}$ . Graf vykresluje rozdělení rizik podle jejich souvztažnosti s ostatními riziky.

Metoda KARS může být využívána na určení nejzávažnějšího rizika. Výstupy z metody KARS se dají využít při stanovení navazujících činností při působení krizového jevu a určení kritických činností pomocí metody síťové analýzy CPM nebo Ganttova diagramu. Dále je možné využít výstupy při určování nejspolehlivější cesty v grafu na základě ohodnocení pravděpodobnosti vyvolání rizika jiným rizikem (12).

## 3 VÝSLEDKY

### 3.1 Sběr dat pro provedení analýzy rizik

Prvním krokem pro získání údajů o možných rizicích provozu ETE je rozbor řídicí dokumentace pro jednotlivé funkce v HŠ a v TPS včetně SI, viz Tabulka č. 9.

Tabulka č. 9 – Přehled řídicí dokumentace pro jednotlivé funkce v HŠ a TPS

<b>Funkce</b>	<b>Řídicí dokumentace</b>	<b>Funkce</b>	<b>Řídicí dokumentace</b>
<b>Velitel HŠ</b>	ČEZ_ZI_0002	<b>Technolog 2</b>	ČEZ_ZI_0011
<b>Směnový inženýr</b>	ČEZ_ZI_0001	<b>Řízení zásahů</b>	ČEZ_ZI_0052
<b>Vnější podpora</b>	ČEZ_ZI_0003	<b>Dozimetrista</b>	ČEZ_ZI_0012
<b>Administrátor</b>	ČEZ_ZI_0004	<b>Informatik</b>	ČEZ_ZI_0013
<b>Mluvčí HŠ</b>	ČEZ_ZI_0005	<b>Analytik VHPS</b>	ČEZ_ZI_0014
<b>Ochrana</b>	ČEZ_ZI_0006	<b>Dozimetrista. LRKO</b>	ČEZ_ZI_0015
<b>Logistik</b>	ČEZ_ZI_0007	<b>Řidič RMMS2</b>	ČEZ_ZI_0016
<b>Ekolog</b>	ČEZ_ZI_0008	<b>Dozimetrista. RMMS2</b>	ČEZ_ZI_0016
<b>Vedoucí TPS</b>	ČEZ_ZI_0009	<b>Zástupce logistika</b>	ČEZ_ZI_0017
<b>Technolog 1</b>	ČEZ_ZI_0010	<b>Zástupce mluvčího</b>	ČEZ_ZI_0018

Zdroj: vlastní konstrukce

Na základě rozboru řídicí dokumentace jednotlivých funkcí lze stanovit činnosti jednotlivých členů TPS, viz Tabulka č. 10. Pro přehlednost je zmíněná tabulka rozdělena na 5 částí s rozbohem činností vždy 4 členů TPS.





**Tabulka č. 10a – Přehled činností fce SI, VHŠ, VTPS a Technolog 1**

Specifikace činnosti	SI	VHŠ	VTPS	Technolog 1
Posuzování závažnosti události	ANO	ANO		
Splnění ohlašovací povinnosti	ANO	ANO		
Aktivace IOHO / POHO	ANO	ANO		
Vyhodnocování RA situace / RA monitoring	ANO	ANO		
Vyhlášení ochranných opatření	ANO	ANO		
Varování obyvatelstva	ANO	ANO		
Činnosti při narušení zakázaného letového prostoru	ANO			
Činnosti při ztrátě kontroly nad zdrojem ionizujícího záření, ztrátě nebo porušení celistvosti JM	ANO	ANO		
Činnosti při narušení FO JE včetně teroristické hrozby, požárů či výbuchů	ANO	ANO	Viz TC006	Viz TC006
Činnosti při výskytu toxických nebo zápalných látek	ANO	ANO	Viz TC006	Viz TC006
Činnosti dle traumatologického plánu	ANO	ANO	Viz TC006	Viz TC006
Činnosti při ekologické havárii	ANO	ANO	Viz TC006	Viz TC006
Činnosti při závažných přírodních jevech (zemětřesení, vichřice, záplavy) a řešení následků lidských činností (havárie letadel, srážka vozidel s nebezpečným nákladem v ochranném pásmu JE)	ANO	ANO	Viz TC006	Viz TC006
Podpora činností BD dle TCD006	ANO		ANO	ANO
Podpora činností BD dle EOPs	ANO		ANO	ANO
Podpora činností BD dle SEOPs	ANO		ANO	ANO
Řízení činností dle SAMG (SSAMG a BSVP)	ANO	ANO	ANO	ANO
Podpora činností BD dle postupu pro nehavarovaný blok	ANO	ANO	ANO	ANO
Určování zdrojového členu			ANO	ANO
Určení stupně INES		ANO	ANO	
Příprava a řízení zásahu	ANO	ANO	ANO	
Ukončování MU / činnosti	ANO	ANO	ANO	

Zdroj: vlastní konstrukce

**Tabulka č. 10b – Přehled činností fce Technolog 2, Řízení zásahů, Dozimetrista a Analytik VHPS**

Specifikace činnosti	Technolog 2	Řízení zásahů	Dozimetrista	Analytik VHPS
Posuzování závažnosti události			ANO	ANO
Splnění ohlašovací povinnosti			ANO	
Aktivace IOHO / POHO				
Vyhodnocování RA situace / RA monitoring			ANO	ANO
Vyhlášení ochranných opatření			ANO	
Varování obyvatelstva				
Činnosti při narušení zakázaného letového prostoru				
Činnosti při ztrátě kontroly nad zdrojem ionizujícího záření, ztrátě nebo porušení celistvosti JM			ANO	
Činnosti při narušení FO JE včetně teroristické hrozby, požárů či výbuchů	Viz TC006	Viz TC006		
Činnosti při výskytu toxických nebo zápalných látek	Viz TC006	Viz TC006		
Činnosti dle traumatologického plánu	Viz TC006	Viz TC006		
Činnosti při ekologické havárii	Viz TC006	Viz TC006		
Činnosti při závažných přírodních jevech (zemětřesení, vichřice, záplavy) a řešení následků lidských činností (havárie letadel, srážka vozidel s nebezpečným nákladem v ochranném pásmu JE)	Viz TC006	Viz TC006		
Podpora činností BD dle TCD006	ANO	ANO		
Podpora činností BD dle EOPs	ANO	ANO		
Podpora činností BD dle SEOPs	ANO	ANO		
Řízení činností dle SAMG (SSAMG a BSVP)	ANO	ANO		
Podpora činností BD dle postupu pro nehavaraný blok	ANO	ANO		
Určování zdrojového členu			ANO	
Určení stupně INES			ANO	
Příprava a řízení zásahu		ANO	ANO	
Ukončování MU / činnosti				ANO

Zdroj: vlastní konstrukce

**Tabulka č. 10c – Přehled činností fce Administrátor, Vnější podpora, Mluvčí HŠ a Zástupce mluvčího HŠ**

Specifikace činnosti	Administrátor	Vnější podpora	Mluvčí HŠ	Zástupce mluvčího HŠ
Posuzování závažnosti události				
Splnění ohlašovací povinnosti	ANO			
Aktivace IOHO / POHO				
Vyhodnocování RA situace / RA monitoring				
Vyhlášení ochranných opatření		ANO		
Varování obyvatelstva	ANO			
Činnosti při narušení zakázaného letového prostoru				
Činnosti při ztrátě kontroly nad zdrojem ionizujícího záření, ztrátě nebo porušení celistvosti JM				
Činnosti při narušení FO JE včetně teroristické hrozby, požárů či výbuchů				
Činnosti při výskytu toxických nebo zápalných látek				
Činnosti dle traumatologického plánu				
Činnosti při ekologické havárii				
Činnosti při závažných přírodních jevech (zemětřesení, vichřice, záplavy) a řešení následků lidských činností (havárie letadel, srážka vozidel s nebezpečným nákladem v ochranném pásmu JE)				
Podpora činností BD dle TCD006				
Podpora činností BD dle EOPs				
Podpora činností BD dle SEOPs				
Řízení činností dle SAMG (SSAMG a BSVP)				
Podpora činností BD dle postupu pro nehavarovaný blok				
Určování zdrojového členu				
Určení stupně INES				
Příprava a řízení zásahu				
Ukončování MU / činnosti	ANO			

Zdroj: vlastní konstrukce

**Tabulka č. 10d – Přehled činností fce Ochrana, Logistik, Zástupce logistika a Ekolog**

Specifikace činnosti	Ochrana	Logistik	Zástupce logistika	Ekolog
Posuzování závažnosti události				
Splnění ohlašovací povinnosti				
Aktivace IOHO / POHO				
Vyhodnocování RA situace / RA monitoring				ANO
Vyhlášení ochranných opatření	ANO	ANO	ANO	ANO
Varování obyvatelstva				
Činnosti při narušení zakázaného letového prostoru	ANO			
Činnosti při ztrátě kontroly nad zdrojem ionizujícího záření, ztrátě nebo porušení celistvosti JM				ANO
Činnosti při narušení FO JE včetně teroristické hrozby, požárů či výbuchů	ANO			
Činnosti při výskytu toxických nebo zápalných látek				ANO
Činnosti dle traumatologického plánu		ANO		
Činnosti při ekologické havárii				ANO
Činnosti při závažných přírodních jevech (zemětřesení, vichřice, záplavy) a řešení následků lidských činností (havárie letadel, srážka vozidel s nebezpečným nákladem v ochranném pásmu JE)				ANO
Podpora činností BD dle TCD006				
Podpora činností BD dle EOPs				
Podpora činností BD dle SEOPs				
Řízení činností dle SAMG (SSAMG a BSVP)				
Podpora činností BD dle postupu pro nehavarovaný blok				
Určování zdrojového členu				
Určení stupně INES				
Příprava a řízení zásahu				
Ukončování MU / činnosti				

Zdroj: vlastní konstrukce

**Tabulka č. 10e – Přehled činností fce Dozimetrista LRKO, Řidič RMMS2, Dozimetrista RMMS2 a Informatik**

Specifikace činnosti	Dozimetrista LRKO	Řidič RMMS2	Dozimetrista RMMS2	Informatik
Posuzování závažnosti události				
Splnění ohlašovací povinnosti				
Aktivace IOHO / POHO				
Vyhodnocování RA situace / RA monitoring	ANO	ANO	ANO	
Vyhlášení ochranných opatření	ANO			
Varování obyvatelstva				
Činnosti při narušení zakázaného letového prostoru				
Činnosti při ztrátě kontroly nad zdrojem ionizujícího záření, ztrátě nebo porušení celistvosti JM				
Činnosti při narušení FO JE včetně teroristické hrozby, požárů či výbuchů				
Činnosti při výskytu toxických nebo zápalných látek				
Činnosti dle traumatologického plánu				
Činnosti při ekologické havárii				
Činnosti při závažných přírodních jevech (zemětřesení, vichřice, záplavy) a řešení následků lidských činností (havárie letadel, srážka vozidel s nebezpečným nákladem v ochranném pásmu JE)				
Podpora činností BD dle TCD006				
Podpora činností BD dle EOPs				
Podpora činností BD dle SEOPs				
Řízení činností dle SAMG (SSAMG a BSVP)				
Podpora činností BD dle postupu pro nehavaroovaný blok				
Určování zdrojového členu				
Určení stupně INES				
Příprava a řízení zásahu				
Ukončování MU / činnosti	ANO			

Zdroj: vlastní konstrukce

Z výše uvedených tabulek vyplývá, že pro další upřesnění možných rizik bude vhodné analyzovat alespoň obsahy PP pro řešení abnormálních a havarijních stavů a těžkých havárií, tj. TC006, TC007, TC008, TC010, TC030 a TC031.

**Tabulka č. 11 – Obsah celoblokového provozního předpisu 1TC006/1**

Název provozního předpisu	Předpis pro abnormální provoz – činnosti při poruchách Výpadky systémů a zařízení bloku
<b>Struktura provozního předpisu 1TC006/1</b>	
Dynamické procesy	Diagnostika dynamického procesu
	Snížení výkonu reaktoru zásahem LSa na hodnotu větší než 3%
	Snížení výkonu reaktoru zásahem LSa pod 3%N <sub>NOM</sub>
	Odstavení reaktoru zásahem LSd
	Zregulování turbogenerátoru do režimu ostrovního provozu
	Působení signálu LSa od nízkých parametrů
	Snižování výkonu reaktoru tlačítkem LSa
Poruchy se změnou reaktivity	Neřízené vysouvání regulačních klastrů z AZ reaktoru
	Neřízené zasouvání regulačních klastrů do AZ reaktoru
	Pád klastru do AZ reaktoru
	Nekontrolovaný přívod čistého kondenzátu do I.O
Poruchy technologických zařízení	Nedosednutí rychlozávěrného ventilu turbogenerátoru
	Působení programu RŘV turbogenerátoru
	Uzavření rychločinné armatury na parovodu PG
	Nedostatečné napájení PG
	Nadměrné napájení PG
	Výpadek VTR
	Výpadek TF čerpadla bez AZR
	Výpadek TK čerpadla bez AZR
	Výpadek čerpadla TVD podsystemu VF10 bez AZR
	Výpadek čerpadla TVD podsystemu VF20 bez AZR
	Výpadek čerpadla TVD podsystemu VF30 bez AZR
	Ztráta napájení pohonů klastrů
	Převedení parné produkce PG z přepouštěcí stanice do atmosféry na přepouštěcí stanici do kondenzátoru
	Výpadek VG čerpadla bez AZR
	Hrozící zhoršení chemického režimu chladiva II.O
Poruchy z vnějších příčin	Výpadek čerpací stanice Hněvkovice
	Seismická událost
	Výskyt zemního plynu v ovzduší JE
	Výpadek nízkotlaké kompresorové stanice
	Výpadek stanice zdroje chladu

Zdroj: vlastní konstrukce

**Tabulka č. 12 – Obsah celoblokového provozního předpisu 1TC006/2**

Název provozního předpisu	Předpis pro abnormální provoz – činnosti při poruchách Úniky z I.O nebo II.O
<b>Struktura provozního předpisu 1TC006/2</b>	
Úniky z I.O nebo II.O	Určení postupu pro likvidaci úniku z I.O
	Únik z I.O do PG
	Únik z I.O do TF systému
	Únik z I.O do HDA
	Únik z KO
	Netěsnost vstříku do KO
	Ostatní úniky z I.O
	Únik z II.O v oblasti mezi PG a rychločinnou armaturou na
	Únik chladiva II.O z KTMT
	Únik z II.O v oblasti za rychločinnou armaturou na parovodech PG
	Zaplavování KTMT

