

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

**OPTIMALIZACE PRACÍ NA OBNOVĚ
ELEKTRIZAČNÍCH SÍTÍ PŘI NADPROJEKTOVÉ
HAVÁRII V EDU**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

BC. MICHAL PTÁČEK

BRNO 2009

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektroenergetika

Student: Ptáček Michal, Bc.

Ročník: 2

ID: 83313

Akademický rok: 2008/09

NÁZEV TÉMATU:

Optimalizace prací na obnově elektrizačních sítí při nadprojektové havárii v EDU

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Rozbor black-outu při nadprojektové havárii.
2. Výpočtové metody a rozbor jejich použitelnosti při optimalizaci prací na JE.
3. Na základě definované modelové situace analyzovat rizika pracovní skupiny a optimalizovat postup prací.
4. Zhodnocení významu použitých analytických metod v praxi.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce.

Termín zadání: 9.2.2009

Termín odevzdání: 25.5.2009

Vedoucí práce: doc. Ing. Antonín Matoušek, CSc.

Konzultanti diplomové práce:



doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

předseda oborové rady



UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

LICENČNÍ SMLOUVA

POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Bc. Michal Ptáček

Bytem: Zikova 604/6, Olomouc

Narozen/a (datum a místo): 10.2.1985, Šternberk

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií,

se sídlem Údolní 244/53, 602 00 Brno,

jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:

.....
doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

disertační práce

diplomová práce

bakalářská práce

jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Optimalizace prací na obnově elektrizačních sítí při nadprojektové havárii v EDU

Vedoucí/ školitel VŠKP: doc. Ing. Antonín Matoušek, CSc.

Ústav: Ústav elektroenergetiky

Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v*:

tištěné formě – počet exemplářů 1.....

elektronické formě – počet exemplářů 1.....

* hodící se zaškrtněte

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ihned po uzavření této smlouvy
 - 1 rok po uzavření této smlouvy
 - 3 roky po uzavření této smlouvy
 - 5 let po uzavření této smlouvy
 - 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/ 1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....
Nabyvatel

.....
Autor

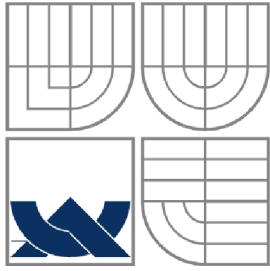
Bibliografická citace práce:

PTÁČEK, M. Optimalizace prací na obnově elektrizačních sítí při nadprojektové havárii v EDU. Diplomová práce. Brno: Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, 2009, 92 stran.

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady uvedené v příloženém seznamu.

Zároveň bych na tomto místě chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Antonínu Matouškovi, CSc. za cenné rady a připomínky k mé práci. Rád bych také poděkoval Ing. Jaromíru Střechovi a Ing. Oldřichu Machovi za velmi přínosné konzultace a poskytnutou literaturu.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



**Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Ústav elektroenergetiky**

Diplomová práce

Optimalizace prací na obnově elektrizačních sítí při nadprojektové havárii v EDU

Bc. Michal Ptáček

vedoucí: doc. Ing. Antonín Matoušek, CSc.

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2009

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**Faculty of Electrical Engineering and Communication
Department of Electrical Power Engineering**

Master's Thesis

**Optimalization of the electricity
supply system restoration during a
major accident at the EDU**

by

Bc. Michal Ptáček

Supervisor: doc. Ing. Antonín Matoušek, CSc.

Brno University of Technology, 2009

Brno

ABSTRAKT

Práce se zabývá optimalizací prací souvisejících s obnovením elektrického napájení vlastní spotřeby jednoho z reaktorových bloků jaderné elektrárny Dukovany, na kterém došlo k black-out a současně k úniku radioaktivních látek do životního prostředí.

Provedeme základní rozdělení energetické soustavy a přiblížíme si přenosovou soustavu, řízení elektrizačních sítí a zhodnotíme vliv výpadku bloku elektrárny Dukovany na stabilitu sítě.

Prostřednictvím náhradních schémat názorně ujasníme, jakým způsobem je provedeno vyvedení výkonu, resp. jak je zapojena vlastní spotřeba elektrické energie jaderné elektrárny Dukovany. V návaznosti na to provedeme základní rozdělení elektrických zdrojů, které se mohou podílet na napájení vlastní spotřeby elektrárny.

Objasníme pojem black-out, způsob jeho identifikace a chronologii úkonů směnového provozního personálu při získávání náhradních zdrojů napájení pro vlastní spotřebu elektrárny. Uvedeme způsob volby a časové nároky obnovení napájení vyplývající ze stavu, ve kterém se v době zahájení black-out blok nacházel.

Klasifikujeme a popíšeme druhy mimořádných událostí, které mohou být při splnění určitých kritérií vyhlášeny na jaderné elektrárně Dukovany. Provedeme rozbor pracovních rizik osob podílejících se na obnově napájení vlastní spotřeby v samotném prostoru elektrárny.

Dále si představíme základní vlastnosti výpočtových aplikací RTARC, RaCon a 3D model EDU, které se podílejí na snižování pracovních rizik spjatých s únikem radioaktivních látek. Blíže popíšeme technologický scénář a zhodnotíme celkovou situaci, která vedla k nadprojektové havárii. Na základě tohoto konkrétního scénáře, a z něj vyplývajících požadavků na obnovu elektrického napájení, provedeme simulaci pohybu osob a výpočet úniku radioaktivních látek do životního prostředí.

V programu 3D model EDU uskutečníme simulaci pohybu osob, které se podílejí na obnově napájení vlastní spotřeby v zamořeném prostoru a stanovíme jejich možná zdravotní rizika. Pohyb osob v areálu EDU vyplývá z pokynů směnového inženýra, resp. havarijního štábu a odvíjí se od aktuální situace a požadavků na obnovu napájení. Jelikož jde o simulaci, optimalizujeme pohyby osob tak, aby jejich expozice v radiačním poli byla co nejméně riziková. V programu RTARC pak zanalyzujeme a vyhodnotíme radiační situaci pro osoby podílející se na obnově přímo v prostoru rozvodny ve Slavěticích. Získaná data a údaje slovně, číselně a graficky vyhodnotíme.

Díky poznatkům z provádění simulace se pokusíme zhodnotit nejen současný význam použitých analytických metod, ale i jejich další využití v praxi do budoucna.

KLÍČOVÁ SLOVA: ztráta napájení; jaderná elektrárna Dukovany; směnový inženýr; nadprojektová havárie; radiační situace; obnova napájení; vlastní spotřeba; RTARC, 3D model EDU

ABSTRACT

This project deals about optimization of the electric supply system restoration during black-out on one of the block systems at the Dukovany powerstation during which the radioactivity leaked to the environment.

We will find the basic division of electrical power system and we will describe the transmission grid, the regulation of the grid and the consequence of the black-out of one block at the Dukovany powerstation.

By means of the compensatory diagrams we will clarify how the simplification is done throughout the powerstation. In connection with that we will make the basic division of electric supplies which may take a role in the self-consuming of the powerstation.

We will explain the term “black-out“, its identification and the chronology of operation of the shift engineer during the renewal of the electricity supplies for the self-consumption. We will figure out the choices and time according to the contemporary situation during the initial point of the black-out.

We will classify and describe the types of exceptional affairs that may be claimed at the Dukovany powerstation according to some criteria. We will analyze which risks there are for the people who should be working on the restoration of the supply system in the area of the powerstation.

Furthermore, we will explore the basic calculating features of RTARC, RaCon and 3D model EDU applications, which play their role in reducing the working risks in connection with the radioactivity. We will describe the technological scenario and valorize the situation which led to the accident, in general. On the basis of the results we will make the simulation of people’s motion and calculate the amount of radioactivity that leaked into the environment.

In 3D model EDU application we will realize the simulation of the people’s motion during the restoration of the supply in the contaminated place and calculate the possible health hazard. This motion is given by the instruction of the shift engineer, the emergency staff respectively and depends on the momentary situation with the supply system restoration. Because it is a simulation, we will try to optimize the motion of the people so that their contact with radiation is less risky. In the RTARC application we will analyze the radiation situation for the people working on the restoration of the supply in Slavětice. The results will be interpreted by numbers, graphs and words.

Thanks to the findings from the simulation we can evaluate not only the significance of contemporary methods but also we can consider their further use in the future.

KEY WORDS:

black-out; Dukovany nuclear powerstation, shift engineer, radiation situation, supply system restoration, self-consumption, RTARC, 3D model EDU

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	13
SEZNAM TABULEK	15
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	16
1 ÚVOD	20
2 LEGISLATIVA V ELEKTROENERGETICE	21
2.1 ZÁKON Č. 458/2000 SB.	21
2.2 VYHLÁŠKY K ZÁKONU Č. 458/2000 SB.	21
2.3 JINÉ DŮLEŽITÉ DOKUMENTY	21
3 ELEKTRÁRNA DUKOVANY A ENERGETICKÁ SOUSTAVA	22
3.1 ELEKTRÁRNA DUKOVANY	22
3.2 ENERGETICKÁ SOUSTAVA A JEJÍ DĚLENÍ	23
3.2.1 PŘENOSOVÁ SOUSTAVA	23
3.2.2 ŘÍZENÍ ELEKTRIZAČNÍCH SOUSTAV	24
3.2.3 VLIV VÝPADKU VÝROBNÍHO BLOKU EDU	24
4 ELEKTRICKÁ ČÁST EDU.....	25
4.1 VYVEDENÍ VÝKONU Z EDU	25
4.2 NAPÁJENÍ VLASTNÍ SPOTŘEBY EDU	25
4.2.1 ZDROJE PRO NAPÁJENÍ VS	26
5 IDENTIFIKACE BLACK-OUT A ZPŮSOB OBNOVOVY VS.....	29
5.1 IDENTIFIKACE STAVU A ČASOVÉ NÁROKY PŘI BLACK-OUT	29
5.1.1 IDENTIFIKACE STAVU A VOLBA ZPŮSOBU OBNOVY NAPÁJENÍ BLOKU V BLACK-OUT	30
5.1.2 ČASOVÉ NÁROKY NA OBNOVU NAPÁJENÍ VS	30
5.1.3 STAVY BLOKŮ EDU PŘI BLACK-OUT A VYPLÝVAJÍCÍ ČASOVÉ MOŽNOSTI.....	30
5.2 STRATEGIE A POSTUP PRACÍ PŘI BLACK-OUT	31
5.2.1 CÍL A VÝVOJOVÝ DIAGRAM ROZHODOVACÍHO POSTUPU.....	31
5.2.2 POSTUP SMĚNOVÉHO INŽENÝRA PŘI BLACK-OUT A OBNOVĚ VS	31
6 LEGISLATIVA SOUVISEJÍCÍ S JADERNOU ENERGIÍ	33
6.1 ZÁKON Č. 18/1997 SB.	33
6.2 VYHLÁŠKY A DALŠÍ DOKUMENTY K ZÁKONU Č. 18/1997 SB.	33
7 SYSTÉM ZÍSKÁVÁNÍ INFORMACÍ O SITUACI NA EDU	34
7.1 BLOKOVÁ DOZORNA	34
7.2 SYSTÉM HODNOCENÍ STAVU TECHNOLOGICKÉHO ZAŘÍZENÍ	35
7.3 PROGRAMY RADIAČNÍHO MONITOROVÁNÍ NA EDU.....	35
8 MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI A STUPNICE INES	37
8.1 MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI.....	37
8.1.1 KLASIFIKACE MIMOŘÁDNÝCH UDÁLOSTÍ	37

8.1.2 ROZDĚLENÍ MIMOŘÁDNÝCH UDÁLOSTÍ DLE JEJICH VZNIKU	38
8.1.3 UDÁLOSTI Z JINÝCH RIZIK	39
8.2 MEZINÁRODNÍ STUPNICE HODNOCENÍ ZÁVAŽNOSTI JADERNÝCH UDÁLOSTÍ.....	39
8.2.1 OBECNÝ POPIS STUPNICE	39
8.2.2 VELMI TĚŽKÁ HAVÁRIE	40
8.2.3 TĚŽKÁ HAVÁRIE.....	40
9 ŘÍZENÍ A PROVÁDĚNÍ ZÁSAHŮ V EDU.....	41
9.1 ŘÍZENÍ A PROVÁDĚNÍ ZÁSAHŮ.....	41
9.2 ORGANIZAČNÍ STRUKTURA PRO ŘÍZENÍ A PROVÁDĚNÍ ZÁSAHU	41
9.2.1 SMĚNOVÝ INŽENÝR.....	42
9.2.2 HAVARIJNÍ ŠTÁB	42
10 ANALÝZA PRACOVNÍCH RIZIK.....	43
10.1 PRACOVNÍ RIZIKA	43
10.1.1 RIZIKA VE VNITŘNÍCH PROSTORÁCH	43
10.1.2 RIZIKA VE VNĚJŠÍCH PROSTORÁCH.....	44
10.2 DÁVKA, EKVIVALENTNÍ DÁVKA A EFEKTIVNÍ DÁVKA	44
11 TECHNOLOGICKÁ ČÁST SCÉNÁŘE CVIČENÍ	46
11.1 SPOLEHLIVOST A NEPROVOZUSCHOPNOST ZAŘÍZENÍ	46
11.2 SCÉNÁŘ CVIČENÍ	47
12 VÝPOČET PROGNÓZY VÝVOJE RADIAČNÍ SITUACE.....	50
12.1 NÁSTROJE POUŽÍVANÉ V EDU	50
12.2 VÝPOČET V PROGRAMU RTARC.....	50
12.2.1 OBECNÉ INFORMACE O RTARC	50
12.2.2 VÝPOČET PROGNÓZY VÝVOJE SITUACE V OKOLÍ EDU A VE SLAVĚTICÍCH.....	51
12.3 VÝPOČETNÍ PROGRAM RACon	58
12.4 VÝPOČET V PROGRAMU 3D MODEL EDU.....	60
12.4.1 OBECNÉ INFORMACE A VYUŽITÍ 3D MODEL EDU	60
12.4.2 VSTUPNÍ DATA A PREDIKCE ŠÍŘENÍ RAL.....	61
12.4.3 PRÁCE S CORTONA VIEWER A SIMULACE ŠÍŘENÍ RAL	62
12.4.4 PRÁCE S HALDEN VIEWER A SIMULACE ŠÍŘENÍ RAL	63
12.4.5 SIMULACE POHYBU A VÝPOČET DÁVEK V HALDEN VIEWER.....	64
13 ZHODNOCENÍ POUŽITÝCH ANALYTICKÝCH METOD.....	75
14 ZÁVĚR.....	76
POUŽITÁ LITERATURA	78
PŘÍLOHA A VÝVOJOVÝ DIAGRAM [3].....	81
PŘÍLOHA B NEPROVOZUSCHOPNOST DALŠÍCH BS V EDU [34].....	82
PŘÍLOHA C VSTUPNÍ DATA PRO VYTVOŘENÍ MODELU HAVÁRIE EDU	83
PŘÍLOHA D VÝSTUP Z CORTONA VIEWER	84
PŘÍLOHA E NÁHLEDY NA ROZHRANÍ HALDEN VIEWERU	86

PŘÍLOHA F	FORMULÁŘ SOUHLASU DOBROVOLNÍKA [16]	87
PŘÍLOHA G	VÝPIS VÝSTUPŮ Z PROGRAMU RTARC	88

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 3-1 Jaderná elektrárna Dukovany [15]</i>	22
<i>Obr. 3-2 Elektrárna Dalešice [37]</i>	22
<i>Obr. 3-3 Přehled elektrizačních sítí v okolí EDU [18]</i>	23
<i>Obr. 4-1 Vyvedení výkonu 1. reaktorového bloku EDU [9]</i>	25
<i>Obr. 4-2 Přehledové schéma napájení VS jednoho reaktorového bloku EDU [9]</i>	26
<i>Obr. 4-3 Rezervní napájení VS EDU [9]</i>	27
<i>Obr. 5-1 Vyvedení výkonu z EDU</i>	29
<i>Obr. 5-2 Rozvodna ve Slavěticích</i>	29
<i>Obr. 7-1 Bloková dozorna EDU [14]</i>	34
<i>Obr. 8-1 Postup při klasifikaci stupně MU</i>	38
<i>Obr. 8-2 Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí – INES [33]</i>	40
<i>Obr. 9-1 Schéma organizace havarijní odezvy JE - vzájemné vazby a tok informací [4]</i>	41
<i>Obr. 9-2 Schéma organizační struktury havarijního štábu</i>	42
<i>Obr. 10-1 Tkáňové váhové faktory w_T [26]</i>	45
<i>Obr. 11-1 Výsledky nespolehlivosti bezpečnostních systémů (BS) při startu [34]</i>	46
<i>Obr. 11-2 Výsledky počtu selhání bezpečnostních systémů (BS) při startu [34]</i>	46
<i>Obr. 11-3 Výsledky neprovoznosti dieselgenerátoru [34]</i>	47
<i>Obr. 11-4 Dispoziční schéma EDU [17]</i>	47
<i>4-Bloková dozorna č.3, 11-Dieselgener. stanice, 12-Rozvodny 400 kV, 13-Hlavní výrobní blok, 26-Elektrická dozorna, I.–VII. Kryt č.1 – č.7</i>	47
<i>Obr. 11-5 Výsledky periodické integrální zkoušky hermetických prostor [34]</i>	48
<i>Obr. 11-6 Dispoziční schéma nutných pracovních zásahů [17]</i>	49
<i>Obr. 12-1 Dávky po 3 hodinách od zahájení úniku RaL do ŽP</i>	53
<i>Obr. 12-2 Dávkový příkon po 3 hodinách od zahájení úniku RaL do ŽP</i>	53
<i>Obr. 12-3 Izoplety - po 3 hodinách od zahájení úniku RaL do ŽP</i>	54
<i>Obr. 12-4 Dávky v rozvodně ve Slavěticích</i>	55
<i>Obr. 12-5 Dávkový příkon v rozvodně ve Slavěticích</i>	56
<i>Obr. 12-6 Efektivní dávky v závislosti na vzdálenosti od zdroje RaL (1hod po vzniku, 1-10km) ..</i>	57
<i>Obr. 12-7 Efektivní dávky v závislosti na vzdálenosti od zdroje RaL (3hod po vzniku, 1-10km) ..</i>	58
<i>Obr. 12-8 RaCon – Programové okno s mapovými listy vyhodnocených radiačních efektivních dávek na obyvatelstvo při změně směru větru [8]</i>	59
<i>Obr. 12-9 Porovnání skutečného objektu elektrárny a objektu v 3D model EDU [1]</i>	60

<i>Obr. 12-10 Kontaminované pozice – vývoj úniku</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 12-11 Místo úniku RaL a směr šíření RaL k rozvodně ve Slavěticích</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 12-12 Scéna radiačního pole na IHVB</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 12-13 Přehled tras zásahů k DG a RT</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 12-14 Snímky ze simulovaného zásahu NV-DG - krátká expozice</i>	<i>65</i>
<i>Obr. 12-15 Průběh dávkového příkonu při přesunu od NV k DG – krátká expozice.....</i>	<i>65</i>
<i>Obr. 12-16 Průběh dávkového příkonu při návratu od DG k NV – krátká expozice</i>	<i>66</i>
<i>Obr. 12-17 Snímky ze simulovaného zásahu NV-DG - optimalizace</i>	<i>66</i>
<i>Obr. 12-18 Průběh dávkového příkonu při přesunu od NV k DG – optimalizace</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 12-19 Průběh dávkového příkonu při návratu od DG k NV – optimalizace.....</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 12-20 Snímky ze simulovaného zásahu kryt pod PB-DG.....</i>	<i>68</i>
<i>Obr. 12-21 Průběh dávkového příkonu při přesunu od krytu pod PB k DG.....</i>	<i>68</i>
<i>Obr. 12-22 Průběh dávkového příkonu při návratu od DG do krytu pod PB.....</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 12-23 Snímky ze simulovaného zásahu NV-RT</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 12-24 Průběh dávkového příkonu při přesunu od NV k RT.....</i>	<i>70</i>
<i>Obr. 12-25 Průběh dávkového příkonu při návratu od RT k NV</i>	<i>70</i>
<i>Obr. 12-26 Snímky ze simulovaného zásahu NV-RT – optimalizované</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 12-27 Průběh dávkového příkonu při přesunu od NV k RT – optimalizace</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 12-28 Průběh dávkového příkonu při návratu od RT k NV – optimalizace.....</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 12-29 Snímky ze simulovaného zásahu kryt pod PB-RT.....</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 12-30 Průběh dávkového příkonu při přesunu od krytu pod PB k RT.....</i>	<i>73</i>
<i>Obr. 12-31 Průběh dávkového příkonu při návratu od RT do krytu pod PB.....</i>	<i>73</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 3-1 Roční výroba elektrické energie v EDU [38]</i>	<i>23</i>
<i>Tab. 10-1 Hodnoty radiačního váhového faktoru w_R [32].....</i>	<i>45</i>
<i>Tab. 12-1 Meteorologická prognóza -vstupní data</i>	<i>52</i>
<i>Tab. 12-2 Kategorie stability počasí podle Pasquilla [21].....</i>	<i>52</i>
<i>Tab. 12-3 Prognóza simulovaného úniku- frakce inventáře AZ pro skupiny izotopu [%].....</i>	<i>52</i>
<i>Tab. 12-4 Směrné hodnoty zásahových úrovní pro neodkladná opatření [32].....</i>	<i>54</i>
<i>Tab. 12-5 Časné biologické účinky ionizujícího záření [16]</i>	<i>55</i>
<i>Tab. 12-6 Efektivní dávky v závislosti na vzdálenosti od zdroje RaL (1hod po vzniku, 1-5km).....</i>	<i>56</i>
<i>Tab. 12-7 Efektivní dávky v závislosti na vzdálenosti od zdroje RaL (3hod po vzniku, 1-5km).....</i>	<i>57</i>
<i>Tab. 12-9 Limity ozáření zaměstnanců a dalších osob pro vyhlášení ochranných opatření [4] ...</i>	<i>74</i>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

D	<i>Dávka</i>	Gy
D_R	<i>Dávka daného typu záření absorbovaná v organismu</i>	Gy
E	<i>Efektivní dávka</i>	Sv
H_{ekv}	<i>Dávkový ekvivalent</i>	Sv
H_T	<i>Ekvivalentní dávka</i>	Sv
$T_{stř}$	<i>Střední teplota</i>	°C
$d\bar{E}$	<i>Střední sdělená energie</i>	J
dm	<i>Hmotnost</i>	kg
k	<i>Součinitel biologické účinnosti</i>	-
w_R	<i>Radiační váhový faktor</i>	-
w_T	<i>Tkáňový váhový faktor</i>	-
γ	<i>Gama záření</i>	-
AČR	<i>Armáda České republiky</i>	
BD	<i>Bloková dozorna</i>	
BL	<i>Přípojnice L rezervního napájení</i>	
BM	<i>Přípojnice M rezervního napájení</i>	
Black-out	<i>Ztráta elektrického napájení</i>	
ČR	<i>Česká republika</i>	
DG1	<i>Diesलगenerátor č.1</i>	
DG2	<i>Diesलगenerátor č.2</i>	
DG3	<i>Diesलगenerátor č.3</i>	
DG	<i>Diesलगenerátor</i>	
DGS	<i>Diesलगenerátorová stanice</i>	
EDA	<i>Elektrárna Dalešice</i>	
EDU	<i>Elektrárny Dukovany</i>	
ES	<i>Elektrizační soustava</i>	
EU	<i>Evropská unie</i>	
HA	<i>Hydroakumulátor</i>	
HCP	<i>Hlavní cirkulační potrubí</i>	
HG	<i>Hydrogenerátor</i>	

HIS	<i>Havarijní informační středisko</i>
ČHMÚ	<i>Český hydrometeorologický ústav</i>
HN PG	<i>Systém havarijního napájení parogenerátorů</i>
HŠ	<i>Havarijní štáb</i>
1HVB	<i>První hlavní výrobní blok</i>
2HVB	<i>Druhý hlavní výrobní blok</i>
I	<i>Jód</i>
I.O.	<i>Primární okruh</i>
IAEA	<i>Mezinárodní agentura pro jadernou energii</i>
INES	<i>Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí</i>
IOHO	<i>Interní organizace havarijní odezvy</i>
IZS	<i>Integrovaný záchranný systém</i>
JE	<i>Jaderná elektrárna</i>
KED	<i>Kolektivní ekvivalentní dávka</i>
KI	<i>Jodid draselný</i>
LAS	<i>Likvidace abnormálních stavů</i>
L _e	<i>Leak</i>
LPS	<i>Logistické podpůrné středisko</i>
MU	<i>Mimořádná událost</i>
nAT	<i>Blokový transformátor n-tého reaktorového bloku</i>
nAU01	<i>Transformátor rezervního napájení</i>
nAU02	<i>Transformátor rezervního napájení</i>
nBA	<i>Rozvodna A 6kV NZN n-tého reaktorového bloku</i>
nBB	<i>Rozvodna B 6kV NZN n-tého reaktorového bloku</i>
nBC	<i>Rozvodna C 6kV NZN n-tého reaktorového bloku</i>
nBD	<i>Rozvodna D 6kV NZN n-tého reaktorového bloku</i>
nBE	<i>Rozvodna E 6kV rezervního napájení</i>
nBF	<i>Rozvodna F 6kV rezervního napájení</i>
nBV	<i>Rozvodna V 6kV ZNII n-tého reaktorového bloku</i>
nBW	<i>Rozvodna W 6kV ZNII n-tého reaktorového bloku</i>
nBX	<i>Rozvodna X 6kV ZNII n-tého reaktorového bloku</i>
NV	<i>Nouzový východ</i>
NZN	<i>Nezajištěné napájení</i>
OECD/NEA	<i>Organizace pro ekonomickou spolupráci a rozvoj</i>
OHO	<i>Organizace havarijní odezvy</i>
OOPP	<i>Osobní ochranné pracovní pomůcky</i>

OPO	<i>Operátor primárního okruhu</i>
OSO	<i>Operátor sekundárního okruhu</i>
PC	<i>Osobní počítač</i>
POHO	<i>Pohotovostní organizace havarijní odezvy</i>
PS	<i>Přenosová soustava</i>
Q1	<i>Odpojovač</i>
QM1	<i>Generátorový vypínač n-tého reaktorového bloku</i>
RB1	<i>První reaktorový blok</i>
RB2	<i>Druhý reaktorový blok</i>
RB3	<i>Třetí reaktorový blok</i>
RB4	<i>Čtvrtý reaktorový blok</i>
R OSL	<i>Rozvodna Oslavany</i>
R SLV	<i>Rozvodna Slavětice</i>
R SOK	<i>Rozvodna Sokolnice</i>
RaCon	<i>RAdition CONsequence prediction</i>
RaL	<i>Radioaktivní látka</i>
RT	<i>Rezervní transformátor</i>
RTARC	<i>Real Time Accident Release Consequence</i>
SHN PG	<i>Systém superhavarijního napájení PG</i>
SI	<i>Směnový inženýr</i>
SMEL	<i>Směnový mistr elektro</i>
SSU	<i>Safety System Unavailability</i>
SU	<i>Starting Unreliability</i>
SÚJB	<i>Státní úřad pro jadernou bezpečnost</i>
SVS	<i>Společná vlastní spotřeba</i>
TBq	<i>TERA Becquerel</i>
TH	<i>Nízkotlaký systém havarijního doplňování AZ</i>
TJ	<i>Vysokotlaký systém havarijního doplňování AZ</i>
TG	<i>Turbogenerátor</i>
TPS	<i>Technické podpůrné středisko</i>
TQ	<i>Sprchový systém</i>
ÚJV	<i>Ústav jaderného výzkumu</i>
ÚZN	<i>Úplná ztráta napájení</i>
VHPS	<i>Vnější havarijní podpůrné středisko</i>
VRB	<i>Vedoucí reaktorového bloku</i>
VS	<i>Vlastní spotřeba</i>

VÚJE	<i>Výzkumný ústav jaderných elektráren</i>
VVER	<i>Vodo-Vodní Energetický Reaktor</i>
ZHP	<i>Zóna havarijního plánování</i>
ZI	<i>Zásahové instrukce</i>
ZNI	<i>Zajištěné napájení I.kategorie</i>
ZNII	<i>Zajištěné napájení II.kategorie</i>
ŽP	<i>Životní prostředí</i>
9BA	<i>Rozvodna A 6kV společné vlastní spotřeby celé elektrárny</i>
9BB	<i>Rozvodna B 6kV společné vlastní spotřeby celé elektrárny</i>
9BL	<i>Podélná spojka L rezervní přípojnice</i>
9BM	<i>Podélná spojka M rezervní přípojnice</i>
9BT01	<i>Odbočkový transformátor společné vlastní spotřeby celé elektrárny</i>
eV	<i>Elektron Volt</i>

1 ÚVOD

Česká republika by dle doporučení tzv. Pačesovy komise měla svoji nejbližší energetickou budoucnost řešit rozšiřováním stávajících (Dukovany, Temelín) a výstavbou nových jaderných elektráren (JE). Jedním ze základních požadavků na tyto jaderné zdroje je pak bezpečnost jejich provozu. I přes bezpečný provoz těchto elektráren však vzniká legislativní povinnost provádět tzv. ověření havarijní připravenosti.

Ověřování havarijní připravenosti slouží k prokázání schopnosti držitele povolení k provozování jaderného zařízení kvalifikovaně, účinně a účelně plnit úkoly a provádět činnosti stanovené vnitřním havarijním plánem jaderné elektrárny a řídicí dokumentací JE pro případy vzniku mimořádných událostí (MU). Součástí ověření je havarijní cvičení a zjištění funkčnosti jednotlivých technických prostředků, systémů či přístrojů potřebných pro řízení a provádění zásahu. Při sestavování scénáře cvičení se musí použít velmi nepravděpodobný souběh několika poruch, omezení nebo vyřazení bezpečnostních systémů z provozu. Celý systém je nastaven tak, že každá z modelových poruch působící samostatně by byla za normálních podmínek plně zvládnutelná automatickým působením těchto systémů, případně zásahy obsluhy.

Havarijní situace vždy vyžaduje rychlé a efektivní vyhodnocení radiačních dávek na pracovníky EDU a okolní obyvatelstvo. Pokud budou tyto informace k dispozici, můžeme eventuálně provést okamžitá a neodkladná ochranná opatření v radiačně zasaženém terénu, které by vedly ke snížení úniku radioaktivních látek (RaL) nebo k obnově napájení vlastní spotřeby (VS). Je tedy nesmírně důležité disponovat informacemi a prognózami jakým způsobem se budou radioaktivní látky šířit a podle toho řídit případné práce na zařízeních související s obnovou napájení VS. Z pohledu směnového inženýra (SI) je důležité vyhodnotit vzniklou situaci a zahájit obnovu napájení zařízení důležitých k chlazení aktivní zóny (AZ). Směnový inženýr řídí obnovu napájení podle konkrétních provozních předpisů, kde je určena chronologie a stanoveny priority v získávání jednotlivých zdrojů.

K výpočtu prognózy šíření radioaktivních látek v okolí EDU se využívá výpočetních programů RTARC, RaCon. Tyto aplikace umožňují například stanovit dávky ozáření obdržené pracovníky, kteří se podílejí na pracích souvisejících s obnovou napájení VS. Můžeme tak hledat optimální varianty pohybu zasahujících osob a vhodnější možnost podle okolností případně upřednostnit. K nácviku zásahových činností pro zvládání krizových situací a likvidaci jejich následků se pak využívá programu 3D model EDU, představující věrnou kopii prostorů elektrárny. V namodelovaném prostředí s parametry skutečné havárie jsme schopni stanovit efektivní dávky, které by obdržel pracovník vyslaný do zamořeného prostředí.

Z předešlého textu vyplývá, že havarijní situace na elektrárně Dukovany vyžaduje rychlé, efektivní a disciplinované jednání. V případě, že dojde k black-out a k úniku RaL do životního prostředí, musí odpovědní pracovníci postupovat vždy dle konkrétních provozních předpisů. Musíme však znát i predikci šíření RaL, abychom věděli jaké máme další možnosti při získávání zdrojů napájení pro vlastní spotřebu elektrárny.

Hlavním úkolem práce bude teoretické seznámení s problematikou zabývající se ztrátou napájení VS respektive s problematikou vyplývající ze skutečnosti, že dojde na JE k havárii. Praktická část práce je tvořena jednak navržením konkrétního technologického scénáře cvičení, který by uvedl chronologii jednotlivých poruch, jež měly za následek únik RaL do okolí. Dále v závislosti na konkrétních požadavcích na obnovu napájení, vyplývajících ze scénáře, provedeme podrobnou analýzu, optimalizaci a zhodnocení pracovních rizik v zamořeném terénu.

2 LEGISLATIVA V ELEKTROENERGETICE

2.1 Zákon č. 458/2000 Sb.

Při pohledu na jadernou elektrárnu jako na výrobce elektrické energie považujeme za hlavní legislativní dokument zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Zákon můžeme považovat za základní normu České republiky, která upravuje postup a fungování trhu s elektřinou. Přesně definuje pojem „Stav nouze“ (konkrétně § 54), který může vzniknout například havárií na zařízeních pro výrobu (JE), dále při tomto stavu stanovuje úlohu jednotlivých účastníků energetického trhu (provozovatelů přenosové soustavy, výrobců a dalších).

2.2 Vyhlášky k zákonu č. 458/2000 Sb.

Pro úplnou představu celkového rozsahu problematiky uvedeme některé z prováděcích vyhlášek, které tento zákon doplňují:

- Vyhláška č. 280/2007 Sb., o provedení ustanovení energetického zákona o Energetickém regulačním fondu a povinnosti nad rámec licence
- Vyhláška č. 150/2007 Sb., o způsobu regulace cen v energetických odvětvích a postupech pro regulaci cen
- Vyhláška č. 51/2006 Sb., o podmínkách připojení k elektrizační soustavě
- Vyhláška č. 540/2005 Sb., o kvalitě dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice
- Vyhláška č. 541/2005 Sb., o pravidlech trhu s elektřinou, zásadách tvorby cen za činnosti operátora trhu s elektřinou a provedení některých dalších ustanovení energetického zákona
- Vyhláška č. 426/2005 Sb., o podrobnostech udělování licencí pro podnikání v energetických odvětvích

2.3 Jiné důležité dokumenty

K výše uvedeným vyhláškám se přidává řada jiných dokumentů. Pro přehled uvádíme dokumenty, které souvisejí se stanovením cen za vyrobenou elektřinu nebo souvisejí se vstupem České republiky do Evropské unie (EU)

- Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 9/2008, kterým se stanovují ceny elektřiny a souvisejících služeb
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2005/89/ES o opatřeních pro zabezpečení dodávek elektřiny a investic do infrastruktury

Jako další legislativní dokumenty ve smyslu požadavků definovaných v zákoně 458/2000 Sb., můžeme považovat Kodex PS, Provozní předpisy, Havarijní plány, Frekvenční plán, Regulační plán, Vypínací plán či Plán obnovy elektrizační soustavy a jiné.

3 ELEKTRÁRNA DUKOVANY A ENERGETICKÁ SOUSTAVA

3.1 Elektrárna Dukovany

Jaderná elektrárna Dukovany ležící na jihu Moravy je považována za pilíř české energetické soustavy. Elektrárna se skládá ze dvou hlavních výrobních bloků (1HVB, 2HVB). Hlavní výrobní blok má dva reaktorové bloky (RB1, RB2, RB3, RB4). Každý RB má jaderný tlakovodní reaktor VVER 440 (typ V 213) se všemi přímo souvisejícími zařízeními včetně strojovny s turbínami a generátory. Elektrický výkon generátoru dvou reaktorových bloků je 440 MW. U dalších dvou je výkon díky jejich modernizaci 456 MW.



Obr. 3-1 Jaderná elektrárna Dukovany [15]

Pro potřeby elektrárny byla v blízkosti vybudována přečerpávací vodní elektrárna Dalešice o výkonu 480 MW. Vyrovnávací nádrž této vodní elektrárny zároveň slouží jaderné elektrárně Dukovany jako zásobárna vody. V případě ostrovního provozu slouží dukovanské elektrárně jako zdroj elektrické energie. EDA tak může pružně reagovat na aktuální energetické potřeby.



Obr. 3-2 Elektrárna Dalešice [37]

Česká republika zatím sice elektřinu vyváží, ale vzhledem k rychlému růstu spotřeby by se tato situace mola brzy změnit. Podle současných dostupných informací plánuje energetická společnost ČEZ postavit v Dukovanech další dva nové bloky. Českou Vládu by mohl přimět

k rozhodnutí postavit nové bloky fakt, že bychom se mohly stát dovozcem elektrické energie. Představa je taková, že nové bloky by měly vyrůst do roku 2035 - 2040 a každý by měl mít výkon minimálně 1,2GW. V současnosti je zvyšování výkonu v Dukovanech prováděno postupnou modernizací jednotlivých výrobních komponent, která se samozřejmě projeví i v celkové vyrobené energii (viz. Tab. 3-1).

Tab. 3-1 Roční výroba elektrické energie v EDU [38]

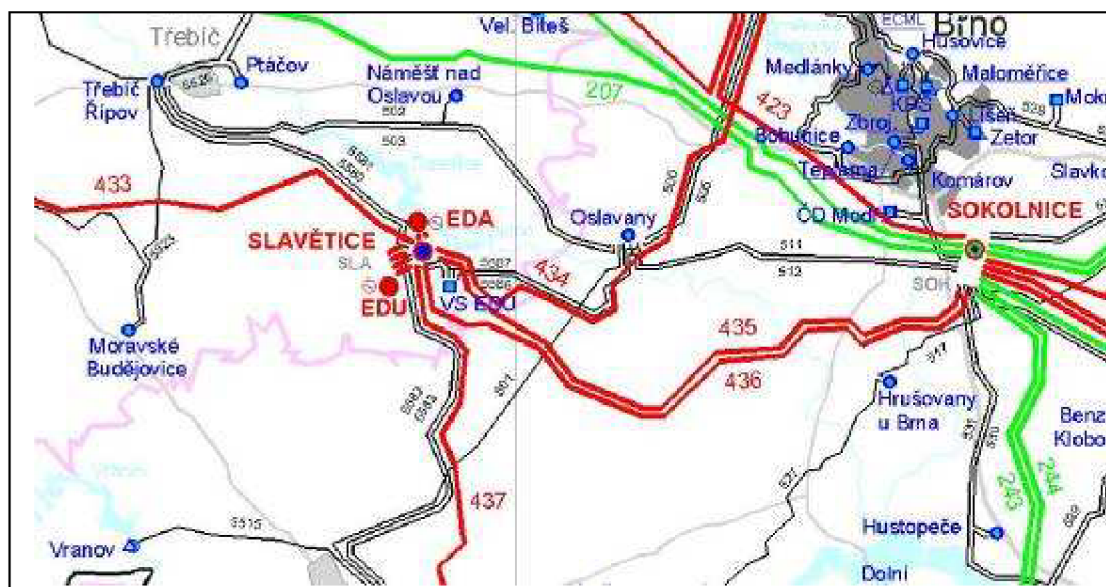
Rok	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Výroba [TWh]	13,755	13,632	13,744	14,025	13,907	14,448

V aktivní zóně každého reaktoru je umístěno 312 palivových souborů. Každý palivový soubor je tvořen 126 palivovými proutky, ve kterých je palivo hermeticky uzavřené. Mimo to, je v reaktoru 37 regulačních kazet s palivovou částí.

3.2 Energetická soustava a její dělení

Energetická soustava by se dala obecně definovat jako soubor výroben energie a zařízení sloužící k jejímu rozvodu a spotřebě. Energetická soustava se podle výroby energie dělí na elektrizační a teplofikační.

Elektrizační soustavu považujeme obecně za soustavu, která zahrnuje všechna silnoproudá zařízení sloužící k získání, přenosu a distribuci elektrické energie k jednotlivým spotřebičům. Dále obsahuje řadu prvků, které zajišťují měření, ochranu, kontrolu, regulaci a řízení.



Obr. 3-3 Přehled elektrizačních sítí v okolí EDU [18]

3.2.1 Přenosová soustava

Přenosová soustava tvoří cestu pro přenos elektrické energie od elektráren k velkým elektrickým stanicím nebo uzlům zpravidla vyššího napětí. V České republice je přenosová soustava tvořená sítěmi o hladině napětí 220kV a 400kV (vyvedení výkonu EDU).

Provozovatelem přenosové soustavy je v České republice společnost ČEPS a.s.. Zajišťuje přenos elektřiny, provoz, údržbu či rozvoj přenosové soustavy, ale také dispečerské řízení

elektrizační soustavy ČR v reálném čase. Jako systémovou službu dále zpracovává a testuje plán obrany přenosové soustavy proti šíření poruch a plán obnovy elektrizační soustavy po rozsáhlých systémových poruchách. Technicky řídí systémové služby, jako je regulace výkonu a kmitočtu, regulace napětí a jalového výkonu a řídí potřebné výkonové rezervy.

3.2.2 Řízení elektrizačních soustav

Elektrizační soustava v současné době tvoří vysoce centralizovaný systém s propracovanými metodami řízení. Řízení elektrizační soustavy se vykonává dispečerským řízením, které má obvykle hierarchickou strukturu. Za hlavní orgán hierarchie považujeme ústřední dispečink.

Elektrizační soustava je řízená tak, aby:

- v celé soustavě bylo zabezpečené zásobování elektrickou energií všech připojených odběratelů v požadovaném množství a požadovaném čase
- tato dodávka byla spolehlivá při normativně předepsané kvalitě, tj. při zachování napětí a frekvence na všech místech soustavy
- byla zabezpečená co nejehospodárnější spolupráce všech na výrobě zúčastněných elektráren

3.2.3 Vliv výpadku výrobního bloku EDU

Síť je obecně podrobována výpočtům chodů sítě, abychom zkontrolovali zda nebyly překročeny její přenosové schopnosti (kontrola dovolených parametrů – napětí, proud).

Elektrizační soustava je navržena tak, aby vyhověla kritériím spolehlivosti N-1. To znamená, že funkce jakéhokoliv prvku musí být bezproblémově převzata zbývajícími prvky (může dojít ke krátkodobému lokálnímu omezení výroby nebo spotřeby – řešitelné v rámci distribuční soustavy). Můžeme říci, že provoz energetického systému musí být navržen a realizován tak, aby porucha jednoho prvku, ať již síťového nebo zdroje, nezpůsobila neřiditelné šíření poruchy na další prvky systému. V případech svázaných s vyvedením výkonu JE platí kritérium N-2. Pro takto navrženou soustavu je pravděpodobnost poruchy doprovázené narušením normálního stavu nízká. Přesto v případě, že na nějakém výrobním bloku EDU dojde k Black-out, dochází z pohledu elektrizační sítě ke ztrátě poměrně významného zdroje výkonu, což by se mohlo projevit na její celkové stabilitě. Takovou síť musíme optimalizovat, aby nedocházelo k přetěžování prvků v soustavě z důvodu rozdílného rozdělení toků výkonů. Dále, aby nedocházelo k nedovoleným změnám napětí v jednotlivých uzlech nebo aby došlo k nepovoleným změnám kmitočtu a nedodržení tak kvalitativních parametrů.

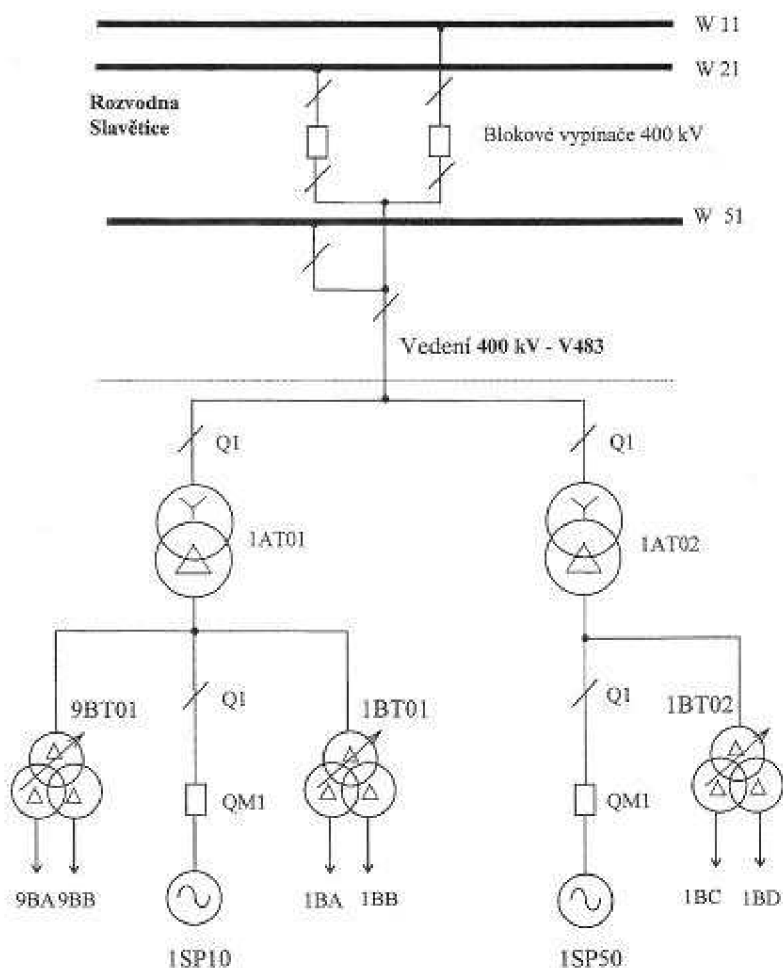
Opatření pro předcházení stavů nouze a pro jejich likvidaci lze rozdělit následovně:

- řízení propustnosti sítě (změna nasazení jednotlivých bloků)
- opatření proti poklesu a vzrůstu frekvence (frekvenční plán)
- opatření proti přetížení (změna konfigurace, snížení výkonů elektráren v přebytkové části PS)
- opatření proti poklesu a vzrůstu napětí (primární, sekundární a terciární regulaci napětí)
- a jiné

4 ELEKTRICKÁ ČÁST EDU

4.1 Vyvedení výkonu z EDU

Vyrobená elektrická energie je z turbogenerátoru TG vedena zapouzdřenými vodiči do generátorového vypínače QM1, jehož součástí je i vestavěný odpojovač Q1, sloužící pro vizuální kontrolu zapnutého nebo vypnutého stavu vývodu z turbogenerátoru. Zapouzdřené vodiče pokračují dále ze strojovny do venkovní rozvodny k blokovým transformátorům (nAT). Vývod z blokových transformátorů je přes venkovní odpojovač Q1, který opět slouží pro vizuální kontrolu stavu vypnutého stavu. Za těmito odpojovači dochází ke spojení obou vývodů elektrických bloků. Dále je už pak elektrická energie z každého reaktorového bloku vedena samostatným jednoduchým venkovním vedením 400kV do rozvodny Slavětice. Zde jsou pak vedení ze všech reaktorových bloků zapojena do systému rozvodny 400kV.



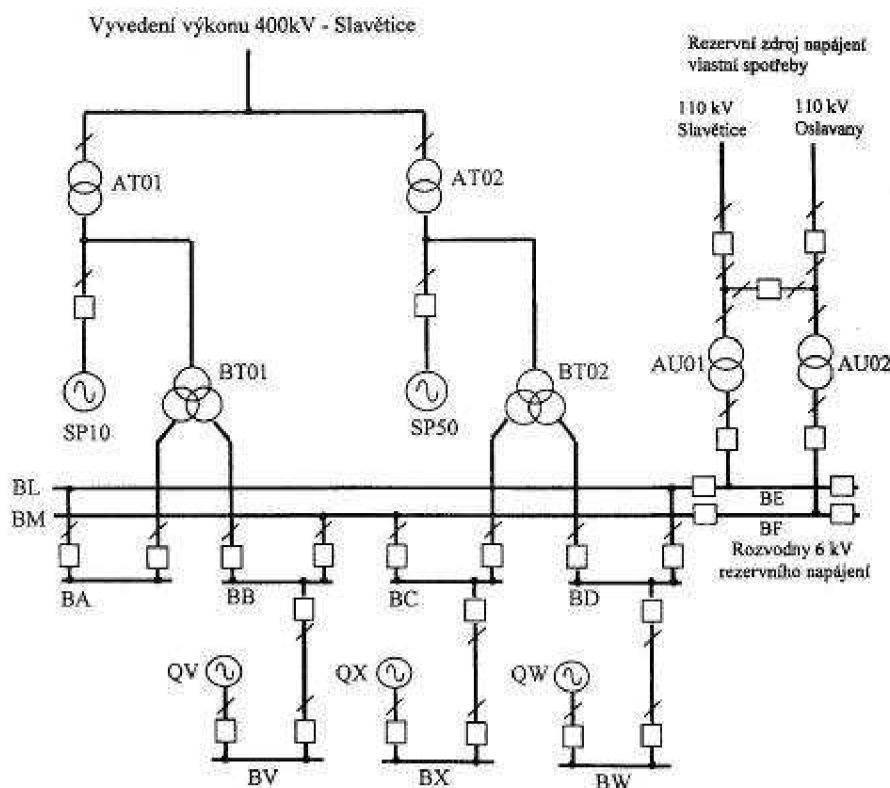
Obr. 4-1 Vyvedení výkonu 1. reaktorového bloku EDU [9]

4.2 Napájení vlastní spotřeby EDU

Vlastní spotřebou se obecně v elektrárnách označuje spotřeba elektrické energie, která je nezbytná pro zajištění výroby elektrické energie, a to včetně spotřeby pomocných provozů. V EDU se spotřeba elektrické energie na vlastní spotřebu pohybuje v rozmezí 5 až 6 % z vyrobené energie. Na zajištění spolehlivého provozu systému napájení vlastní spotřeby elektrickou energií závisí bezporuchový chod EDU.

Elektrické schéma VS EDU je navrženo tak, aby byly respektovány následující principy:

- Systémy a zařízení jsou klasifikovány a rozděleny na důležité (bezpečnostní a související s bezpečností) a nedůležité. S ohledem na toto rozdělení jsou ve schématu VS vytvořeny zdroje a rozvodné sítě napájecích systémů.
- Při normálním provozu je VS napájena z pracovních zdrojů. Pokud by došlo ke ztrátě napájení z pracovních zdrojů, tak se vybraná část zátěží VS převádí na napájení pomocí rezervních zdrojů. V případě ztráty, jak pracovních, tak i rezervních zdrojů, jsou systémy a spotřebiče důležité z hlediska bezpečnosti zásobovány elektrickou energií z nouzových zdrojů a ze systémů zajištěného napájení.
- Pro zajištění maximální plynulosti napájení elektrických spotřebičů jsou v elektrickém schématu instalovány regulační systémy, automatiky a elektrické ochrany



Obr. 4-2 Přehledové schéma napájení VS jednoho reaktorového bloku EDU [9]

4.2.1 Zdroje pro napájení VS

Napájení VS v EDU je řešeno pro každý reaktorový blok samostatně. Základem pro napájení jsou čtyři blokové rozvodny 6 kV (nBA, nBB, nBC, nBD), které jsou součástí systému tzv. nezajištěného napájení (NZN).

4.2.1.1 Pracovní zdroje

Každý elektrický blok v EDU má na vyvedení výkonu v zapouzdřených vodičích odbočku pro napájení VS. Dle uspořádání EDU na jeden reaktorový blok připadají dva odbočkové transformátory, každý s dvojicí sekundárních vinutí, které plní funkci pracovních zdrojů pro napájení VS. Každé jedno sekundární vinutí napájí právě jednu blokovou rozvodnu 6 kV NZN – (nBA, nBB, nBC, nBD).

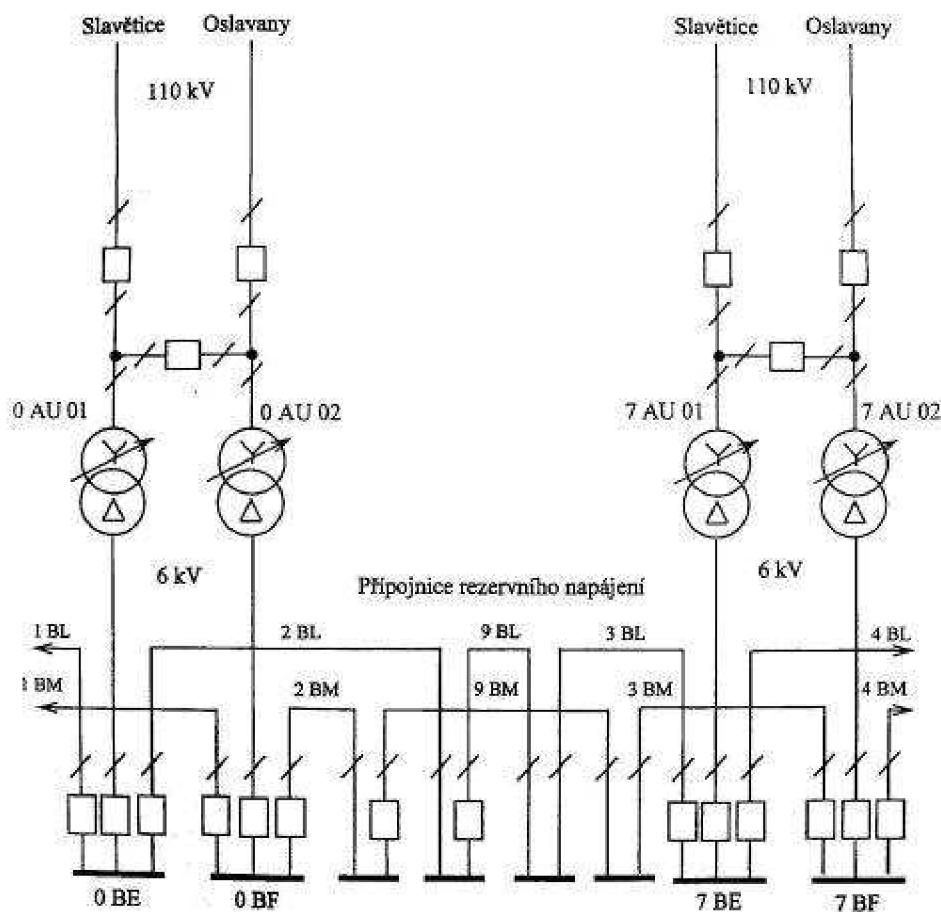
Pro zajištění napájení tzv. společné vlastní spotřeby (SVS) celé elektrárny je u prvního elektrického bloku 1. reaktorového bloku na další odbočce instalován odbočkový transformátor 9BT01. Z hlediska jednotlivých parametrů je tento transformátor shodný s výše uvedenými odbočkovými transformátory a napájí rozvodny 6kV NZN společné (9BA, 9BB). Tyto rozvodny slouží k napájení čerpací stanice vody z řeky Jihlava, dále zařízení k chemické úpravě vody a jiné.

Zdrojem elektrické energie pro odbočkové transformátory VS mohou dle okolností být:

- síť 400kV (při plánované spouštění a odstavování obloku)
- turbogenerátor (při provozu bloku)
- síť 400kV či turbogenerátor druhého elektrického bloku (při havarijním odstavení turbosoustrojí)

4.2.1.2 Rezervní zdroje

Rezervní napájení VS je při výpadku pracovního zdroje zajištěno pomocí venkovního vedení 110kV z rozvoden Slavětice nebo Oslavany. Pro každý hlavní výrobní blok jsou přivedena dvě venkovní vedení 110kV. Tato vedení jsou zavedena do dvou transformátorů rezervního napájení (nAU01, aAU02). Rozvodna 110kV v EDU umožňuje napájet každý transformátor rezervního napájení ze samostatného přívodu nebo z jednoho přívodu napájet oba transformátory. Sekundární vinutí transformátorů napájí vždy jednu rozvodnu 6kV rezervního napájení (nBE, nBF) a z těchto rozvoden jsou pak vedeny přípojnice rezervního napájení (nBL, nBM) pro příslušný havarijní blok.



Obr. 4-3 Rezervní napájení VS EDU [9]

Tab. 4-1 Technické parametry rezervního transformátoru [9]

Jmenovitý výkon	40MVA
Převod napětí	110 ± 8x2% / 6,3kV
Převod proudu	210 / 3666A
Spojení vinutí	YNd1
Napětí nakrátko	11,5% ± 10%

Za normálního provozu je rezervní napájení obou výrobních bloků provozováno odděleně. V případě potřeby je pak možné pomocí podélných spojek 9BL a 9BM rezervní přípojnice propojit. Pokud by došlo ke ztrátě pracovního napájení na blokových rozvodnách VS 6kV NZN je možno pomocí vypínače rezervního přívodu připojit rozvodny k přípojnicím 6kV rezervního napájení (nBL, nBM). Přepojení z pracovních zdrojů na rezervní může být zajištěno buď automatikami zásroku rezervy nebo ručně obsluhou.

Základní provozní režim systému rezervního napájení je chod naprázdno pod napětím.

4.2.1.3 Nouzové zdroje

Jak již vyplývá z názvu těchto zdrojů, uplatňují se při úplné ztrátě napájení (ÚZN), kdy nejsou k dispozici pracovní ani rezervní zdroje. Nouzovým zdrojem pro napájení velmi důležitých spotřebičů jsou dieselařegáty, které jsou zcela nezávislé autonomní zdroje napájení. Rozvodny 6kV zajištěného napájení II.kategorie (ZNII), (nBV, nBW, nBX) jsou za normálního provozu napájeny z rozvodu 6kV NZN, nouzovým zdrojem napájení jsou pak právě DG.

Tab. 4-2 Technické parametry dieselgenerátorů 1HVB [9]

Jmenovitý zdánlivý výkon	3500kVA
Jmenovitý činný výkon	2800kW
Jmenovitý proud	321A
cos φ	0,8
Svorkové napětí	6300V
Kmitočet	50Hz
Jmenovité otáčky	500 ot/min
Budící napětí	107V
Budící proud	319A
Chlazení	vlastní vzduchové
Celková váha	28000kg

Pro nejdůležitější spotřebiče menších výkonů, u kterých je vyloučeno, aby byly bez napájení, je nouzovým zdrojem soustava akumulátorových baterií, která napájí rozvodny 6kV zajištěného napájení I.kategorie (ZNI). Na každý reaktorový blok tak připadá pět systémů nepřetržitého napájení prostřednictvím těchto baterií.

5 IDENTIFIKACE BLACK-OUT A ZPŮSOB OBNOVY VS

5.1 Identifikace stavu a časové nároky při Black-out

„Black-out je havárie bloku JE charakterizovaná ztrátou vnějších zdrojů elektrického napájení (rozpad ES), nezregulováním ani jedné ze dvou TG na VS a nepodáním napájení od žádného ze tří DG.“

- při Black-out nedochází na postiženém bloku k napájení ani jedné rozvodny 6kV NZN a ani jedné rozvodny 6kV ZNII
- vnější zdroje napájení postiženého bloku se mohou nacházet v různém stavu



Obr. 5-1 Vyvedení výkonu z EDU

Za vnější zdroje napájení považujeme tyto: sousední bloky EDU, linky 400 kV, rezervní přípojnice, R SLV, R SOK, R OSL, systém 110 kV, EDA



Obr. 5-2 Rozvodna ve Slavětích

Napájení VS EDU při nehodě typu Black-out, je událost, která se řeší prostřednictvím provozního předpisu P002b. Tento předpis je součástí řady předpisů pro likvidaci abnormálních stavů na výrobní technologii EDU.

Předpis řeší dva základní stavy:

- Obnovu napájení bloku v Black-out
- Obnovu napětí v R SLV

Samotný předpis se zabývá identifikací stavu a obnovou napájení, neřeší však stabilizaci technologických parametrů bloku po vzniku poruchového stavu (stabilizace technologických parametrů bloku je řešena v ECA-0.1, ECA-0.2. a následujících).

Předpis dále obsahuje organizační a technické požadavky a pokyny určené směnovému inženýrovi, vedoucímu reaktorového bloku (VRB), operativnímu personálu blokové dozorní (BD), směnovému mistrovi elektro (SMEL) a směně elektro vedoucí k obnově napájení bloku v Black-out. Popisuje také komunikaci SI s dispečinky a pokyny SI pro obsluhy v R SLV a EDA.

5.1.1 Identifikace stavu a volba způsobu obnovy napájení bloku v Black-out

Při identifikaci stavu v Black-out rozlišujeme dva druhy, a to:

- blok je v polohorkém nebo studeném stavu (střední teplota $T_{stř}$ chladiva primárního okruhu (I.O.) pod 180°C) - stav OHROŽENÍ, který vyžaduje nutnost dodat energii z vnější sítě na postižený blok do 2 hodin.
- blok je v horkém stavu ($T_{stř}$ chladiva I.O. nad 180°C) - stav KRAJNÍ NOUZE, který vyžaduje nutnost dodat energii z vnější sítě na postižený blok do 1 hodiny.

5.1.2 Časové nároky na obnovu napájení VS

Nouzový způsob elektrického napájení bloku v Black-out musí být zrealizován do 90 minut (tato doba vyplývá z velikosti kapacity akumulátorových baterií pro napájení rozveden ZNI). Stupeň vážnosti situace je odvozován právě v souvislosti s délkou trvání poruchy. Hlavním cílem je předejít tavení AZ. Musíme vytvořit časový prostor pro vykonání prací na obnovení napájení alespoň jedné sekce ZNII, během kterého nedojde ke zhoršení chlazení AZ. S těmito podmínkami souvisí i samotná strategie zásahu při Black-out:

- Řízené vychlazení I.O. a odtlakování parního generátoru (PG) na hodnotu, kdy je umožněno gravitační plnění PG
- V případě současného úniku z I.O. zabezpečit vylévání hydroakumulátoru (HA)
- Obnova napájení podle předpisu pro likvidaci abnormálních stavů (LAS), postup P002b
- Stabilizace parametrů bloku po obnově napájení

5.1.3 Stavby bloků EDU při Black-out a vyplývající časové možnosti

- Při vypnutí vedení 400 kV v R SLV jsou oba generátory reaktorového bloku schopny stabilního paralelního provozu va VS
- Blok zregulovaný na VS lze provozovat bez časového omezení
- Blok, na kterém zapůsobí havarijní ochrana (HO) je schopen připojení k ES po 8 až 16 hodinách

5.2 Strategie a postup prací při Black-out

5.2.1 Cíl a vývojový diagram rozhodovacího postupu

Hlavním úkolem je v co nejkratší době obnovit napájení alespoň jedné rozvodny ZNII pro obnovu chlazení postiženého bloku. Tento musí být prioritou pro všechny zúčastněné subjekty (včetně ČEPS a E-ON).

Vývojový diagram (Příloha A) slouží pro lepší orientaci v možných vzniklých stavech, orientaci v prioritách řešení a popisuje strukturu a návaznosti jednotlivých postupů. V žádném případě však nelze poruchový stav řešit pouze použitím vývojového diagramu.

5.2.2 Postup směnového inženýra při Black-out a obnově VS

- 1) SI nejprve zjistí stavy jednotlivých výrobních bloků EDU a uzlů rozvoden a to:
 - u vedoucího reaktorového bloku 1,2,3,4 zjistí výkon bloku, počet TG zregulovaných na VS, stav linek 400 kV, stavy rozvoden 6kV NZN (včetně 9BA, 9BB) a rozvoden 6 kV ZNII, stav DG
 - u operátora elektrodozorny zjistí stav rezervních přípojnic BL, BM, stav rozvoden 0AE, 7AE a linek 110 kV
 - komunikací s dispečinky zjistí stav a případné možnosti obnovy napětí z R SLV 400 kV, R SLV 110 kV, z R OSL 110 kV, z R SOK 110 kV nebo z EDA
- 2) SI podle zjištěného stavu v uzlu R SLV a EDU zvolí ZDROJ: tzn. pokud do přibližně 15 minut nemá potvrzenou dostupnost napájení přes linky 400 kV nebo 110 kV, nečeká a organizuje obnovu napájení postiženého bloku ze zdrojů EDU (to platí i pro případ, že není spojení vně EDU nebo pracovníci vně EDU nemají dostatek informací pro identifikaci stavu)
- 3) Je-li kdykoli potom oznámena dostupnost dalšího zdroje, SI musí zvážit možnost jeho využití. S tím souvisí i případný přechod do odpovídajícího postupu nebo zahájení činností paralelně s již rozpracovaným postupem. Pokud není rychle dostupný „tvrdší“ zdroj pro obnovu napájení CÍLOVÉ rozvodny, upřednostní se „rychlejší“ varianta.
- 4) Příprava na podání napájení z EDA se zahájí pokud nelze podat napájení z některého zdroje 400 kV nebo 110 kV do přibližně 15-ti minut od začátku poruchy a nelze ani podat napájení na postižený blok z jiného bloku EDU zregulovaného na VS. Nutnou podmínkou je však úspěšné vytvoření telefonické konference mezi EDU, R SLV a EDA.
- 5) Napájení od DG jiného bloku EDU – tato varianta se využije jako „poslední možnost“ - pokud nelze podat napájení z R SLV, R SOK, od TG jiného bloku EDU ani od hydrogenerátoru (HG) EDA. Tato varianta je do doby trvání nejvíce náročná (0,5 až 1,5 hodiny). Z časových důvodů je tedy potřeba zahájit činnosti na přípravu rozvoden a tras (včetně vyblokování automatik) co nejdříve. Zpravidla je vhodné zahájit přípravu rozvoden paralelně podle této varianty i v případě, že je přislíbena obnova napájení z EDA s delším časem nebo je nejistá.

5.2.2.1 Obnova napětí bloku v Black-out z bloku zregulovaného na VS

Kdykoli bude obnoveno napětí na lince 110 kV nebo 400 kV, SI rozhodne o prioritní cestě (rychlejší variantě) obnovy elektrického napájení bloku. Paralelní spolupráce odbočkových

transformátorů přes rezervní přípojnice je však zakázána. Pokud by byly pochybnosti o udržení TG na výkonu je nutné odzkoušet krátkodobým provozem provozuschopnost DG (minimálně 1 minutu).

5.2.2.2 Obnova napětí bloku v Black-out z DG jiného bloku

Jeden DG může pracovat na jednu vydělenou větev rezervní přípojnice (paralelní spolupráce DG je zakázána a napájecí trasa nesmí být propojena přes odbočkový transformátor) od DG je možno přivést pouze na jednu, v naléhavém případě na dvě CÍLOVÉ rozvodny (riziko přetížení).

5.2.2.3 Obnovení konzumu ES z EDU přes R SLV

Připojení linky 400 kV z EDU pro obnovu konzumu ES je přípustné pouze pokud je k dispozici napájení SVS EDU (rozvodny 9BA, 9BB) alespoň dvěma z následujících tří způsobů: trafo 9BT01, 1BL, 1BM, přičemž alespoň jedna rezervní přípojnice (1BL, 1BM) je pod napětím z vnějšího nezávislého zdroje (110 kV) – prioritně z EDA.

Obnova konzumu ES z EDU je přípustná pouze z bloku, který má alespoň jednu rezervní přípojnicí (BL, BM) pod napětím z vnějšího nezávislého zdroje (tj. 110 kV).

6 LEGISLATIVA SOUVISEJÍCÍ S JADERNOU ENERGIÍ

Provozní personál postupuje podle podnikových řídicích dokumentů a provozních předpisů elektrárny. Svojí funkcí mají důležitý význam pro spolehlivý a bezpečný provoz elektrárny při jejich různých provozních stavech. V současnosti je z rozvojem jaderné energetiky většina provozních předpisů přepracována do nové přísnější, kvalitnější a uživatelsky příjemnější podoby. Tyto dokumenty a předpisy musí být v souladu s níže uvedenou státní legislativou.

Z obecného pohledu můžeme konstatovat, že legislativa týkající se jaderné energetiky a jaderné bezpečnosti je velmi propracovaná, obsáhlá a přísná. Všechny tyto její přívlasky pak zaručují základní předpoklady pro bezpečný provoz JE. Legislativa v souladu s doporučeními Mezinárodní agentury pro atomovou energii a požadavky předpisů Evropské unie komplexně upravuje problematiku využívání jaderné energie a ionizujícího záření v České republice.

6.1 Zákon č. 18/1997 Sb.

Dne 1.7.1997 vstoupil v platnost zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření a o změně a doplnění některých zákonů, v platném znění (známý jako Atomový zákon). V zákoně jsou uvedeny specifické požadavky na jadernou energetiku a vymezuje výkon a působnost státní správy a státního dozoru. Stanovuje podmínky pro zajištění jaderné bezpečnosti, radiační ochrany, havarijní připravenosti či fyzické ochrany apod. Držiteli povolení k provozu jaderného zařízení ukládá povinnost sledovat, měřit, hodnotit, ověřovat a zaznamenávat veličiny, parametry a skutečnosti důležité z hlediska jaderné bezpečnosti v rozsahu stanoveném prováděcími předpisy (§ 18 odst. 1 písmeno a)). Touto skutečností se zabýváme v samostatné kapitole zaměřené na systém získávání informací a hodnocení stavu technického zařízení.