Zdroj: vlastní konstrukce

**Tabulka č. 13 – Obsah celoblokového provozního předpisu 1TC006/3**

Název provozního předpisu	Předpis pro abnormální provoz – činnosti při poruchách Poruchy chlazení AZ v režimu 5 nebo 6 a poruchy chlazení BSVP
<b>Struktura provozního předpisu 1TC006/3</b>	
Poruchy chlazení AZ v režimu 5 nebo 6 a poruchy chlazení BSVP	Poruchy chlazení AZ přes NTTQ systém
	Poruchy chlazení AZ přes PG
	Poruchy chlazení BSVP v režimu skladování paliva
	Poruchy chlazení BSVP v režimu výměny paliva

Zdroj: vlastní konstrukce

**Tabulka č. 14 – Obsah celoblokového provozního předpisu 1TC006/4**

Název provozního předpisu	Předpis pro abnormální provoz – činnosti při poruchách Požáry
<b>Struktura provozního předpisu 1TC006/4</b>	
Požáry v reaktorovně	Určení postupu pro zdolávání požáru v reaktorovně
	Požár na HCČ (GA504/1,2,3,4, HÚ 171 až 174)
	Požár v místnosti vložených havarijních olejových nádrží HCČ (GA311, HÚ 111)
	Požár v prostoru kabelových průchodek 1. (2., 3.) systému (GA315/1,2,3, HÚ 112 až 114)
	Požár v prostoru kabelových průchodek (GA605, HÚ 115)
	Požár v prostoru kabelových průchodek k SOR (GA604, HÚ 116)
	Požár v kabelovém prostoru (GA606/1,2, HÚ 117, 118)

Název provozního předpisu	Předpis pro abnormální provoz – činnosti při poruchách Požáry
<b>Struktura provozního předpisu 1TC006/4</b>	
	Ostatní požáry v KTMT
	Požár olejového hospodářství TK čerpadel (A018/1,2,3, A019/1,2,3, HÚ 101 až 103)
	Požár společného olejového hospodářství reaktorovny (A020, A113, HÚ 104, 105)
	Požár olejového hospodářství HCČ (A315/1,2, HÚ 106, 107)
	Požár v kabelových prostorech BD (AE219/1,2, AE 220/3, AE224, HÚ 121, 122)
	Požár v kabelové šachtě 1. (2., 3.) systému (HÚ 123 až 128)
	Požár v kabelovém prostoru 2. systému a SOR AE747, AE822, AE932, HÚ 129)
	Ostatní požáry v obestavbě

Zdroj: vlastní konstrukce

**Tabulka č. 15 – Obsah celoblokového provozního předpisu 1TC007**

Název provozního předpisu	Činnosti při haváriích Postupy pro optimální obnovení bezpečného stavu
<b>Struktura provozního předpisu 1TC007</b>	
Odstavení reaktoru nebo spuštění systémů zajištění bezpečnosti	Dodatečné spuštění systémů zajištění bezpečnosti
	Opakovaná diagnostika
	Činnosti po havarijním odstavení reaktoru
	Vychlazování v režimu přirozené cirkulace
	Vychlazování v režimu PC s omezeným provozem TK
Únik primárního nebo sekundárního chladiva	Ukončení havarijního doplňování TQ
	Vychlazování a odtlakování po LOCA
Izolace porušeného PG	
Prasknutí trubky PG	Prasknutí trubky PG s havarijním doplňováním TQ
	Vychlazování s prasklou trubicí PG zpětným plněním
	Vychlazování s prasklou trubicí PG pomocí odluhů
Úplná ztráta bezpečnostního napájení 6 kV	
Obnovení bezpečnostního napájení 6 kV bez havarijního doplňování TQ	
Obnovení bezpečnostního napájení 6 kV s havarijním doplňováním TQ	
Ztráta havarijní recirkulace chladiva	
LOCA mimo kontejnment	
Nekontrolované odtlakování všech PG	
Prasknutí trubky PG se ztrátou chladiva - podchlazení zachováno	
Prasknutí trubky PG se ztrátou chladiva - saturace povolena	

Zdroj: vlastní konstrukce



**Tabulka č. 16 – Obsah celoblokového provozního předpisu 1TC008**

Název provozního předpisu	Činnosti při haváriích Postupy pro obnovení kritických bezpečnostních funkcí
<b>Struktura provozního předpisu 1TC008</b>	
Stavové stromy kritických bezpečnostních funkcí	Podkritičnost AZ
	Chlazení AZ
	Odvod tepla z I.O
	Integrita I.O
	Kontejnment
	Zásoba chladiva I.O
Postupy pro obnovení kritických bezpečnostních funkcí	Odezva na neodstavení reaktoru
	Odezva na ztrátu podkritičnosti reaktoru
	Odezva na nedostatečné chlazení AZ
	Odezva na narušení chlazení AZ
	Odezva na saturaci chladiva
	Odezva na ztrátu sekundárního odvodu tepla
	Odezva na přetlakování PG
	Odezva na vysokou hladinu v PG
	Odezva na ztrátu normálního odvodu páry z PG
	Odezva na nízkou hladinu v PG
	Odezva na hrozící tlakově teplotní šok
	Odezva na očekávaný tlakově teplotní šok
	Odezva na vysoký tlak v kontejnmentu
	Odezva na zaplavení kontejnmentu
	Odezva na vysokou radiaci v kontejnmentu
	Odezva na nízký tlak v kontejnmentu
	Odezva na vysokou hladinu v KO
	Odezva na nízkou hladinu v KO
Odezva na bublinu v I.O	

Zdroj: vlastní konstrukce

**Tabulka č. 17 – Obsah celoblokového provozního předpisu 1TC010**

Název provozního předpisu	Činnosti při haváriích Postupy pro odstavené stavy
<b>Struktura provozního předpisu 1TC010</b>	
Stavové stromy kritických bezpečnostních funkcí	Podkritičnost AZ
	Chlazení AZ
	Odvod tepla z I.O
	Integrita I.O
	Kontejnment
	Zásoba chladiva I.O

Název provozního předpisu	Činnosti při haváriích Postupy pro odstavené stavy
<b>Struktura provozního předpisu 1TC010</b>	
Postupy pro optimální obnovení bezpečného stavu	Ztráta chlazení AZ, BSVP nebo spuštění signálu systémů zajištění bezpečnosti
	Obnovení chlazení AZ
	Únik primárního chladiva
	Únik primárního chladiva s odvodem tepla do PG
	Izolace porušeného PG
	Prasknutí trubky PG
	Úplná ztráta bezpečnostního napájení 6 kV v režimu 5 nebo 6
Postupy pro obnovení kritických bezpečnostních funkcí	Odezva na ztrátu podkritičnosti AZ
	Odezva na nedostatečné chlazení AZ
	Odezva na zvýšení teploty v I.O
	Odezva na ztrátu odvodu tepla
	Odezva na ztrátu sekundárního odvodu tepla
	Odezva na přetlakování za studena
	Odezva na vysokou aktivitu v kontejnmentu
	Odezva na zaplavení kontejnmentu
Postupy pro obnovení kritických bezpečnostních fcí – obnovení chlazení BSVP	Odezva na ztrátu chlazení BSVP

Zdroj: vlastní konstrukce

**Tabulka č. 18 – Obsah celoblokového provozního předpisu 0TC030/1**

Název provozního předpisu	Návody pro řízení těžkých havárií Návody pro BD (ND)
<b>Struktura provozního předpisu 0TC030/1</b>	
Návod pro BD pro počáteční odezvu	
Návod pro BD při funkčním TPS	

Zdroj: vlastní konstrukce

**Tabulka č. 19 – Obsah celoblokového provozního předpisu 0TC030/2**

Název provozního předpisu	Návody pro řízení těžkých havárií Návody pro TPS
<b>Struktura provozního předpisu 0TC030/2</b>	
Návody pro řízení havárií	Doplňování do PG
	Odtlakování I.O
	Doplňování do I.O
	Doplňování do kontejnmentu
	Snížení úniku štěpných produktů

Název provozního předpisu	Návody pro řízení těžkých havárií Návody pro TPS
<b>Struktura provozního předpisu 0TC030/2</b>	
	Řízení podmínek v kontejnmentu
	Snížení vodíku v kontejnmentu
Návody při vážném ohrožení	Zmírnění úniku štěpných produktů
	Odtlakování kontejnmentu
	Řízení hořlavosti vodíku
	Řízení podtlaku v kontejnmentu
Návody pro ukončení těžkých havárií	Dlouhodobé sledování stavu
	Ukončení návodu pro řízení těžkých havárií

Zdroj: vlastní konstrukce

**Tabulka č. 20 – Obsah celoblokového provozního předpisu 0TC030/3**

Název provozního předpisu	Návody pro řízení těžkých havárií Diagnostické prostředky a grafické výpočetní pomůcky
<b>Struktura provozního předpisu 0TC030/3</b>	
Diagnostické prostředky	Diagnostika havarijního stavu
	Stavový strom vážného ohrožení
Grafické výpočetní pomůcky	Doplňování I.O pro zaplavení AZ
	Doplňování I.O pro dlouhodobý odvod tepla
	Hořlavost vodíku v kontejnmentu
	Průtok při ventingu kontejnmentu
	Hladina a objem vody v kontejnmentu
	Vliv vodíku při snižování tlaku v kontejnmentu

Zdroj: vlastní konstrukce

**Tabulka č. 21 – Obsah celoblokového provozního předpisu 0TC031**

Název provozního předpisu	Doplňkové postupy pro extrémní podmínky na ETE
<b>Struktura provozního předpisu 0TC031</b>	
	Postupy pro zajištění požadovaných měření při SBO
	Postupy při extrémních klimatických podmínkách
	Postup pro dlouhodobý provoz DG
	Postup pro izolaci KTMT v R5, R6, osoby v KTMT
	Přeprava nafty autocisternou
	Příprava a zapojení polního telefonu

Zdroj: vlastní konstrukce

*Poznámka: Předpis TC031 je průběžně doplňován. Kromě jiného do něj v době po zpracování této tabulky přibyly části věnované doplňování PG prostřednictvím HZSp a obnově napájení naftového hospodářství ze SRDGS.*

## **3.2 Zpracování získaných dat metodou KARS**

### **3.2.1 Metoda KARS**

Metoda KARS může být ideálním doplňkovým nástrojem k určité složitější kvantifikační metodě analýzy rizik pro použití u systémů, ve kterých se vyskytuje více rizik. Je založena na vzájemném působení rizik mezi sebou, neboli na souvztažnosti rizik. Základním principem metody KARS je možná eskalace událostí, kdy událost jednoho objektu (zařízení) může být příčinou události u jiného objektu (zařízení). Logicky tím může dojít ke zvýšení pravděpodobnosti vzniku závažné havárie a ke zvýšení jejich následků.

Dalo by se říci, že výsledek této analýzy závisí na kvalitě, detailnosti zpracování rizik (jejich podrobném analyzování) a tedy i na nezbytné odborné znalosti systémů a zařízení zabezpečujících provoz objektu.

„Jak je patrné, v každém systému existují různá rizika, která se vzájemně ovlivňují a působí na sebe. Těžko nalezneme systém, ve kterém by existovalo pouze jedno riziko, který by byl takzvaný monorizikový. Lze tedy konstatovat, že neexistuje absolutně bezpečný systém a že všechny systémy jsou polyrizikové. Z toho vyplývá, že tato existující rizika se budou projevovat vzájemnou souvztažností.“

### **3.2.2 Soupis rizik**

Prvním krokem analýzy rizik metodou KARS je zpracování soupisu rizik. Jak sám autor analýzy Ing. Štefan Pacinda, Ph.D. uvádí, soupis by měl být co nejvíce obsáhlý, neboť platí skutečnost, že čím detailnější je soupis rizik, tím podrobnější bude KARS a tím věrohodnější bude vypovídající hodnota této analýzy.

S pomocí údajů získaných v kapitole 3.1 jsou vymezena pro další zpracování metodou KARS následující rizika, viz Tabulka č. 22.

**Tabulka č. 22 – Soupis rizik JE Temelín**

<b>P.č.</b>	<b>Riziko</b>	<b>P.č.</b>	<b>Riziko</b>
1	Radiační havárie	16	Únik zápalných látok
2	Ztráta kontroly nad zdrojem IZ	17	Výpadky komponent a zařízení
3	Porušení celistvosti JM	18	Únik sekundárního média
4	Závažné poškození zdraví	19	Únik primárního média
5	Ekologická havárie	20	Meziokruhové netěsnosti
6	Zemětřesení	21	Požár
7	Silný vítr	22	Poruchy (ztráta) elektrického napájení
8	Přírodní záplava	23	Poruchy SKŘ
9	Technologická záplava	24	Selhání lidského faktoru
10	Extrémní horko	25	Chyby v provozní a řídicí dokumentaci
11	Extrémní mráz	26	Poškození kontejnmentu
12	Havárie letadla	27	Poškození aktivní zóny
13	Srážka vozidel s nebezpečným nákladem	28	Poškození paliva uloženého v BSVP
14	Teroristická hrozba	29	Poruchy vnosu záporné reaktivity
15	Únik toxických látek		

Zdroj: vlastní konstrukce

Rizika uvedená v Tabulce č. 22 buď přímo vyplynula z popisu činností jednotlivých členů HŠ a TPS, nebo byla dále upřesněna na základě odkazů na provozní dokumentaci, určenou pro řešení abnormálních a havarijních stavů. Při jejich výběru a pojmenování jsem se snažil o to, aby byla pokryta většina řešení provozních událostí a přitom byl zachován ještě přijatelný počet rizik pro další zpracování. Je zřejmé, že část rizik uvedených v Tabulce č. 22 by bylo možné dále specifikovat. Jedná se například o požáry, různé úniky nebo výpadky komponent, či poruchu elektro nebo SKŘ. Tato nezbytná míra zjednodušení by neměla být na závadu, nicméně je nutné připustit, že může vést k jisté nejednoznačnosti při konstrukci tabulky rizik.

### 3.2.3 Sestavení tabulky rizik

Dalším krokem analýzy je sestavení tabulky souvztažnosti rizik. Protože je metoda KARS založena na vzájemné souvztažnosti rizik je potřeba tyto vztahy jednotlivě popsat. Tabulka souvztažnosti rizik byla vyplněna způsobem popsáním v kapitole 2.2.1. Následujícím krokem analýzy KARS je doplnění vyplněné tabulky o jeden řádek a jeden sloupec. Jednotlivé pozice v novém řádku respektive sloupci představují součty jednotlivých řádků a sloupců. Tímto jsem obdržel výslednou tabulku souvztažnosti a jednotlivé součty řádků a sloupců použiji pro výpočty koeficientů aktivity a pasivity.