6.2 Vyhlášky a další dokumenty k zákonu č. 18/1997 Sb.

Zákon je doplněn řadou prováděcích vyhlášek vydaných SÚJB. Uvedeme však pouze některé, které je vhodné mít na paměti při řešení problematiky samotné práce

- Vyhláška č. 106/1998 Sb., o zajištění jaderné bezpečnosti a radiační ochrany jaderných zařízení při jejich uvádění do provozu a při jejich provozu.
- Vyhláška č. 195/1999 Sb., o požadavcích na jaderná zařízení k zajištění jaderné bezpečnosti, radiační ochrany a havarijní připravenosti
- Vyhláška č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška č. 317/2002 Sb., o typovém schvalování obalových souborů pro přepravu, skladování a ukládání jaderných materiálů a radioaktivních látek
- Vyhláška č. 318/2002 Sb., 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.
- Vyhláška č. 319/2002 Sb., o funkci a organizaci celostátní radiační monitorovací sítě, ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška č. 309/2005 Sb., o zajišťování technické bezpečnosti vybraných zařízení.
- Vyhláška č. 132/2008 Sb., o systému jakosti při provádění a zajišťování činností souvisejících s využíváním jaderné energie a radiačních činností a o zabezpečování jakosti vybraných zařízení s ohledem na jejich zařazení do bezpečnostních tříd. (pozn. ruší vyhlášku č. 214/1997 Sb.)

7 SYSTÉM ZÍSKÁVÁNÍ INFORMACÍ O SITUACI NA EDU

Po splnění úkolu zajištění jaderné bezpečnosti následuje další důležitý úkol. Zajištění optimální hospodárnosti provozu. Musíme zajistit určité provozní podmínky, při nichž je účinnost přeměny energií z jedné formy na jinou, co nejlépe maximální aktuálně dosažitelné hodnotě. Můžeme konstatovat, že optimalizace provozu je činnost, kterou se provozovatelé elektráren zabývají v praxi dlouhodobě, prakticky po celou dobu provozního života výrobního zařízení. K provádění optimalizace je také důležité znát stavy jednotlivých technologických zařízení.

7.1 Bloková dozorna

Blokovou dozornu bychom mohli s určitým nadhledem považovat za mozek celé elektrárny. Představuje místo, kde se přenášejí všechny informace o teplotách, tlacích a dalších ukazatelích. Z blokové dozorny lze ovládat nejdůležitější systémy bloku, resp. spouštět či zastavovat čerpadla, zavírat či otevírat armatury nebo provádět připojení generátorů k síti apod. Dále slouží ke spouštění a odstavení reaktoru, ke zvyšování nebo snižování výkonu dodávaného do elektrizační soustavy. Úkolem je tak udržovat blok v provozuschopném a bezpečném stavu.

Pro ovládání zařízení primárního okruhu slouží levá část panelů a levý pult. Pravý pult a pravá část panelů jsou pak vyhrazeny k ovládání sekundárního okruhu včetně vyvedení výkonu generátorů. V zadní části blokové dozorny (pozn. za zády obsluhy) má pracoviště vedoucí reaktorového bloku (viz. Obr7-1.).



Obr. 7-1 Bloková dozorna EDU [14]

Obsluhu blokové dozorny tvoří vedoucí reaktorového bloku (VRB), operátor primárního okruhu (OPO) a operátor sekundárního okruhu (OSO). Nejvyšším vedoucím směny pro celou jadernou elektrárnu je směnový inženýr.

Technologická data a parametry mají prostřednictvím počítačové sítě k dispozici i členové havarijního štábu, případně členové technického podpůrného střediska (TPS). Data však nemohou přímo ovlivňovat. Data slouží pouze jako informace k následnému vyhodnocování nebo slouží jako podklad k důležitým a správným rozhodnutím.

7.2 Systém hodnocení stavu technologického zařízení

Vyhláška č. 132/2008 Sb., o zabezpečování jakosti při činnostech souvisejících s využíváním jaderné energie, činnostech vedoucích k ozáření a o stanovení kritérií pro zařazení a rozdělení vybraných zařízení do bezpečnostních tříd, požaduje dokumentaci procesů při provozu jaderného zařízení v oblasti:

- hodnocení stavu vybraných zařízení a čerpání jejich životnosti - zde je nutné znát stavy důležitých technologických zařízení a případně znát i prognózy jejich dalšího vývoje
- provádění a navrhování změn a rekonstrukcí, vč. tvorby bezpečnostní dokumentace těchto změn

Technologická zařízení nebo jejich soubory jsou řízeny prostřednictvím automatizovaného systému řízení. Základní součástí automatizovaných systémů řízení jsou úrovně monitorování a ovládání procesu spolu se zpracováním a předáváním dat a informací.

Pro realizaci těchto procesů jsou využity nástroje z oblasti informačních technologií, konkrétně počítače typu PC v kancelářském nebo průmyslovém provedení s příslušným operačním systémem a vhodným uživatelským softwarem. Z technického hlediska je pak vhodné mít tzv. otevřené komunikační rozhraní mezi úrovní řídicího systému a úrovní monitorování a ovládání procesu.

Pro efektivnější využití je důležité aktuálně získaná data a informace vhodně interpretovat a přehledně vizualizovat tak, aby obsluha zařízení informace správně pochopila a mohla učinit správná rozhodnutí a postupy.

Použitím systému monitorování a hodnocení důležitých veličin a zařízení získáme v téměř reálném čase informace o kvalitě provozu a stavu zařízení a o vývoji těchto pro provoz nepostradatelných ukazatelů v čase. Tyto informace můžeme využít k:

- diagnostice zařízení (slouží pro stanovení životnosti jednotlivých zařízení, resp. jejich poškození nebo ovlivnění jejich funkčnosti)
- diagnostice provozu a na základě jejích výsledků k návrhům jeho korekcí s cílem trvale dosahovat optimálního provozu
- tvorbě podkladů pro projekty modifikací zařízení a ověřování efektivnosti těchto modifikací
- diagnostice měřicí techniky s cílem zvýšit její přesnost a zjišťovat vadné snímače (čidla)

Diagnostika zařízení, měřících řetězců a zvýšení přesnosti měření současně souvisejí s problematikou zajištění jaderné bezpečnosti elektrárny.

7.3 Programy radiačního monitorování na EDU

Programy radiačního monitorování zajišťují plnění všech požadavků kladených na bezpečný provoz pracoviště s ionizujícím zářením. Jedná se o měření všech potřebných dozimetrických veličin charakterizujících ozáření, pole záření nebo radionuklidy, ale i jejich následná interpretace a hodnocení ozáření pracovníků a dalších osob pro účely usměrňování ozáření. Programy monitorování tak plní na EDU velmi důležitou úlohu při omezování ozařování pracujících osob. Na EDU se uplatňují čtyři druhy programů monitorování:

- monitorování pracoviště
- monitorování osobní

- monitorování výpustí
- monitorování okolí

Rozsah a obsah těchto programů je pevně dán legislativními požadavky kladenými na EDU. Programy jsou ze zákona schvalovanou dokumentací, kterou schvaluje Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB). Existence referenčních úrovní v těchto programech monitorování a další nástroje usměrňující dávky zaručují neustálou regulaci obdržených dávek tak, aby dosahovaly rozumně nízkých hodnot.

Programy monitorování jsou odtrženy od ekonomických ukazatelů výroby na jaderných blocích českých jaderných elektráren a jsou jednoznačně směřovány k naplnění zákonného ustanovení českého atomového zákona: „Každý, kdo provádí radiační činnosti, je povinen postupovat tak, aby byla přednostně zajišťována radiační ochrana.“ (§ 4 odst. 3 zákona č. 18/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů). Státní úřad pro jadernou bezpečnost každoročně vyhodnocuje úsilí provozovatele českých jaderných elektráren a držitele povolení k provozu jaderného zařízení, ČEZ, a.s. Zjišťuje, zda ČEZ, a.s. při provozu svých jaderných elektráren plní požadavky principů zajištění radiační ochrany. [31]

Současná legislativa požaduje osobní monitorování mimo jiné také k plánování obdržených dávek. Dávky musí být naplánovány tak, aby byly dodrženy monitorovací programy a současně naplněn program plánovaných prací v kontrolovaných pásmech držitele povolení.

Program monitorování musí zahrnovat monitorování jednak pro běžný provoz pracoviště a pro předvídatelné odchylky, ale také pro radiační nehody a havárie.

8 MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI A STUPNICE INES

8.1 Mimořádné události

Vnitřní havarijní plán JE je dokument, který obsahuje soubor všech plánovaných opatření k řešení a k omezení následků mimořádných událostí stanovených vyhláškou č. 318/2002 Sb. 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, v platném znění. Poskytuje zejména informace týkající se vytvoření technicko organizačních a personálních podmínek pro zjišťování vzniku MU, posuzování závažnosti MU, vyhlášení MU, řízení a provádění zásahu, způsobu omezení ozáření zaměstnanců a dalších osob a ověřování havarijní připravenosti.

Hodnocení odchylek od normálního provozu podle klasifikačního systému podléhá na JE každá událost významná z hlediska bezpečnosti, která pokud není řešena, může vést ke vzniku mimořádné události. Hlavním účelem klasifikace mimořádných událostí je zejména zajištění včasné aktivace organizace havarijní odezvy a volba vhodné a účinné odezvy.

8.1.1 Klasifikace mimořádných událostí

Pro posuzování závažnosti mimořádných událostí jsou mimořádné události členěny do tří stupňů (dle vyhlášky č. 318/2002 Sb. v platném znění).

8.1.1.1 MU 1. stupně

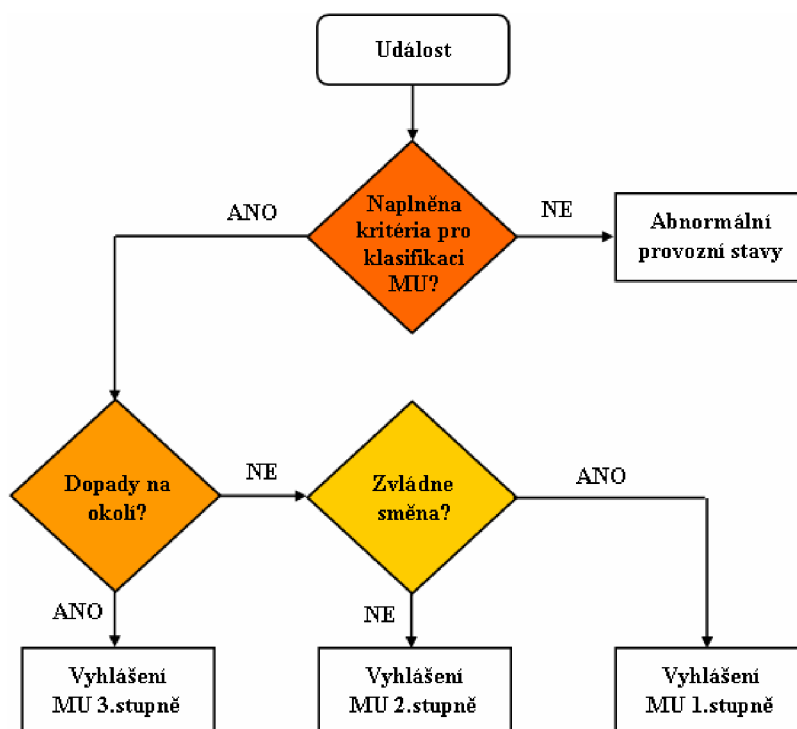
Jde o mimořádnou událost, která vede nebo může vést k nepřipustnému ozáření zaměstnanců a dalších osob nebo k nepřipustnému uvolnění radioaktivních látek do prostor jaderného zařízení nebo pracoviště, která má omezený nebo lokální charakter. K jejímu řešení jsou dostačující síly a prostředky obsluhy nebo pracovní směny a při přepravě nedojde k úniku radioaktivních látek do životního prostředí.

8.1.1.2 MU 2. stupně

Jde o mimořádnou událost, která vede nebo může vést k nepřipustnému závažnému ozáření zaměstnanců a dalších osob nebo k nepřipustnému uvolnění radioaktivních látek do životního prostředí, které nevyžaduje zavádění neodkladných opatření k ochraně obyvatelstva a životního prostředí. Její řešení vyžaduje aktivaci zasahujících osob držitele povolení. K jejímu zvládnutí jsou dostačující síly a prostředky držitele povolení, případně síly a prostředky smluvně zajištěné držitelem povolení.

8.1.1.3 MU 3. stupně

Jde o mimořádnou událost, která vede nebo může vést k nepřipustnému závažnému uvolnění radioaktivních látek do životního prostředí, vyžadující zavádění neodkladných opatření k ochraně obyvatelstva a životního prostředí, která jsou stanovena ve vnějším havarijním plánu a v havarijním plánu kraje. Událost 3. stupně je radiační havárií a její řešení vyžaduje kromě aktivace zasahujících osob držitele povolení a zasahujících osob podle vnějšího havarijního plánu, popřípadě havarijního plánu kraje, zapojení dalších dotčených orgánů.



Obr. 8-1 Postup při klasifikaci stupně MU

8.1.2 Rozdělení mimořádných událostí dle jejich vzniku

Včasné stanovení typu vzniklé události a ocenění její závažnosti z hlediska bezpečnosti jaderné elektrárny umožňuje provést volbu přiměřené odezvy. Mimořádné události se z hlediska svého vzniku dělí na tři základní typy:

- Události z technologických příčin
- Radiační události
- Události z jiných rizik

Členění zásahových úrovní má jako hlavní úkol umožnit směnovému inženýrovi snadnější identifikaci závažnosti vzniklé mimořádné události zejména ve vazbě na zajištění jaderné bezpečnosti a radiační ochrany.

8.1.2.1 Události z technologických příčin

Příčiny událostí vycházejí z procesu štěpení jaderných materiálů. Technologické události jsou z hlediska dopadů na celistvost ochranných bariér rozděleny do dvou skupin:

- Poruchy systémů a komponent
- Narušení integrity ochranných bariér

Základním principem na kterém je založeno hodnocení MU z technologických příčin je ocenění možných následků události založené na zhodnocení stavu fyzických bariér proti úniku štěpných produktů a aktivity.

8.1.2.2 Radiační události

Příčiny událostí vyplývají z nekontrolovaného šíření radioaktivních látek nebo ionizujícího záření do pracovního nebo životního prostředí. Dělí se na:

- Radiační události z technologických příčin – únik RaL, který byl způsobený porušením integrity ochranných bariér na technologickém zařízení HVB.
- Radiační události z netechnologických příčin – narušení radiační ochrany personálu, které však nemá svou podstatou přímou souvislost s procesem štěpení jaderného paliva v jaderném reaktoru.

8.1.3 Události z jiných rizik

Příčiny událostí vyplývají z jiných rizik, např. teroristické výhrůžky, narušení fyzické ochrany JE, hromadné nebo smrtelné úrazy spojené s provozem JE, ekologické havárie, přírodní katastrofy apod. Jedná se tedy o všechny ostatní události, které ovlivňují bezpečnost JE.

8.2 Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí

Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí (INES) byla v březnu 1990 společně zavedena Mezinárodní agenturou pro jadernou energii (IAEA) a Agenturou pro jadernou energii Organizace pro ekonomickou spolupráci a rozvoj (OECD/NEA). Primárním účelem je usnadnit komunikaci a dorozumění mezi odborným jaderným společenstvím, sdělovacími prostředky a veřejností v případech, kdy dojde k výskytu událostí na jaderných zařízeních. Na základě dalších získaných zkušeností byla v roce 1992 stupnice upřesněna a rozšířena tak, aby byla použitelná při jakékoliv události spojené s radioaktivním materiálem a (nebo) s radiací, včetně přepravy radioaktivních materiálů.

8.2.1 Obecný popis stupnice

Stupnice zařazuje události do sedmi stupňů:

- Havárie (stupně 4–7)
- Nehody (stupně 1–3)

dále se definují

- Odchytky (stupeň 0), pod stupnicí (události, které nemají žádný bezpečnostní význam)
- Mimo stupnici (události, které vůbec nesouvisejí s bezpečností)

Stupnice INES může být použita pro jakékoliv události, které jsou spojeny s radioaktivním materiálem a (nebo) s radiací a pro jakékoliv události vyskytující se v průběhu přepravy radioaktivního materiálu. Stupnice neklasifikuje průmyslové nebo jiné havárie, které nesouvisejí s jaderným nebo radiačním provozem. Takové události připadají do oblasti „mimo stupnici“.

Následující příklad ukazuje jak klasifikovat události „mimo stupnici“: Událostí spjaté s turbínou nebo generátorem, pokud půjde o poruchy ovlivňující pouze jejich provozuschopnost, by byly klasifikovány jako události „mimo stupnici“. Obdobně i události typu požáry by byly klasifikovány jako události „mimo stupnici“ (samozřejmě pokud by nezahrnovaly nějaká radiační rizika či neměly dopad na bezpečnostní ochranu).

7
VELMI TĚŽKÁ HAVÁRIE
6
TĚŽKÁ HAVÁRIE
5
HAVÁRIE S RIZIKEM VNĚ ZAŘÍZENÍ
4
HAVÁRIE BEZ RIZIKA VNĚ ZAŘÍZENÍ
3
VÁŽNÁ NEHODA
2
NEHODA
1
ANOMÁLIE
0
ODCHYLKA

Obr. 8-2 Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí – INES [33]

8.2.2 Velmi těžká havárie

Podle dané klasifikace jde o největší možnou havárii (stupeň č. 7) při níž dojde k úniku velkého množství radioaktivních materiálů z velkého jaderného zařízení (např. z aktivní zóny energetického reaktoru) do okolí. Při úniku RaL do okolí se uvolní směs radioaktivních štěpných produktů s dlouhými i krátkými poločasy rozpadu (aktivita přesahující $10^4 \cdot \text{TBq } ^{131}\text{I}$). Vzniká tak možnost akutních zdravotních účinků či poté následné zdravotní účinky v rozsáhlé oblasti. Jde o možnost zasažení více než jednoho státu. Celá tato havárie má pak dlouhodobé důsledky pro životní prostředí.

8.2.3 Těžká havárie

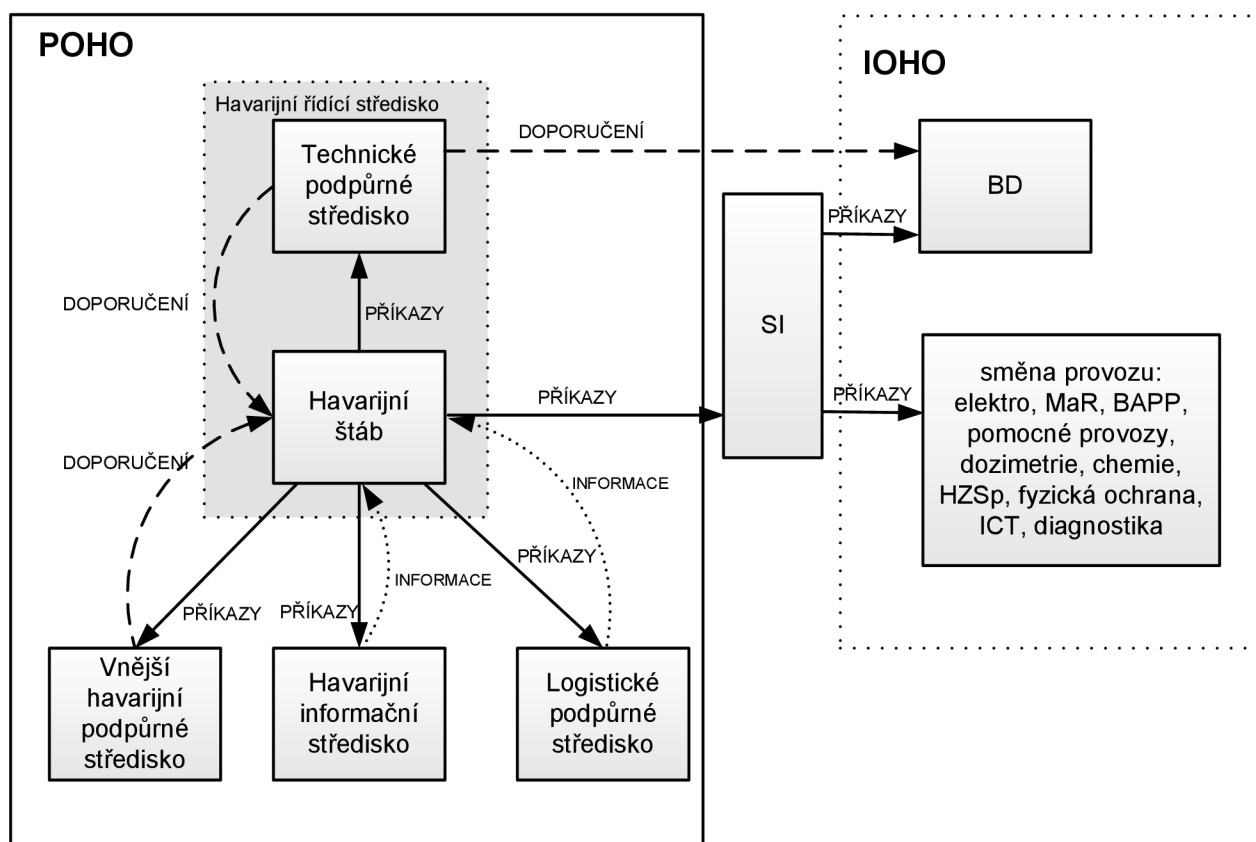
Jde o únik radioaktivních materiálů do okolí (s řádovou aktivitou 10^3 až $10^4 \cdot \text{TBq } ^{131}\text{I}$). Dochází k plnému uplatnění opatření pro snížení pravděpodobnosti zdravotních následků na obyvatelstvo zahrnutých v místních havarijních plánech.

9 ŘÍZENÍ A PROVÁDĚNÍ ZÁSAHŮ V EDU

9.1 Řízení a provádění zásahů

Pro případ vzniku mimořádné události 1., 2. nebo 3. stupně jsou v rozsahu požadavků §7, vyhlášky SÚJB č. 318/2002 Sb. v platném znění zpracovány pro potřeby řízení a provádění zásahu příslušné zásahové postupy, resp. zásahové instrukce pro zaměstnance, případně další osoby, na vybraných pracovních funkcích zařazených do organizace havarijní odezvy (OHO).

Řízení zásahu provádí vždy velitel havarijního štábu. Do doby zahájení činnosti havarijního štábu řídí zásah směnový inženýr SI. Velitel havarijního štábu může část svých řídicích pravomocí přenést na vedoucí ostatních havarijních podpůrných středisek.



Obr. 9-1 Schéma organizace havarijní odezvy JE - vzájemné vazby a tok informací [4]

Fungující systém řízení a provádění zásahů na EDU je zabezpečen souborem opatření personálního a technického charakteru. V personální oblasti jde o vytvoření pohotovostní organizace havarijní odezvy (POHO) a o zajištění činností příslušejících jednotlivým funkcím POHO. V technické oblasti se jedná o vytvoření struktury havarijních podpůrných středisek, z nichž personál POHO zajišťuje řízení a provádění zásahů.

9.2 Organizační struktura pro řízení a provádění zásahu

Provádění zásahu při vzniku mimořádné události je na EDU zabezpečováno v první fázi rozvoje mimořádné události vždy personálem nepřetržitého směnového provozu. Ten tvoří tzv. interní organizaci havarijní odezvy (IOHO). V případě, kdy se událost rozvine nad rámec možností personálu nepřetržitého směnového provozu, je IOHO doplněna zaměstnanci, kteří drží

pohotovost v rámci organizace havarijní odezvy. V tomto případě přebírá od SI odpovědnost za řízení zásahů po aktivaci havarijní štáb (HŠ).

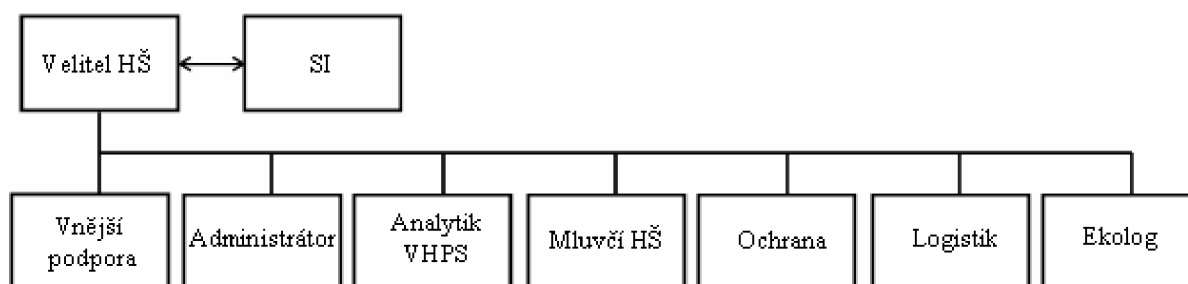
9.2.1 Směnový inženýr

Směnový inženýr je společně s operativním personálem blokových dozoren resp. s ostatním směnovým personálem součástí IOHO. Směnový inženýr je v případě vzniku MU odpovědný za řízení MU až do doby, kdy odpovědnost předá aktivovanému HŠ. Činnost směnového inženýra se při vzniku MU řídí podle zásahových instrukcí (ZI) pro SI, ve které jsou uvedeny všechny odpovědnosti a pravomoci, mezi nejdůležitější patří:

- posouzení závažnosti MU - klasifikace
- zabezpečení vyrozumění a varování personálu JE a varování v zóně havarijního plánování (ZHP)
- vyrozumění vedení JE a příslušných orgánů a organizací o vzniku MU
- rozhodnutí o aktivaci POHO
- rozhodnutí o ochranných opatřeních pro personál JE

9.2.2 Havarijní štáb

Hlavním úkolem havarijního štábu je zabezpečovat po aktivaci na jaderné elektrárně řízení veškerých činností všech zaměstnanců a dalších osob podílejících se na provádění zásahu a řešení následků mimořádné události. Zajišťuje předávání požadovaných informací nadřízeným a dozorovým orgánům, informování veřejnosti a vyhlásování ochranných opatření pro zaměstnance a další osoby nacházející se v areálu EDU v době vzniku mimořádné události. Dále zabezpečuje dodávky nezbytného materiálu, speciálních prostředků, střídání personálu a jejich materiálního zabezpečení.



Obr. 9-2 Schéma organizační struktury havarijního štábu

V pohotovostní organizaci havarijní odezvy jsou kromě havarijního štábu i další podpůrné složky, jmenovitě:

- Technického podpůrného střediska
- Vnějšího havarijního podpůrného střediska (VHPS)
- Havarijního informačního střediska (HIS)
- Logistického podpůrného střediska (LPS)

10 ANALÝZA PRACOVNÍCH RIZIK

10.1 Pracovní rizika

Jaderná energetika je obecně jedním z nejperspektivnějších způsobů zajištění energetických potřeb lidstva jak v přítomnosti, tak i v blízké budoucnosti. Současně se však jedná o velmi složitý, i když technologicky zcela zvládnutý způsob získávání energie. Obecně můžeme konstatovat, že u žádných technických zařízení absolutní bezpečnost neexistuje a že riziko plynoucí z provozu jaderných zařízení je malé a srovnatelné s ostatními riziky, kterým je lidstvo v každodenním životě vystaveno.

Jaká tedy existují rizika, která mohou ohrozit pracovníky na EDU? Která z těchto rizik jsou z hlediska nebezpečí nejhorší? Jaká rizika hrozí lidem podílejících se na obnově elektrické energie přímo v EDU?

10.1.1 Rizika ve vnitřních prostorách

Složitá a členitá struktura vnitřních prostorů EDU již naznačuje, že je zde větší pravděpodobnost pracovních rizik oproti vnějším prostorům. Například při požárech, které vzniknou ve vnitřních prostorách hrozí mnohem větší rychlost nahromadění škodlivých látek v nebezpečných koncentracích. Z tohoto důvodu je důležité správné plánování a projektování nových objektů vzhledem k požárnímu nebezpečí (vhodné materiály, vytváření požárních úseků aj.). Hlavním cílem požární ochrany jsou tak preventivní činnosti k zabránění vzniku požáru a dosažení takových předpokladů, aby v případě vzniku požáru byly následky co možná nejmenší.

Další rizika pro pracovníky vyplývají z faktu, že prakticky všechna potrubí a technická zařízení jsou vedena resp. umístěna ve vnitřních prostorách a hrozí, že jejich porušením nebo poškozením dojde k úniku páry či kapaliny. Ke zranění osoby pak může dojít jednak při prvotním nečekaném úniku páry či kapaliny nebo při následném zaplavení prostoru.

Obecně můžeme konstatovat, že pracovní rizika bez účasti radioaktivních látek mají jednu velkou výhodu. Jsou pro pracovníky pozorovatelná. Pokud se musí opravit nějaké místo postižené takovou nehodou, jsou rizika práce „zřetelná“.

Největším rizikem pro pracovníky je zcela nepochybně havárie s únikem radioaktivních látek. Radioaktivita je přirozená schopnost některých látek vysílat během samovolných přeměn neviditelné záření, které má schopnost pronikat hmotou. V neviditelnosti a schopnosti záření pronikat látkami právě spočívá obrovské riziko pro osoby pracující například na obnově napájení (nutnost ruční manipulace nebo opravy v daných prostorách). Při úniku radioaktivní páry či kapaliny se nebezpečí navenek jeví stejně jako v předchozím případě úniku neradioaktivní páry či kapaliny. Ve skutečnosti je mnohonásobně nebezpečnější, a to, díky přítomnosti neviditelných radioaktivních látek. Dochází tak ke kontaktu a následné kontaminaci předmětů, zařízení, podlah, oděvů a osob s radioaktivní látkou. Pracovník může přijít do styku se zářením prakticky dvojnásobným způsobem, buď vnějším nebo vnitřním ozářením. O vnějším ozářením mluvíme tehdy, je-li organismus ozářen zdroji záření z okolí, kde se vyskytuje. K vnitřnímu ozáření dochází, když se radioaktivní látky dostanou do organismu např. dýcháním nebo povrchovými poraněními. Povrchové poranění může vzniknout bezprostředně po úniku radioaktivních látek např. nečekaným prasknutím potrubí, které obsahuje i radioaktivní látky apod.

10.1.2 Rizika ve vnějších prostorech

Stejně jako ve vnitřních prostorech může i ve vnějších prostorech dojít k požárům nebo úrazům souvisejícím s chybnými pracovními postupy při obnovení napájení (úraz elektrickým proudem). Největším rizikem pro zaměstnance, ale i pro celé okolí je opět zcela nepochybně havárie s únikem radioaktivních látek. V tomto případě již nejsou bezprostředně v ohrožení pouze zaměstnanci EDU, ale i okolní obyvatelstvo a životní prostředí. Byly překonány všechny ochranné bariéry, které měly za úkol udržet radioaktivní látky izolované od životního prostředí. Samotný únik radioaktivních látek do životního prostředí je výrazně ovlivněn dalším faktorem a tím je vliv počasí, resp. aktuální a budoucí meteorologická prognóza.

Postup zaměstnanců při obnově napájení je proto výrazně ovlivněn a řízen radiační situací v areálu EDU, která závisí přímo na rozsahu samotné havárie. Rozsah havárie záleží na množství uniklých radioaktivních látek a na meteorologické situaci, která následky havárie výrazně ovlivňuje. Je nezbytné, aby zasahující skupina pracovníků byla v kontaktu s havarijním štábem, který má k dispozici potřebné informace a řídí pohyby a postupy pracovníků.

10.2 Dávka, ekvivalentní dávka a efektivní dávka

Pro pracovníka elektrárny i obyvatele kolem EDU platí příslušné předpisy pro ochranu před ionizujícím zářením. Stanovují se přípustné hodnoty příjmu jednotlivých radionuklidů tak, aby nezpůsobily člověku újmu na jeho zdraví.

K vyjádření množství energie, které se uloží v látce vystavené ionizujícímu záření, byla zavedena veličina dávka D , definovaná následujícím vztahem

$$D = \frac{d\bar{\epsilon}}{dm} \quad (\text{Gy; J, kg}) \quad (10.1)$$

kde $d\bar{\epsilon}$ je střední sdělená energie předaná ionizujícím zářením látce a dm je hmotnost látky. Není tedy důležité kolik částic na takto vystavenou látku dopadne, podstatné je to, co jsou tyto částice schopny způsobit.

Další možností jak látce předat energii je prostřednictvím tzv. nepřímé ionizace. Při nepřímé ionizaci záření po dopadu na určitou látku nejdříve vytvoří tak zvané sekundární částice, které potom způsobují ionizaci v látce. Vliv nepřímé ionizace vyjadřuje veličina kerma, která svým rozměrem odpovídá rozměru dávky.

K tomu, abychom však mohli určit množství energie, kterou pracovník absorboval, musíme zahrnout několik dalších faktorů. Je nutné zohlednit pohlcování zářivé energie živou tkání člověka a zahrnout i vliv druhu působícího záření, protože každé záření poškozují organismus jiným způsobem.

Proto byl zaveden dávkový ekvivalent, který tyto vlivy zohledňuje

$$D_{ekv} = k \cdot D \quad (\text{Sv; -, Gy}) \quad (10.2)$$

kde k je součinitel biologické účinnosti. Tento koeficient nezahrnuje pouze biologické vlastnosti daného organismu, ale také účinky jednotlivých druhů záření.

Dřívější koncepce limitování radiační zátěže v ochraně před zářením byla založena na hodnocení tzv. kritických orgánů lidského těla. To vedlo ke vzniku problémů, kdy nebylo možné kvantifikovat a porovnávat radiační rizika stochastických účinků v případě různého a

nerovnoměrného ozáření více částí těla či orgánů. Z těchto důvodů byly zavedeny veličiny jako ekvivalentní dávka a efektivní dávky

Ekvivalentní dávka v podstatě představuje součet jednotlivých ekvivalentních dávek jednotlivých typů záření, kterým je organismus vystaven. Ekvivalentní dávka je popsána vztahem

$$H_T = \sum D_R \cdot w_R \quad (\text{Sv; Gy, -}) \quad (10.3)$$

kde D_R je dávka daného typu záření absorbovaná v organismu a w_R je radiční váhový faktor popisující různou biologickou účinnost daného typu záření (viz. Tab. 10-1).

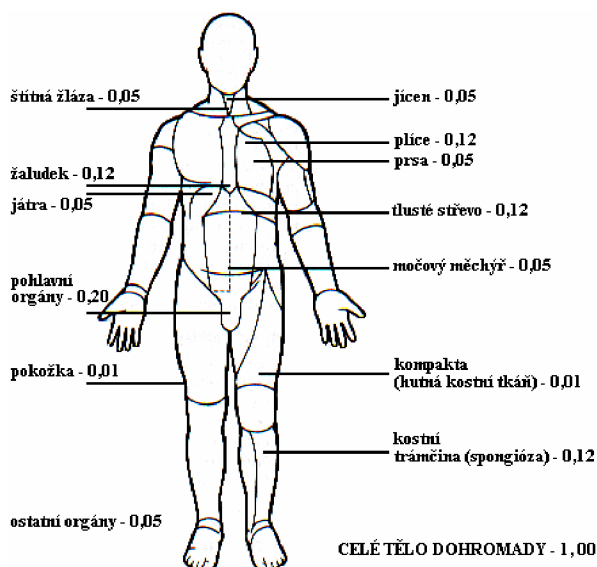
Tab. 10-1 Hodnoty radičního váhového faktoru w_R [32]

Druh interagující částice	w_R [-]
fotony	1
elektrony, miony	1
neutrony, méně než 10 keV	5
neutrony, 10keV až 100 keV	10
neutrony, 100 keV až 2 MeV	20
neutrony, 2 MeV až 20 MeV	10
neutrony, více než 20 MeV	5
protony, více než 2 MeV	5
částice alfa, těžká jádra, štěpné fragmenty	20

Efektivní dávka vyjadřuje součet vážených středních hodnot ekvivalentních dávek v různých tkáních lidského těla a je popsána vztahem

$$E = \sum_{w_T} w_T \cdot H_T \quad (\text{Sv; -, Gy, -}) \quad (10.4)$$

kde w_T je tkáňový váhový faktor (viz. Obr. 10-1) popisující citlivost jednotlivých lidských orgánů, resp. relativní příspěvek konkrétní tkáně k celkovému zdravotnímu poškození při rovnoměrném ($\sum_{w_T} w_T = 1$) ozáření celého těla.

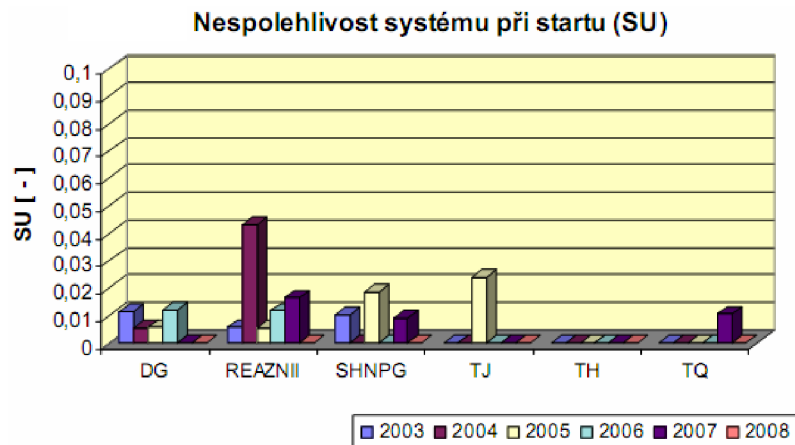


Obr. 10-1 Tkáňové váhové faktory w_T [26]

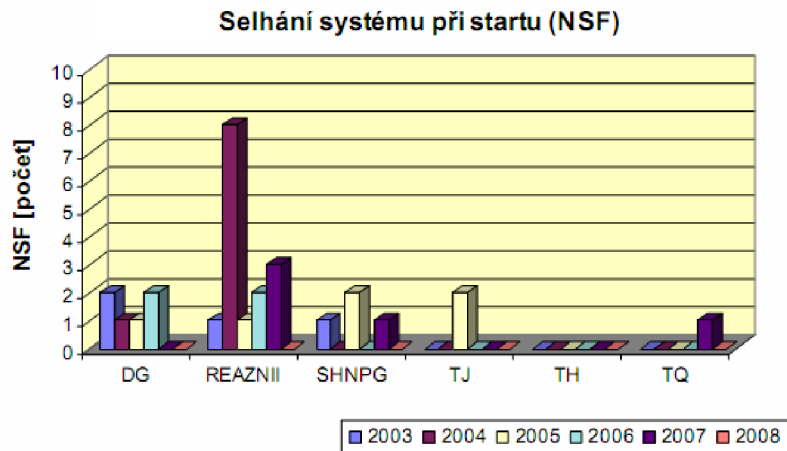
11 TECHNOLOGICKÁ ČÁST SCÉNÁŘE CVIČENÍ

11.1 Spolehlivost a neprovoznost zařízení

Každý z bezpečnostních systémů má svoji určitou spolehlivost, která je permanentně sledována a vyhodnocována. Pro nezkreslenou představu o skutečné možnosti vzniku havárie uvádíme grafické závislosti popisující nespolehlivost a neprovoznost bezpečnostních systémů. Závislosti jsou naznačeny na následujících obrázcích (viz. *Obr. 11-1*, *Obr. 11-2*, *Obr. 11-3*).



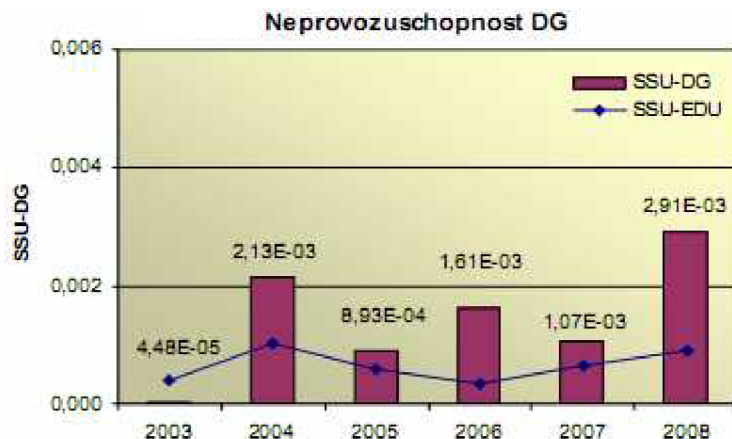
Obr. 11-1 Výsledky nespolehlivosti bezpečnostních systémů (BS) při startu [34]



Obr. 11-2 Výsledky počtu selhání bezpečnostních systémů (BS) při startu [34]

Vidíme, že spolehlivost uváděných bezpečnostních systémů není 100%-ní. Má však být pokud možno co nejvyšší. Spolehlivost daného systému se mimo jiné zvyšuje tzv. zálohováním. To znamená, že na každém reaktorovém bloku se systém vyskytuje vždy třikrát (tj. 200%-ní záloha). Přitom pro bezpečné zvládnutí technologické poruchy by stačilo vždy pouze jedno toto zařízení ze tří.

Tyto skutečnosti musíme při tvorbě scénáře zohlednit. Musíme tak uvažovat a kombinovat jednoduché poruchy. Jejich kombinací vytvořit složitý řetězec událostí, kdy postupně přestanou fungovat všechny bezpečnostní systémy.



Obr. 11-3 Výsledky neprovoznosti dieselgenerátoru [34]

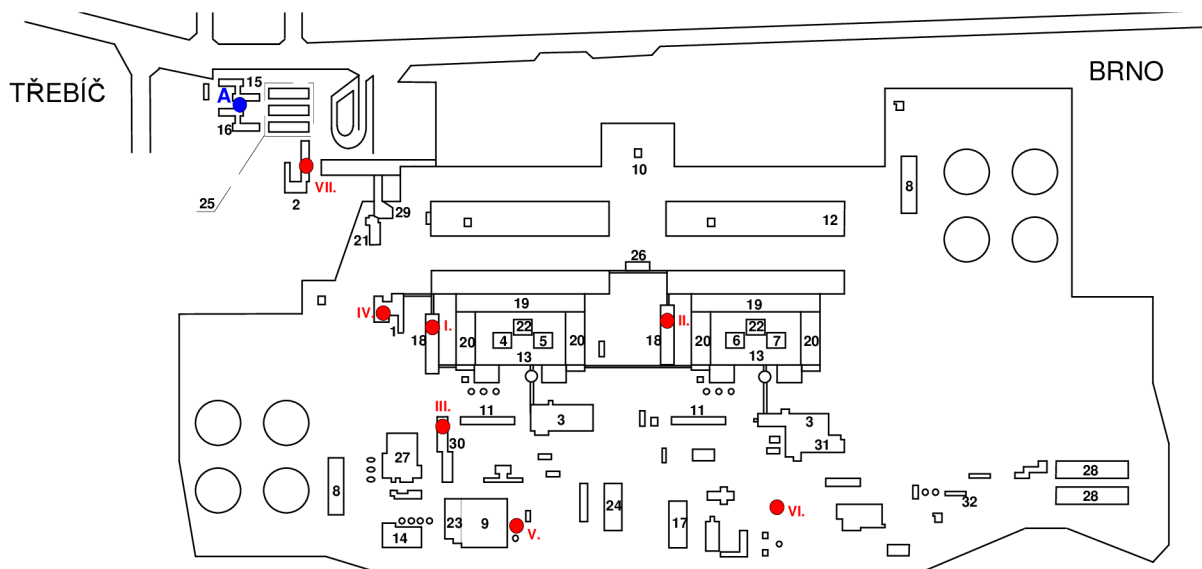
11.2 Scénář cvičení

Technologický scénář je sestaven z kombinace několika reálných celoareálových cvičení, která proběhla v minulosti na EDU. Je založen na vzniku několika vzájemně nesouvisajících dílčích a málo pravděpodobných událostí, které vedou k úniku RaL do životního prostředí.

Na prvním bloku EDU dojde z technologických příčin k poškození hlavního cirkulačního potrubí primárního okruhu. Poškození odpovídá průměru 100mm. Nastává tak únik radioaktivní vody přímo do hermetických prostorů v množství přibližně 700t za hodinu. Situace vede k vyhlášení MU 1. stupně z technologických příčin a ke svolání technického podpůrného střediska.

Téměř ve stejnou dobu dochází vlivem chybné manipulace v rozvodně Slavětice ke zkratu na přípojnicích 400kV. Nelze tedy linku 400kV použít k vyvedení výkonu bloku do sítě. Situace se dále komplikuje tím, že žádnému ze dvou turbogenerátorů bloku se nepodaří zregulovat na vlastní spotřebu a blok tak svůj výkon nedodává ani pro napájení zařízení vlastní spotřeby.

Směnový inženýr zjišťuje, že se žádný ze dvou TG nezreguloval na VS a že vlivem zkratu nemá možnost využití linek 400 kV.



Obr. 11-4 Dispoziční schéma EDU [17]

4-Bloková dozorna č.3, 11-Dieselgener. stanice, 12-Rozvodny 400 kV, 13-Hlavní výrobní blok, 26-Elektrická dozorna, I-VII. Kryt č.1 – č.7

Elektrické napájení vlastní spotřeby je automatikami zajištěno prostřednictvím jiného rezervního zdroje, konkrétně pomocí linky 110kV z rozvodny Slavětice. Napájení pro bezpečnostní systémy je tak dočasně zajištěno. Nastává dochlazování AZ a snižování tlaku v hermetických prostorách prací čerpadel sprchového systému (TQ), odvodem plynů a kondenzací páry ve žlabech či prací systémů havarijního doplňování aktivní zóny (TH, TJ).

Zanedlouho dochází ve slavětické rozvodně z důvodu chybné manipulace k dalšímu zkratu. Nastala ztráta rezervního zdroje 110kV přes rezervní transformátor z rozvodny ve Slaveticích. Další napájení VS je zajištěno pomocí dieselgenerátorů, konkrétně DG1 – zajištěný, DG2 – nenaběhne, DG3 – v provozu.

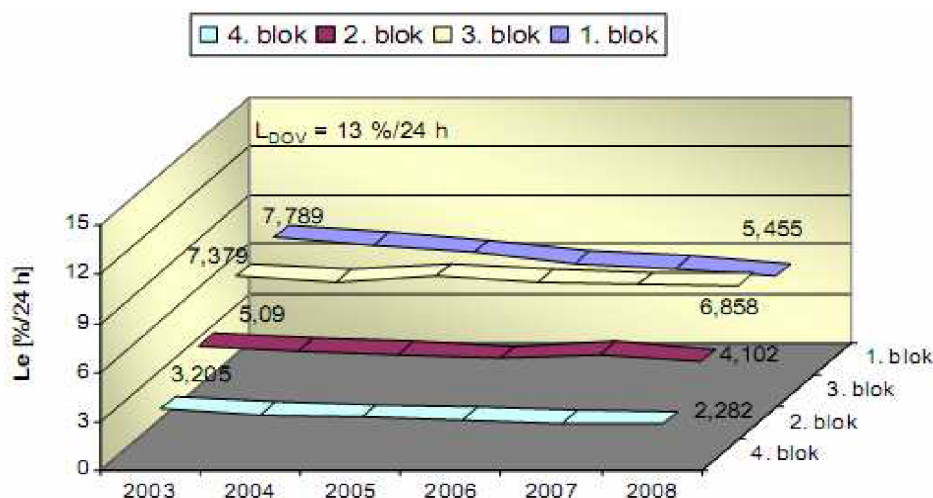
Vyhodnocením stávající situace a časových nároků je směnovým inženýrem vyslána skupina pracovníků zahajující práce na obnově napájení pomocí nenajetého dieselgenerátoru DG2.

Dieselgenerátor DG3 je v provozu však pouze asi 10 minut a pak dochází k jeho výpadku a k výpadku systémů havarijního doplňování aktivní zóny a sprchového systému. Nastává black-out na prvním bloku EDU, což vede k vyhlášení MU 2. stupně z technologických příčin. Blok je v horkém stavu a nastává tzv. krajní nouze. Z tohoto stavu vyplývají i časové požadavky na obnovu napájení. Dochází ke svolání havarijního štábu.

Vlivem nemožnosti vytvořit telefonickou konferenci mezi všemi nutnými účastníky (EDU, R SLA, EDA) se nezahájila příprava napájení z EDA. Díky náročnosti se nepodaří zajistit napájení ani od TG a DG jiného bloku EDU.

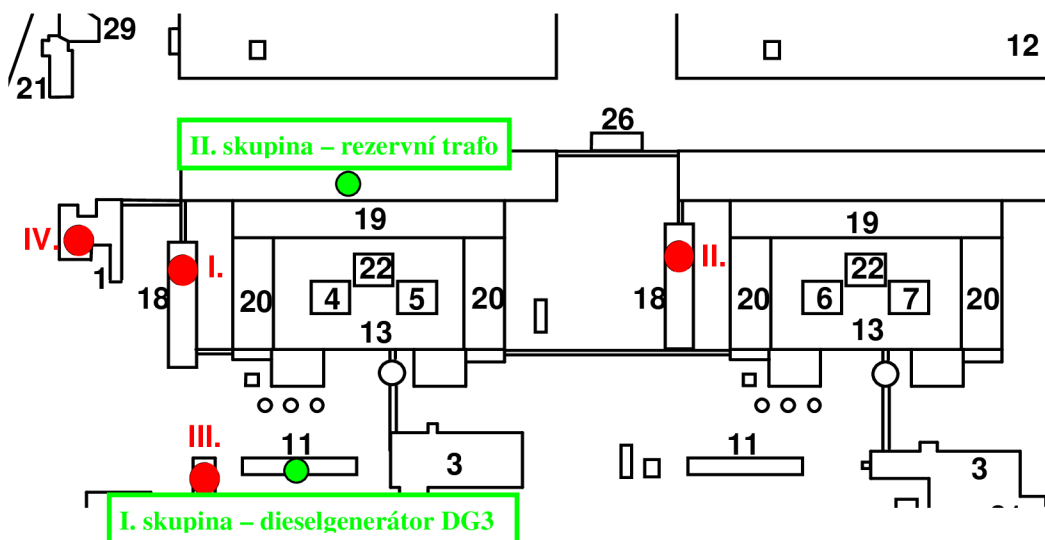
Než dojde k získání nového zdroje, nezvládnutím dochlazování AZ a vlivem nedovoleného ohřátí pokrytí paliva nastává jeho tavení a poškození pokrytí. Směnový inženýr vyhlašuje MU 3. stupně z technologických a radiačních příčin. Probíhá varování zaměstnanců a osob. Směnový inženýr se pokouší získat opět zdroj prostřednictvím linky 110kV z rozvodny v Oslavanech. Přetížením však dojde opět k výpadku zdroje a k poškození rezervního transformátoru.

Nastává masivní únik RaL do hermetických prostorů a vlivem trvalé netěsnosti dochází i k jejich úniku do životního prostředí. Množství úniku RaL do ŽP je 16% obj./24 hod., což představuje ekvivalentní průměr 30mm. Vidíme, že i 16%-ní hodnota netěsnosti je výrazně vyšší než je hodnota skutečná (viz. Obr.11-5). Vyšší hodnotu netěsnosti jsme zvolili záměrně, abychom ovlivnili respektive zhoršili radiační poměry v areálu EDU a okolí.



Obr. 11-5 Výsledky periodické integrální zkoušky hermetických prostor [34]

V rámci obnovy na EDU jsou sestaveny dvě resp. tři zásahové pracovní skupiny. První skupina se bude podílet na zprovoznění DG3 a druhá skupina pak na zhodnocení možnosti připojení rezervního transformátoru (viz. Obr. 11-6). V rámci obnovy napájení byla vytvořena i třetí pracovní skupina v rozvodně Slavětice, která řeší problém související se dříve vzniklým zkratem. V následující kapitole se budeme zabývat vyhodnocením obdržných dávek těchto skupin.



Obr. 11-6 Dispoziční schéma nutných pracovních zásahů [17]

Díky závislostem vyjadřující nespolehlivost, selhání či neprovozuschopnost jednotlivých systémů můžeme získat objektivnější názor na vzniklou situaci. Můžeme usoudit, že jde o vysoce nepravděpodobný scénář. Například počty selhání systémů jsou velmi nízké. Spolu s probíhající modernizací komponent elektrárny a zvyšujícími se nároky na provoz jaderných zařízení mají navíc systémy klesající tendenci v počtu selhání – tj. jsou spolehlivější.

12 VÝPOČET PROGNÓZY VÝVOJE RADIAČNÍ SITUACE

12.1 Nástroje používané v EDU

V současné době vzniká ve světě stále větší počet zařízení jejichž součástí jsou radioaktivní látky, a které jsou poté využívány v mnoha oborech činnosti. To vede k nebezpečí radiačních havárií s možnými zdravotními, psychologickými a ekonomickými následky.

Havárie v jaderných elektrárnách bývají zpravidla neúmyslné - způsobené technologickými poruchami, selháním lidského činitele či živelnými pohromami.

Významnou podporu pro rozhodování jakým způsobem se v daných situacích zachovat tvoří programové vybavení na vyhodnocení radiologických následků radiačních havárií. Mezi základní programové vybavení, které poskytuje rychlou predikci radiačních následků spojených s reálným nebo možným únikem radioaktivních látek, okamžitý návrh neodkladných opatření na ochranu obyvatelstva a návrh činnosti mobilních operačních týmů patří RaCon, RTARC.

Havarijní situace s uvolněním radioaktivních látek do atmosféry vyžadují vždy rychlé a efektivní nástroje pro vyhodnocení radiačních dávek na pracovníky EDU, nebo okolní obyvatelstvo a pro okamžitá rozhodnutí o neodkladných ochranných opatřeních havarijních týmů v radiačně zasaženém terénu. Obecně v tomto případě platí, že čím dříve jsou ochranná opatření zavedena, tím jsou účinnější. Pro simulaci havárií, MU 3. stupně či podobných kritických situací a jejich následků uvnitř v areálu JE se pak využívá 3D model EDU.

12.2 Výpočet v programu RTARC

12.2.1 Obecné informace o RTARC

RTARC je výpočtový program, který byl vyvinut slovenským Výzkumným ústavem jaderných elektráren (VÚJE). Slouží pro stanovení a předpověď atmosférického transportu či vnějších radiačních následků v počátečních fázích jaderné havárie nebo radiačního nebezpečí.

Program je možno spouštět buď v režimu „RTARC off-line“ (vstupní údaje pro výpočet jsou zadávány ručně) nebo v režimu „RTARC on-line“ (vstupní data jsou načítána automaticky ze sběrnice technologických dat, teledozimetrického systému a aktuálních meteorologických dat).

Z hlediska rozptylu RaL je program určen pro hodnocení situace do vzdálenosti 30 až 40 km od zdroje těchto látek. Využívá gaussovský model rozptylu příměsí v atmosféře se zahrnutím suchého spadu a vymývání atmosférickými srážkami pro aerosoly a jednotlivé formy jódu, jakož i zahrnutí vlivu komplexního terénu na šíření RaL z JE v atmosféře.

V EDU má tedy nezastupitelnou funkci při ocenění radiačních následků situace právě v první fázi havárie, tj. v době mezi okamžikem indikace potenciálního ohrožení obyvatelstva a únikem podstatné části radioaktivity do okolí.

Za hlavní úkoly programu RTARC v EDU můžeme považovat:

- aktualizaci a zobrazení vývoje radiační situace, tj. výpočet a zobrazení trajektorií, resp. stopy radioaktivního oblaku na základě automaticky načtených údajů z teledozimetrického systému o měnících se meteorologických podmínkách a únicích RaL do okolí EDU (při havarijních cvičení jsou pak meteorologická i technická data simulována s ohledem na účel cvičení)

- určení a zobrazení zón ohrožení, vyžadujících provedení opatření či zón na nichž již ochranná opatření provedena byla
- prognóza koncentrací, dávkových příkonů a efektivních, resp. ekvivalentních dávek
- interaktivní vkládání vstupů, grafické znázornění výsledků (tabulky, grafy)

Z důvodů, aby byl program schopen tyto operace vůbec provést jsou nutné:

- „zdrojové členy“, tj. předem vypočtené charakteristiky úniku RaL pro daný typ havárie, případně odhadnuté charakteristiky úniku vzácných plynů a jódů
- aktuální meteorologické údaje (četnost dodávaní - 10 min)
- aktuální měřené dávkové příkony (četnost dodávaní - 10 min)
- předpovídané meteorologické údaje dodané Hydrometeorologickým ústavem (HMÚ) na nejbližších 1, 3, 6, 9, 12 a 24 hodin
- údaje charakterizující vzniklou situaci z hlediska přijímání ochranných opatření

V programech se uvažují cesty expozice, které jsou v první fázi havárie nejvýznamnější:

- vnější ozáření γ z oblaku a deponitu
- vnitřní ozáření z inhalace z oblaku a z resuspendované aktivity z povrchu země

12.2.2 Výpočet prognózy vývoje situace v okolí EDU a ve Slavěticích

Simulaci provedeme v režimu „RTARC off-line“ se zadáváním potřebných dat. Vstupní data jsou vkládána prostřednictvím sledu vstupních formulářů. Data zadáváme tak, aby vyhovovala nejen technologické části scénáře (tj. rozsahem uniklých RaL do životního prostředí), ale i jeho meteorologické části (tj. šíření látek směrem ke Slavěticím). Vypočítáme efektivní dávky a ekvivalentní dávky na štítnou žlázu a na kostní dřeň, které by obdržel dospělý člověk.

12.2.2.1 Zdrojový člen

Na základě technologického scénáře jsme hledali nejvhodnější sekvenci pro zdrojový člen (z 59-ti sekvencí). Správná volba zdrojového členu závisí jednak na cestě úniku RaL, stavu aktivní zóny, ale také na funkčnosti sprchového systému apod. V závislosti na průběhu celé události jsme vybrali sekvenci S1B, která odpovídá výše uvedeným požadavkům. Jedná se o jednu ze speciálních sekvencí těžkých havárií vedoucích k rozsáhlému 100% roztavení AZ. K úniku RaL nedojde přes poškozené hermetické prostory nýbrž přes jejich poměrně významnou netěsnost.

Stručný popis sekvence S1B: Vznik trhliny ve studené větvi hlavního cirkulačního potrubí (HCP) s ekvivalentním průměrem výtokového otvoru 100 mm spojený s úplnou ztrátou vnějších a vnitřních zdrojů elektrického napájení (tj. ztráta sprchového systému a systému havarijního chlazení AZ). Jde o únik RaL z hermetických boxů primárního okruhu přes trvalou netěsnost (16% obj./24 hod., t.j. ekvivalentní průměr 30 mm) přímo do okolí EDU. Hoření vodíku bylo předpokládáno.

Chlazení AZ se v takové situaci dá řešit pomocí hydroakumulátorů, jejichž objem je srovnatelný s objemem primárního okruhu (aby se zajistilo vylití je nutné odtlakovat I.O.).

12.2.2.2 Meteorologická data

Meteorologickou situaci je třeba specifikovat jejím konkrétním zadáním. Zadáváme čas prognózy, rychlosti větru, směru větru (0 – 360°), kategorii stability počasí a množství srážek (mm/h). Směr šíření větru, resp. radioaktivních látek jsme volili takovým způsobem, aby vítr radioaktivní oblak unášel směrem k rozvodně ve Slaveticích (viz. Tab. 12-1). Rychlost větru jsme volili nízkou ($2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), s poměrně minimálními změnami směru jeho šíření (interval 120 – 130°). Kategorii stability počasí jsme zvolili neutrální – D (viz. Tab. 12-2). Díky počasí by tak mohly radiační poměry na rozvodně výrazně omezit normální pracovní provoz.

Tab. 12-1 Meteorologická prognóza -vstupní data

Čas [hod]	Kategorie stability [m·s ⁻¹]	Rychlost větru [°]	Směr větru [-]	Srážky [mm·h ⁻¹]
1	2	120	D	0
3	2	125	D	0
6	2	125	D	0
9	2	130	D	0
12	2	125	D	0
24	2	120	D	0

Tab. 12-2 Kategorie stability počasí podle Pasquilla [21]

Označení	Význam
A	Extrémně nestabilní
B	Mírně nestabilní
C	Nepatrně nestabilní
D	Neutrální
E	Nepatrně stabilní
F	Mírně stabilní

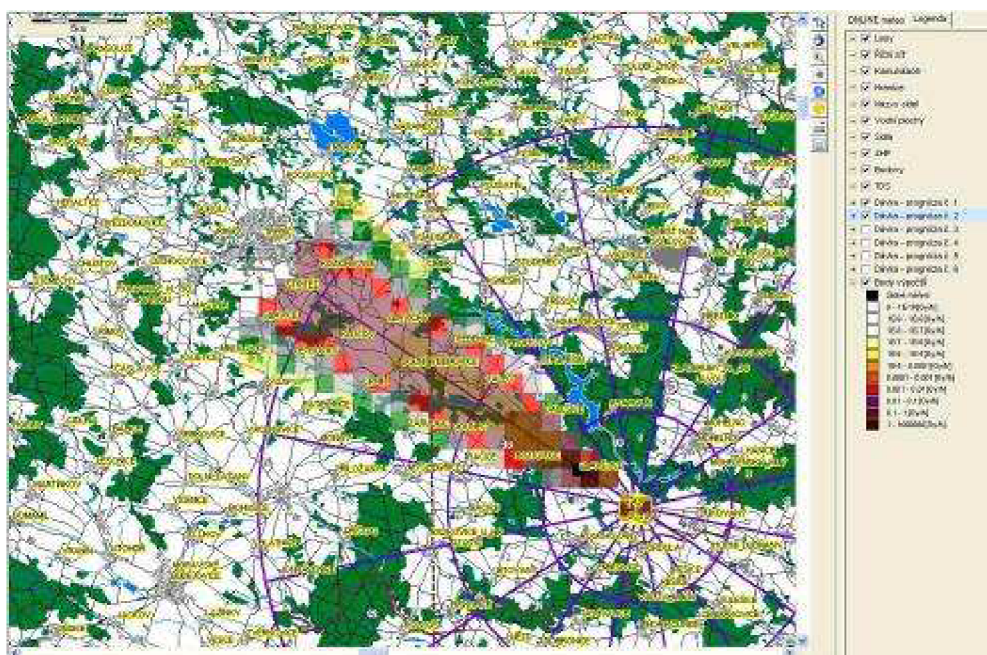
12.2.2.3 Výsledky – okolí elektrárny

Čas úniku RaL do životního prostředí je podle programu RTARC 0,9 hodin, od doby vzniku tj. čas od vzniku havárie do začátku úniku RaL (štěpných produktů) do okolí JE. Výška zdroje RaL je 25m. Celkový předpokládaný únik vybrané sekvence je na úrovni $5,647\text{E}+18$ Bq.

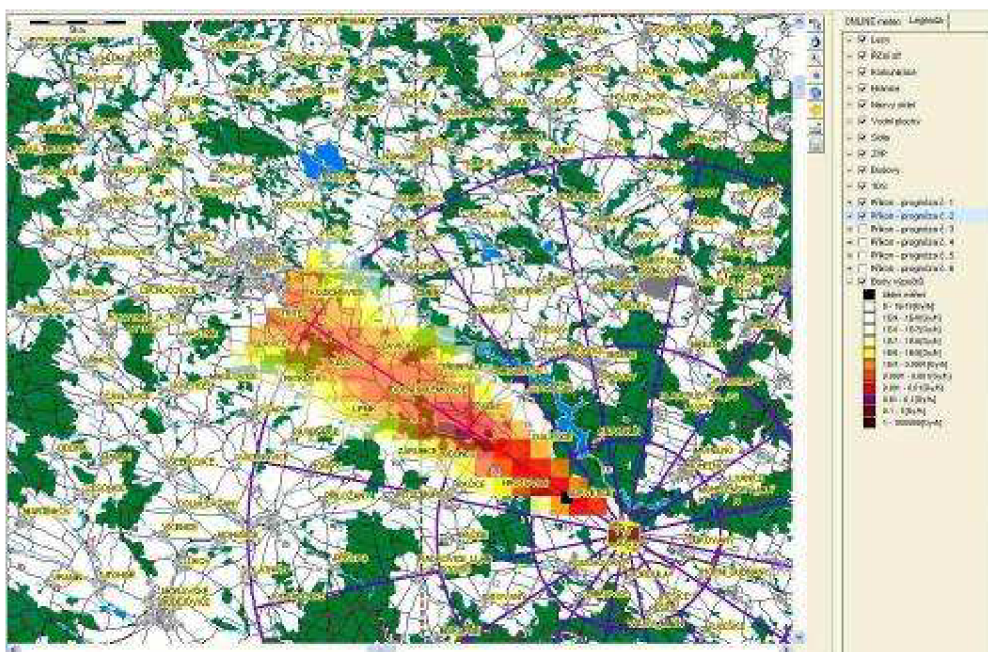
Tab. 12-3 Prognóza simulovaného úniku- frakce inventáře AZ pro skupiny izotopu [%]

	0,33hod	1,13hod	1,97hod	5,67hod	10,00hod	46,67hod	CELKEM
Vzácné plyny	1,85E-01	1,74E+00	2,05E+00	5,01E+00	6,78E+00	1,82E+01	3,40E+01
Cézia	1,22E-01	5,43E-01	3,07E-01	1,92E-02	1,25E-03	7,00E-05	9,93E-01
Stroncía	2,61E-05	2,27E-03	6,19E-03	8,06E-01	1,01E-01	5,81E-03	9,21E-01
Ruténiá	4,67E-08	1,04E-05	3,29E-05	1,43E-06	1,19E-06	1,73E-05	6,33E-05
Telury	9,68E-03	1,58E-01	9,81E-02	6,69E-03	6,45E-04	1,26E-03	2,74E-01
Jódy	1,18E-01	5,39E-01	2,98E-01	1,72E-02	1,15E-03	6,00E-05	9,73E-01
Bária	4,80E-04	2,51E-02	4,16E-02	2,11E-01	2,72E-02	4,34E-03	3,10E-01
Lantany	3,98E-09	2,32E-06	8,10E-06	3,13E-02	3,28E-03	2,45E-04	3,48E-02
Céry	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,90E-02	2,29E-03	1,88E-04	2,15E-02

V mapě na *Obr. 12-1* a na *Obr. 12-2* je znázorněna predikce vývoje dávky resp. dávkového příkonu po 3 hodinách od začátku úniku RaL do ŽP. Z organizačního hlediska je Státním úřadem pro jadernou bezpečnost stanovena v okolí elektrárny zóna havarijního plánování. Oblast je pomyslně rozdělena prostřednictvím tří kružnic, resp. 16 jejich výsečí, jak je na značeno na mapě. Kružnice mají poloměr vždy 5 km, 10 km a 20 km a představují vzdálenost od elektrárny. Každá kruhová výseč má velikost $22,5^\circ$. Na základě analýzy možných následků radiační havárie se pak v těchto zónách plánují a připravují ochranná opatření. Obecně bychom mohli říci, že údaje, které by byly uvedeny v grafech jsou přesnější a nemusí plně odpovídat údajům uvedeným v legendě mapových vrstev znázorňujících dávku. Mapy mají poskytnout hlavně hrubé, ale přesto významné informace o předpokládaném vývinu radiační situace v okolí.



Obr. 12-1 Dávky po 3 hodinách od zahájení úniku RaL do ŽP



Obr. 12-2 Dávkový příkon po 3 hodinách od zahájení úniku RaL do ŽP

Na mapě na Obr. jsou znázorněny izoplety. Izoplety představují a vymezují plochy, na kterých jsou hodnoty dávek vyšší anebo stejné jako zadaná hodnota „zásahové úrovně“. Hodnoty zásahových úrovní jsme nastavili podle vyhlášky č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně, ve znění pozdějších předpisů (viz. Tab. 12-4). Při překročení 5 mSv je doporučeno a dáno ke zvážení ukrytí a podání jódového profylaktika, při překročení 50 mSv je doporučeno ukrytí a podání jódového profylaktika a zvážena příprava evakuace. Při překročení 500 mSv je doporučena evakuace.

Z hrubých grafických výsledků izopleť můžeme konstatovat následující závěr. V místě, kde se nachází rozvodna Slavětice by zcela jistě muselo dojít k ukrytí osob a k jódové profylaxi.