Vlastní vyplňování jednotlivých pozic tabulky souvztažnosti rizik není zcela jednoduché a jednoznačné. Po prvních několika pokusech jsem raději požádal o pomoc s jejím vyplněním odborného konzultanta. Ing. Jaroslav Piosek je specialistou jaderné bezpečnosti a v rámci POHO zastává funkci technolog 1. Během našich diskuzí o jednotlivých bodech tabulky padaly až nepříjemně často obraty typu: „Je to tak, nebo spíš tak, ale chtělo by to dále rozepsat“.

Je tedy zjevné, že nejen sestavení soupisu rizik, ale i konstrukce tabulky jejich souvztažnosti je značně subjektivní záležitost.

Tabulka č. 23 – Výsledná tabulka souvztažnosti rizik JE Temelín

Riziko	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	Σ KARI
1. Radiační havárie	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	7
2. Zdráta kontroly nad zdrojem IZ	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	5
3. Porušení celistvosti JM	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	5
4. Závažné poškození zdraví	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
5. Ekologická havárie	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
6. Zemětřesení	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20
7. Silný vítr	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	9
8. Přírodní záplava	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	6
9. Technologická záplava	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	6
10. Extrémní horko	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	5
11. Extrémní mraz	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	8
12. Havárie letadla	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20
13. Srážka vozidel s nebezp. nákladem	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	13
14. Teroristická hrozba	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	20
15. Únik toxických látek	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
16. Únik zápalných látek	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	7
17. Výpadky komponent a zařízení	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	13
18. Únik sekundárního média	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	10
19. Únik primárního média	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	12
20. Meziokruhové netěsnosti	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	7
21. Požár	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	16
22. Poruchy (ztráta) elektr. napájení	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	12
23. Poruchy SKŘ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	4
24. Selhání lidského faktoru	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	23
25. Chyby v provoz. a řídicí dokumentaci	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	19
26. Poškození kontejmentu	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
27. Poškození aktivní zóny	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	14
28. Poškození paliva uloženého v BSVP	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	12
29. Poruchy vnosu záporné reaktivity	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Σ KPRI	16	14	16	23	22	0	0	0	10	0	0	3	2	1	11	10	21	11	11	6	14	14	16	24	1	10	11	10	6	166

Zdroj: vlastní konstrukce

### 3.2.4 Výpočet koeficientů aktivity a pasivity

V další fázi analýzy převedeme výslednou tabulku souvztažnosti do matematicky a graficky prezentovatelné podoby. Cílem analýzy KARS je kvalifikace přítomných rizik, k čemuž využijeme tzv. koeficienty aktivity a pasivity.

Koeficient aktivity  $K_{ARi}$  je procentuální vyjádření počtu návazných rizik, která mohou (na základě správně provedeného vyplnění Tabulky č. 23) být vyvolána, v případě, že nastane riziko  $R_i$ .

Koeficient pasivity  $K_{PRi}$  je procentuální vyjádření počtu rizik, která mohou (na základě správně provedeného vyplnění Tabulky č. 23) vyvolat následně riziko  $R_i$ .

Tato procentuální vyjádření se vztahují k počtu všech rizik, která mohou v systému nastat (v našem případě  $x = 29$ ). Pro vyjádření koeficientů  $K_{ARi}$  a  $K_{PRi}$  si musíme stanovit počet kombinací, kdy riziko  $R_i$  ostatní rizika může vyvolat, nebo jimi může být vyvoláno, za předpokladu, kdy nevyvolá samo sebe nebo není vyvoláno samo sebou. Pro  $x =$  počet rizik platí, že tento počet kombinací je roven  $x - 1$ , v našem případě tedy  $29 - 1 = 28$ . Samotné výpočty koeficientů provedu podle následujících vztahů:

$$\text{koeficient aktivity: } K_{ARi} = \frac{\sum 1R_i}{x-1} * 100, \text{ pro } \sum 1 \text{ v řádku } i,$$

$$\text{koeficient pasivity: } K_{PRi} = \frac{\sum 1R_i}{x-1} * 100, \text{ pro } \sum 1 \text{ ve sloupci } j.$$

Každé riziko  $R_i$  je charakterizováno dvojicí koeficientů  $K_{ARi}$  a  $K_{PRi}$ . Pro lepší práci a reprodukovatelnost výsledku výpočtů jsem sestavil Tabulku č. 24.



**Tabulka č. 24 – Tabulka koeficientů aktivity a pasivity pro jednotlivá rizika**

<b>P.č.</b>	<b>Riziko</b>	$\Sigma K_{ARI}$	$K_{ARI}$ [%]	$\Sigma K_{PRI}$	$K_{PRI}$ [%]
1.	Radiační havárie	7	24,14	16	55,17
2.	Ztráta kontroly nad zdrojem IZ	5	17,24	14	48,28
3.	Porušení celistvosti JM	5	17,24	16	55,17
4.	Závažné poškození zdraví	1	3,45	23	79,31
5.	Ekologická havárie	1	3,45	22	75,86
6.	Zemětřesení	20	68,97	0	0
7.	Silný vítr	9	31,03	0	0
8.	Přírodní záplava	6	20,69	0	0
9.	Technologická záplava	6	20,69	10	34,48
10.	Extrémní horko	5	17,24	0	0
11.	Extrémní mráz	8	27,59	0	0
12.	Havárie letadla	20	68,97	3	10,34
13.	Srážka vozidel s nebezpečným nákladem	13	44,83	2	6,9
14.	Teroristická hrozba	20	68,97	1	3,45
15.	Únik toxických látek	3	10,34	11	37,93
16.	Únik zápalných látek	7	24,14	10	34,48
17.	Výpadky komponent a zařízení	13	44,83	21	72,41
18.	Únik sekundárního média	10	34,48	11	37,93
19.	Únik primárního média	12	41,38	11	37,93
20.	Meziokruhové netěsnosti	7	24,14	6	20,69
21.	Požár	16	55,17	14	48,28
22.	Poruchy (ztráta) elektrického napájení	12	41,38	14	48,28
23.	Poruchy SKŘ	4	13,79	16	55,17
24.	Selhání lidského faktoru	23	79,31	24	82,76
25.	Chyby v provozní a řídicí dokumentaci	19	65,52	1	3,45
26.	Poškození kontejnmentu	2	6,9	10	34,48
27.	Poškození aktivní zóny	14	48,28	11	37,93
28.	Poškození paliva uloženého v BSVP	12	41,38	10	34,48
29.	Poruchy vnosu záporné reaktivity	3	10,34	6	20,69

Zdroj: vlastní konstrukce

### 3.2.5 Grafické vyhodnocení analýzy

K přehlednějšímu zpracování výsledků získaných v předchozím kroku použijí grafické vyjádření a hodnocení pomocí grafu souvztažnosti  $K_{ARi}$  a  $K_{PRi}$  pro jednotlivé  $R_i$ . Na osu x grafu souvztažnosti vynesu  $K_{ARi}$  a na osu y vynesu  $K_{PRi}$ , a to vždy pro jednotlivé  $R_i$  podle tabulky koeficientů aktivity a pasivity pro jednotlivá rizika (Tabulka č. 24). Pro přehlednější zpracování použijí bodový graf programu Microsoft Excel.

Nejprve je nutné si stanovit, jakou část rizik chceme rozdělením na kvadranty pokrýt. Obecně se doporučuje pokrytí na 80% všech rizik, tzn., že do oblasti I. (primárně i sekundárně nebezpečné) dostaneme 80% analyzovaných rizik. Následujícím postupem pomocí os  $O_1$  a  $O_2$  rozdělíme oblasti na následující 4 kvadranty:

- I. Oblast primárně i sekundárně nebezpečných rizik,
- II. Oblast sekundárně nebezpečných rizik,
- III. Oblast primárně nebezpečných rizik,
- IV. Oblast relativně bezpečná.

Osu  $O_1$  sestrojíme jako kolmici na osu x a osu  $O_2$  jako kolmici na osu y. Hodnoty  $O_1$  a  $O_2$  vypočteme podle vzorců:

$$\text{osa } O_1 \quad O_{1=K_{Amax}} - \frac{K_{Amax} - K_{Amin}}{100} * 80, \text{ pro pokrytí 80\% všech rizik,}$$

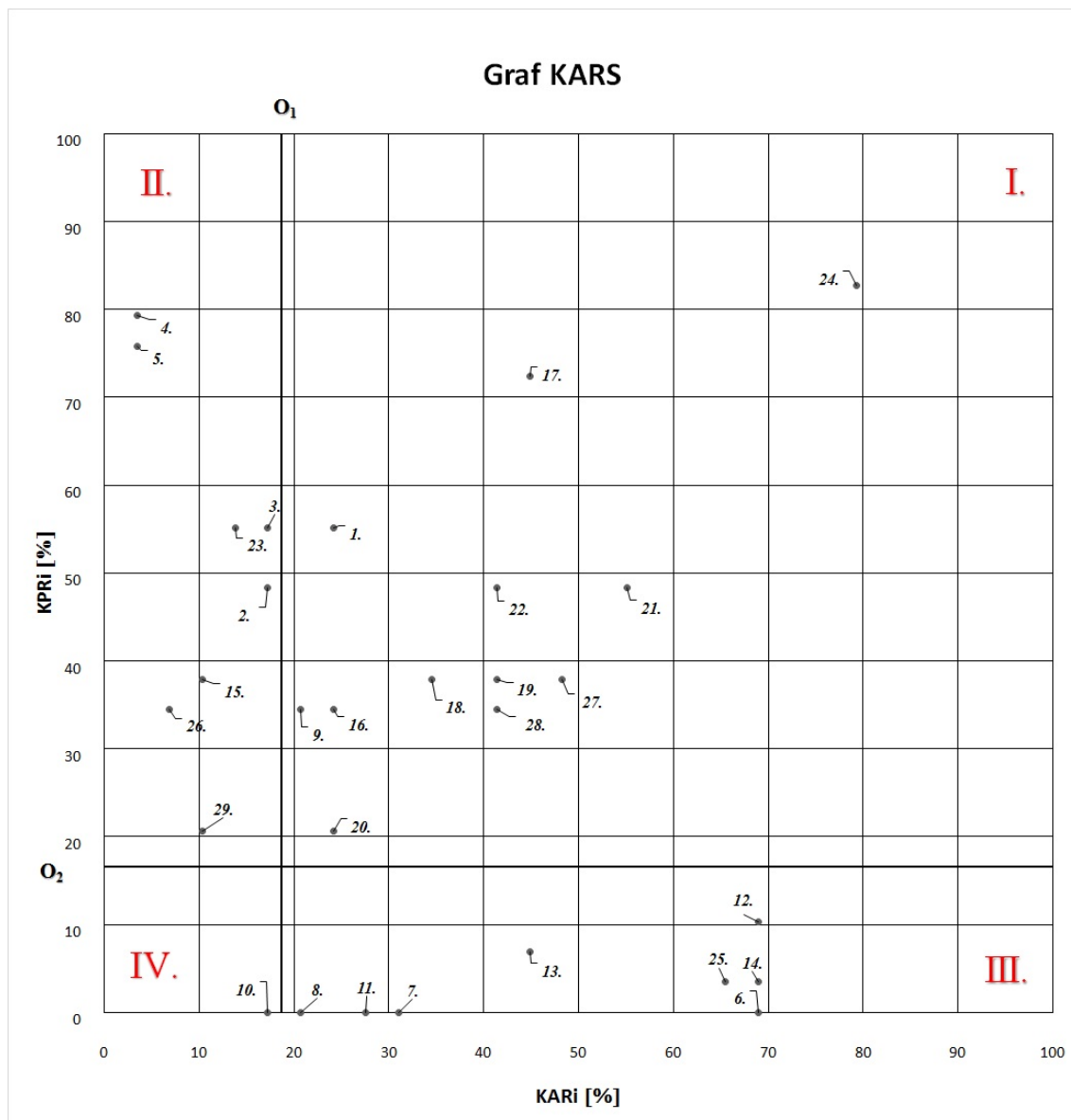
$$O_1 = 79,31 - \frac{79,31 - 3,45}{100} * 80 = 18,62$$

$$\text{osa } O_2 \quad O_{2=K_{Pmax}} - \frac{K_{Pmax} - K_{Pmin}}{100} * 80, \text{ pro pokrytí 80\% všech rizik.}$$

$$O_2 = 82,76 - \frac{82,76 - 0}{100} * 80 = 16,55$$

Na základě předchozího výpočtu umístíme do grafu souvztažnosti osu  $O_1$  a osu  $O_2$ . Osa  $O_1$  bude v bodě 18,62 na ose x a osu  $O_2$  umístíme do bodu 16,55 na ose y. Finální graf s vyznačenými kvadranty vypadá následovně – viz obrázek č. 4.

Obrázek č. 4 – Výsledný graf analýzy KARS



Zdroj: vlastní konstrukce

### 3.3 Interpretace získaných výsledků

Hlavním cílem vyhodnocení grafu souvztažností bylo stanovení významnosti („rizikovitosti“) jednotlivých rizik podle jejich souvztažností s ostatními riziky v systému. Toho bylo docíleno rozdělením grafu na 4 základní oblasti osami  $O_1$  a  $O_2$ . Tyto oblasti nám stanovili, jak významná rizika se v nich nacházejí.

#### 3.3.1 Oblast primárně i sekundárně nebezpečných rizik

V prvním kvadrantu, tj. v oblasti primárně i sekundárně nebezpečných rizik se nacházejí rizika uvedená v Tabulce č. 25:

**Tabulka č. 25 – Rizika v oblasti primárně i sekundárně nebezpečných rizik**

P.č.	Riziko	$K_{ARi}$ [%]	$K_{PRI}$ [%]
1.	Selhání lidského faktoru	79,31	82,76
2.	Požár	55,17	48,28
3.	Poškození aktivní zóny	48,28	37,93
4.	Výpadky komponent a zařízení	44,83	72,41
5.	Poruchy (ztráta) elektrického napájení	41,38	48,28
6.	Únik primárního média	41,38	37,93
7.	Poškození paliva uloženého v BSVP	41,38	34,48
8.	Únik sekundárního média	34,48	37,93
9.	Radiační havárie	24,14	55,17
10.	Únik zápalných látek	24,14	34,48
11.	Meziokruhové netěsnosti	24,14	20,69
12.	Technologická záplava	20,69	34,48

Zdroj: vlastní konstrukce

Tato rizika se vyznačují tím, že z celé škály zvažovaných rizik mohou být jejich častým důsledkem i příčinou. Tento výrok lze interpretovat i tak, že mohou způsobit přenos události z již postižené oblasti provozu JE do oblasti doposud nepostižené.