Jódová profylaxe se provádí neprodleně po varování obyvatel v celé oblasti, kde byly tablety vydány, bez vyčkání na výsledky monitorování skutečné radiační situace a rozhodnutí krizového štábu. Účinnost jódové profylaxe závisí na době podání preparátů. Uskuteční-li se jejich podání 1 až 6 hodin před začátkem příjmu radioaktivního jódu, je ochrana jódovou profylaxí téměř úplná. Při pozdějším požití se účinnost profylaktik snižuje. Základní dávka KI pro dospělou osobu je 130 mg KI.

Jelikož jde pouze hrubé výsledky je důležité disponovat grafickými průběhy v konkrétním postiženém místě (rozvodna ve Slavěticích). To znamená, že musíme provést měření přímo ve Slavěticích.

Tab. 12-4 Směrné hodnoty zásahových úrovní pro neodkladná opatření [32]

Opatření	Rozpětí dávek	
	Efektivních dávek	Ekvivalentních dávek v jednotlivých orgánech a tkáních
Ukrytí a jódová profylaxe	5 mSv až 50 mSv	50 mSv až 500 mSv
Evakuace obyvatelstva	50 mSv až 500 mSv	500 mSv až 5000 mSv



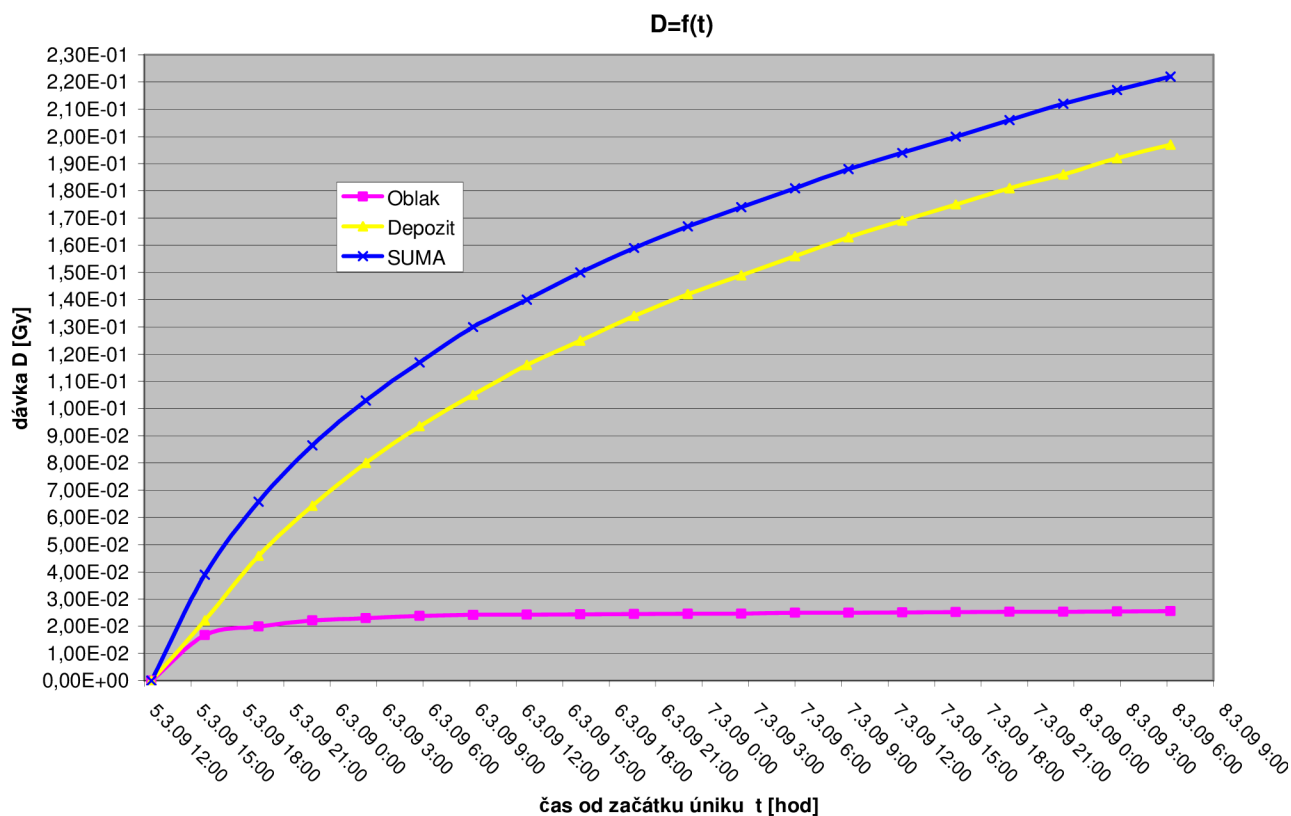
Obr. 12-3 Izoplety - po 3 hodinách od zahájení úniku RaL do ŽP

12.2.2.4 Výsledky – rozvodna ve Slavěticích

Protože se oblak s RaL šíří směrem k rozvodně ve Slavěticích musíme stanovit efektivní dávky a ekvivalentní dávky přímo v tomto místě.

V programu RTARC jsme museli nadefinovat bod, který by svojí polohou odpovídal poloze rozvodny. Rozvodna je od bloku, na kterém došlo úniku RaL do ŽP, vzdálena 3,01km. Tento bod jsme pak zahrnuli do výpočtu a byli jsme schopni zjistit potřebné a vypovídající hodnoty.

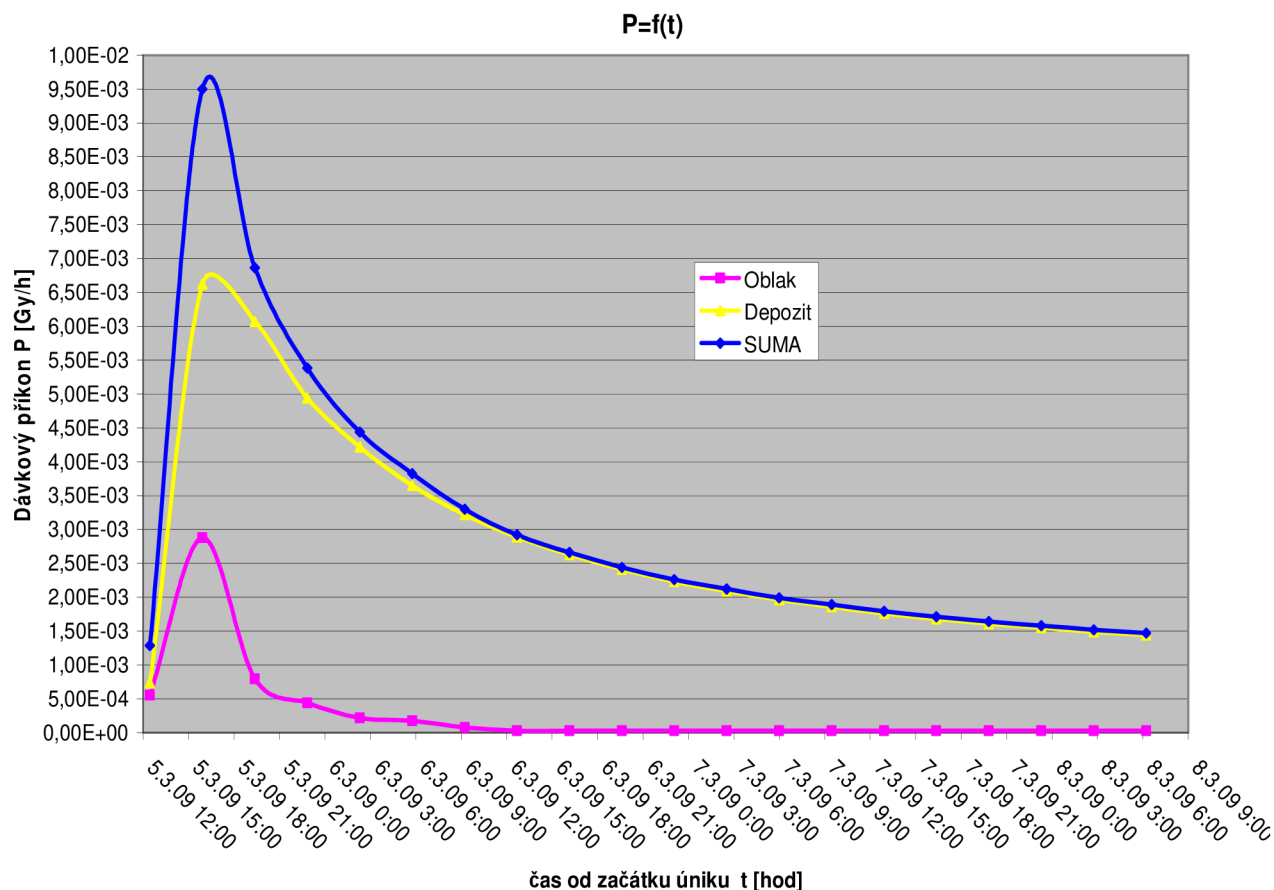
Na základě izopleť (viz. Obr. 12-3) a grafických výsledků můžeme rozhodnout o případném vyhlášení ochranných opatření a stanovit závěry týkající se omezení prací na rozvodně.



Obr. 12-4 Dávky v rozvodně ve Slavěticích

Tab. 12-5 Časné biologické účinky ionizujícího záření [16]

Efektivní dávka [mSv]	Účinek
0 až 200	Neměřitelné účinky.
200 až 500	Klinicky pozorovatelné změny v krevním obraze, poškozené buňky jsou plně obnovitelné.
500 až 1 000	Významné změny v krevním obraze, ztráta chuti k jídlu, pocit únavy.
1 000 až 3 000	Nevolnost, zvracení, průjem, zčervenání pokožky, vypadávání vlasů. Ve většině případů úplné vyléčení následků ozáření. Ve výjimečných případech může dojít i k úmrtí.
3 000 až 4 000	Vážné onemocnění vyžadující dlouhodobé léčení.
4 500 až 5 000	Asi 50 % postižených osob umírá v průběhu 30 dní, pokud neobdrží speciální lékařskou péči.
> 6 000	100% postižených osob umírá pokud neobdrží speciální lékařskou péči.



Obr. 12-5 Dávkový příkon v rozvodně ve Slavěticích

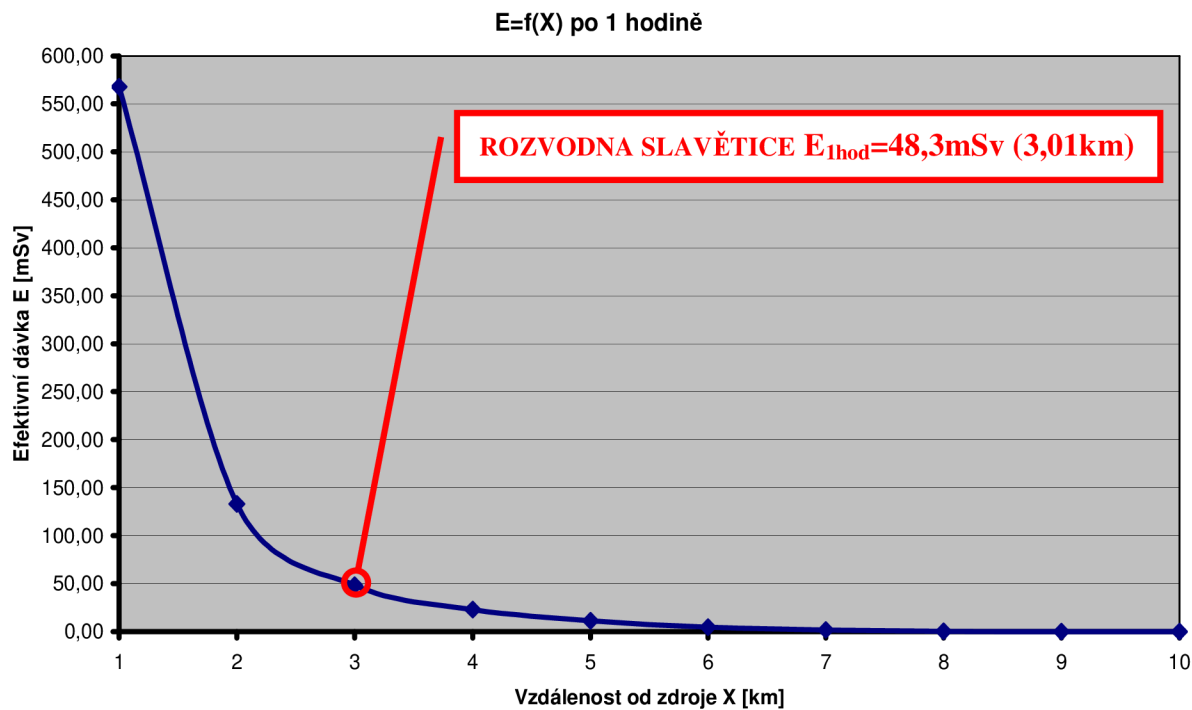
Tab. 12-6 Efektivní dávky v závislosti na vzdálenosti od zdroje RaL (1hod po vzniku, 1-5km)

Vzdálenost od zdroje [km]	Oblak [Sv]	Depozit [Sv]	Inhalace oblak [Sv]	Inhalace resuspenze [Sv]	CELKEM [Sv]
1	7,17E-02	1,99E-02	4,76E-01	1,85E-04	5,68E-01
2	2,49E-02	3,55E-03	1,04E-01	3,33E-05	1,33E-01
3 (Slavětice)	1,13E-02	9,69E-04	3,61E-02	9,15E-06	4,83E-02
4	6,05E-03	3,20E-04	1,65E-02	3,05E-06	2,29E-02
5	3,15E-03	8,41E-05	8,12E-03	7,97E-07	1,14E-02

Jednu hodinu po zahájení úniku RaL do životního prostředí by pracovníci obdrželi celkovou efektivní dávku 48,3mSv (viz. Tab. 12-6, Obr. 12-6). Tato hodnota odpovídá rozmezí při rozhodování mezi provedením jodové profylaxe a evakuace. U osob by se každopádně provedla jodová profylaxi tabletami (130 mg KI) a zvážila by se případně nutnost jejich ukrytí. Co se týče zdravotních následků, můžeme říci, že časné biologické účinky ionizujícího záření jsou neměřitelné (viz. Tab. 12-5). I toto ozáření však zvyšuje riziko výskytu zhoubných nádorů a genetických defektů. Četnost a závažnost škodlivých následků roste přímo úměrně s hodnotou obdržené efektivní dávky.

Snažíme se, aby celková efektivní dávka případně zasahujícího pracovníka byla co nejmenší. Pracovník zasahující ve venkovním prostoru rozvodny by měl být správně seznámen s hodnotami venkovních dávek a s možnými zdravotními riziky, které by mohly vyplynout z provádění zásahu

(k tomu poslouží hodnoty získané z programu RTARC). Ochrana zaměstnanců by byla provedena pomocí respirátoru, který by zabraňoval nechtěné inhalaci ze zamořeného vzduchu. Dále by se použilo speciálního bezešvého ochranného obleku, který by chránil před vnějším ozářením pokožky. Pokud by mělo dojít k dlouhému vystavení záření, byly by práce rozděleny do více pracovních skupin. Z toho důvodu, aby doba expozice jednotlivce byla co nejméně riziková.

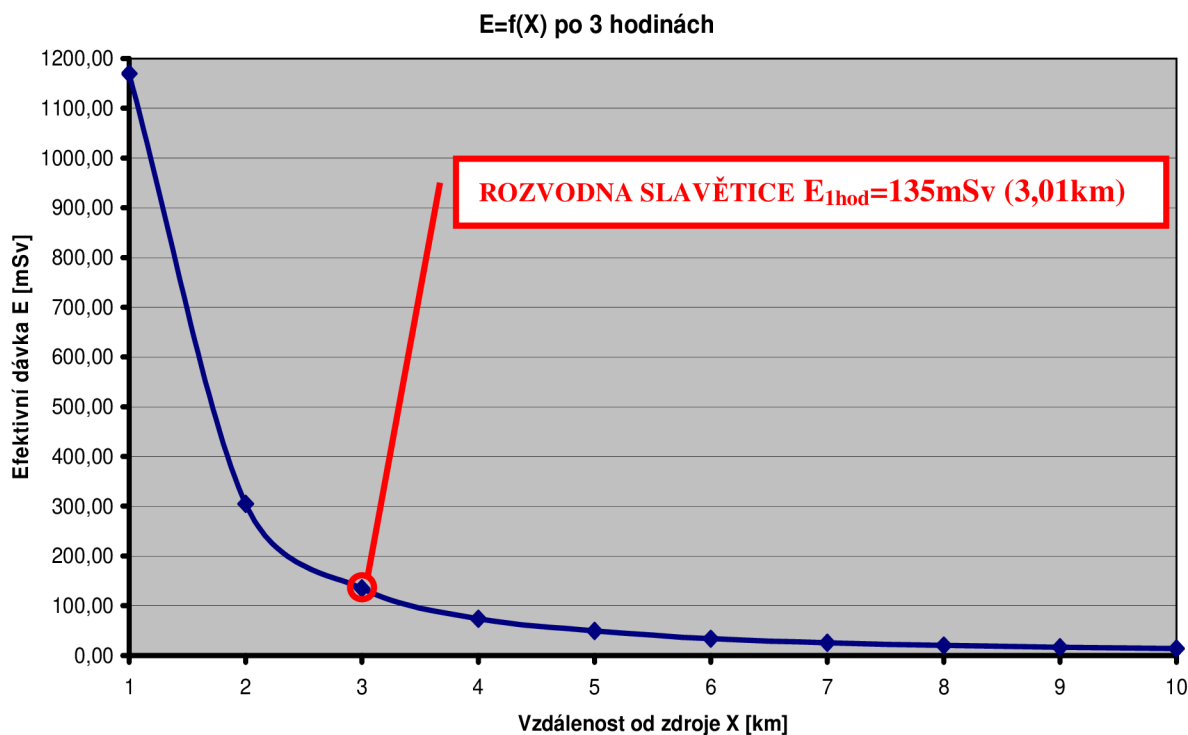


Obr. 12-6 Efektivní dávky v závislosti na vzdálenosti od zdroje RaL (1hod po vzniku, 1-10km)

S dalším posunem doby od vzniku celé události roste hodnota možné obdržené efektivní dávky. Tři hodiny po zahájení úniku RaL do životního prostředí by byl pracovník vystaven efektivní dávce 135mSv (viz. Tab. 12-7, Obr. 12-7). Za těchto okolností by se zvažovala nebo provedla evakuace pracovníků, resp. obyvatelstva. Biologické účinky ionizujícího záření jsou sice stále neměřitelné (viz. Tab. 12-5), ale další rizika se odvíjí od faktu, že škodlivé následky rostou přímo úměrně s hodnotou obdržené efektivní dávky. Tím by se výrazně zkrátila doba práce v takových prostorách, při zachování stejné celkové obdržené efektivní dávky.

Tab. 12-7 Efektivní dávky v závislosti na vzdálenosti od zdroje RaL (3hod po vzniku, 1-5km)

Vzdálenost od zdroje [km]	Oblak [Sv]	Depozit [Sv]	Inhalace oblak [Sv]	Inhalace resuspenze [Sv]	CELKEM [Sv]
1	1,48E-01	9,40E-02	9,28E-01	1,10E-03	1,17E+00
2	5,98E-02	1,93E-02	2,26E-01	2,29E-04	3,05E-01
3 (Slavětice)	3,37E-02	6,90E-03	9,46E-02	8,25E-05	1,35E-01
4	2,14E-02	3,09E-03	4,93E-02	3,72E-05	7,39E-02
5	1,58E-02	1,71E-03	3,18E-02	2,08E-05	4,94E-02



Obr. 12-7 Efektivní dávky v závislosti na vzdálenosti od zdroje RaL (3hod po vzniku, 1-10km)

12.3 Výpočetní program RaCon

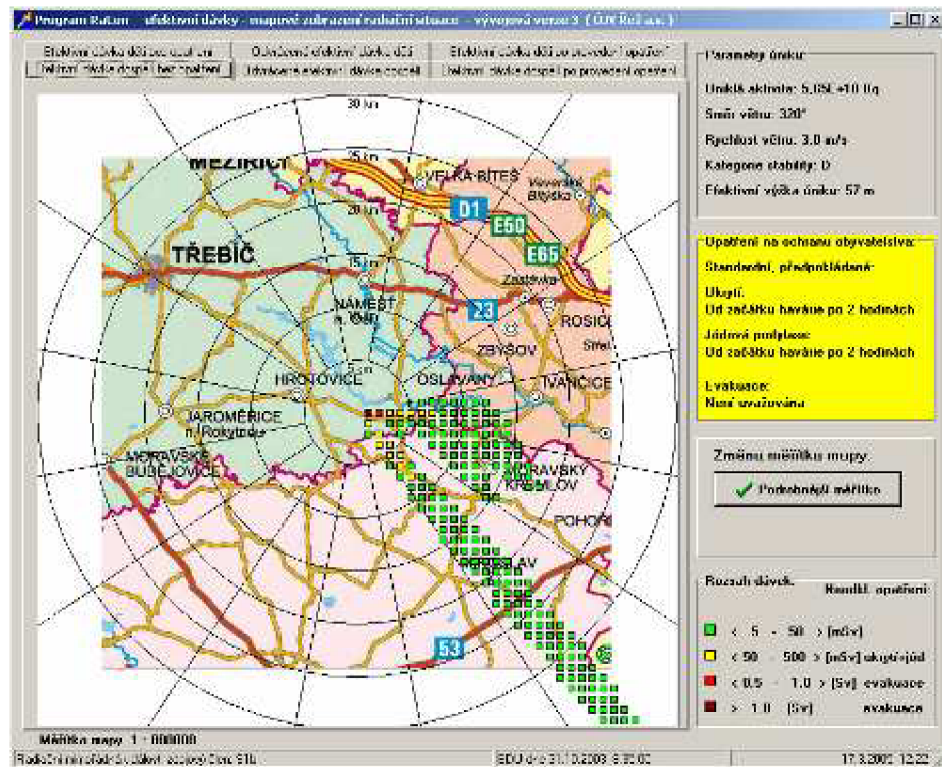
Jedná se o programový nástroj vyvinutý ÚJV Řež a.s. pro podporu krizového managementu za situací radiačního havarijního ohrožení využívaného v EDU.

RaCon v dnešní době splňuje většinu požadovaných vlastností kladených na moderní software, a to:

- jasná interpretace výsledků (názorné tabulkové a mapové výstupy)
- modulární programová struktura a databázová struktura dat
- možnost rozlišit režim cvičení (havarijní cvičení) a reálné radiační havárie

Výpočet transportu a disperze RaL v atmosféře se provádí s využitím Gaussova segmentového modelu atmosférické disperze. V případě dlouhodobých úniků jsou pak jednotlivé časové úseky uvolňování radioaktivity do atmosféry rozděleny na sérii krátkých (max. interval 10 min.) úniků a jejich šíření a disperze jsou vyhodnocovány v závislosti na měnících se meteorologických podmínkách.

RaCon je schopen vyhodnocovat výsledky tzv. „online“ musí být však propojen vstupy na aktuální meteorologické informace. Dokáže pak provádět korekce na efektivní výšku úniku, na změny rychlosti větru v závislosti na výšce, na drsnost terénu a relativní nadmořskou výšku prostorových elementů. Mezi základní výsledky patří např. směr či rychlost šíření radioaktivního oblaku, což jsou jedny ze základních informací důležitých pro další pracovní postupy ať uvnitř nebo vně areálu EDU. Současně je počítána kontaminace terénu radioaktivními látkami se zahrnutím suchého spadu a vymývání radioaktivity atmosférickými srážkami. Dále jsou počítány objemové aktivity v atmosféře a plošné aktivity na kontaminovaném povrchu pro jednotlivé prostorové elementy a jednotlivé radionuklidy se zahrnutím korekcí na jejich radioaktivní rozpad.



Obr. 12-8 RaCon – Programové okno s mapovými listy vyhodnocených radiačních efektivních dávek na obyvatelstvo při změně směru větru [8]

To ovšem souvisí se správně zadanými vstupními daty:

- Zdrojové členy (z databáze předem napočtených, podle vlastního zadání, předvolené podle velikosti úniku)
- Návrh ochranných opatření

Umožňuje tedy optimalizaci opatření na ochranu obyvatelstva a zásahové činnosti mobilních týmů. Dokáže tak poskytnout rozhodnutí co, kdy a kde je důležité pro ochranu obyvatelstva.

Mezi hlavní výstupy programových modulů patří:

- mapové zobrazení plošných aktivit v zasažené oblasti, zobrazení efektivních dávek a ekvivalentních dávek na štítnou žlázu
- přehled zasažených míst s údaji o očekávaných dávkách a návrhem neodkladných ochranných opatření pro jednotlivá místa
- výpočet dávkových příkonů ve vybraných bodech a časech
- stanovení dávek na týmy ve vybraných lokalitách a časových intervalech provádějící akce v radiačně zasaženém terénu
- zobrazení časového průběhu příchodu a odchodu radioaktivního mraku

Nabízí se myšlenka, že bychom mohli výsledky z RTARC a RaCon mezi sebou navzájem porovnat. Diplomová práce je ale primárně zaměřena na optimalizaci obnovy napájení hlavně v areálu EDU. K vyhodnocení radiačních poměrů v rozvodně Slavětice tak postačí využít aplikaci RTARC. Pokud bychom se primárně zajímali o radiační poměry v okolí elektrárny bylo by srovnání na místě. Obecně můžeme říci, že přesnost 1 řádu je u prognostických programů tohoto typu brána za vyhovující.

12.4 Výpočet v programu 3D model EDU

12.4.1 Obecné informace a využití 3D model EDU

Program 3D model EDU je vynikajícím řešením k nácvičku zásahových činností pro zvládnání krizových situací a likvidaci jejich následků. Jedná se o pokročilou simulační technologii, která je schopna nahradit značnou část výcviku jednotek (resp. personálu obecně).

Hlavním úkolem modelu je provádění nácvičků nestandardních a neobvyklých činností. Jde o činnosti jejichž reálný výskyt je velmi nepravděpodobný (MU 3.stupeň + Black-out). Z důvodu závažnosti činností musíme zahrnout do procesu přípravy i samotné zasahující záchranné složky. Proto jako optimální variantu považujeme kombinaci reálného a simulovaného cvičení. Převedením nácvičků některých činností z reálného do simulačního prostředí se redukuje náklady a celková náročnost celého procesu.

Další výhodou programu je jeho nejzákladnější funkce, která nabízí vizuální seznámení s areálem EDU. Celý areál EDU je poměrně značně komplikovaný, rozsáhlý a složený z několika desítek stavebních objektů. Vyznat se v něm není zcela jednoduché ani pro nové pracovníky, natož pak pro vnější zásahové jednotky. K používání modelu přispělo i to, že poskytuje věrné podání skutečných stavebních objektů. Toho bylo dosaženo použitím digitálně zpracovaných fotografií.



Obr. 12-9 Porovnání skutečného objektu elektrárny a objektu v 3D model EDU [1]

3D model EDU umožňuje:

- počítačovou simulaci řešení mimořádné situace typu radiační havárie EDU
- simulaci pohybu zasahujících osob
- prezentaci prostředí mimořádné situace zobrazovacími prostředky na bázi virtuální reality
- vyhodnocení jednotlivých fází nebo celého průběhu řešení mimořádné situace pomocí nástrojů pro archivaci, zpětné přehrávání a analýzu průběhu havarijní odezvy

V zásadě jsme schopni s modelem pracovat pomocí každého prohlížeče, který umožňuje zobrazovat soubory zapsané v jazyku VRML. Takovými prohlížeči jsou např. Cortona Viewer (od firmy Parallel Graphics – bezplatně k dostání) nebo speciální prohlížeč Halden Viewer (od firmy IFE Halden - placený).

System je složen z řady programových aplikací. Aplikace slouží pro zadání parametrů modelu, pro výpočty šíření kontaminantů či pro prezentaci vypočítaných dat včetně dalších podpůrných informací. Dále zajišťuje vzájemnou komunikaci mezi aplikacemi Systému a přenosy dat mezi těmito aplikacemi a vyhrazenými databázemi.

System se skládá ze šesti programových aplikací, jejichž názvy a funkční zaměření jsou:

- Editor – editace dat modelu,
- Kalkulátor – výpočty migrace kontaminantů v atmosféře,
- Prezentátor – zobrazení dat modelu a výsledků výpočtů,
- Databázový komunikátor – přenos dat modelů mezi databázemi,
- Aplikační komunikátor – přenos dat výsledků výpočtů mezi aplikacemi,
- Mobilní komunikátor – přenos zobrazení výsledků výpočtů na podřízenou počítačovou stanici.

12.4.2 Vstupní data a predikce šíření RaL

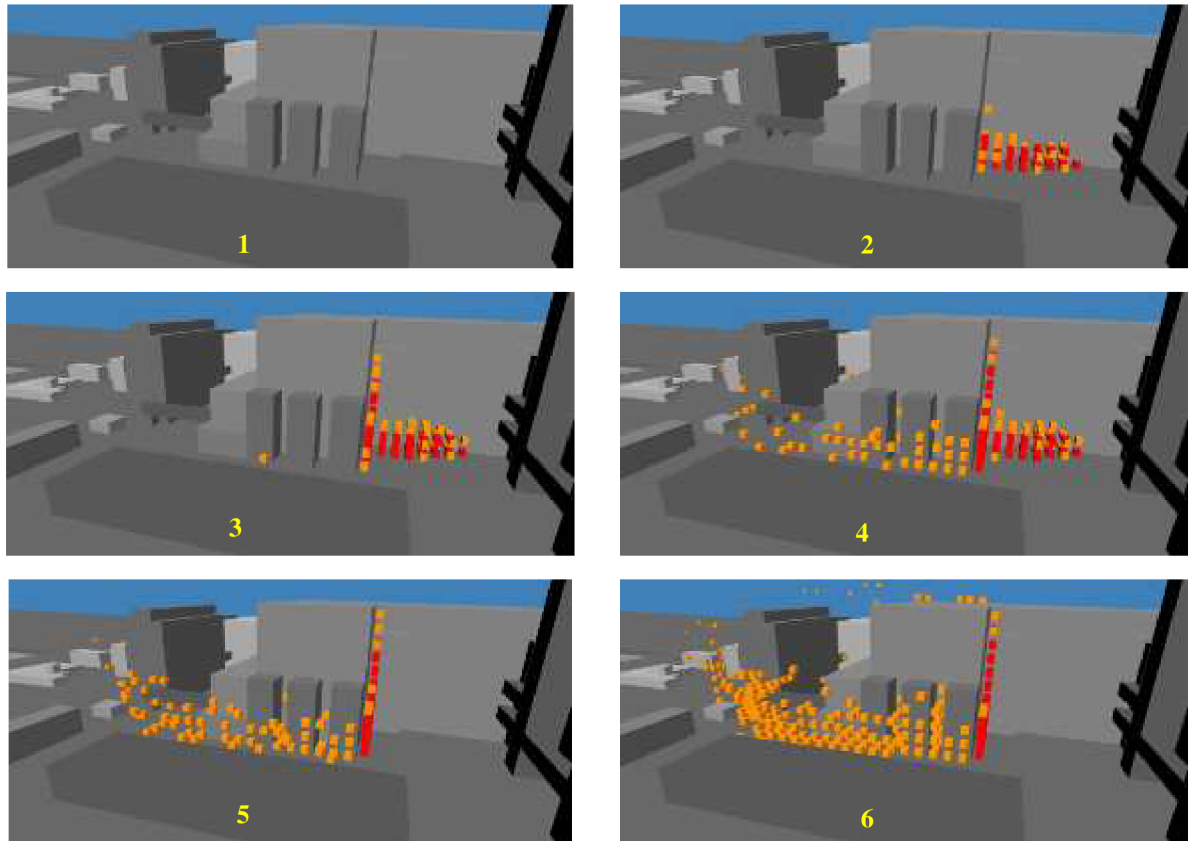
Prostřednictvím systémových programových aplikací jsme zadali vstupní hodnoty charakterizující konkrétní simulovanou havárii (zadání složení a vlastností skupin kontaminantů resp. vlivů počasí na jejich další šíření). Aby byl únik plně charakterizován jsou v *Tab.12-8* uvedeny údaje, které je potřeba zadat.

Tab. 12-8 Zadávané parametry charakterizující Tabulku kontaminantů

Příkaz	Význam
CONTAMINANT_IDENT	Identifikátor kontaminantu
POSIT_X	Souřadnice zdroje X
POSIT_Y	Souřadnice zdroje Y
POSIT_Z	Souřadnice zdroje Z
START_TIME	Počáteční čas
STOP_TIME	Koncový čas
START_AMOUNT	Počáteční množství
STOP_AMOUNT	Koncové množství
PHYSIC_UNIT	Fyzikální jednotka
CONTAMINANT_TEMPERATURE	Teplota kontaminantu
CONTAMINANT_ELEMENT	Počet elementů
CONTAMINANT_DESCRIPT	Popis kontaminantu
WEATHER_CATEGORY	Klasifikace stability počasí
SPHERE_DESCRIPT	Popis sféry

Další potřebné parametry k vytvoření modelu a k výpočtu predikce šíření látek jsou uvedeny v Příloze C. Vytvořené soubory můžeme dále libovolně přetransformovat pomocí aplikace Tranfor. Aplikace provede převod dat a vytvoří soubor, který je podporován jednotlivými prohlížeči (Cortona Viewer - *.wrl, Halden Viewer - *.txt).

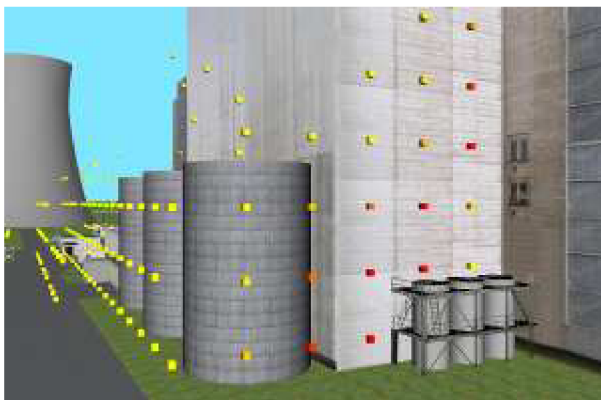
Na obrázku *Obr. 12-10* lze vidět jak by mohl únik pravděpodobně vypadat. Vidíme dominantní vliv síly a směru větru na vývoj pohybu RaL. Látky se šíří prostorem před dieselgenerátorovými stanicemi IHVB a přetínají prostor mezi nouzovým východem (NV) z krytu č. 1 a rezervním transformátorem (RT) prvního reaktorového bloku.