Z Tabulky č. 25 je patrné, že největším aktivním i pasivním rizikem je selhání lidského faktoru. Je to pochopitelné, protože lidé se ze své podstaty vždy dopouštějí chyb a v případě vzniku stresujících podmínek pravděpodobnost toho, že se dopustí chyby, se dále zvyšuje. V tomto světle je zcela pochopitelný důraz na výběr a přípravu operativního i neoperativního personálu obsluhující JZ a důraz na aktivní využívání nástrojů pro omezení selhání lidského faktoru.

Dalším rizikem, které by mohlo významně ovlivnit provoz JZ je požár. Požár může vést k degradaci konstrukčních a stavebních materiálů, k výpadkům jednotlivých systémů a jejich komponent, k ztrátě elektrického napájení jednotlivých provozních celků, popř. může omezit činnosti obsluh. Proto JE mají poměrně silné požární útvary vybavené adekvátní hasicí a výškovou technikou. V evropských podmínkách je kladen velký důraz na využívání systémů elektronické požární signalizace i systémů stabilních hasicích zařízení. Provoz všech těchto systémů podléhá LaP.

Dále v Tabulce č. 25 následují rizika, která by šlo označit jako technologická. Jedná se o poškození aktivní zóny, výpadky komponent a zařízení, poruchy (ztrátu) elektrického napájení, únik primárního média, poškození paliva uloženého v BSVP, únik sekundárního média, radiační havárie, únik zápalných látek, meziokruhové netěsnosti, technologické záplavy. Zde je nutné připomenout, že metoda KARS vyhodnocuje souvztažnost uvažovaných rizik, ale neříká nic o pravděpodobnosti jejich vzniku a ani neumožňuje popsat jejich vliv na okolí JE.

Poškození AZ je událost s velmi nízkou pravděpodobností vzniku, nicméně s velkými potencionálními dopady. Je zajímavé, že přestože se jedná o událost z hlediska teoretických výpočtů nepravděpodobnou, došlo k poškození AZ během havárií na TMI, Černobyli, Fukushima a dokonce i na bloku A1 v Jaslovských Bohunicích. Nicméně lze konstatovat, že bezpečnostní systémy JE jsou navrženy tak, aby bránily vzniku a rozvoji poškození AZ reaktoru. Z konstrukčního a provozního hlediska je důležitá koncepce ochrany do hloubky. Naše JE pro řešení událostí spojených se zapůsobením systému havarijních ochranných reaktoru nebo bezpečnostních systémů mají připravené symptomaticky orientované postupy.

Havarijní postupy byly nedávno rozšířené i o postupy pro odstavené stavy a poruchy odvodu tepla z bazénů skladování vyhořelého paliva.

Poškození paliva uloženého v bazénech vyhořelého paliva bylo až donedávna relativně nedoceneným rizikem. Odvod tepla z BSVP na elektrárnách typu VVER je zajištěný do systémů TVD, objem vody v BSVP je poměrně velký, zbytkový výkon uloženého paliva je oproti palivu a AZ reaktoru relativně nízký. Na ETE je navíc BSVP umístěn v kontejnmentu a palivo je uloženo v kompaktní mříži z bóvaných plechů. Na druhou stranu je ale v BSVP umístěno relativně vysoké množství paliva, které několikanásobně převyšuje množství paliva v jedné vsázce AZ, takže potenciální dopady jeho degradace mohou být velmi významné. Provoz BSVP podléhá LaP. Poruchy odvodu tepla z BSVP jsou řešeny v abnormálních i havarijních provozních postupech a s ohledem na průběh havárie v JE Fukushima jsou připravovány i návody pro těžké havárie spojené s poškozením paliva v BSVP.

Výpadky komponent a zařízení nejsou v reálném provozu sice příliš časté, ale nelze je nikdy vyloučit. Zpravidla díky zálohování jednotlivých komponent nejsou spojené ani s bezprostředním snížením výkonu bloku, nicméně je nutné zdůraznit, že neprovoznost některých systémů, či jejich komponent podléhá opatřením dle LaP a jako takové mohou jejich výpadky vést k následnému odstavení bloku a případně i k jeho převedení do provozního režimu, kdy provozuschopnost daného systému není požadována. Na druhou stranu se nesmí zapomínat, že například výpadky terciálních chladicích systémů (TVD, TVN, CCHV) mají velký dopad do provozu dalších systémů. Výpadky jiných komponent (např. HCČ, TNČ, KČ...) zase mohou mít přímý dopad do výkonové bilance bloku a vyžadují okamžité snížení jeho výkonu. Výpadkům komponent je věnována část postupů pro řešení abnormálních provozních stavů.

Poruchy nebo dokonce ztráta elektrického napájení bloku jsou velmi nežádoucí provozní stavy s potenciálně velkými a rychlými dopady do technologie bloku. Lze jen konstatovat, že všechny normální provozní systémy a většina havarijních bezpečnostních systémů jsou systémy aktivní, tj. potřebují ke svému provozu elektrickou energii.

Přímým poučením z událostí na JE Fukushima je, že je žádoucí zvýšit odolnost bloků JE proti poruchám přívodu elektrické energie a umožnit jejich udržení v bezpečném stavu v podmínkách déle trvajících SBO. Za připomenutí stojí i to, že bez elektrické energie nemohou fungovat jednotlivé měřicí a řídicí systémy a ani nefungují moderní komunikační prostředky.

Další velkou skupinou událostí majících velký potenciální dopad na provoz JE jsou úniky technologických médií. Jedná se zejména o úniky chladiva sekundárního a primárního chladiva. Velmi specifickou podmnožinou úniků primárního chladiva s potenciálním přímým dopadem na životní prostředí jsou meziokruhové netěsnosti. Úniky sekundárního chladiva mohou ohrožovat zdraví a životy obslužného personálu, mohou vést k zaplavování nebo zapařování technologie, mohou způsobovat výpadky jednotlivých komponent a zařízení bloku, mohou vést k poruchám v elektroschématu bloku.

Masivní úniky páry z parogenerátoru vedou k nežádoucímu rychlému vnosu kladné reaktivity do AZ. Případná ztráta sekundárního chladiva může vést k přehřátí AZ a k jejímu poškození. ETE je již z projektu vybavena systémem havarijního napájení PG a navíc je možno chladit AZ i metodou „feed and bleed“, kdy jsou používány k odvodu tepla pouze bezpečnostní systémy. V rámci pořádkových opatření byla doplněna možnost doplňování odtlakovaných PG z mobilní požární techniky. Zde je vhodné zmínit, že na EDU v projektu neexistoval projektový havarijní systém pro doplňování vody do PG a byl doplněn až dodatečně v devadesátých letech. Ovšem již tenkrát tento systém umožňoval doplňování vody pomocí požární techniky.

Primární úniky vedou k úbytku chladiva v I.O. Dělí se na kompenzovatelné systémem normálního doplňování, kompenzovatelné systémy VT havarijního doplňování a NT havarijního doplňování. Z hlediska jejich umístění se dají dělit na oddělitelné a neodělitelné. Maximálním projektovým únikem je velká LOCA na výtlaku některého z HCČ s oboustranným výtokem. Únik primárního média je doprovázen únikem radioaktivity do prostor kontejnmentu nebo obestavby. V závislosti na teplotě unikajícího média může vést k zaplavování nebo zapařování postižených prostor. Ztráta podchlazení v horkých větvích vede ke startu bezpečnostních systémů.

Nárůst tlaku v kontejnmentu vede k jeho oddělení od atmosféry, v případě většího nárůstu tlaku může dojít až k jeho úplné izolaci, tj. k uzavření všech systémů (kromě bezpečnostních), které procházejí jeho stěnou. Přes teplosměnnou plochu parogenerátoru může dojít k úniku primárního média na jeho sekundární stranu. Takovéto netěsnosti se říká meziokruhová netěsnost. Jedná se o potenciálně nebezpečnou provozní událost, protože při ní dochází k přímému bypassu stěny KTMT a hrozí přímý únik aktivity do životního prostředí. Při řešení úniků tohoto typu se musí zohlednit, že tlak primárního média je podstatně vyšší než otevírací tlak PV-PG. Podle PSA se jedná o relativně velmi pravděpodobnou událost. V symptomaticky orientovaných postupech pro řešení havarijních stavů je jí věnována celá jedna samostatná kategorie postupů, která je systematicky a soustavně procvičována.

Jak bylo výše uvedeno, úniky chladiva mohou vést k zaplavování technologie a jednotlivých prostor. Z tohoto hlediska je nutné zejména v sekundární části zdůraznit i potenciální možnost úniků z terciálních chladicích okruhů. Tyto okruhy sice nejsou ani potenciálně aktivní, ale na druhu stranu jimi protéká velké množství vody, takže únik může vést k rychlému zaplavení prostor, aniž by došlo k podstatné změně parametrů postiženého chladicího okruhu. Tento typ úniků bývá často označován jako technologická záplava. Zcela nelze vyloučit ani úniky z požárních systémů, byť samozřejmě s podstatně menším průtokem.

Radiační havárie by byla převážně až důsledkem událostí spojených s poškozením paliva v AZ nebo uloženého v BSVP, při které by navíc muselo dojít k poškození nebo bypassu kontejnmentu. Únik aktivity by mohl zkomplikovat nebo i zastavit činnosti nezbytné pro zmírnění následků havárie. Radiační havárie (nebo i jen možnost úniku radioaktivity do ŽP během řešení havarijního stavu) by vedla k přijetí ochranných opatření pro obyvatelstvo. Monitoringu úniků aktivity do ŽP je věnována velká pozornost ve všech provozních stavech bloku.

Posledním rizikem spadajícím do kategorie primárně i sekundárně nebezpečných rizik je únik zápalných látek. Zde si musíme uvědomit, že tato kategorie pokrývá dvě spolu přímo nesouvisející skupiny událostí. Jednu z nich představuje možnost úniku z relativně blízkého plynovodu, druhou únik zápalných látek z technologie JE.



Na JE jsou ve větším množství jen dvě zápalné látky, nafta a vodík. Nafta se používá pro pohon dieselgenerátorů. Přestože její zásoby jsou poměrně velké, její rozvody přímo nesouvisí s jinými technologickými systémy a proto by její únik nebo požár zřejmě nepředstavoval větší technologický problém. Naopak vodík je používán pro chlazení generátoru TG a jeho únik na strojovnu by mohl vést ke vzniku rozsáhlého požáru nebo masivní destrukci technologie sekundární okruhu a vyvedení výkonu, případně i rozvoden nezajištěného napájení. Je třeba poznamenat, že za únik hořlavého média nelze považovat vznik vodíku při interakci pokrytí paliva a vody, respektive páry, nebo při interakci taveniny s betonem v průběhu těžké havárie.

### 3.3.2 Oblast sekundárně nebezpečných rizik

V druhém kvadrantu, tj. v oblasti sekundárně nebezpečných rizik se nacházejí rizika uvedená v Tabulce č. 26:

**Tabulka č. 26 – Rizika v oblasti sekundárně nebezpečných rizik**

P.č.	Riziko	K <sub>ARi</sub> [%]	K <sub>PRi</sub> [%]
1.	Porušení celistvosti JM	17,24	55,17
2.	Ztráta kontroly nad zdrojem IZ	17,24	48,28
3.	Poruchy SKŘ	13,79	55,17
4.	Únik toxických látek	10,34	37,93
5.	Poruchy vnosu záporné reaktivity	10,34	20,69
6.	Poškození kontejnmentu	6,9	34,48
7.	Závažné poškození zdraví	3,45	79,31
8.	Ekologická havárie	3,45	75,86

Zdroj: vlastní konstrukce

Porušení celistvosti jaderných materiálů zahrnuje celou škálu ne zcela souvisejících rizik. V první řadě v podmínkách JZ lze předpokládat poškození paliva v důsledku nehody při přepravě, ale nelze vyloučit jeho poškození v souvislosti s provozní událostí, ať už během vlastního energetického provozu nebo v průběhu manipulací s palivem během odstávky pro výměnu paliva. Zde je třeba dále rozlišovat mezi dopady událostí spojených s porušením čerstvého a vyhořelého paliva.

Je třeba zdůraznit, že poškození čerstvého paliva ve své podstatě nepředstavuje riziko vzniku radiační události, ale naopak poškození vyhořelého paliva by mělo radiační dopady v každém případě. Kromě jaderného paliva může dojít k poškození jaderných materiálů na JE zejména v souvislosti s prováděním různých defektoskopických měření a to hlavně v průběhu odstávek, protože ke kontrole silnostěnných kovových materiálů se používají gama zářiče.

Ztráta kontroly nad zdrojem IZ může zahrnovat celou škálu problémů. Ztrátu jaderného paliva jako takového v našich podmínkách lze předpokládat snad jedině v souvislosti s teroristickým útokem během přepravy. Nicméně v souvislosti s opravami prováděnými na technologických částech primárního okruhu nelze zcela vyloučit riziko ztráty nebo poškození defektoskopických zářičů. Z hlediska ochrany pracovníků a životního prostředí lze za asi největší problém považovat zanesení tzv. vysokoaktivní částice mimo technologii I.O. Podobným událostem lze předcházet pouze striktním dodržováním technologických postupů a dodržováním zásad radiační bezpečnosti.

SKŘ v podmínkách moderní jaderné elektrárny představuje rozsáhlý a různorodý technologický celek, jehož popis značně přesahuje rámec této práce. Tento systém na ETE zahrnuje zejména systémy zabezpečení bezpečnosti (PRPS, DPS) a systémy řízení technologických procesů (RCLS, PCS, TCS). Například RCLS lze dále rozdělit na LS, CC a systémy regulující důležité technologické celky I.O i II.O. Struktura systémů SKŘ odráží princip ochrany do hloubky. Bezpečnostní systémy jsou diverzní, redundantní. Jsou rozdělené do tří divizí a jsou odolné proti šíření poruch ze společné příčiny. Z výše uvedeného je patrné, že kompletní ztráta bezpečnostně významných systémů je představitelná jen v podmínkách dlouhodobého SBO v důsledku ztráty elektrického napájení, anebo, zejména s ohledem na instrumentaci umístěnou v KTMT, za existence tzv. zhoršených podmínek v KTMT, tj. v podmínkách zvýšené radiace, tlaku, teploty a vlhkosti. Za normálního provozu nelze zcela vyloučit ztrátu funkce části SKŘ v důsledku ztráty chlazení místností, ve kterých jsou jednotlivé systémy SKŘ umístěné, např. po výpadku jedné divize TVD. A samozřejmě nelze zanedbat ani riziko lidské chyby, byť toto je do značné míry omezeno dodržováním technologických postupů a zkoušek.