Obr. 12-10 Kontaminované pozice – vývoj úniku

12.4.3 Práce s Cortona Viewer a simulace šíření RaL

Hlavní výhodou Cortony viewer je, že má relativně snadné ovládání pohybu po virtuálním areálu. Další výhodou je rychlost načítání virtuálního modelu. Oproti prohlížeči Halden Viewer je možné v relativně krátkém čase načíst celý model EDU a vzápětí po načtení se začít pohybovat po areálu (pozn. záleží na rozsáhlosti modelované situace včetně šíření RaL). Prohlížeč využijeme pro seznámení s prostorovým uspořádáním areálu. Nacvičíme pohyby pracovníků k místům, kde budou pracovníci provádět zásah. Zobrazíme si únik RaL a získáme hrubý přehled o jeho velikosti a směru šíření RaL.



Obr. 12-11 Místo úniku RaL a směr šíření RaL k rozvodně ve Slavěticích

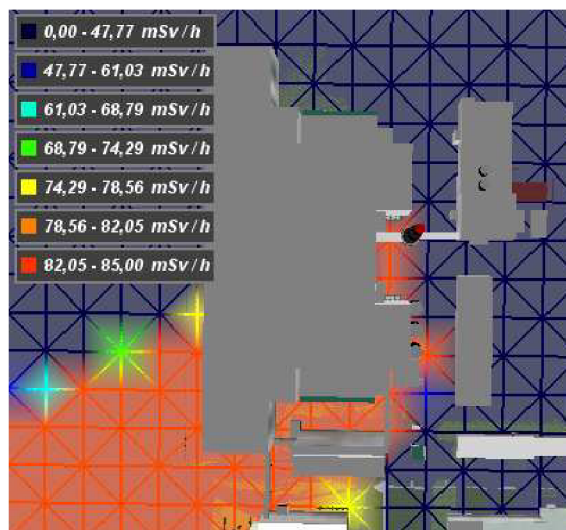
12.4.4 Práce s Halden Viewer a simulace šíření RaL

V Halden Viewer máme možnost importovat textové soubory se záznamy měření dávkového příkonu v tzv. měřících bodech (v rámci havarijního cvičení mohou být hodnoty nahrazeny hodnotami simulovanými pro daný účel cvičení). Na základě těchto záznamů je program schopen vypočítat a patřičným způsobem i prezentovat dávkový příkon v jednotlivých částech modelu. Díky vypočteným informacím pak Halden Viwer počítá celkovou dávku, kterou avatar (postava ve virtuálním světě, ovládaná uživatelem) obdrží při svém pohybu.

Pro práci s modelem EDU postačuje standardní nastavení prohlížeče (lze nastavit velkou řadu parametrů - barva pozadí, nastavení geometrie pozadí aj.). Dále je možné editovat a zobrazit umístění jednotlivých kamer (tzv. viewpoints), mezi kterými se avatar pohybuje. Zobrazení pohledů z kamer může napomáhat pro lepší orientaci ve virtuálním modelu. Pro styl pohybu avatara je standardně nastavena „chůze“, při níž avatar chodí po virtuálním světě a interaguje s modelovanými objekty, tzn. nemůže projít např. modelovanou zdí budovy.

12.4.4.1 Import radiačního pole a úpravy jeho vzhledu

Důležitou vlastností prohlížeče je schopnost vypočítat a následně zobrazovat radiační pole v areálu EDU. S tím souvisí i počítání a zaznamenávání dávek, které obdržel avatar při pohybu v modelu. Úkolem je najít optimální trasu chůze při pracovním zásahu v zamořeném terénu. Optimalizací eliminujeme nebezpečné účinky radiačního pole na avatara. Import radiačního pole se provede standardním otevřením vytvořeného textového souboru s radiačními daty. Po importu radiačního pole je pole neprodleně zobrazeno ve virtuálním modelu. Simulované radiační pole je na obrázku *Obr.12-12*, kde lze dobře pozorovat vliv směru větru na rozložení pole. Pro grafické znázornění pole jsme zvolili logaritmické vykreslování s maximální hodnotou dávkového příkonu $85\text{mSv}\text{hod}^{-1}$.



Obr. 12-12 Scéna radiačního pole na IHVB

V případě již importovaného radiačního pole může uživatel sledovat okamžitý, resp. akumulovaný dávkový příkon avatara.

Prohlížeč umožňuje editovat i jiné vlastnosti pole jako jsou například viditelnost, styl vykreslování a průhlednost, barevná škála, měřítko (lineární, logaritmické, exponenciální), určení pozice dozimetru (ve výšce očí nebo hrudníku) nebo nastavení stylu zobrazení radiačního pole (barevný terén nebo rovná barevná plocha).

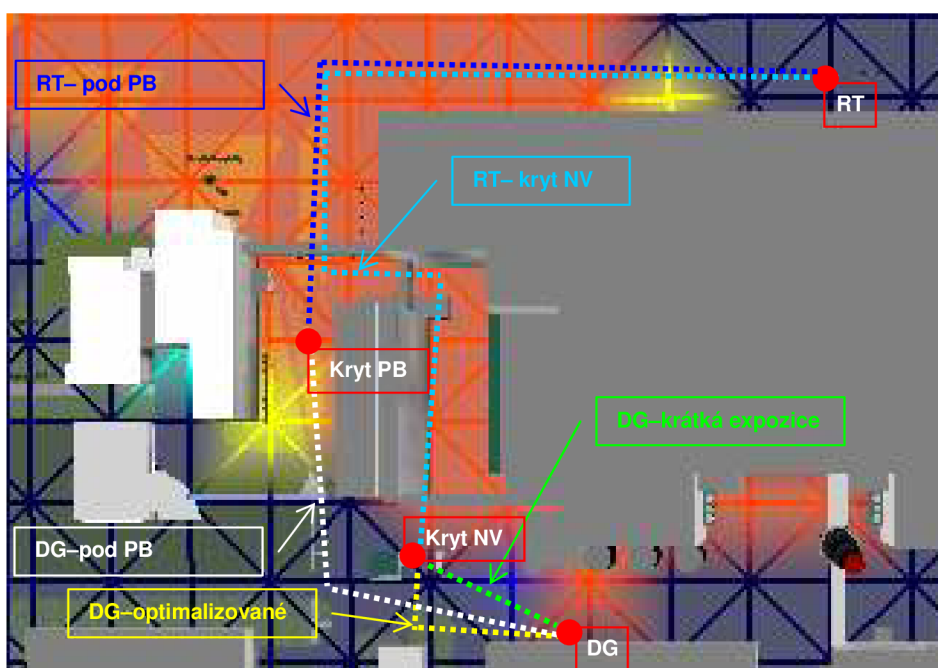
12.4.5 Simulace pohybu a výpočet dávek v Halden Viewer

Prohlížeč Halden Viewer nabízí možnost spolupráce s více uživateli. To je jedna z jeho největších předností a výhod. Umožňuje připojení do vzdáleného virtuálního světa (spuštěného na vzdáleném počítači) a pohyb v něm v součinnosti s dalšími avatary. Je tak umožněna simulace např. kooperace při záchraně virtuálního jedince a nácvik takovéto činnosti. My využijeme variantu, kdy bude zasahovat více avatarů (pracovníků) z jedné pracovní stanice. Každá pracovní skupina bude sestavena ze tří osob. Skupina bude vždy složena z pracovníků Michala, Evy a Davida. Jde o pracovníky ukryté v krytu č. 1, který má vchod pod Provozní budovou č.1 a nouzový východ v blízkosti dieselgenerátorových stanic (viz. Obr. 12-13). Optimalizace zásahů bude řešena výhradně z těchto dvou míst.

Osoby zasahující v zamořeném terénu musí být seznámeni s radiačními poměry v místech jejich úkolu. Před vstupem do zamořené oblasti proto podepisují dokument (Příloha F), kde svým podpisem stvrzují souhlas s prací ve vzniklých podmínkách. Ve formuláři se vyplňují údaje jako například:

- místo zásahu spolu s časovým limitem pro provedení zásahu
- možná pracovní rizika při provádění zásahu
- postup jednotlivých úkonů při zásahu
- popis vybavení osobních ochranných pracovních pomůcek (OOPP)
- odhad hodnoty příkonu dávkového ekvivalentu
- povolená efektivní dávka v průběhu zásahu

Pro demonstraci nutnosti vhodné trasy využijeme tři varianty zásahu na DG3. Varianty mezi sebou porovnáme a vyhodnotíme rizika. Zkušenosti získané při provádění všech tří zásahů na DG aplikujeme na provádění zásahu na rezervním transformátoru. Doba práce na DG3 je přibližně 5 minuty a na RT přibližně 3 minuty. Souhrnná doba výskytu v terénu hraje hlavní roli při určování celkové efektivní dávky.

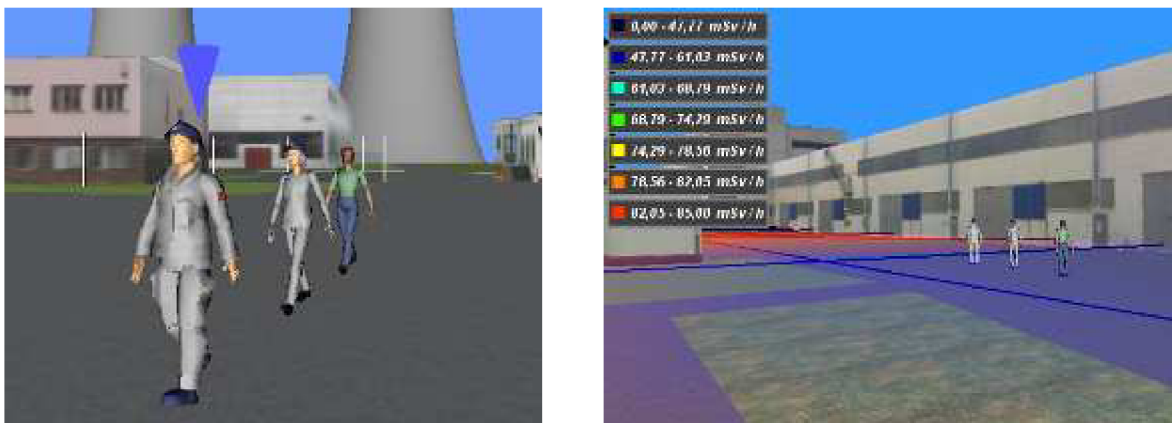


Obr. 12-13 Přehled tras zásahů k DG a RT

12.4.5.1 Zásah na dieselgenerátoru DG3

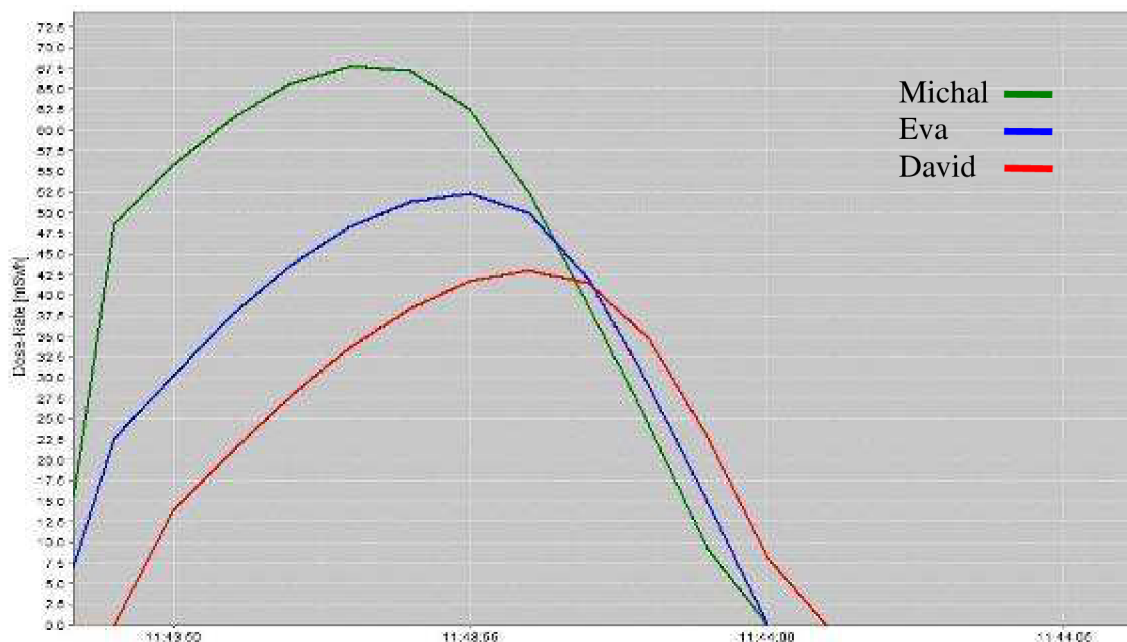
Nouzový východ z krytu č. 1 – krátká expozice

Varianta simuluje pohyb pracovníků, kteří do zamořeného terénu vstupují z nouzového východu krytu č. 1 (viz. Obr. 12-13). Hlavním smyslem této varianty je co nejvíce zkrátit celkovou dobu expozice. Trasa pohybu bude diagonální, směřovaná přímo k DG. Doba expozice se skládá z doby chůze k DG, z doby práce na DG a doby chůze nazpět k NV krytu č. 1.



Obr. 12-14 Snímky ze simulovaného zásahu NV-DG - krátká expozice

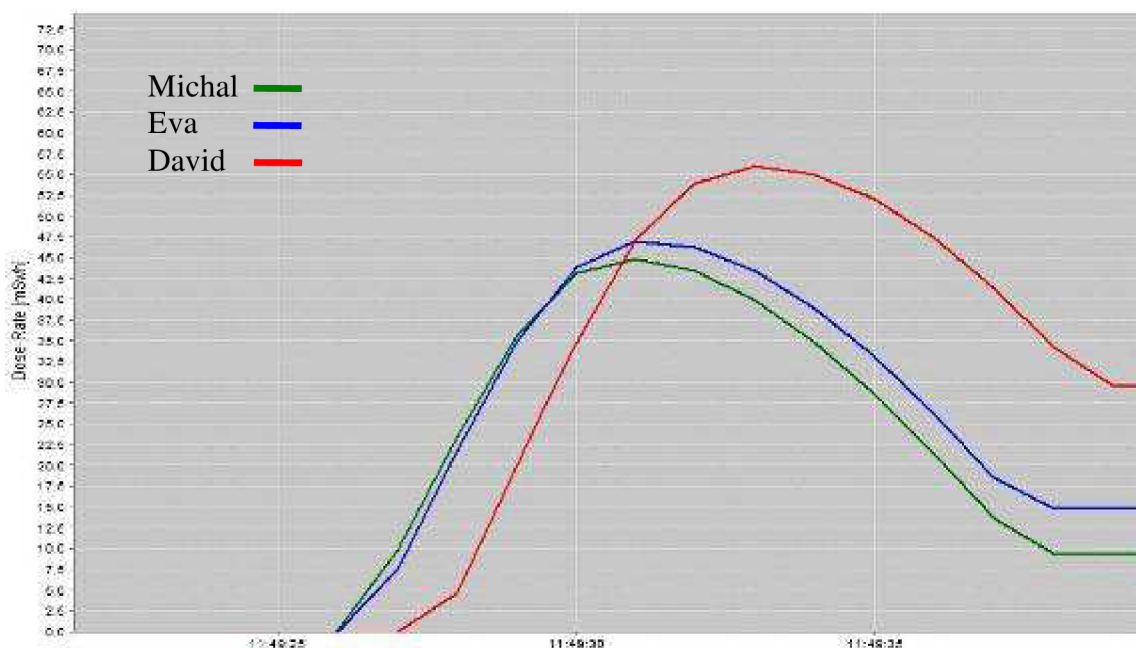
Z následujících dvou grafů (viz. Obr. 12-15, Obr. 12-16) vidíme průběh dávkového příkonu jednotlivých pracovníků. Peaky v grafech značí takzvaná kritická místa. Tyto problematické úseky mají hlavní podíl na celkové obdržené efektivní dávce. Z grafů je zřejmé, že problematická místa pracovníci protínají v polovině své cesty směrem k DG resp. od DG. Samotný DG se vyskytuje v bezpečné části.



Obr. 12-15 Průběh dávkového příkonu při přesunu od NV k DG – krátká expozice

Dále vidíme, že některé peaky průběhů jsou vzhledem k časové ose vzájemně posunuty. Tato skutečnost vznikla tím, že pracovníci šli za sebou v určitých časových odstupech. Nemá ale na celkovou obdrženou efektivní dávku vliv, poněvadž je pole nasimulované jako časově neměnné a představuje možnou variantu v určité fázi úniku.

Na celkovou obdrženou efektivní dávku má však velký význam směr vedení pohybu. Abychom tuto skutečnost demonstrovali, záměrně jsme pohyby pracovníků mířícím k DG vedli různě. Směr zůstal stejný, pouze se měnila pomyslná vzdálenost od zdroje záření. Prakticky to znamená, že pracovník Michal měl po své levici o 0,5m blíže ke zdroji záření než pracovnice Eva. Stejná skutečnost pak platila i mezi Evou a Davidem. Peaky dávkového příkonu při pohybu k DG jsou: Michal – $67,5 \text{ mSv} \cdot \text{hod}^{-1}$, Eva – $52,5 \text{ mSv} \cdot \text{hod}^{-1}$ a David – $42,5 \text{ mSv} \cdot \text{hod}^{-1}$. Další pohyby již nebyly vedeny podobným demonstrativním způsobem a byly vedeny co nejvíce přirozeně.

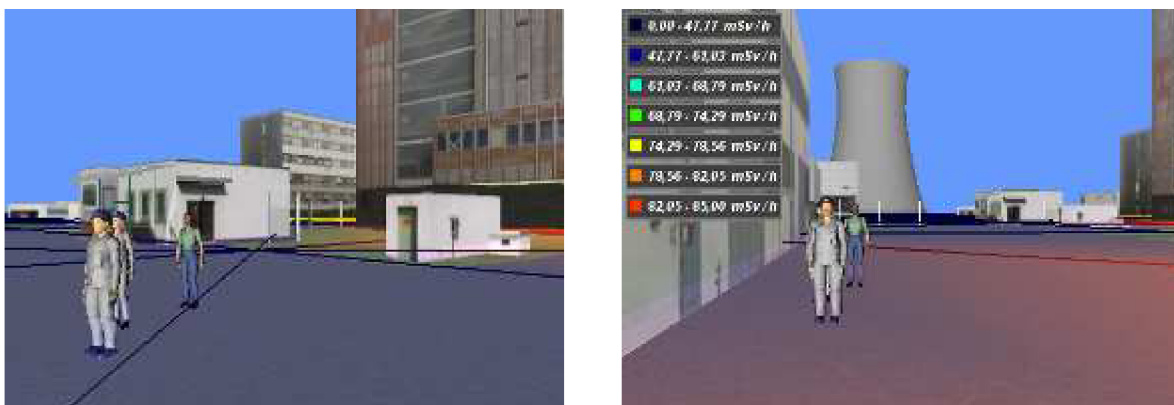


Obr. 12-16 Průběh dávkového příkonu při návratu od DG k NV – krátká expozice

Celková doba zásahu v terénu byla 5 minut a 59 sekund a pracovníci obdrželi efektivní dávky: Michal – $0,271 \text{ mSv}$, Eva – $0,255 \text{ mSv}$ a David – $0,28 \text{ mSv}$.

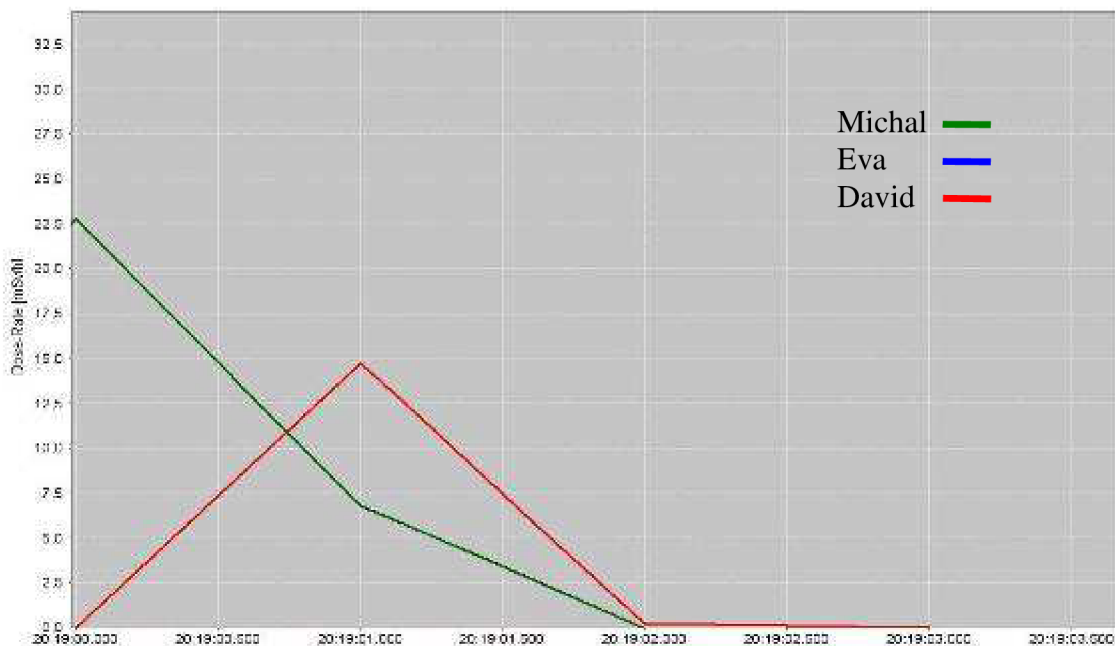
Nouzový východ z krytu č. 1 – optimalizované

Předešlou variantu pohybu se pokusíme více optimalizovat. V závislosti na znalosti radiačního pole povedeme pohyby tak, aby případné peaky dávkových příkonů byly co možná nejmenší při zachování co nejkratší doby expozice. Předpoklad správné optimalizace je ten, že celková obdržená efektivní dávka bude nižší než u předešlé varianty.

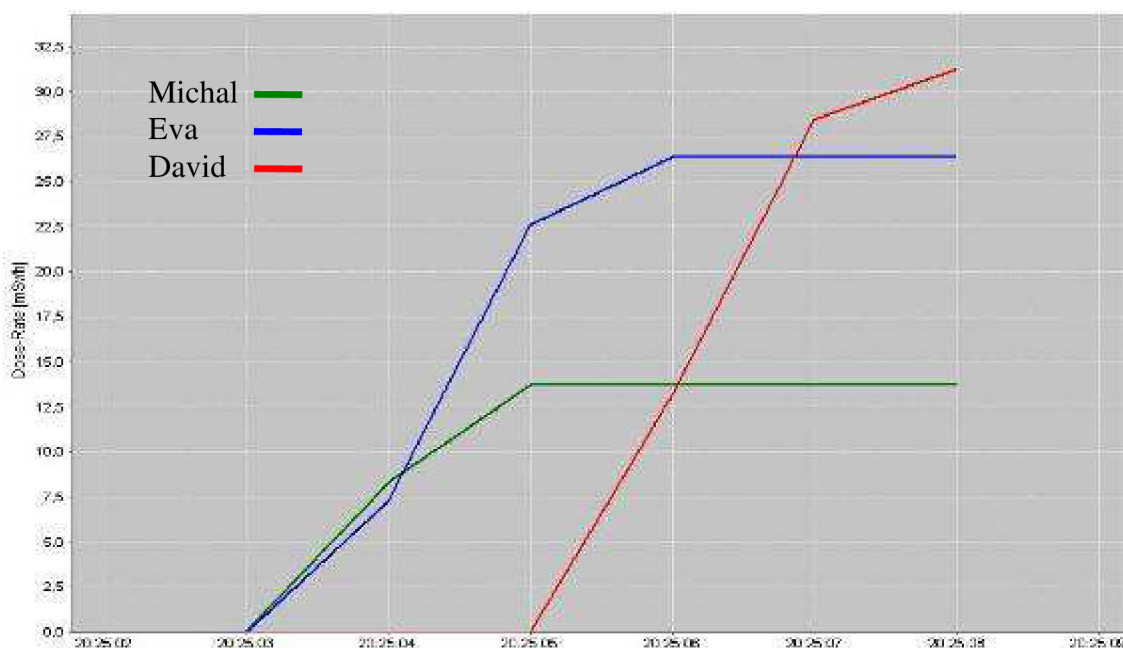


Obr. 12-17 Snímky ze simulovaného zásahu NV-DG - optimalizace

Z grafů dávkového příkonu (viz. Obr. 12-18, Obr. 12-19) pro tuto variantu zásahu vidíme, že počáteční pohyb k DG je veden oblastí, která představuje několikanásobné snížení příkonu oproti předchozí variantě. Nejlépe provedenou optimalizaci lze pozorovat u průběhu příkonu pracovnice Evy, který je při pohybu k DG téměř nulový. Při cestě zpět do krytu je pohyb Evy veden místy z vyšším dávkovým příkonem než u ostatních. To má za následek srovnání celkových obdržených efektivních dávek. Tato skutečnost nám odhaluje skutečnost, že i když se pracovník bude pohybovat téměř celou dobu v méně zamořenějších místech, tak stačí poměrně krátká expozice v několika násobně zamořenějších místech a celková obdržená efektivní dávka může být značně vyšší.



Obr. 12-18 Průběh dávkového příkonu při přesunu od NV k DG – optimalizace



Obr. 12-19 Průběh dávkového příkonu při návratu od DG k NV – optimalizace

Z provedené simulace konstatujeme, že pohyb pracovníků vedený mimo kritická místa má za následek snížení efektivních dávek přibližně o jeden řád. Pracovníci obdrželi efektivní dávky:

Michal – 0,026mSv , Eva – 0,03mSv a David – 0,024mSv. Celková doba zásahu byla oproti předchozí variantě prodloužena o 16 sekund, a to na 6 minut a 11 sekund. I tak malé prodloužení doby expozice může znamenat velký nárůst v celkové obdržené efektivní dávce. V našem případě nikoli, protože prodloužení expozice není v oblasti vysokého radioaktivního pole.

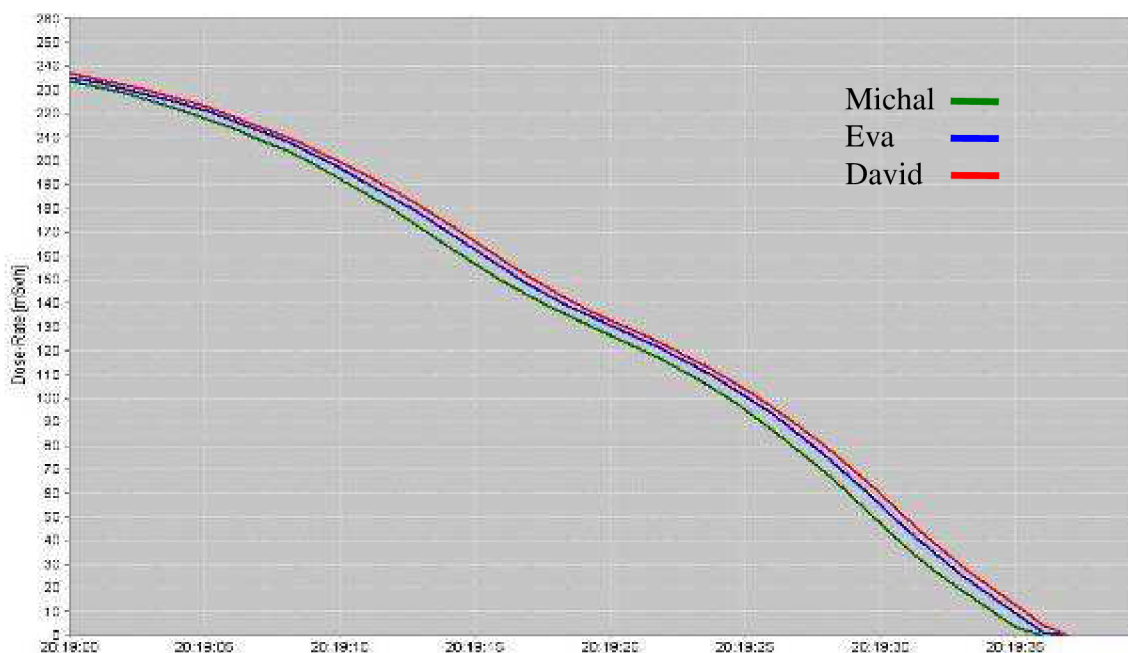
Východ z krytu pod Provozní budovou č.1

Z poznatků, které jsme získali během prvních dvou simulací optimalizujeme pohyb pracovníků zasahujících z krytu pod provozní budovou. Trasa pohybu je naznačena na obrázku *Obr. 12-13*. Výstup z krytu je vlivem směru šíření RaL v poměrně zasaženém terénu, kterému se pracovníci při zásahu nemohou vyhnout. Místo je třeba projít nejkratší cestou, aby se co nejvíce zkrátila doba expozice. Další část trasy k DG využívá optimalizovaný pohyb v prostoru před dieselgenerátorovými stanicemi, který je řízen radiační situací.

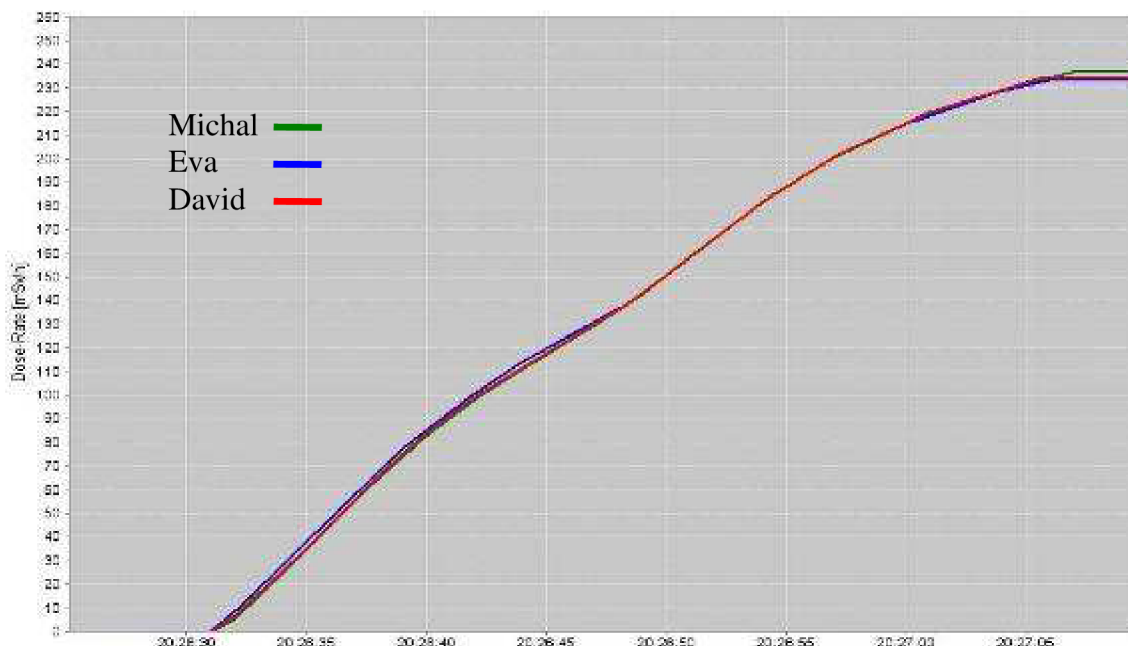


Obr. 12-20 Snímky ze simulovaného zásahu kryt pod PB-DG

Z grafů dávkového příkonu (viz. *Obr. 12-21*, *Obr. 12-22*) vidíme, že již na počátku zásahu pracovníci vstoupili do pole s dávkovým příkonem až 240 mSv·hod⁻¹.



Obr. 12-21 Průběh dávkového příkonu při přesunu od krytu pod PB k DG



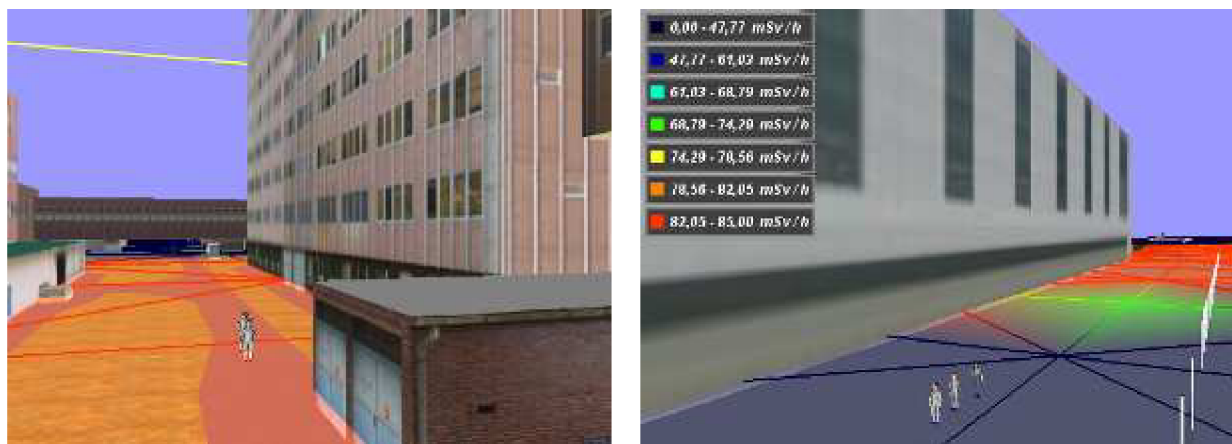
Obr. 12-22 Průběh dávkového příkonu při návratu od DG do krytu pod PB

Celková doba pobytu pracovníků v terénu byla 7 minut a 15 sekund. Během tohoto zásahového úkonu obdrželi efektivní dávky: Michal – 3,173mSv , Eva – 3,255mSv a David – 3,227mSv. Vzhledem k předešlým variantám jsou obdržené efektivní dávky nejméně o dva řády vyšší. Této možnosti zásahu na DG by se využilo jako poslední. Efektivní dávky a celková doba zásahu jsou jednoznačně nejvyšší.