Navíc je nutno si připomenout že bezpečnostně významné systémy podléhají kontrole dle LaP. Nicméně i z laického pohledu na problematiku SKŘ je jasné, že poruchy v SKŘ mohou mít značný a velmi různorodý dopad na provoz JE a naopak různé provozní události mohou značně ovlivnit funkci těchto systémů.

Únik toxických látek v podmínkách JE představuje zdánlivě zanedbatelné riziko. V podstatě se jedná jen o možnost úniku látek používaných pro úpravu chemického režimu chladiwa primárního nebo sekundárního okruhu. V úvahu přichází únik čpavku nebo hydrazinu. Obě látky jsou skladovány v oddělených prostorách. K úniku může dojít jen při netěsnosti transportního potrubí nebo při jejich přepravě. Chladicí médium používané v chladicích jednotkách na stanici zdroje chladu je ekologicky nezávadné, takže jako další zdroj potenciálních toxických látek lze uvažovat jen požár, při kterém by mohlo dojít ke vzniku toxických látek, zejména při hoření starších izolací. Nicméně nová kabeláž na obou blocích je nehořlavá a neobsahuje toxické látky.

Poruchy vnosu záporné reaktivity jsou události, při kterých by nebylo možné vnést do AZ požadované množství absorpčních materiálů pro uvedení reaktoru do bezpečně podkritického stavu. Zpravidla se poruchami vnosu záporné reaktivity rozumí poruchy pádu klastrů do AZ. Poruchy napájení lineárně krokových pohonů neomezují schopnost pádu klastrů do AZ. Schopnost pádu klastrů do AZ může být ovlivněna například vyosením tlakové nádoby reaktoru z vertikálního směru po zemětřesení nebo po nějakém významném otřesu, který by mohl způsobit pád létajícího objektu na stěnu KTMT nebo potenciální teroristický útok. Další příčiny případného nedosednutí klastrů na dolní koncovou polohu při pádu mohou být technologické povahy a zřejmě souvisí s dlouhodobým vystavením materiálů AZ vysokému neutronovému toku, či tepelnému, nebo radiačnímu namáhání. Palivo ruské firmy TVEL je zřejmě proti podobným problémům za běžného provozu odolnější než původní palivo od WEC. Nedosednutí klastrů nebo dokonce jejich zdvižení z dolní koncové polohy není zcela vyloučeno při úniku na víku tlakové nádoby nebo při netěsnosti na tělese některého pohonu. Poruchy vnosu záporné reaktivity do AZ lze relativně snadno kompenzovat dávkováním  $H_3BO_3$  do I.O, a to buď pomocí systému normálního doplňování I.O, anebo v havarijních podmínkách pomocí čerpadel bezpečnostních systému (VT-TQ, PT-TQ).

K neprovoznosti všech tří bezpečnostních systémů s ohledem na dodávku potřebného množství  $H_3BO_3$  do I.O může prakticky dojít jen při vzniku poruchy typu SBO.

Konstrukce KTMT zabezpečuje poslední bariéru proti úniku radioaktivity do životního prostředí při úniku z primárního okruhu. Poškození KTMT může vést k lokálnímu poškození technologie v něm umístěné. K samotnému poškození KTMT může dojít převážně v důsledku vnějších vlivů (např. zemětřesení, pád létajícího objektu), anebo v důsledku některých procesů spojených se vznikem těžké havárie (např. parní exploze, vysokotlaký rozstřík taveniny, reakce taveniny s betonem...). Je vhodné připomenout, že při potlačování projevů úniku do kontejnmentu hrozí jeho poškození i podtlakem v důsledku činnosti sprchových nebo požárních systémů. Dále nelze vyloučit poškození kontejnmentu požárem. K úniku aktivity v průběhu havarijního stavu může dojít i v důsledku by-passu KTMT některým z technologických systémů procházejícím jeho stěnou. Specifickým případem je vznik netěsnosti teplosměnné plochy PG, kdy dochází k průniku chladiva primárního okruhu přímo do chladiva okruhu sekundárního.

Při provozu JZ je kladen velký důraz na bezpečnost a ochranu zdraví. Jedná se o provoz zařízení s vysokými parametry technologických médií, technologie je prostorově strukturována a provázána se systémy elektro a SKŘ. V prostorách I.O může být zvýšené radiační riziko a může dojít ke styku s aktivními médii. Proto vznik jakékoliv mimořádné události znamená zvýšení rizika vzniku úrazu nebo poškození zdraví.

Posledním rizikem v oblasti sekundárně nebezpečných rizik je ekologická havárie. Ekologickou havárií se ve smyslu dokumentace používané na JE chápe událost, při které hrozí znečištění vodních zdrojů. Jedná se tedy převážně o úniky přepravovaných nebo přečerpávaných kapalin hrožící kontaminací spodních vod, tj. převážně maziv nebo nafty. Zde dochází k častému nepochopení terminologie, protože v podmínkách jaderné energetiky je často jako ekologická havárie chápána pouze událost spojená s únikem radioaktivity do životního prostředí.

### 3.3.3 Oblast primárně nebezpečných rizik

Ve třetím kvadrantu, tj. v oblasti primárně nebezpečných rizik se nacházejí rizika uvedená v Tabulce č. 27:

**Tabulka č. 27 – Rizika v oblasti primárně nebezpečných rizik**

P.č.	Riziko	K <sub>ARI</sub> [%]	K <sub>PRI</sub> [%]
1.	Havárie letadla	68,97	10,34
2.	Teroristická hrozba	68,97	3,45
3.	Zemětřesení	68,97	0
4.	Chyby v provozní a řídicí dokumentaci	65,52	3,45
5.	Srážka vozidel s nebezpečným nákladem	44,83	6,9
6.	Silný vítr	31,03	0
7.	Extrémní mráz	27,59	0
8.	Přírodní záplava	20,69	0

Zdroj: vlastní konstrukce

Z Tabulky č. 27 je patrné, že se jedná o rizika, která sice nelze vyloučit, ale jejich vznik prakticky nelze ze strany provozovatele omezit, a to s jedinou výjimkou – chybami v provozní a řídicí dokumentaci.

Chybám v provozní a řídicí dokumentaci lze předcházet dodržováním standardů jakosti při její tvorbě a důsledným používáním nástrojů proti vzniku lidské chyby při její tvorbě. V případě, že se omezíme pouze na provozní dokumentaci pro řešení havarijních provozních stavů a těžkých havárií, představuje určitou bariéru proti vzniku chyby v dokumentaci i to, že tyto předpisy vznikají na základě generické dokumentace WEC v důsledné spolupráci s jejími autory.

Typickým rysem chyb v dokumentaci je to, že představují latentní riziko, které se nemusí projevit ihned po vzniku chyby, ale mohou zůstat neodhaleny po delší dobu a projeví se například až při určitém specifickém stavu provozované technologie nebo při realizaci méně častých nebo neobvyklých činností. Zde představuje poslední bariéru před vznikem události dobře vyškolený a zkušený provozní personál, který by měl být schopný dle průběhu parametrů včas rozpoznat hrozící nebezpečí a přerušit realizaci prováděných činností.

Velký vliv na provoz JE mohou mít extrémní přírodní jevy, jako je zemětřesení, nebo počasí, tedy silný vítr, extrémní mráz, nebo přírodní záplava. Těmto jevům byla velká pozornost věnována v zátěžových testech JE.

Na území ČR se nenachází žádné tektonické struktury, které by umožňovaly vznik silných zemětřesení. V lokalitě ETE nemůže s 95% pravděpodobností dojít k zemětřesení vyššímu než 6,5°MSK-64. Z výsledků analýzy seismické odolnosti objektů a vybraného zařízení ETE vyplývá, že odolnost všech bezpečnostně významných zařízení i stavebních objektů, v nichž jsou umístěna, výrazně překračuje požadovanou hodnotu pro maximální výpočtové zemětřesení. Z hlediska provedené analýzy je však podstatné to, že případné zemětřesení může vyvolat velké množství následných rizik.

Vyhodnocení robustnosti vůči tzv. ostatním klimatickým podmínkám v zátěžových testech ETE vychází ze statistického zpracování datových řad minimálně 30letého období měření těchto událostí v oblasti ETE nebo v oblasti s obdobným rázem krajiny. Bylo prokázáno, že ETE je dostatečně odolná proti nárazovému větru, vysoké sněhové pokrývce i extrémním maximálním i minimálním teplotním podmínkám. Nicméně z hlediska mé analýzy je podstatné to, že případný silný vítr, extrémní mráz, nebo přírodní záplava může vyvolat další následná rizika pro provoz bloku.

Do oblasti primárně nebezpečných rizik dle mé analýzy dále spadá havárie letadla, teroristická hrozba a srážka vozidel s nebezpečným nákladem. Jedná se o potenciální události s širokým spektrem potenciálních následných rizik, ale jejich předcházení není, alespoň z převážné části, v možnostech samotného provozovatele JZ a vyžaduje jeho důslednou spolupráci s dotčenými orgány státní správy v souladu s platnou legislativou.

### 3.3.4 Oblast relativně bezpečná

Ve čtvrtém kvadrantu, tj. v relativně bezpečné oblasti se nachází jen jedno uvažované riziko, viz Tabulka č. 28:

**Tabulka č. 28 – Rizika v oblasti relativně bezpečné**

P.č.	Riziko	K <sub>ARI</sub> [%]	K <sub>PRI</sub> [%]
1.	Extrémní horko	17,24	0

Zdroj: vlastní konstrukce

Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.3.3, ETE je dostatečně odolná vůči ostatním klimatickým podmínkám. Ze zvažovaných rizik se jeví jako nejvíce zanedbatelné riziko extrémního horka, které je nicméně rovněž schopné vyvolat další následná rizika pro provoz bloku.

### **3.3.5 Porovnání rizik z hlediska primární a sekundární nebezpečnosti**

Nejvyšší hodnotu KARi dle mé analýzy mají následující postulovaná rizika:

- selhání lidského faktoru,
- zemětřesení,
- havárie letadla,
- teroristická hrozba,
- chyby v provozní a řídicí dokumentaci.

Tato rizika tedy mají mezi uvažovanými riziky nejvyšší schopnost vyvolávat další následné provozní události a postihovat širokou škálu oblastí provozu JE.

Nejvyšší hodnotu KPRi dle mé analýzy mají následující postulovaná rizika:

- selhání lidského faktoru,
- závažné poškození zdraví,
- ekologická havárie,
- výpadky komponent a zařízení,
- radiační havárie.

Tato rizika tedy mohou vzniknout v důsledku mnoha různých provozních událostí.

Je patrné, že zásadní význam pro bezpečné provozování JE má předcházení vzniku lidských chyb, protože tyto chyby mohou postihnout prakticky každou oblast provozu JE. Zároveň se ukazuje, že kvalita lidského výkonu může být nejvíce ovlivněna dalšími vlivy. Ve své podstatě lze chyby v řídicí a provozní dokumentaci považovat jen za jinou formu lidské chyby při provozování JE.

**Tabulka č. 29 – Porovnání rizik z hlediska primární a sekundární nebezpečnosti**

<b>P.č.</b>	<b>Riziko</b>	<b>K<sub>ARI</sub> [%]</b>	<b>P.č.</b>	<b>Riziko</b>	<b>K<sub>PRI</sub> [%]</b>
1.	Selhání lidského faktoru	79,31	1.	Selhání lidského faktoru	82,76
2.	Zemětřesení	68,97	2.	Závažné poškození zdraví	79,31
3.	Havárie letadla	68,97	3.	Ekologická havárie	75,86
4.	Teroristická hrozba	68,97	4.	Výpadky komponent a zařízení	72,41
5.	Chyby v provozní a řídicí dokumentaci	65,52	5.	Radiační havárie	55,17
6.	Požár	55,17	6.	Porušení celistvosti JM	55,17
7.	Poškození aktivní zóny	48,28	7.	Poruchy SKŘ	55,17
8.	Srážka vozidel s nebezpečným nákladem	44,83	8.	Ztráta kontroly nad zdrojem IZ	48,28
9.	Výpadky komponent a zařízení	44,83	9.	Požár	48,28
10.	Únik primárního média	41,38	10.	Poruchy (ztráta) elektrického napájení	48,28
11.	Poruchy (ztráta) elektrického napájení	41,38	11.	Únik toxických látek	37,93
12.	Poškození paliva uloženého v BSVP	41,38	12.	Únik sekundárního média	37,93
13.	Únik sekundárního média	34,48	13.	Únik primárního média	37,93
14.	Silný vítr	31,03	14.	Poškození aktivní zóny	37,93
15.	Extrémní mráz	27,59	15.	Technologická záplava	34,48
16.	Radiační havárie	24,14	16.	Únik zápalných látek	34,48
17.	Únik zápalných látek	24,14	17.	Poškození kontejnmentu	34,48
18.	Meziokruhové netěsnosti	24,14	18.	Poškození paliva uloženého v BSVP	34,48
19.	Přírodní záplava	20,69	19.	Meziokruhové netěsnosti	20,69
20.	Technologická záplava	20,69	20.	Poruchy vnosu záporné reaktivity	20,69
21.	Ztráta kontroly nad zdrojem IZ	17,24	21.	Havárie letadla	10,34
22.	Porušení celistvosti JM	17,24	22.	Srážka vozidel s nebezpečným nákladem	6,9
23.	Extrémní horko	17,24	23.	Teroristická hrozba	3,45
24.	Poruchy SKŘ	13,79	24.	Chyby v provozní a řídicí dokumentaci	3,45
25.	Únik toxických látek	10,34	25.	Zemětřesení	0
26.	Poruchy vnosu záporné reaktivity	10,34	26.	Silný vítr	0
27.	Poškození kontejnmentu	6,9	27.	Přírodní záplava	0
28.	Závažné poškození zdraví	3,45	28.	Extrémní horko	0
29.	Ekologická havárie	3,45	29.	Extrémní mráz	0

Zdroj: vlastní konstrukce



### 3.4 Porovnání získaných výsledků s dostupnými daty

Metoda KARS popisuje souvztažnost již pojmenovaných, tedy známých rizik. Oproti tomu PSA dokáže exaktně stanovit pravděpodobnost, se kterou událost, či jejich sekvence, vede k poškození AZ. PSA dokáže odhalit i nová technologická a provozní rizika. Je zjevné, že výsledky získané metodami KARS a PSA nelze přímo srovnávat.

Nicméně oprávněnost výsledků získaných metodou KARS lze ověřit alespoň nepřímo jiným způsobem.

V kapitole 1. 9. 12 je část věnovaná dalším analýzám prováděným pomocí PSA. Mezi tzv. externími událostmi jsou zmiňovány seizmické události a extrémní povětrnostní vlivy. Dalšími analyzovanými událostmi jsou požáry a záplavy. Podrobná analýza se zpravidla provádí pro nejpravděpodobnější externí události typu:

- pád letadla,
- extrémní počasí a vichřice,
- výbuch nebo požár plynovodu,
- nehody průmyslových nebo vojenských zařízení v lokalitě,
- vnější požáry,
- nehody při přepravě nebezpečných výbušných nebo toxických látek,
- letící úlomky turbíny,
- ostatní vnější události (v závislosti na umístění JE).

Pokud se výše zmíněné události objeví ve výsledcích mnou provedené analýzy (viz Tabulka č. 30), lze usuzovat, že způsob stanovení rizik byl vhodně zvolen.

**Tabulka č. 30 – Porovnání rizik stanovených k analyzování nástrojem PSA s riziky stanovenými pro analýzu metodou KARS**

Riziko (PSA)	Riziko (KARS)	K <sub>ARi</sub> [%]	K <sub>PRi</sub> [%]
Seizmické události	Zemětřesení	68,97	0
Extrémní povětrnostní vlivy	Silný vítr	31,03	0
	Extrémní horko	17,24	0
	Extrémní mráz	27,59	0
Požáry	Požár	55,17	48,28
Záplavy	Přírodní záplava	20,69	0
	Technologická záplava	20,69	34,48
Pád letadla	Havárie letadla	68,97	10,34
Výbuch nebo požár plynovodu	Únik zápalných látek	24,14	34,48
Nehody průmyslových nebo vojenských zařízení v lokalitě	*		
Vnější požáry	**		
Nehody při přepravě nebezpečných výbušných nebo toxických látek	Srážka vozidel s nebezpečným nákladem	44,83	6,9
	Únik toxických látek	10,34	37,93
	Únik zápalných látek	24,14	34,48
Letící úlomky turbíny	***		

\* Jiná průmyslová nebo vojenská zařízení se v lokalitě ETE nenacházejí.

\*\* Vnější požáry jsou v kulturní krajině jižních Čech prakticky vyloučené.

\*\*\* Letící úlomky turbíny – Toto riziko mohlo být zachyceno na základě postupu v TC006 pro Hrozící zhoršení chemického režimu chladiva II. O.

Zdroj: vlastní konstrukce

V zátěžových testech (viz kap. 1. 10) se zkoumá robustnost JE vůči zemětřesením, záplavám, ostatním klimatickým jevům, ztrátě elektrického napájení, ztrátě odvodu tepla do koncového jímače a pro zvládání těžkých havárií. Opět porovnám tato rizika s riziky zahrnutými do mé analýzy:

**Tabulka č. 31 – Porovnání rizik stanovených k provedení zátěžových testů s riziky stanovenými pro analýzu metodou KARS**

Riziko (Zátěžové testy)	Riziko (KARS)	$K_{ARi}$ [%]	$K_{PRi}$ [%]
Zemětřesení	Zemětřesení	68,97	0
Záplavy	Přírodní záplava	20,69	0
	Technologická záplava	20,69	34,48
Ostatní klimatické jevy	Silný vítr	31,03	0
	Extrémní horko	17,24	0
	Extrémní mraz	27,59	0
Ztráta elektrického napájení	Poruchy (ztráta) elektrického napájení	41,38	48,28
Ztráta odvodu tepla do koncového jímáče	Výpadky komponent a zařízení *	44,83	72,41
Těžké havárie	Poškození aktivní zóny	48,28	37,93
	Poškození paliva uloženého v BSVP	41,38	34,48
	Poškození kontejnmentu	6,9	34,48
	Radiační havárie	24,14	55,17

\* Výpadky čerpadel CCHV, TVD a TVN se zahrnují mezi výpadky komponent.

Zdroj: vlastní konstrukce

Rizika z mé analýzy porovnatelná s riziky uvažovanými v zátěžových testech mají poměrně vysoký koeficient  $K_{ARi}$ , tudíž lze usuzovat, že výsledky mé analýzy jsou ve shodě s předpoklady zátěžových testů.

## 4 DISKUZE

V rámci této práce jsem se snažil prokázat, či vyvrátit hypotézu, že metoda KARS je prakticky použitelná pro vyhodnocování bezpečnosti provozu jaderné elektrárny. Proto jsem se touto metodou pokusil aplikovat na konkrétní JZ – elektrárnu Temelín.

Při zpracování tabulky rizik jsem narazil na dva problémy spojené s praktickým použitím metody KARS. Prvním byl způsob vlastního získání seznamu rizik. Dospěl jsem k závěru, že jakýkoliv způsob sestavení tohoto seznamu je nutně více, či méně subjektivní a vždy v sobě zahrnuje značný potenciál pro vznik chyby a to zejména opomenutí (nepojmenování) některého rizika. To je zároveň i prvním úskalím využitelnosti metody KARS pro vyhodnocování komplexního technologického systému, jako je jaderná elektrárna. Proto jsem zvolil přístup, při kterém byla jednotlivá rizika určena na základě činností realizovaných v případě vzniku MU členy POHO. Tato data jsem získal na základě rozboru zásahových instrukcí pro funkce v HŠ a TPS. Následně jsem tato rizika dále upřesnil dle provozní dokumentace používané pro řešení abnormálních a havarijních stavů a řešení těžkých havárií. To mi umožnilo se poměrně detailně seznámit s činnostmi realizovanými v rámci systému POHO.

Metoda KARS je, podle mého názoru, primárně určená k popisu souvztažnosti již známých rizik a tak nikdy nemůže vést k odhalení nových, dosud neznámých rizik.

Druhým problémem bylo stanovení souvztažnosti jednotlivých rizik. Zde se opět jedná o velmi subjektivní způsob vyhodnocení vyžadující poměrně značnou míru odborného vhledu do analyzované problematiky. Zde bych chtěl zdůraznit, že je velmi pravděpodobné, že specialisté z různých oborů by v závislosti na své specializaci a odborné zkušenosti mohli dojít k ne zcela identickým závěrům.

Na začátku své práce jsem se domníval, že výsledky analýzy rizik provozu JE získané metodou KARS budou nějakým jednoduchým způsobem porovnatelné s výsledky získanými na základě PSA, která je všeobecně uznávaným analytickým nástrojem pro vyhodnocování bezpečnosti provozu JE. Nakonec jsem však dal přednost, dle mého názoru, vhodnější formě srovnání obou metod, a to v pěti vybraných hlediscích.

**Tabulka č. 32 – Porovnání metod KARS a PSA ve vybraných hlediscích**

Vybraná hlediska	KARS	PSA
Objektivita	Subjektivní	Objektivní, při zpracování se využívá standartní metodologie a standartní knihovny dat
Náročnost	Relativně jednoduchá	Složitá a komplexní
Schopnost pojmenovat nová rizika	Neumožňuje pojmenovat nová rizika	Umožňuje pojmenovat nová rizika a kvantifikuje pravděpodobnost jejich vzniku
Výsledky	Výsledkem je tabulka souvztažnosti známých rizik	PSA stanovuje míru pravděpodobnosti vzniku jednotlivých sekvencí vedoucích ke vzniku události. Existují různé stupně PSA a různé varianty využití nástrojů PSA pro vyhodnocování bezpečnosti provozu JE. (viz kapitola 1.9.)
Porovnatelnost	Protože neexistuje jednotná metodologie, prakticky žádná, nebo jen velmi problematická.	Výsledky PSA lze používat k porovnávání bezpečnosti různých JE.

Zdroj: vlastní konstrukce

Na základě výše uvedených skutečností jsem dospěl k závěru, že metoda KARS může mít jen velmi omezené uplatnění pro posuzování bezpečnosti JZ. Nicméně nelze vyloučit, že by se dala s úspěchem použít pro vyhodnocování bezpečnostních aspektů spojených s řešením dílčích problémů jako například rychlé a operativní vyhodnocení rizik spojených s provozem jednotlivých systémů, či s důsledky jejich oprav.

Zde si dovoluji vyjádřit přesvědčení, že čím jednodušší analyzovaný technologický systém, tím jednoznačnější a objektivnější bude stanovování potenciálních rizik a jejich souvztažnosti.

S ohledem na své zkušenosti získané během vypracování této práce, nepovažuji za příliš vhodné používat metodu KARS pro komplexní zhodnocení bezpečnosti provozu JE nebo jiného komplexního technologického celku srovnatelného rozsahu, protože v podmínkách jaderného průmyslu existuje mnohem vhodnější a sofistikovanější nástroj, a tím je PSA.

Na základě provedeného porovnání rizik uvažovaných v mé analýze s riziky postulovanými v zátěžových testech a při uvážení toho, že jednotlivé zásahové instrukce byly sestavené před událostmi na JE Fukushima, lze usuzovat, že systém POHO ETE, alespoň dle mě dostupných podkladů, byl připravován tak, aby byl schopen tato rizika zvládnout.

Asi nejzajímavějším, byť předpokladatelným výsledkem mé analýzy je velký vliv selhání lidského faktoru na bezpečnost provozu JE. Selhání lidského faktoru totiž má nejvyšší hodnotu koeficientů  $K_{ARi}$  a  $K_{PRi}$ .

Z následujícího výčtu je vidět, že přímo lidské selhání (aktivní chyba) nebo chyba v provozní dokumentaci nebo dokonce projektu (latentní lidská chyba) může způsobit závažné události i v dalších oborech lidské činnosti:

- havárie elektrárny Černobyl (1986)
  - ✓ nedodržení postupu plánovaného textu,
  - ✓ nedodržování provozních omezení,
- havárie raketoplánů Challenger (1986) a Columbia (2003)
  - ✓ přílišné sebevědomí, nepoučení se z předchozí havárie,
- požár ropné rafinérie British Petroleum v Texasu (2005)
  - ✓ provozována 10-15 let po vyčerpání životnosti, protože byla ve „velmi dobrém stavu“, což dokladovali velmi nízkým počtem předchozích událostí; vyšetřováním bylo zjištěno, že události byly, ale nikdo je nevidoval,
  - ✓ chyba kontrolních systémů a lidské obsluhy,

- havárie letounu Nimrod MR2 RAF (2006)
  - ✓ těsně před přistáním letadla vypukl na palubě požár, který se nepodařilo uhasit,
  - ✓ chyba údržby – údržbář neměl kompletní předpis pro údržbu a nebyl si vědom bezpečnostního dopadu; způsobeno přechodem z liniového na maticové řízení,
- havárie ropné plošiny Deepwater Horizon společnosti British Petroleum (2010)
  - ✓ selhání bezpečnostního přetlakového ventilu,
  - ✓ nedostatečná příprava postupů pro řešení havarijní události,
  - ✓ nedostatečné technické vybavení, kontroly a zabezpečení bezpečnosti práce,
- havárie elektrárny Fukushima Daiichi (2011)
  - ✓ nezvládnutí havárie bylo přímým důsledkem různých dohod mezi vládou, regulátorem a provozovatelem. (např. problematika řešení těžkých havárií byla ponechána zcela v kompetenci provozovatele...),
  - ✓ komise označuje havárii za důsledek lidské činnosti, protože ve vztazích mezi provozovatelem a regulátorem byl nastolen systém, který toleroval a někdy i podporoval přijímání chybných opatření,
  - ✓ zaměstnanci elektrárny nedokázali v daném časovém rámci adekvátně řešit vzniklou havarijní situaci, protože neměli dostatečný výcvik, vybavení a ani provozní dokumentaci,
  - ✓ systémy krizového řízení vlády a regulátora, stejně jako i ostatních zodpovědných složek, nezareagovaly správně, protože měly nejednoznačně stanovené role a zodpovědnost.

Výše uvedený seznam událostí by bylo možné dále rozšiřovat. Nicméně z provedené analýzy a uvedených příkladů je patrné, že k výběru a přípravě personálu je nutno přistupovat zodpovědně a systematicky a je nutno dbát na dodržování vysoké kultury provozu a používání nástrojů pro omezení vzniku lidských chyb při projektování a provozování JZ.

## 5 ZÁVĚR

Provedená analýza rizik spojených s provozem ETE mi dala možnost nejen se seznámit s praktickým použitím metody KARS, s jejími přednostmi a nedostatky, ale zároveň mě dovedla k poměrně detailnímu seznámení se s problematikou POHO a činnostmi, které by jeho členové na jednotlivých funkcích měli zajišťovat. Z dat shromážděných primárně kvůli sestavení tabulky rizik je vidět, jak je činnost při plnění jednotlivých úkolů POHO rozdělena mezi jednotlivé funkce a jak výrazně se liší činnost vlastního HŠ a TPS, nebo jak jednotlivé funkce při plnění těchto úkolů spolupracují.

Poměrně velká pozornost je v teoretické části věnována popisu PSA a jejímu praktickému využití. Přesto je zřejmé, že se jedná o tak komplexní a mnohostranný nástroj pro vyhodnocování bezpečnosti provozu JE, že se mi podařilo sestavit jen jakýsi stručný úvod do dané problematiky.

Příprava dat a provedení analýzy KARS mě dovedla k přesvědčení, že tento nástroj je v oblasti vyhodnocování provozu JE spíše použitelný jen pro řešení dílčích problémů. Velmi zajímavé by mohlo být vyhodnocení souvztažnosti rizik spojených s provozem chladicích systémů JE s ohledem na potenciální snížení výkonu bloku (bloků) a zahájení činností dle limitů a podmínek bezpečného provozu.

Přestože se domnívám, že metoda KARS je nástroj, který může být při sestavování tabulky rizik a při vyhodnocování jejich souvztažnosti zatížen subjektivním přístupem zpracovatele, získané výsledky mají jistou vypovídací schopnost a zřejmě nejsou v rozporu s předpoklady, které vedly ke stanovení zvolených událostí pro zátěžové testy.

V zátěžových testech jsou uvažována následující rizika: zemětřesení, záplavy, ostatní klimatické jevy, ztráta elektrického napájení, ztráta odvodu tepla do koncového jímače a těžké havárie. V mé analýze je zemětřesení rovněž uvažováno, záplavy se rozlišují na přírodní a technologické, ostatní klimatické jevy se dělí na silný vítr, extrémní horko a extrémní mráz, ztráta elektrického napájení se v mé analýze skryla do poruch elektrického napájení a těžké havárie lze najít v položkách poškození AZ, poškození paliva uloženého v BSVP, poškození kontejnmentu a radiační havárie.



Pouze ztráta odvodu tepla do koncového jímače je zahrnutá pod zdánlivě nesouvisející pojem výpadky komponent a zařízení. To má ovšem svou logiku, protože ztráta odvodu tepla do koncového jímače není nic jiného, než výpadek systému cirkulační chladicí vody, technické vody důležité, či technické vody nedůležité.