12.4.5.2 Zásah na rezervním transformátoru

Nouzový východ z krytu č.1

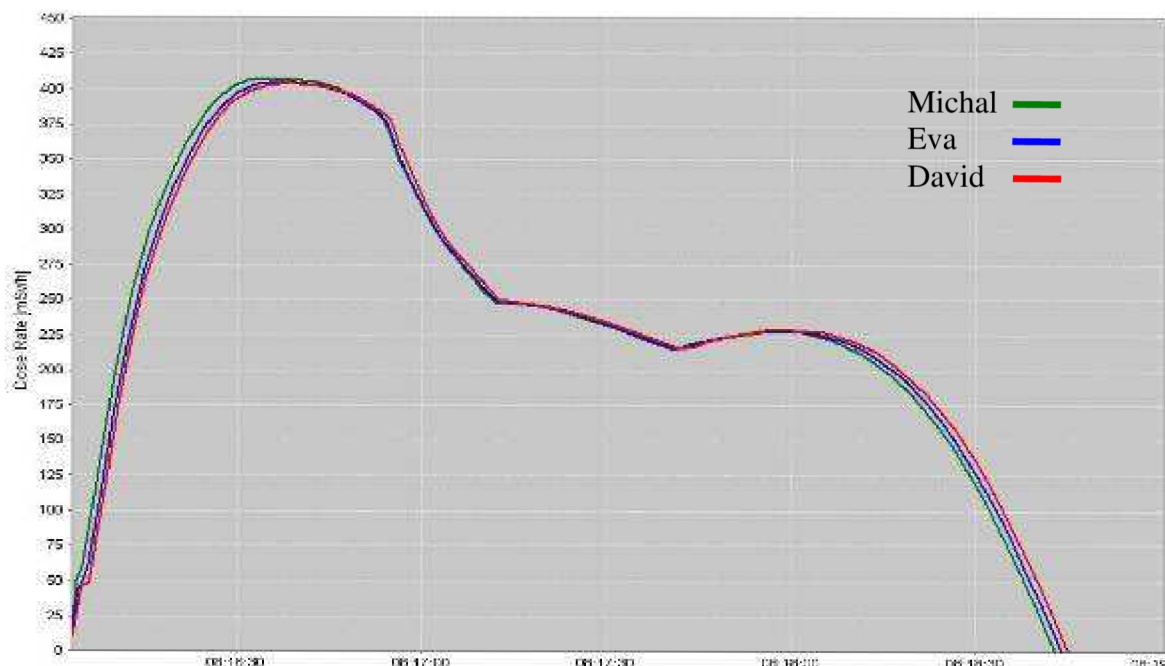
Již poloha rezervního transformátoru vůči nouzovému krytu nám napovídá, že budou kladeny větší požadavky na preciznost optimalizace. Doba expozice bude zcela jistě delší a to samé platí o obdržených efektivních dávkách. První varianta zásahu na RT je naznačena na obrázku Obr. 12-13.



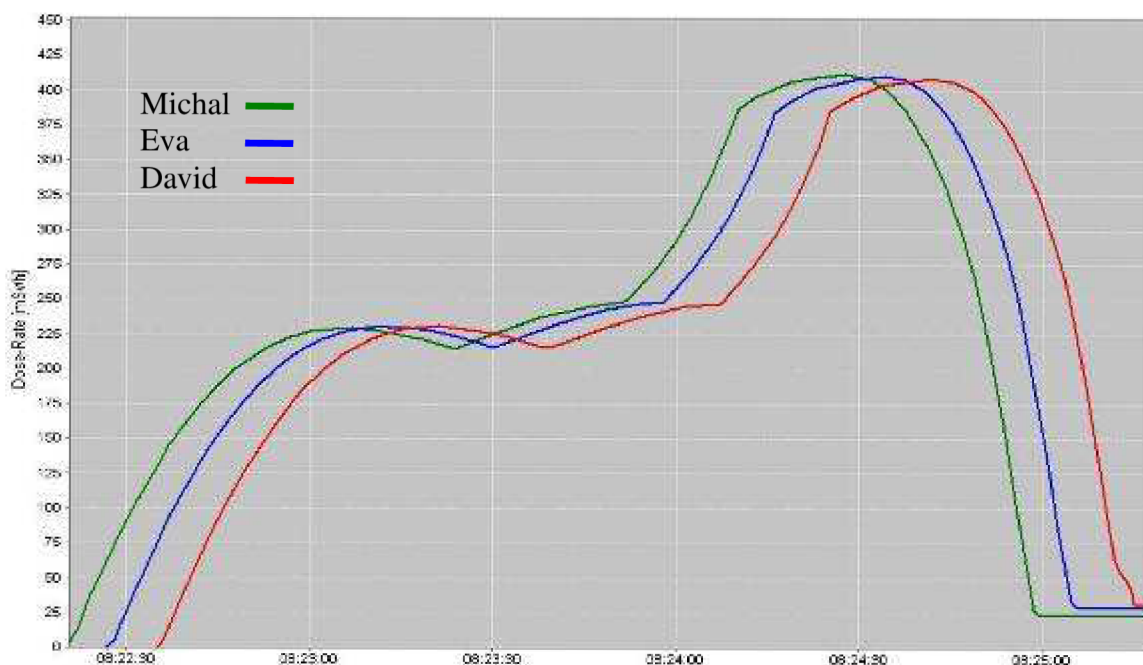
Obr. 12-23 Snímky ze simulovaného zásahu NV-RT

Z grafů (viz. Obr. 12-24, Obr. 12-25) vidíme, že v průběhu dávkového příkonu dochází ke dvěma významným peakům. První peak příkonu ve směru pohybu k RT je $405 \text{ mSv}\cdot\text{hod}^{-1}$ a

nastane v prostoru mezi Provozní budovu a příčnou etažérkou. Druhý nižší peak je přibližně 225 mSv·hod⁻¹ a odpovídá pohybu podél strojovny.



Obr. 12-24 Průběh dávkového příkonu při přesunu od NV k RT

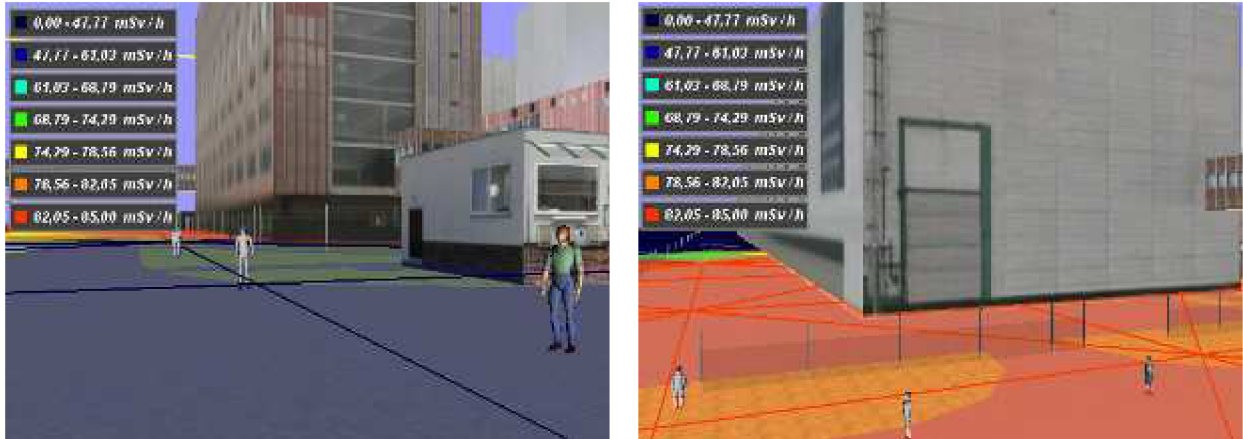


Obr. 12-25 Průběh dávkového příkonu při návratu od RT k NV

Pracovníci obdrželi efektivní dávky: Michal – 22,253mSv , Eva – 22,161mSv a David – 22,105mSv. Celková doba zásahu byla oproti zásahům na DG přibližně o 3 minuty delší. Trvala 9 minut a 15 sekund. Efektivní dávky jsou za poměrně krátkou dobu expozice docela vysoké. To je způsobené skutečností, že pracovníci museli projít dvakrát oblastmi, které se nacházejí přímo ve směru šíření RaL. Nabízí se varianta vést pohyby pracovníků mimo problematické oblasti, které jsou reprezentovány právě peaky a provést tak optimalizaci.

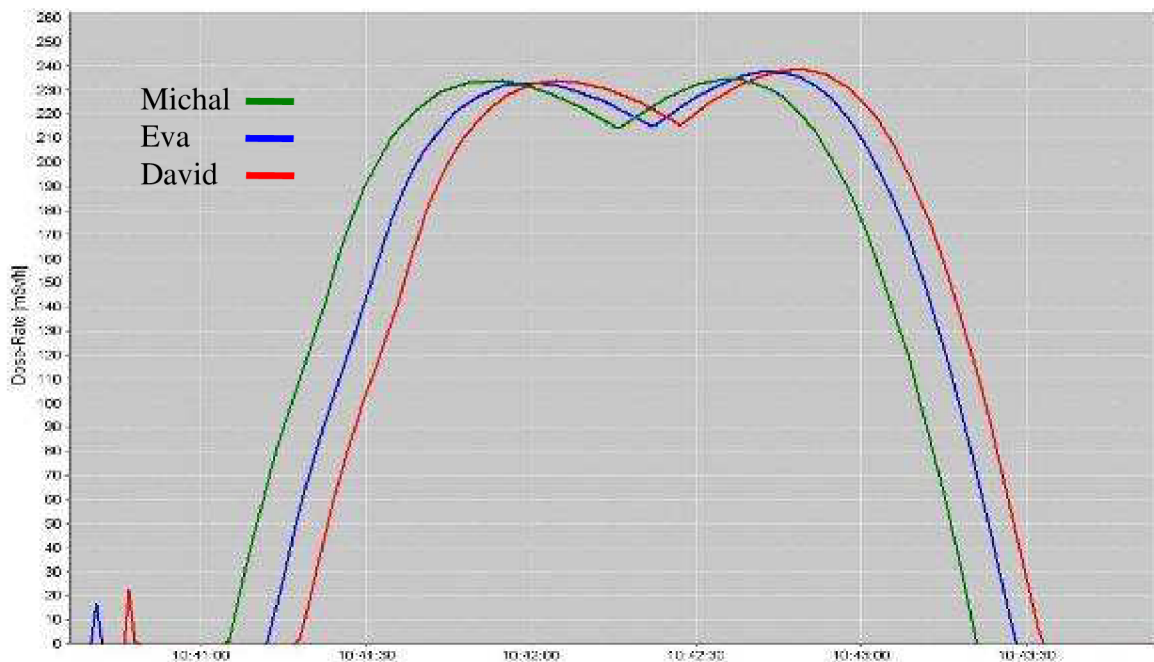
Nouzový východ z krytu č.1 – optimalizované

Oproti předešlé variantě chceme eliminovat nepříznivý vliv radiačního pole v prostoru mezi Provozní budovou a příčnou etažérkou. Zásah jsme provedli z druhé strany Provozní budovy jak ukazuje obrázek *Obr. 12-13*. Z této strany pracovníkům hrozila expozice v menším radiačním poli. Pracovníci byli ve větší vzdálenosti od zdroje záření. Dále byli Provozní budovou částečně chráněni před přímou konfrontací z RaL unášených větrem.

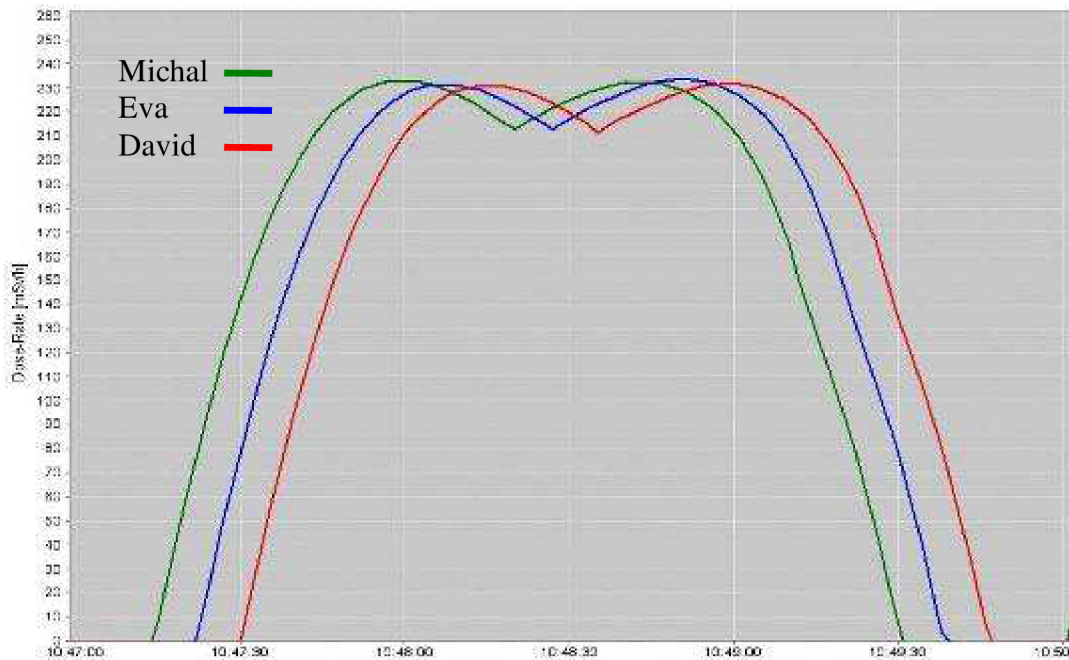


Obr. 12-26 Snímky ze simulovaného zásahu NV-RT – optimalizované

Z grafů (viz. *Obr. 12-27*, *Obr. 12-28*) vidíme, že ani zde jsme se nevyhnuli poměrně vysokým peakům v průběhu dávkového příkonu. Mezi oběma peaky je navíc malý pokles příkonu, což má za následek poměrně dlouhou expozici v příkonech blízkých peakovým hodnotám. Peakové dávkové příkony dosahovaly hodnoty 240 mSv/hod^{-1} . V praxi tyto vysoké hodnoty představovaly prostor, kde pracovníci vyšli ze zákrytu budovy a kde byli v přímém proudu RaL.



Obr. 12-27 Průběh dávkového příkonu při přesunu od NV k RT – optimalizace



Obr. 12-28 Průběh dávkového příkonu při návratu od RT k NV – optimalizace

Pracovníci obdrželi efektivní dávky: Michal – 13,82mSv , Eva – 13,781mSv a David – 13,65mSv. Celková doba zásahu byla při optimalizaci prodloužena na 9 minut a 40 sekund. Z hlediska porovnání obdržených efektivních dávek ovšem můžeme optimalizaci považovat za dobře provedenou. Došlo ke snížení dávky téměř na polovinu původní neoptimalizované hodnoty.

Po této optimalizaci se pokusíme hodnoty dávek ještě snížit a to zkrácením doby expozice. Doba se zkrátí pokud provedeme zásah z krytu nacházejícím se pod Provozní budovou.

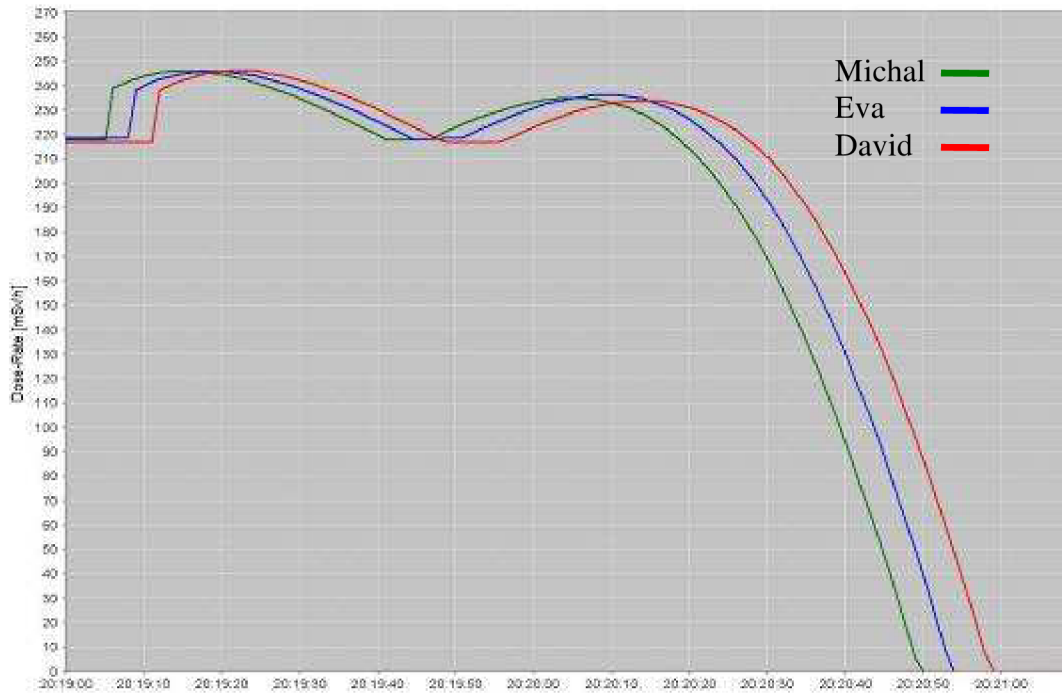
Východ z krytu pod Provozní budovou č.1

Z obrázku Obr. 12-13 je vidět, že by zásah z krytu pod Provozní budovou měl být výrazně kratší než předešlé zásahy na rezervním transformátoru.

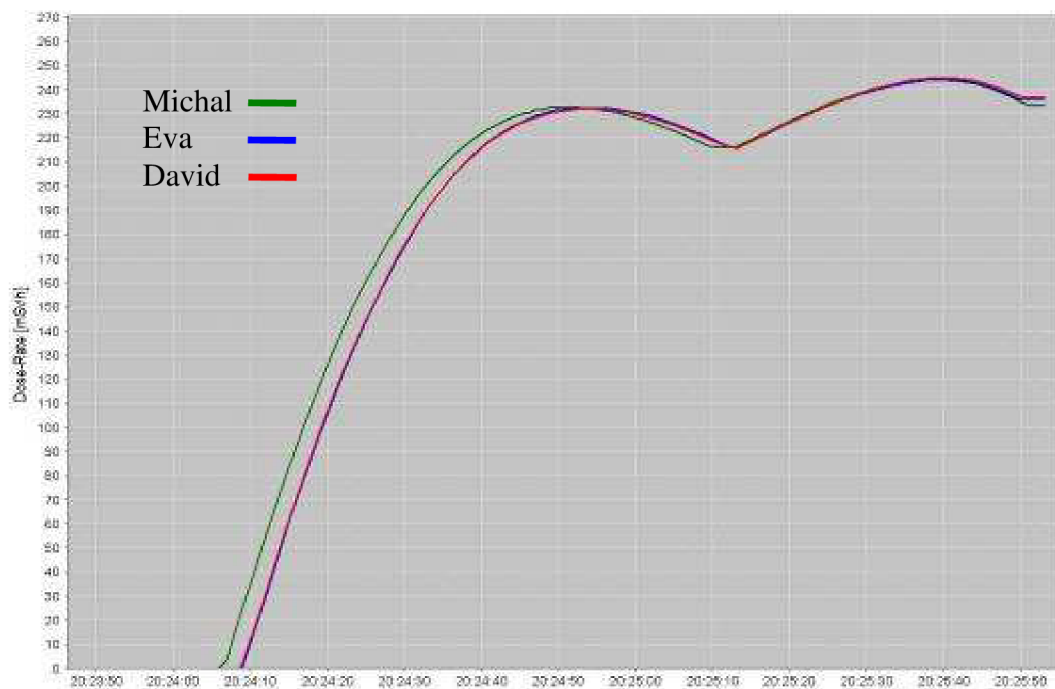


Obr. 12-29 Snímky ze simulovaného zásahu kryt pod PB-RT

Problematickým místům se však nevyhneme. Pracovníci opět musí vyjít ze zákrytu budovy a jít oblastí přímého proudu RaL. Maximální hodnoty dávkového příkonu jsou téměř stejné.



Obr. 12-30 Průběh dávkového příkonu při přesunu od krytu pod PB k RT



Obr. 12-31 Průběh dávkového příkonu při návratu od RT do krytu pod PB

Pracovníci obdrželi efektivní dávky: Michal – 12,195mSv , Eva – 12,322mSv a David – 12,59mSv. Celková doba trvání je 6 minut a 55 sekund. Obdržené efektivní dávky jsou proti optimalizované verzi zásahu z nouzového východu o více jak 1mSv nižší. Tato varianta je vhodnější než předešlé dvě. Pracovníci obdrží nejmenší dávky a zásah lze zvládnout za nejkratší dobu.

12.4.5.3 Zhodnocení a výběr vhodných variant

Před samotným zhodnocením lze konstatovat faktickou poznámku. Zásah na zařízeních můžeme obecně provádět před únikem RaL do ŽP nebo po jejich úniku v závislosti na časových změnách radiačních poměrů v areálu. To znamená, že zásah můžeme provést v časovém rozmezí do 0,9hodin od vzniku poruchy na hlavním cirkulačním potrubí (výsledek z RTARC – doba mezi vznikem poruchy a úniku RaL do ŽP). Z technologického scénáře však vyplývá, že v době, kdy došlo k poškození hlavního cirkulačního potrubí, zareagovaly správně bezpečnostní systémy. Black-out tedy nastal až po dalších poruchách na napájení bezpečnostních systémů apod. To vedlo k tomu, že v časovém úseku 0,9 hodin (bez úniku RaL do ŽP, v době kdy nebyl Black-out) byla vyslána pouze pracovní skupina na případné zprovoznění DG2.

Po úniku RaL do ŽP bylo nutno provést obnovu napájení DG3 a na RT. Obnova napájení již probíhala za přítomnosti RaL. Obnova napájení má jednu z největších priorit, proto zásah nebyl řešen podle časového vývoje radiačních poměrů, ale byl řešen neprodleně v době požadavku na obnovu napájení. Optimalizovali jsme tak pouze pohyb pracovníků a dobu celkové expozice, nikoli její začátek.

Vhodnost varianty jsme posuzovali podle velikosti obdržených efektivních dávek. Celková doba zásahu byla až druhořadá. Rozdíly doby přesunu pracovníků k místům zásahu jsou pouze desítky sekund.

Tab. 12-9 Limity ozáření zaměstnanců a dalších osob pro vyhlášení ochranných opatření [4]

Kategorie osob	Ochranné opatření		
	Ukrytí	Jódová profylaxe	Evakuace
Ostatní osoby a zaměstnanci nezařazení do OHO	5 mSv	5 mSv	5 mSv
Personál OHO	50 mSv	5 mSv	200 mSv
Personál OHO v případě záchrany života nebo zabránění rozvoje radiační nehody	*	5 mSv	*

* Tato hodnota není pro odůvodněné případy předem stanovena a vychází z aplikace §4, odst. 6, písmena c, zákona č. 18/1997 Sb. v platném znění

Pro zásah na DG vyšla jednoznačně jako nejvhodnější varianta Nouzový východ z krytu č.1 - optimalizované. Pracovníci dostali jednoznačně nejnižší efektivní dávky. Vybranou variantu považujeme za dobře optimalizovanou, protože se podařilo snížit obdržené efektivní dávky až o několik řádů. Podle tabulky Tab. 12-5 by u všech variant došlo k obdržení takových dávek u nichž jsou zdravotní účinky neměřitelné.

Pro zásah na RT vyšla jako vhodná varianta Východ z krytu pod Provozní budovou č.1. I v tomto případě obdrželi pracovníci nejnižší efektivní dávky a navíc měla jednoznačně nejkratší celkovou dobu trvání. Vyjadřuje to i provedení správné optimalizace. I když efektivní dávky byly oproti zásahu na DG řádově vyšší, tak podle tabulky Tab. 12-5 by u všech variant nedošlo k výraznému poškození zdraví.

Před zásahem by každý zasahující pracovník požil profylaktika. Pracovníci by použili ochranného obleku a dýchacího respirátoru. Tím dojde k zamezení zbytečného vnitřního ozáření, k částečnému omezení vnějšího ozáření a usnadnění dekontaminační smyčky.

13 ZHODNOCENÍ POUŽITÝCH ANALYTICKÝCH METOD

V předchozích kapitolách jsme se mohli přesvědčit, že výpočtové programy jsou dnes již nedílnou součástí provozu elektrárny Dukovany a jaderných zařízení obecně. Jaderné elektrárny i Státní úřad pro jadernou bezpečnost mají v případě radiální havárie k dispozici jak moderní měřicí techniku, tak adekvátní hardwarové i softwarové prostředky. Ty dovolují na základě prognózy vývoje vzniklé mimořádné situace získat nezbytné podklady a připravit případná doporučení pro zavedení nezbytných neodkladných opatření na ochranu obyvatelstva a životního prostředí.

Po teoretickém i praktickém seznámení s aplikací RTARC zjišťujeme, že máme možnost získat poměrně rychle prognózu šíření RaL v okolí EDU. Principiálně bere RTARC jadernou elektrárnu jako jeden bod, který je zdrojem radioaktivního záření. V závislosti na tom pak provádí výpočty. S ohledem na tuto skutečnost neumožňuje sledování a vyhodnocování vývoje radiálních poměrů přímo v areálu. Na EDU slouží RTARC k rozhodování při vydávání doporučení (ukrytí nebo evakuace obyvatelstva). V okolí JE má EDU takové pravomoci, že smí vydávat pouze doporučení (za ochranná doporučení odpovídá hejtman kraje). V areálu EDU je veškeré rozhodování v rukách HŠ.

Radiální situaci v EDU umožňuje simulovat 3D model EDU. Použití této aplikace však nese větší časové nároky na zadávání parametrů a samotný výpočet. Model je ideální pro přípravu a vyhodnocení havarijního cvičení. Dodá simulované parametry, které neumí generovat plnorozsahový тренаžér (používaný pro nácvik obsluhy blokových dozoren). Ve srovnání s technologií, kde umíme poruchy věrně simulovat, provádění celoareálových cvičení bez znalosti uvěřitelných hodnot simulované radiální situace v dnešní době připomíná středověkou alchymii. Provádění havarijních cvičení bez použití softwaru jako 3D model EDU je v budoucnosti neudržitelné.

S postupem času a vývojem techniky by se tyto aplikace mohly zdokonalit natolik, aby se daly implementovat do širšího počtu oblastí souvisejících s provozem elektrárny. Plnily by nezastupitelnou funkci při správném vyhodnocení nejen havarijních, ale i normálních situací. Přispěly by tak k co možná nejlepším rozhodnutím a maximální efektivnosti řešení situací při zvážení všech nadefinovaných kritérií.

Již nyní je však velmi důležité, aby se prověřené aplikace postupně více a více instalovaly a využívaly v jaderných elektrárnách a jaderných provozech, a to nejen u nás, ale v celosvětovém měřítku. Od hojnějšího využívání aplikací si můžeme slíbovat minimálně kvalitnější zajištění bezpečného chodu a dokonalejší řešení havarijních situací, které nejsou nikdy nereálné, jak poukazuje minulost jaderné energetiky.

V budoucnu lze skutečně uvažovat o dnešní podobě virtuální reality v konkrétních prostorách EDU. Simulace pohybu osob a věcí by probíhala v reálném čase, v prostředí, jehož veškeré vlastnosti by se získávaly rozsáhlou sítí snímání a měření. Výstupem by byla data důležitá vždy pro jedinečnou situaci. Jsme si vědomi, že se pohybujeme pouze v teoretické rovině úvah či přání, kam by tato problematika mohla v příštích desetiletí směřovat.

Pokud chceme tyto aplikace opravdu zdokonalovat, měli bychom se začít více opírat o praktické zkušenosti, které by vyplynuly právě z jejich častějšího využívání a provozování.

14 ZÁVĚR

Při black-out na EDU dojde vzhledem k elektrizační soustavě k výpadku poměrně významného zdroje a musíme zajistit, aby síť byla stabilní, což souvisí s jejím řízením. Důležitým kritériem při black-out jsou časové nároky na obnovení napájení vlastní spotřeby, které vycházejí ze stavu v jakém se nachází jaderný reaktor. Nejnepříznivější varianta je, když se reaktor v době výpadku napájení nachází v horkém stavu. Napájení tak musíme obnovit do 1 hodiny.

Největším rizikem při pracích v areálu EDU se zcela jistě ukázala být práce v radioaktivním prostředí, tj. při havárii s únikem radioaktivních látek do životního prostředí. Okamžitá rizika nejsou pozorovatelná lidským zrakem na rozdíl od neradioaktivního hoření či zatopení.

Výpočtové aplikace na EDU chápeme jako významnou podporu pro rozhodování jakým způsobem se v kritických situacích (radiační havárie) zachovat.

RTARC a RaCon stanoví a předpoví atmosférický transport RaL nebo určí vnější radiační následky v počátečních fázích jaderné havárie. Hodnotí situaci do vzdálenosti 30 až 40 km od elektrárny. Aplikace slouží na EDU pro určení a zobrazení zón ohrožení v okolí elektrárny jež vyžadují provedení opatření. Dále zobrazuje zóny, na kterých již ochranná opatření provedena byla. Neumožňuje však sledování a vyhodnocování vývoje radiačních poměrů přímo v areálu elektrárny.

Aplikace 3D model EDU umožňuje simulovat jak pohyby pracovníků, tak radiační situaci přímo v areálu Dukovan. Použití aplikace však nese větší časové nároky na zadávání parametrů a samotný výpočet. Z toho důvodu je ideální pro přípravu a vyhodnocení havarijního cvičení.

Analýzou radiační situace při uvažované mimořádné události bylo zjištěno, že každý zásah při obnově elektrického napájení na EDU s sebou přináší i jisté radiační ohrožení zasahujících osob, které vyžaduje preventivní použití jodové profylaxe a používání speciálních ochranných prostředků – respirátoru a bezešvého ochranného obleku.

Můžeme konstatovat, že při žádném ze simulovaných zásahů nedostanou pracovníci takovou dávku záření, která by vedla k výraznému poškození zdraví, tedy k projevu okamžitých biologických účinků ionizujícího záření. Nutno však uvést, že i malé ozáření zvyšuje riziko výskytu zhoubných nádorů, leukémie a genetických defektů. Četnost a závažnost těchto škodlivých následků roste přímo úměrně s hodnotou obdržené efektivní dávky. Proto je důležité obdržené dávky záření srovnávat s povolenými hodnotami: na EDU platí pro radiační pracovníky limit 20mSv pro součet zevního a vnitřního ozáření zaměstnance za kalendářní rok, pro civilní obyvatelstvo platí limit 1 mSv.

Zásah ve Slavěticích již po 1 hodině činnosti ve venkovních prostorách způsobuje dávky, překračující 2,5 krát limit EDU. Po 3 hodinách práce by byl limit EDU překročen 6 krát.

Optimalizace prací by spočívala v rozdělení činností mezi více pracovních skupin, aby doba expozice jednotlivce byla co nejkratší a nejméně riziková.

Zásah na DG3 může způsobit překročení limitu EDU pouze při nevhodné trase přesunu k místu zásahu, nebo při prodloužení doby zásahu nad 20 minut. Nejvhodnější trasa přesunu směřuje od nouzového východu z krytu č.1 přímo k budově hasičského záchranného sboru podniku a následně podél severní stěny budovy DGS, kdy nedosáhneme ani limitu ozáření pro

obyvatelstvo. Optimalizací pohybu pracovníků po zamořeném areálu EDU jsme tak dosáhli snížení obdržených dávek záření o 2 řády.

Zásah na RT může způsobit překročení limitu EDU již po 9 minutách. Z hlediska ochrany pracovníků je nejrizikovější. Vzhledem k větším vzdálenostem se zde optimalizace trasy přesunu jeví ještě důležitější než v předchozím případě. Z analýzy vyplývá, že pro opuštění krytu je zcela nevýhodné použít nouzový východ. Naopak při opuštění krytu vstupními dveřmi v suterénu provozní budovy je doba přesunu i obdržené dávky mnohem menší. I přesto pracovníci již při minimální délce zásahu (přibližně 7 minut) obdrží dávky odpovídající polovině limitu EDU.

Limit EDU je přitom nutno interpretovat tak, že při jeho dosažení je po zbytek roku zakázána dotyčnému pracovníkovi práce v kontrolovaném pásmu EDU a zaměstnavatel tedy musí pracovníka přeřadit na práci, při které není vystaven účinkům ionizujícího záření.

Z uvedených výsledků vyplývá, že pouhou změnou trasy přesunu můžeme výrazně ovlivnit dávky záření, které pracovníci zasahující v areálu EDU obdrží. Používání 3D modelu EDU v podmínkách radiačních havárií má tedy obrovský význam. V zásadě platí, že obnova elektrického napájení EDU se v takovém případě neobejde bez komunikace s havarijním štábem EDU, který má k dispozici dostatek informací pro účelnou koordinaci postupu prací v areálu EDU a jeho okolí.