V rámci interpretace získaných výsledků jsou stručně popsána jednotlivá rizika uvažovaná v analýze. Mezi rizika s největší hodnotou  $K_{ARi}$  uvažovanými v této práci patří selhání lidského faktoru, zemětřesení, havárie letadla, teroristická hrozba, chyby v provozní a řídicí dokumentaci a požár. Hodnota  $K_{ARi}$  pro všechna tato rizika je větší než 50%. Mezi rizika s největší hodnotou  $K_{PRi}$  uvažovanými v této práci patří selhání lidského faktoru, závažné poškození zdraví, ekologická havárie, výpadky komponent a zařízení, radiační havárie, porušení celistvosti JM a poruchy SKŘ. Hodnota  $K_{PRi}$  pro všechna tato rizika je větší než 50%.

Z výsledků provedené analýzy vyplynulo, že podstatným prvkem pro bezpečné provozování jaderné elektrárny je kvalifikovaný, dobře vybraný a systematicky připravovaný personál.

V návaznosti na tento výsledek byly do teoretické části práce doplněny kapitoly věnované kultuře bezpečnosti a vlivu lidského faktoru na jadernou bezpečnost.

## 6 SEZNAM INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

- (1) Česká republika. ZÁKON č. 18/1997 Sb. ze dne 24. ledna 1997 o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 26. února 1997, roč. 1997, 5, s. 82-106. ISSN 1211-1244. Dostupné z: [www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/zakony/Atomovy\\_zakon\\_20120103.pdf](http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/zakony/Atomovy_zakon_20120103.pdf)
- (2) Česká republika. NAŘÍZENÍ VLÁDY č. 11 ze dne 9. prosince 1998 o zóně havarijního plánování. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 19. ledna 1999, roč. 1999, 4, s. 239-246. ISSN 1211-1244. Dostupné z: [http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasky/NV11\\_1999Sb.pdf](http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasky/NV11_1999Sb.pdf)
- (3) Česká republika. VYHLÁŠKA Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 106/1998 ze dne 20. dubna 1998 o zajištění jaderné bezpečnosti a radiační ochrany jaderných zařízení při jejich uvádění do provozu a při jejich provozu. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 5. května 1998, roč. 1998, 36, s. 5340-5347. ISSN 1211-1244. Dostupné z: [http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasky/106\\_98.pdf](http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasky/106_98.pdf)
- (4) Česká republika. VYHLÁŠKA Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 195/1999 ze dne 21. srpna 1999 o požadavcích na jaderná zařízení k zajištění jaderné bezpečnosti, radiační ochrany a havarijní připravenosti. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 3. září 1999, roč. 1999, 66, s. 3361-3370. ISSN 1211-1244. Dostupné z: [http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasky/195\\_99.pdf](http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasky/195_99.pdf)
- (5) Česká republika. VYHLÁŠKA Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 318/2002 ze dne 13. června 2002 o podrobnostech k zajištění havarijní připravenosti jaderných zařízení a pracovišť se zdroji ionizujícího záření a o požadavcích na obsah vnitřního havarijního plánu a havarijního řádu, ve znění vyhlášky č. 2/2004 Sb. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 18. července 2002, roč. 2002, 116, s. 6780-6788. ISSN 1211-1244. Dostupné z: [www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasky/v318\\_02\\_zmeny.pdf](http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasky/v318_02_zmeny.pdf)
- (6) HLADKÁ, Renata, Pavel BOHŮN, Bohumil KOLÁČEK a Jaroslav KOPEČNÝ. 2008. *JADERNÁ BEZPEČNOST* [online]. Brno, 98 s. [cit. 2015-05-10].
- (7) MLADÝ, Ondřej. 2000. *PRAVDĚPODOBNOSTNÍ HODNOCENÍ BEZPEČNOSTI* [online]. Brno, 103 s. [cit. 2015-05-10].

- (8) KOPEČNÝ, Jaroslav. 1998. *KULTURA BEZPEČNOSTI* [online]. Brno, 89 s. [cit. 2015-05-10].
- (9) KOPEČNÝ, Jaroslav. 2007. *KULTURA BEZPEČNOSTI V PRAXI: I. díl* [online]. Brno, 84 s. [cit. 2015-05-10].
- (10) *Zátěžové testy JE - ČEZ, a.s.: Ocenění bezpečnosti a bezpečnostních rezerv JE Temelín (z pohledu skutečností havárie na JE Fukushima)*. ČEZ. Jaderná elektrárna Temelín, 2011, 226 s. Dostupné z: [www.cez.cz/edee/content/file/energie-a-zivotni-prostredi/temelin/zaverecna-zprava-zt-ete.pdf](http://www.cez.cz/edee/content/file/energie-a-zivotni-prostredi/temelin/zaverecna-zprava-zt-ete.pdf)
- (11) PACINDA, Štefan. 2010. *SÍŤOVÁ ANALÝZA A METODA KARS. The Science for Population Protection*. roč. 1/2010: 22 s. Dostupné také z: <http://www.population-protection.eu/prilohy/casopis/8/56.pdf>
- (12) JELŠOVSKÁ, Katarína a Andrea PETERKOVÁ. 2013. *Řešení krizových situací - metody a jejich aplikace* [online]. Opava, 89 s. [cit. 2015-05-10]. Dostupné také z: <http://projects.math.slu.cz/AM/activ/soubory/opory/ResKrizi.pdf>
- (13) KOLÁČEK, Bohumil. 2011. *ÚVOD DO RADIAČNÍ OCHRANY: Modul 1, 2, 3* [online]. Brno, 64 s. [cit. 2015-05-10].
- (14) SÝKORA, Milan a Radim HONČARENKO. 2010. *Soubor symptomaticky orientovaných havarijních provozních postupů pro JE Temelín: Filosofie postupů a východiska pro použité strategie* [online]. Brno, 155 s. [cit. 2015-05-10].
- (15) SÝKORA, Milan a Radim HONČARENKO. 2010. *Soubor symptomaticky orientovaných havarijních provozních postupů pro JE Temelín: Strategie postupů pro optimální obnovení bezpečného stavu* [online]. Brno, 148 s. [cit. 2015-05-10].
- (16) SÝKORA, Milan a Radim HONČARENKO. 2010. *Soubor symptomaticky orientovaných havarijních provozních postupů pro JE Temelín: Strategie postupů pro obnovení kritických bezpečnostních funkcí* [online]. Brno, 100 s. [cit. 2015-05-10].
- (17) ČERNÝ, Vítězslav. 2009. *LIKVIDACE HAVARIJNÍCH STAVŮ JE VVER 1000: Vývojové diagramy řešení havarijních stavů* [online]. Brno, 89 s. [cit. 2015-05-10].
- (18) SOUSEDÍK, Antonín. 2005. *LIKVIDACE ABNORMÁLNÍCH A MIMOŘÁDNÝCH STAVŮ JE VVER 1000* [online]. Brno, 32 s. [cit. 2015-05-10].

- (19) LHOTÁK, Oldřich. 2008. *LIKVIDACE PORUCHOVÝCH STAVŮ JE VVER 1000* [online]. Brno, 134 s., 74 s. [cit. 2015-05-10].
- (20) LHOTÁK, Oldřich. 2010. *LIKVIDACE PORUCHOVÝCH STAVŮ JE VVER 1000: PRŮBĚHY TYPICKÝCH PŘECHODOVÝCH PROCESŮ* [online]. Brno, 231 s. [cit. 2015-05-10].
- (21) KOPEČNÝ, Jaroslav. 2011. *TECHNICKÁ BEZPEČNOST* [online]. Brno, 152 s. [cit. 2015-05-10].
- (22) CENCINGER, František. 2008. *PRIMÁRNÍ ČÁST JE VVER 1000: ZÁKLADNÍ ZAŘÍZENÍ PRIMÁRNÍHO OKRUHU* [online]. Brno, 599 s. [cit. 2015-05-10].
- (23) CENCINGER, František. 2009. *PRIMÁRNÍ ČÁST JE VVER 1000: POMOCNÉ SYSTÉMY* [online]. Brno, 610 s. [cit. 2015-05-10].
- (24) ŠKRANC, Karel. 2010. *SEKUNDÁRNÍ ČÁST JE VVER 1000: I. Díl* [online]. Brno, 332 s. [cit. 2015-05-10].
- (25) ŠKRANC, Karel. 2011. *SEKUNDÁRNÍ ČÁST JE VVER 1000: II. Díl* [online]. Brno, 442 s. [cit. 2015-05-10].
- (26) ŠTĚTINA, Jiří. 2014. *Zdravotnictví a integrovaný záchranný systém při hromadných neštěstích a katastrofách*. 1. vyd. Praha: Grada, 557 s., [24] s. obr. příl. ISBN 978-802-4745-787.
- (27) STÁTNI ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST. 2010. *VÝBĚR A HODNOCENÍ PROJEKTOVÝCH A NADPROJEKTOVÝCH UDÁLOSTÍ A RIZIK PRO JADERNÉ ELEKTRÁRNY: bezpečnostní návod JB-1.7* [online]. 50 s. [cit. 2015-05-10]. Dostupné také z: [https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/publikace/G2-EF-final\\_udalosti\\_a\\_rizika\\_PUBLIKACE.pdf](https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/publikace/G2-EF-final_udalosti_a_rizika_PUBLIKACE.pdf)
- (28) STÁTNI ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST. 2011. *O POŽADAVCÍCH NA PROJEKT JADERNÝCH ZAŘÍZENÍ k zajištění jaderné bezpečnosti, radiační ochrany, fyzické ochrany a havarijní připravenosti: bezpečnostní návod JB-1.0* [online]. 27 s. [cit. 2015-05-10]. Dostupné také z: [https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/publikace/Navod\\_navrh\\_V195\\_final.pdf](https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/publikace/Navod_navrh_V195_final.pdf)

- (29) DRÁBOVÁ, Dana, Frank CARRÉ, František HEZOUČKÝ, Jiří HŮLKA, Jan JOHN, Jukka LAAKSONEN, John C. LEE, Jozef MIŠÁK a Martin RUŠČÁK. 2013. *BEZPEČNOST – IMPERATIV JADERNÉ ENERGETIKY* [online]. JMM consulting, 33 s. [cit. 2015-05-10]. Dostupné také z: <http://epp-projekt.cz/wp-content/uploads/2012/04/Publikace-BEZPE%C4%8CNOST-%E2%80%93-IMPERATIV-JADERN%C3%89-ENERGETIKY.pdf>
- (30) INES: Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí, Uživatelská příručka. In: *SÚJB* [online]. SÚJB, 2001 [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/publikace/INES.pdf>
- (31) Národní akční plán k dalšímu posílení jaderné bezpečnosti Dukovan a Temelína dokončen. *Státní úřad pro jadernou bezpečnost* [online]. 2013 [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.sujb.cz/aktualne/detail/clanek/narodni-akcni-plan-k-dalsimu-posileni-jaderne-bezpecnosti-dukovan-a-temelina-dokoncen/>
- (32) SÚJB. 2015. *Pofukušimský Národní Akční Plán (NAcP) na posílení jaderné bezpečnosti jaderných zařízení v České republice* [online]. 82 s. [cit. 2015-05-10]. Dostupné také z: [http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/jaderna-bezpecnost/Cesky\\_NAcP\\_Rev2\\_final.pdf](http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/jaderna-bezpecnost/Cesky_NAcP_Rev2_final.pdf)
- (33) INES: The International Nuclear and Radiological Event Scale. In: *IAEA: Nuclear Safety & Security* [online]. 1999, April 10, 2015 [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www-ns.iaea.org/tech-areas/emergency/ines.asp>
- (34) Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. In: *SÚJB: Dokumenty MAAE a NEA k havarijní připravenosti* [online]. Vienna: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2002 [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: [http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/kkc/Pub1133\\_scr.pdf](http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/kkc/Pub1133_scr.pdf)
- (35) Arrangements for Preparedness for a Nuclear or Radiological Emergency. In: *SÚJB: Dokumenty MAAE a NEA k havarijní připravenosti* [online]. Vienna: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2007 [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: [http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/kkc/Pub1265\\_web.pdf](http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/kkc/Pub1265_web.pdf)

- (36) INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. 2001. *Applications of probabilistic safety assessment (PSA) for nuclear power plants: IAEA-TECDOC-1200* [online]. Vienna, 96 s. [cit. 2015-05-10]. ISSN 1011–4289. Dostupné také z: [http://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/te\\_1200\\_prn.pdf](http://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/te_1200_prn.pdf)
- (37) NUSBAUMER, Olivier. 2012. *Introduction to Probabilistic Safety Assessments (PSA)* [online]. 20 s. [cit. 2015-05-10]. Dostupné také z: [http://nusbaumer.tripod.com/resources/publications/nusbaumer\\_introduction\\_to\\_probabilistic\\_safety\\_assessments.pdf](http://nusbaumer.tripod.com/resources/publications/nusbaumer_introduction_to_probabilistic_safety_assessments.pdf)
- (38) AGENCY, International Atomic Energy. 1992. *Procedures for conducting probabilistic safety assessments of nuclear power plants (level 1): a safety practice* [online]. Vienna: International Atomic Energy Agency [cit. 2015-05-10]. ISBN 92-010-2392-8. Dostupné také z: [http://gnssn.iaea.org/Superseded%20Safety%20Standards/Safety\\_Series\\_050-P-4\\_1992.pdf](http://gnssn.iaea.org/Superseded%20Safety%20Standards/Safety_Series_050-P-4_1992.pdf)
- (39) AGENCY, International Atomic Energy. 1995. *Procedures for conducting probabilistic safety assessments of nuclear power plants (level 2): accident progression, containment analysis and estimation of accident source terms* [online]. Vienna: International Atomic Energy Agency [cit. 2015-05-10]. ISBN 92-010-2195-X. Dostupné také z: [http://gnssn.iaea.org/Superseded%20Safety%20Standards/Safety\\_Series\\_050-P-8\\_1995.pdf](http://gnssn.iaea.org/Superseded%20Safety%20Standards/Safety_Series_050-P-8_1995.pdf)
- (40) Fact Sheet on Probabilistic Risk Assessment. 2014. *United States Nuclear Regulatory Commission* [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/probabilistic-risk-asses.html>
- (41) Interní dokumentace ČEZ, a.s.

*Pozn.: Interní dokumentace ČEZ, a.s. není volně přístupná, proto na ní není odkazováno běžným způsobem. Pro orientaci byl zpracován souhrn dokumentů viz Tabulka č. 33, které mi byly poskytnuty k využití.*

**Tabulka č. 33 – Interní dokumentace ČEZ, a.s.**

<b>Typ</b>	<b>Zkratka</b>	<b>Název dokumentu</b>
PRGR	ČEZ_PRGR_1008	Politika bezpečnosti a ochrany životního prostředí
	ČEZ_PRGR_1016	Politika kvality řízení
PA	ČEZ_PA_0001	Organizační řád ČEZ, a. s.
	ČEZ_PA_0022	Manuál integrovaného systému řízení
SD	ČEZ_SD_0001	Havarijní připravenost JE
SM	ČEZ_SM_0108	Havarijní připravenost JE
ST	ČEZ_ST_0030	Kultura bezpečnosti v působnosti SCRĚB – divize výroba
	ČEZ_ST_0036	Havarijní připravenost JE
	ČEZ_ST_0041	Řízení havárií na JE (Accident Management)
	ČEZ_ST_0050	Kvalita lidského výkonu (QLV)
ME	ČEZ_ME_0134	Kontrola technických prostředků systémů vyrozumění orgánů státní správy, varování obyvatelstva a SVV personálu JE
PP	ČEZ_PP_0253	Organizační zabezpečení HP
	ČEZ_PP_0259	Technické zabezpečení HP
	ČEZ_PP_0272	Řízení a provádění zásahů
	ČEZ_PP_0268	Ověřování havarijní připravenosti
ZI	ČEZ_ZI_0001	ZI - SI
	ČEZ_ZI_0002	ZI - Velitel HŠ
	ČEZ_ZI_0003	Vnější podpora (ETE)
	ČEZ_ZI_0005	ZI - Mluvčí HŠ (ETE)
	ČEZ_ZI_0007	ZI pro funkci Logistik (ETE)
	ČEZ_ZI_0008	ZI - Ekolog (ETE)
	ČEZ_ZI_0010	Zásahová instrukce Technolog TPS (ETE)
	ČEZ_ZI_0011	ZI - Řízení zásahů (ETE)
	ČEZ_ZI_0014	ZI pro funkci Analytik VHPS (ETE)
	ČEZ_ZI_0015	Zásahová instrukce Dozimetrista LRKO (ETE)
	ČEZ_ZI_0016	Zásahová instrukce Řidič RMMS2
	ČEZ_ZI_0017	ZI – Zástupce logistika (ETE)
	ČEZ_ZI_0018	Zásahová instrukce Zástupce mluvčího HŠ (ETE)
	ČEZ_ZI_0019	Zásahová instrukce VRB
	ČEZ_ZI_0020	Zásahová instrukce SMRK
	ČEZ_ZI_0021	ZI pro členy krytového družstva HŘS (ETE)
	ČEZ_ZI_0022	ZI pro členy krytového družstva krytu pod dílnami (ETE)

Typ	Zkratka	Název dokumentu
ZI	ČEZ_ZI_0023	ZI pro členy krytového družstva krytu pod provozní budovou (ETE)
	ČEZ_ZI_0024	ZI pro členy krytového družstva krytu pod školicím střediskem (ETE)
	ČEZ_ZI_0025	ZI - Posuzování závažnosti vzniklých událostí
	ČEZ_ZI_0026	Zabezpečení varování zaměstnanců a dalších osob v areálu a ochranném pásmu JE (ETE)
	ČEZ_ZI_0027	Zajištění vyrozumění orgánů a organizací v případě vzniku mimořádné události
	ČEZ_ZI_0028	Zajištění aktivace systému varování obyvatelstva v ZHP (ETE)
	ČEZ_ZI_0030	Zajištění aktivace HIS a LPS (ETE)
	ČEZ_ZI_0031	Zajištění ubytování pro personál OHO a další zasahující osoby (ETE)
	ČEZ_ZI_0032	Při vzniku Ra události na pracovišti LRKO ETE
	ČEZ_ZI_0033	Přechod řídicího operativního personálu z BD na ND
	ČEZ_ZI_0034	Zásahová instrukce pro řešení mimořádných událostí ve skladu čerstvého paliva
	ČEZ_ZI_0035	Činnost personálu ETE při výskytu toxických látek nebo zápalných plynů na hranici střeženého prostoru nebo v ochranném pásmu ETE
	ČEZ_ZI_0036	Činnost personálu JE Temelín při výskytu explozí nebo pádů létajících předmětů v areálu JE Temelín
	ČEZ_ZI_0037	Vyhlášení ochranného opatření shromáždění nebo ukrytí (ETE)
	ČEZ_ZI_0037	Vyhlášení ochranného opatření shromáždění nebo ukrytí (ETE)
	ČEZ_ZI_0038	Aktivace evakuačních prostředků (ETE)
	ČEZ_ZI_0039	Evakuační plán JE Temelín
	ČEZ_ZI_0040	Činnost havarijní skupiny při řešení MU vzniklé při přepravě jaderných materiálů
	ČEZ_ZI_0041	ZI - mobilní monitorovací skupiny (ETE)
	ČEZ_ZI_0045	Zásahová instrukce postup pro ocenění meteorologické situace (ETE)
	ČEZ_ZI_0047	Hodnocení radiační situace v okolí při úniku radioaktivních látek (ETE)
	ČEZ_ZI_0048	Při vzniku Ra události na pracovišti LMIZ ETE
	ČEZ_ZI_0049	Při vzniku Ra události na pracovišti ODK ETE
	ČEZ_ZI_0050	ZI - Při vzniku Ra události na pracovišti chemie
	ČEZ_ZI_0051	Při vzniku Ra události na pracovišti SKŘ RO (ETE)
	ČEZ_ZI_0052	Zásahová instrukce Technolog 2 (ETE)

Zdroj: vlastní konstrukce



## 7 SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1 – Přehled četností úmrtí vybraných dobrovolných rizik.....	25
Tabulka č. 2 – Přehled četností úmrtí vybraných nedobrovolných rizik.....	26
Tabulka č. 3 – Psychologická stupnice hodnocení přijatelnosti rizika veřejností .....	26
Tabulka č. 4 – Příspěvky interních iniciačních událostí k četnosti poškození AZ.....	62
Tabulka č. 5 – Souvztažnost rizik – výčet rizik.....	75
Tabulka č. 6 – Vyplněná diagonála tabulky souvztažnosti rizik .....	75
Tabulka č. 7 – Tabulka souvztažnosti rizik – součty aktivit a pasivit .....	76
Tabulka č. 8 – Tabulka koeficientů aktivit a pasivit rizik .....	77
Tabulka č. 9 – Přehled řídicí dokumentace pro jednotlivé funkce v HŠ a TPS.....	79
Tabulka č. 10 – Přehled činností jednotlivých členů TPS .....	80
Tabulka č. 10a – Přehled činností fce SI, VHŠ, VTPS a Technolog 1.....	81
Tabulka č. 10b – Přehled činností fce Technolog 2, Řízení zásahů, Dozimetrista a Analytik VHPS .....	82
Tabulka č. 10c – Přehled činností fce Administrátor, Vnější podpora, Mluvčí HŠ a Zástupce mluvčího HŠ .....	83
Tabulka č. 10d – Přehled činností fce Ochrana, Logistik, Zástupce logistika a Ekolog	84
Tabulka č. 10e – Přehled činností fce Dozimetrista LRKO, Řidič RMMS2, Dozimetrista RMMS2 a Informatik.....	85
Tabulka č. 11 – Obsah celoblokového provozního předpisu 1TC006/1.....	86
Tabulka č. 12 – Obsah celoblokového provozního předpisu 1TC006/2.....	87
Tabulka č. 13 – Obsah celoblokového provozního předpisu 1TC006/3.....	87
Tabulka č. 14 – Obsah celoblokového provozního předpisu 1TC006/4.....	87
Tabulka č. 15 – Obsah celoblokového provozního předpisu 1TC007.....	88
Tabulka č. 16 – Obsah celoblokového provozního předpisu 1TC008.....	89
Tabulka č. 17 – Obsah celoblokového provozního předpisu 1TC010.....	89
Tabulka č. 18 – Obsah celoblokového provozního předpisu 0TC030/1.....	90
Tabulka č. 19 – Obsah celoblokového provozního předpisu 0TC030/2.....	90

Tabulka č. 20 – Obsah celoblokového provozního předpisu 0TC030/3.....	91
Tabulka č. 21 – Obsah celoblokového provozního předpisu 0TC031.....	91
Tabulka č. 22 – Soupis rizik JE Temelín.....	93
Tabulka č. 23 – Výsledná tabulka souvztažnosti rizik JE Temelín.....	95
Tabulka č. 24 – Tabulka koeficientů aktivity a pasivity pro jednotlivá rizika.....	97
Tabulka č. 25 – Rizika v oblasti primárně i sekundárně nebezpečných rizik.....	100
Tabulka č. 26 – Rizika v oblasti sekundárně nebezpečných rizik.....	105
Tabulka č. 27 – Rizika v oblasti primárně nebezpečných rizik.....	109
Tabulka č. 28 – Rizika v oblasti relativně bezpečné.....	110
Tabulka č. 29 – Porovnání rizik z hlediska primární a sekundární nebezpečnosti.....	112
Tabulka č. 30 – Porovnání rizik stanovených k analyzování nástrojem PSA s riziky stanovenými pro analýzu metodou KARS.....	114
Tabulka č. 31 – Porovnání rizik stanovených k provedení zátěžových testů s riziky stanovenými pro analýzu metodou KARS.....	115
Tabulka č. 32 – Porovnání metod KARS a PSA ve vybraných hlediscích.....	117
Tabulka č. 33 – Interní dokumentace ČEZ, a.s.....	127

## **8 SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek č. 1 – Model kultury bezpečnosti .....	44
Obrázek č. 2 – Pravděpodobnostní hodnocení bezpečnosti.....	53
Obrázek č. 3 – Hierarchie výsledků PSA .....	60
Obrázek č. 4 – Výsledný graf analýzy KARS .....	99

## **9 PŘÍLOHY**

Příloha č. 01 – Příklad stromu událostí .....	133
Příloha č. 02 – Příklad stromu poruch.....	134

PŘÍKLAD STROMU UDÁLOSTÍ - VELMI MALÁ LOCA

S5 iniciátor	HO	TK	PNČ	HNČ	LIDSKÁ CHYBA	F&B	TQ13, 23, 33	STAV AZ	ČETNOST CD (CDF)
								OK	
					5.00E-3		4.79E-3	OK	
								CD	1.79E-06
								OK	
					5.00E-3		4.79E-3	OK	
								CD	8.79E-07
								OK	
								CD	7.69E-06
							Transfer	S4	1.80E-02
							Transfer	ATWS	2.25E-06
									<b>Σ CDF = 9.482E-06</b>

ATWS Strom událostí přechodových stavů bez odstavení reaktoru

S4 Strom událostí pro iniciační událost „Malá LOCA“

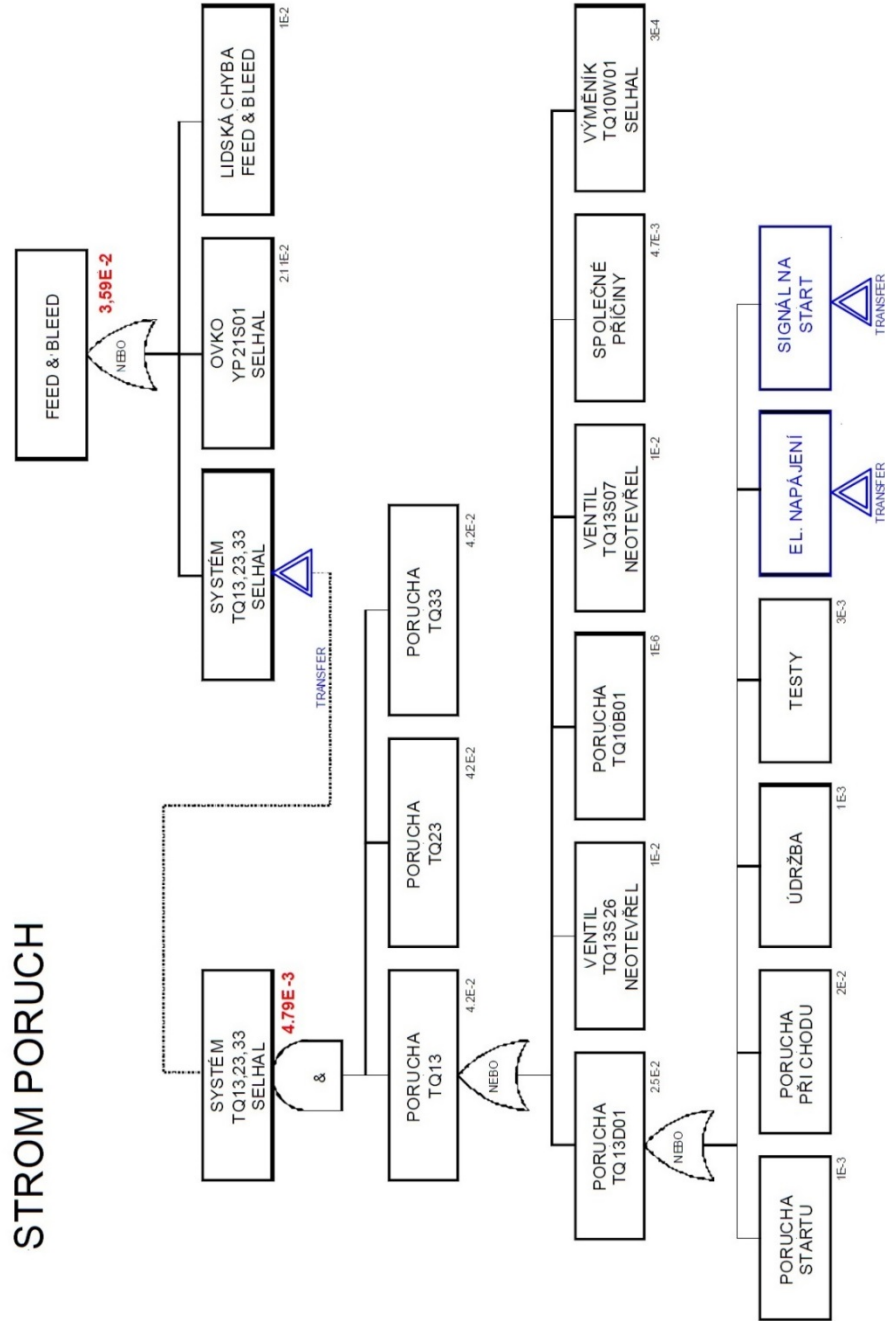
S5 Iniciační událost havarijních sekvencí („Velmi malá LOCA“)

CD = Stav s poškozením AZ

OK = Stav bloku bez poškození AZ

Zdroj: MLADÝ, Ondřej (7)

STROM PORUCH PRO SELHÁNÍ SYSTÉMU TQ 13,23,33



Zdroj: MLADÝ, Ondřej (7)