POUŽITÁ LITERATURA

Tištěný zdroj

- [1] MACHEK, J., MACH, O., SVATEK, J., TSCHIESCHE, J. 3D modely JE Dukovany pro simulaci radiační havárie a nácvik souvisejících činností, ÚJV Řež a.s., str.10
- [2] MANTLÍK, F. Havarijní připravenost jaderných zařízení. Sborník přednášek ze semináře. Praha 2002, str. 87
- [3] KOLEKTIV AUTORŮ. Provozní předpis P002b Napájení VS EDU při nehodě typu Black-out, ČEZ, a.s., 2008, str. 357
- [4] KOLEKTIV AUTORŮ. *H03 Vnitřní havarijní plán JE*. ČEZ, a.s., 2005, str. 53
- [5] KOLEKTIV AUTORŮ. Uživatelský návod k upravenému SW RTARC 4.5 GIS 2.0 S/A. VÚJE Trnava, a. s., 2001, str. 71
- [6] RAČEK, J. *Jaderné elektrárny*. Nakladatelství Novotný, Brno 2002, str. 175
- [7] RAČEK, J. Energetická zařízení. Stroje a zařízení jaderných elektráren. Nakladatelství Novotný, Brno 2004, str. 165
- [8] ŠVANDA, J., TSCHIESCHE, J., FIŠER, V. RaCon 3.01 – programový nástroj pro podporu havarijních štábů, pro předpověď radiačních následků a pro optimalizaci krizového managementu. ÚJV Řež a.s., 2005, str.10
- [9] TICHÁ, G. Elektrická část JE VVER 440 – I.část. Brno 2006, str. 64
- [10] TICHÁ, G. Elektrická část JE VVER 440 – II.část. Brno 2006, str. 70

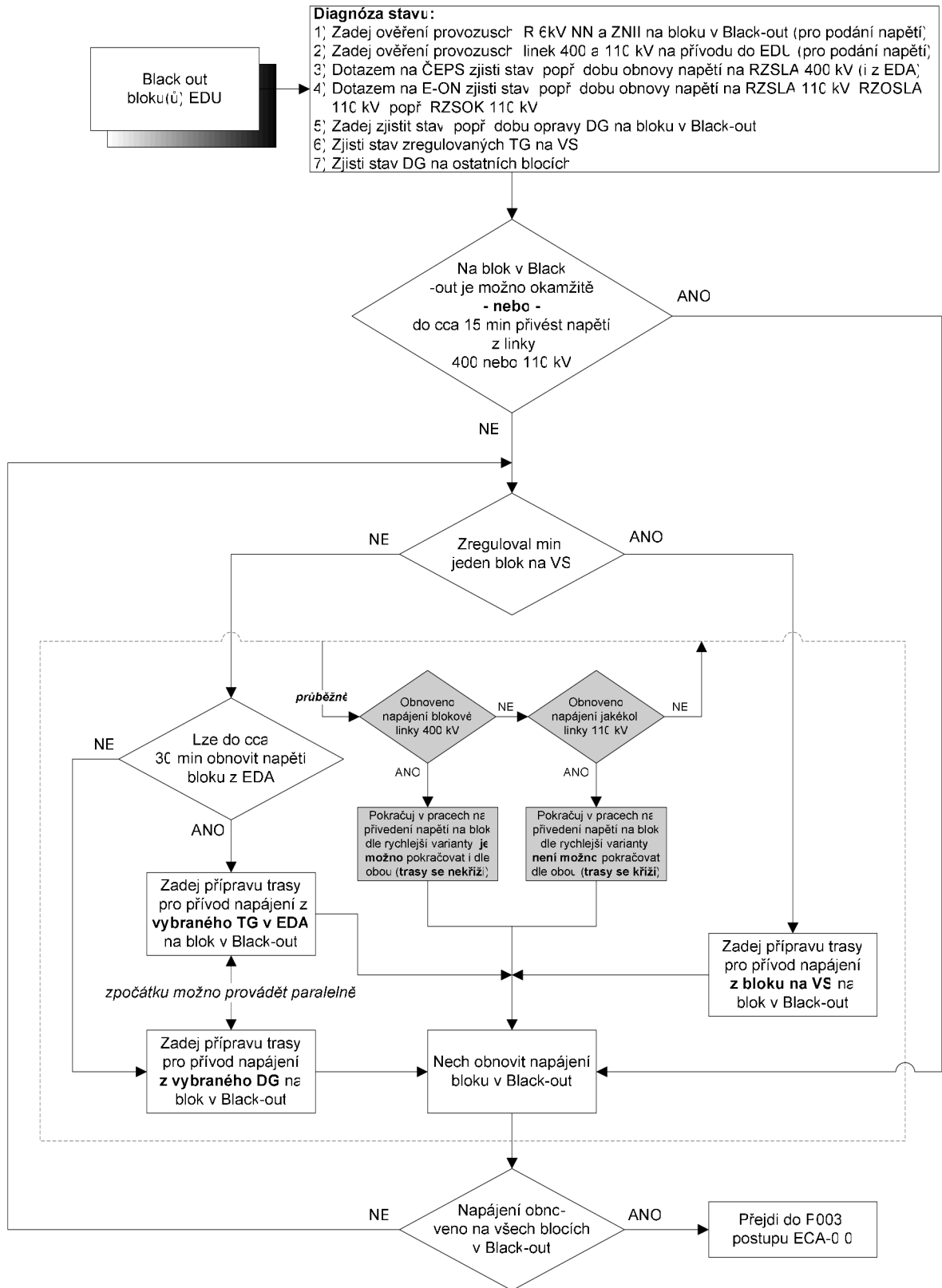
Elektronický zdroj

- [11] ČEPS, A.S., *Kodex PS, část I - Základní podmínky pro užívání přenosové soustavy*. [on-line] http://www.ceps.cz/doc/kodex/%C4%8C%C3%A1stI_08_fin0.pdf (září 2008)
- [12] ČEPS, A.S., *Kodex PS, část V – Bezpečnost provozu a kvalita na úrovni PS* [on-line]. Dokument dostupný na URL http://www.ceps.cz/doc/kodex/%C4%8C%C3%A1stV_08_dod_%C4%8D1_fin0.pdf (září 2008)
- [13] ČEPS, A.S., *Kodex PS, část VIII – Standarty PS* [on-line]. Dokument dostupný na URL http://www.ceps.cz/doc/kodex/%C4%8C%C3%A1stVIII_08_fin0.pdf (září 2008)
- [14] ČEZ A.S., *Sekce – fotogalerie, elektrárny, Dukovany* [on-line]. Dokument dostupný na URL <http://www.cez.cz/cs/o-spolecnosti/media/ke-stazeni/fotogalerie/elektrarny/8.html> (listopad 2008)
- [15] ČEZ A.S., *Dukovany. Technologie a bezpečnost* [on-line]. Dokument dostupný na URL <http://www.cez.cz/cs/energie-a-zivotni-prostredi/jaderna-energetika/jadernoelektrarny-cez/edu/technologie-a-zabezpeceni.html> (duben 2009)
- [16] ČEZ A.S., *Formulář souhlasu dobrovolníka s provedením zásahu*. 2009, str. 2
- [17] ČEZ A.S., *Přehled zásahů*. 2009, str. 2
- [18] ERU ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Roční zpráva o provozu ES ČR 2007. Schéma sítě ES ČR* [on-line]. Dokument dostupný na URL http://www.eru.cz/user_data/files/statistika_elektro/rocnizprava/2007/mapy/images/12.png (listopad 2008)

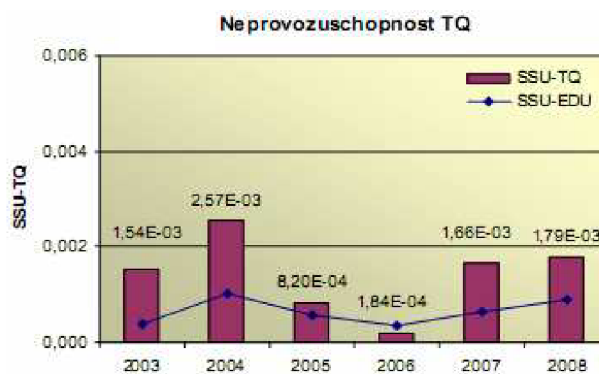
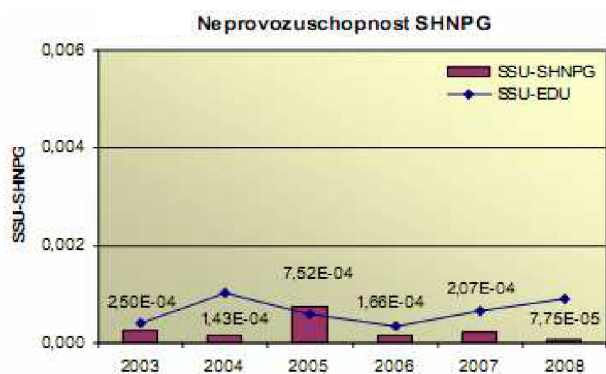
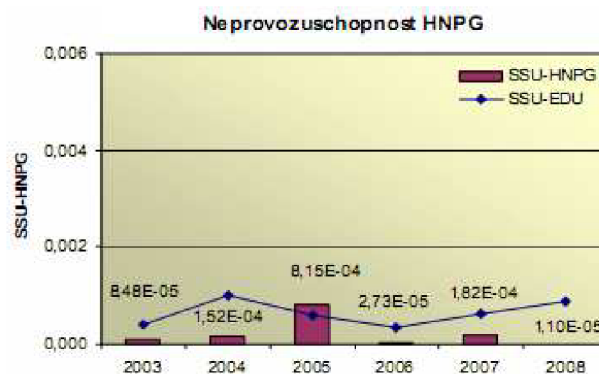
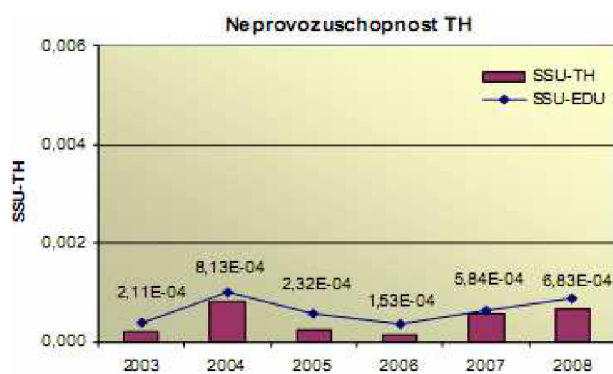
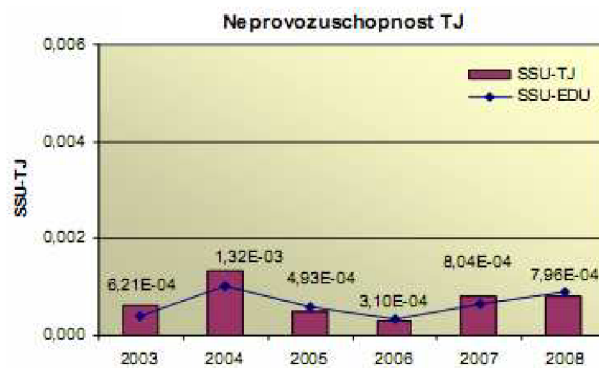
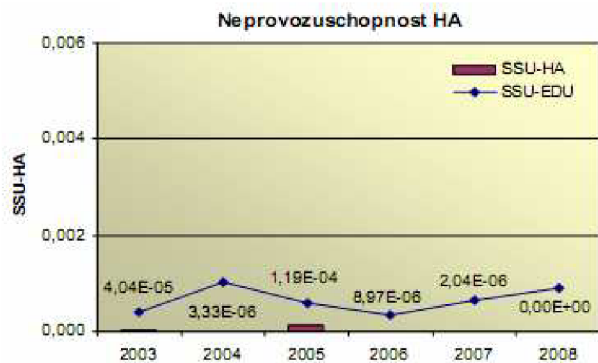
- [19] CHEMIŠINEC, I., TŮMA, J., WITNER, K. *Jak omezit riziko vzniku velkých výpadků v dodávkách elektřiny* [on-line]. http://www.volny.cz/casopis.energetika/e_1204_1.html (listopad 2008)
- [20] KOLEKTIV AUTORŮ. *Přehled sekvencí programu RTARC. Příloha 5. ČEZ, a.s., 2008, str. 3*
- [21] KOLEKTIV AUTORŮ. *Pasquill stability classes*. Air Resource Laboratory [on-line]. Dokument dostupný na URL <http://www.arl.noaa.gov/READYpgclass.php> (březen 2009)
- [22] KRTIČKA, M. *Aplikovaná jaderná fyzika (energetická část, dozimetrie, terapie)* [on-line]. Dokument dostupný na URL www-ucjf.troja.mff.cuni.cz/krticka/lectures/dozimetrie.ppt (listopad 2008)
- [23] MACHEK, J., MACH, O., SVATEK, J., TSCHIESCHE, J. *3D modely JE Dukovany a jeho využití v oblasti krizového řízení*. ÚJV Řež a.s., 2008
- [24] MATOUŠEK, A. *Ekologie v elektroenergetice* [on-line]. Dokument dostupný na URL https://www.feec.vutbr.cz/et/skripta/ueen/Ekologie_v_elektroenergetice_S.pdf (listopad 2008)
- [25] MATZNER, J. A SPOL. *Hodnocení souboru provozně bezpečnostních ukazatelů*. SÚJB [on-line]. Dokument dostupný na URL <http://www.sujb.cz/docs/U2007.pdf> (březen 2009)
- [26] REICHL, J., VŠETIČKA, M. *Encyklopedie fyziky. Využití radionuklidů - Ohrožení zdraví* [on-line]. Dokument dostupný na URL <http://fyzika.jreichl.com//index.php?sekce=browse&page=841> (březen 2009)
- [27] REICHL, J., VŠETIČKA, M. *Encyklopedie fyziky. Využití radionuklidů - Radioaktivní záření v organismu a veličiny s tím související* [on-line]. Dokument dostupný na URL <http://fyzika.jreichl.com//index.php?sekce=browse&page=843> (březen 2009)
- [28] SAGIT NAKLADATELSTVÍ. *Zákon č.458/2000 Sb podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)* [on-line]. Dokument dostupný na URL <http://www.sagit.cz/pages/sbirkatxt.asp?zdroj=sb00458&cd=76&typ=r> (listopad 2008)
- [29] SEZNAM, A.S., *Stanovení vzdálenosti Dukovany – Slavětice* [on-line]. Seznam, a.s, 2009. Dokument dostupný na URL <http://www.mapy.cz/#x=137055488@y=132442880@z=12@mm=RTP@dm=137076992+132404480-66304+69888> (březen 2009)
- [30] SÚJB-STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST. *Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí. Uživatelská příručka*. Str.85 [on-line]. Dokument dostupný na URL <http://www.sujb.cz/docs/INES.pdf> (listopad 2008)
- [31] SÚJB-STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST. *Radiační monitorování na jaderných elektrárnách k zajištění radiační ochrany* [on-line]. Dokument dostupný na URL http://www.sujb.cz/?c_id=858 (listopad 2008)
- [32] SÚJB-STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST. *Vyhláška č.307/2002 o radiační ochraně. Přílohy* [on-line]. Dokument dostupný na URL www.sujb.cz/docs/Vyhlaska_2002_307_ve_zneni_2005_499_prilohy.pdf (březen 2009)
- [33] SÚJB-STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST. *Stupnice INES* [on-line]. Dokument dostupný na URL http://www.sujb.cz/?c_id=165 (listopad 2008)
- [34] SÚJB-STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST. *Hodnocení provozně-bezpečnostních ukazatelů za rok 2008*. Str.78 [on-line]. Dokument dostupný na URL <http://www.sujb.cz/docs/U2008.pdf> (duben 2009)

-
- [35] SÚJB-STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST. *Dokumenty - Atomový zákon*. Str.53 [on-line]. Dokument dostupný na URL http://www.sujb.cz/docs/Atomovy_zakon_V.pdf (duben 2009)
- [36] SVATEK, J., HUSTÁKOVÁ, H. *Systém pro modelování migračních procesů kontaminantů v atmosféře s implementací technologií virtuální a rozšířené reality. Technická dokumentace a uživatelská příručka*, ÚJV Řež a.s., 2007, str.107
- [37] WIKIPEDIE – OTEVŘENÁ ENCYKLOPEDIE. *Elektrárna Dalešice* [on-line]. Dokument dostupný na URL http://cs.wikipedia.org/wiki/Vodn%C3%AD_n%C3%A1dr%C5%BE_Dale%C5%A1ice (duben 2009)
- [38] WIKIPEDIE – OTEVŘENÁ ENCYKLOPEDIE. *Elektrárna Dukovany* [on-line]. Dokument dostupný na URL http://cs.wikipedia.org/wiki/Jadern%C3%A1_elektr%C3%A1rna_Dukovany (duben 2009)

Příloha A Vývojový diagram [3]



Příloha B Neprovozuschopnost dalších BS v EDU [34]



Příloha C Vstupní data pro vytvoření modelu havárie EDU

Tab. C1 - Zadávané parametry charakterizující Tabulku modelů

Příkaz	Význam
MODEL_NAME	Jméno modelu
CALCUL_PERIOD	Perioda výpočtu
RECORD_PERIOD	Perioda záznamu
SIZE_X	Počet jednotek ve směru X
SIZE_Y	Počet jednotek ve směru Y
SIZE_Z	Počet jednotek ve směru Z
UNIT_X	Rozměr jednotky ve směru X
UNIT_Y	Rozměr jednotky ve směru Y
UNIT_Z	Rozměr jednotky ve směru Z
OBJECT_NAME	Jméno tabulky objektů
CONTAMIN_NAME	Jméno tabulky zdrojů kontaminantů
STREAM_NAME	Jméno tabulky vzdušného proudění
RESULT_NAME	Jméno souboru výsledků výpočtů
MODEL_DESCRIPT	Popis modelu

Tab. C2 - Zadávané parametry charakterizující Tabulku objektů

Příkaz	Význam
START_X	Počáteční souřadnice X
START_Y	Počáteční souřadnice Y
START_Z	Počáteční souřadnice Z
STOP_X	Koncová souřadnice X
STOP_Y	Koncová souřadnice Y
STOP_Z	Koncová souřadnice Z
RED_COLOUR	Červená složka barvy objektu
GREEN_COLOUR	Zelená složka barvy objektu
BLUE_COLOUR	Modrá složka barvy objektu
DEPOSIT_RATE	Míra depozice
ANNIHIL_RATE	Míra anihilace
LOW_LAYER	Příslušnost dolní stěny
HIGH_LAYER	Příslušnost horní stěny
OBJECT_DESCRIPT	Popis objektu

Tab. C3 - Zadávané parametry charakterizující Tabulku vzdušného proudění

Příkaz	Význam
START_X	Počáteční souřadnice X
START_Y	Počáteční souřadnice Y
START_Z	Počáteční souřadnice Z
STOP_X	Koncová souřadnice X
STOP_Y	Koncová souřadnice Y
STOP_Z	Koncová souřadnice Z
START_TIME	Počáteční čas
STOP_TIME	Koncový čas
AIR_PRECIPITATION	Atmosférické srážky
PRECIPITATION_TYPE	Charakter atmosférických srážek
AIR_VELOCITY	Rychlost proudění
HORIZ_ANGLE	Horizontální úhel
VERTI_ANGLE	Vertikální úhel
WEATHER_CATEGORY	Klasifikace stability počasí
SPHERE_DESCRIPT	Popis sféry

Příloha D Výstup z Cortona viewer

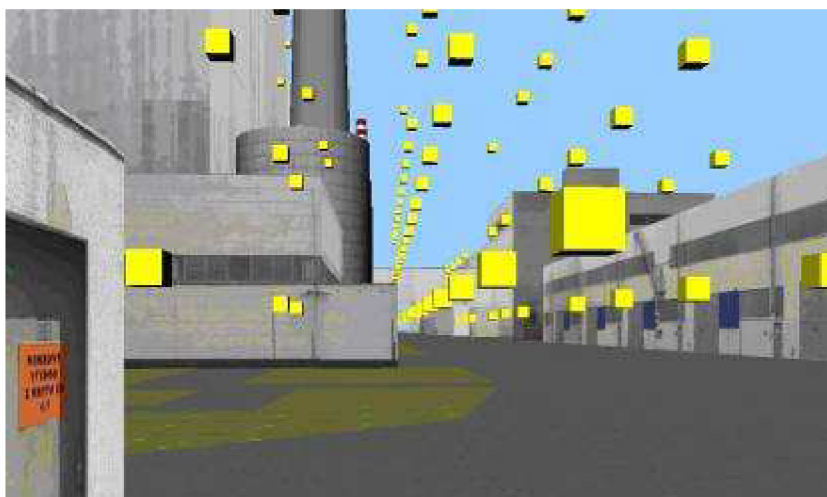
Pohled na zadní stranu dieselgenerátorových stanic 1HVB



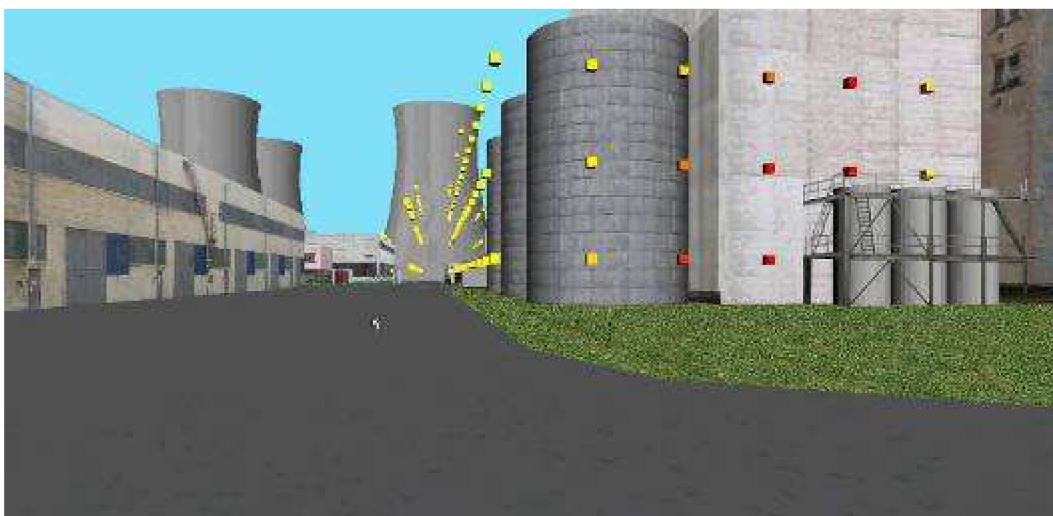
Pohled na šíření RaL mezi reaktorovým blokem a dieselgenerátorovými stanicemi



Pohled od krytu I. K dieselgenerátorovým stanicím – místo zásahu první pracovní skupiny



Pohled místo úniku RaL a na přední stanů dieselgenerátorových stanic 1HVB



Pohled se shora na směr šíření RaL (ke Slavěticím)

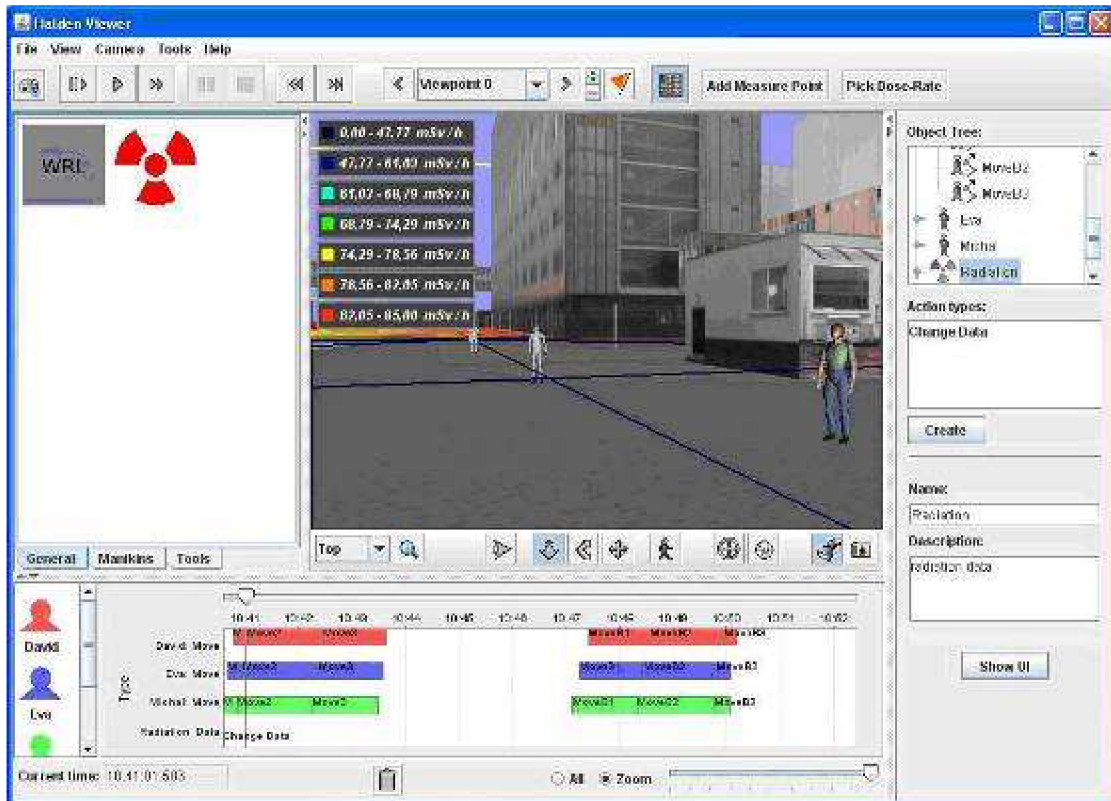


Pohled se shora na 1HVB a na směr šíření RaL (ke Slavěticím)

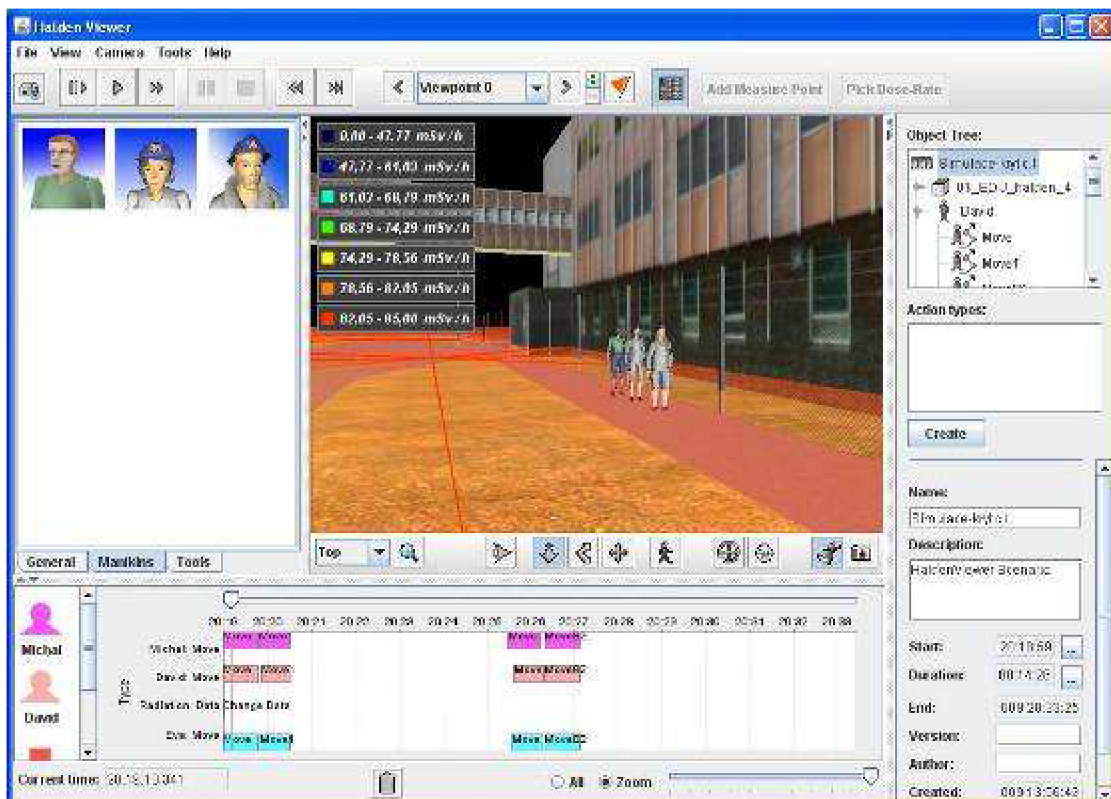


Příloha E Náhledy na rozhraní Halden vieweru

Náhled obrazovky Halden vieweru při vytváření zásahu na RT - optimalizované



Náhled obrazovky Halden vieweru při vytváření zásahu Provozní budova - DG



Příloha F Formulář souhlasu dobrovolníka [16]

Formulář souhlasu dobrovolníka s provedením zásahu		Strana 2/2
Časné biologické účinky ionizujícího záření		Účinek
Efektivní dávka [mSv]		
0 až 200	Neměřitelné účinky.	
200 až 500	Klinicky pozorovatelné změny v krevním obraze, poškozené buňky jsou plně obnovitelné.	
500 až 1 000	Významné změny v krevním obraze, ztráta chuti k jídlu, pocit únavy.	
1 000 až 3 000	Nevolnost, zvracení, průjem, zbarvení pokožky, vypadávání vlasů. Ve většině případů úplné vyčerpání následků ozáření. Ve výjimečných případech může dojít i k úmrtí.	
3 000 až 4 000	Vážné onemocnění vyžadující dlouhodobé léčení.	
4 500 až 5 000	Asi 50 % postižených osob umírá v průběhu 30 dní, pokud neobdrží speciální lékařskou péči.	
> 6 000	100% postižených osob umírá pokud neobdrží speciální lékařskou péči.	
Pozdní biologické účinky ozáření		
Ozáření rovněž zvyšuje riziko výskytu zhrubných nádorů a genetických defektů. Četnost a závažnost škodlivých následků roste přímo úměrně s hodnotou obohrané efektivní dávky		
Datum, čas a podpis odpovědné osoby - za provedení instruktáže k zásahu: - za prokolení k použití dýchací techniky *:		Zasahující osoba: <ul style="list-style-type: none"> se seznámila s postupem při zásahu, byla proškolená k použití dýchací techniky*, byla poučena o možných rizicích zásahu, rozumí textu uvedenému ve formuláři svým podpisem níže stvrzuje, že nepojí zdravotními ani psychologickými problémy a dobrovolně souhlasí s provedením zásahu. Podpis zasahující osoby:
Funkce	Jméno, příjmení	Podpis
Veškeré		
Schválí	Velitel HS	
Upozornění: Případná zdravotní újma bude ze strany ČEZ, a. s. kompenzována plně v souladu se zák. č. 65/1965 Sb. v platném znění a v souladu s platnou kolektivní smlouvou ČEZ, a. s.		
* nehodící se škrtněte		

Formulář souhlasu dobrovolníka s provedením zásahu		Strana 1/2
Jméno, příjmení, titul:	Os. číslo:	Věk:
Pracovní zařazení (název funkce):	Úřar:	
Místo zásahu:	Časový limit pro provedení zásahu: min. (v případě použití dýchacího přístroje max. 20 min.)	
Možná rizika při provádění zásahu (např. radioaktivní záření, unik chemikálií, aid. vyjádři Logistika):		
Postup jednotlivých úkonů při zásahu (instruktáž k zásahu – provede pracovník realizující zásah):		
Popis vybavení OOPP, dýchací technikou a dozimetrickými prostředky (učí Logistika):		
V případě vybavení dýchacím přístrojem svým podpisem dále stvrzuji, že: <ul style="list-style-type: none"> beru na vědomí nepřipustnost použití dýchací techniky při chronickém onemocnění plic a srdce, vysokém krevním tlaku a akutní nemoci z léchtu přířím. užívání kompenzačních sluchových a zrakových pomůcek (brýle), nošení přilokovsu nepřímám lánímto zdravotním ani jinými dispozicím a nejsem v současnost z nich léčen uvědomuji si možná rizika zásahu jako je snížená viditelnost a orientace v prostoru, zřížená dýchání a ponývlost, zvýšená fyzická a psychologická zátěž, zásoba vzduchu je omezená a musí být ponechána dostatečná rezerva i pro cestu zpět 		
Typ dýchacího přístroje:	Číslo dýchacího přístroje:	
Číslo elektronického dozimetru:	Typ a číslo speciálního dozimetru:	
Odhad hodnoty příkonu dawkového ekvivalentu záření gama v místě zásahu mSv/h		
Povolená efektivní dávka v průběhu zásahu mSv		

Příloha G Výpis výstupů z programu RTARC

Začátek výpočtu: 05.03.2009 o 13:57:37 - Začátek úniku: 05.03.2009 o 12:00:12

VVER-440 V-213 S=154m V=38m, **sekvencia S1B** **Orgán:** efektivní dávka **Věk:** dospělí **Rychlost větru:** 2.00 m/s **Kategorie stability:** D **Srážky:** 0.00 mm/hod **Stínící faktor pro mrak:** 1.0 **Stínící faktor pro depozit:** 1.0 **Úhel směru větru = 120.00 deg** **Čas po začátku úniku:** 1.00hod [0.04dni] [0.roky]

X	oblak	depozit	inhalace		SUMA
			oblak	resuspenze	
[km]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[Sv]
1	1,48E-01	9,40E-02	9,28E-01	1,10E-03	1,17E+00
2	5,98E-02	1,93E-02	2,26E-01	2,29E-04	3,05E-01
3	3,37E-02	6,90E-03	9,46E-02	8,25E-05	1,35E-01
4	2,14E-02	3,09E-03	4,93E-02	3,72E-05	7,39E-02
5	1,58E-02	1,71E-03	3,18E-02	2,08E-05	4,94E-02
6	1,16E-02	9,63E-04	2,11E-02	1,18E-05	3,37E-02
7	9,16E-03	5,97E-04	1,54E-02	7,41E-06	2,52E-02
8	7,71E-03	3,97E-04	1,22E-02	4,97E-06	2,03E-02
9	6,50E-03	2,64E-04	9,84E-03	3,33E-06	1,66E-02
10	5,60E-03	1,77E-04	8,21E-03	2,26E-06	1,40E-02
11	3,69E-03	9,37E-05	5,37E-03	1,20E-06	9,16E-03
12	3,10E-03	6,29E-05	4,50E-03	8,13E-07	7,67E-03
13	2,55E-03	4,29E-05	3,71E-03	5,58E-07	6,30E-03
14	2,06E-03	3,13E-05	3,01E-03	4,10E-07	5,10E-03
15	1,56E-03	2,16E-05	2,30E-03	2,86E-07	3,88E-03
16	1,26E-03	1,59E-05	1,88E-03	2,13E-07	3,16E-03
17	1,09E-03	1,27E-05	1,65E-03	1,70E-07	2,76E-03
18	8,67E-04	9,12E-06	1,35E-03	1,23E-07	2,22E-03
19	7,35E-04	6,97E-06	1,17E-03	9,49E-08	1,91E-03
20	5,63E-04	4,73E-06	9,35E-04	6,48E-08	1,50E-03

X	oblak	depozit	inhalace		SUMA
			oblak	resuspenze	
[km]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[Sv]
21	4,13E-04	3,02E-06	7,21E-04	4,16E-08	1,14E-03
22	2,92E-04	1,73E-06	5,52E-04	2,40E-08	8,46E-04
23	1,96E-04	8,23E-07	4,09E-04	1,15E-08	6,06E-04
24	1,20E-04	3,15E-07	2,78E-04	4,43E-09	3,98E-04
25	7,31E-05	1,82E-07	1,72E-04	2,59E-09	2,45E-04
26	2,72E-05	6,49E-08	6,51E-05	9,31E-10	9,24E-05
27	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
28	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
29	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
30	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
31	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
32	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
33	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
34	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
35	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
36	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
37	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
38	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
39	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
40	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Úhel směru větru = 125.00 deg Čas po začátku úniku: 3.00hod [0.13dni] [0.roky]

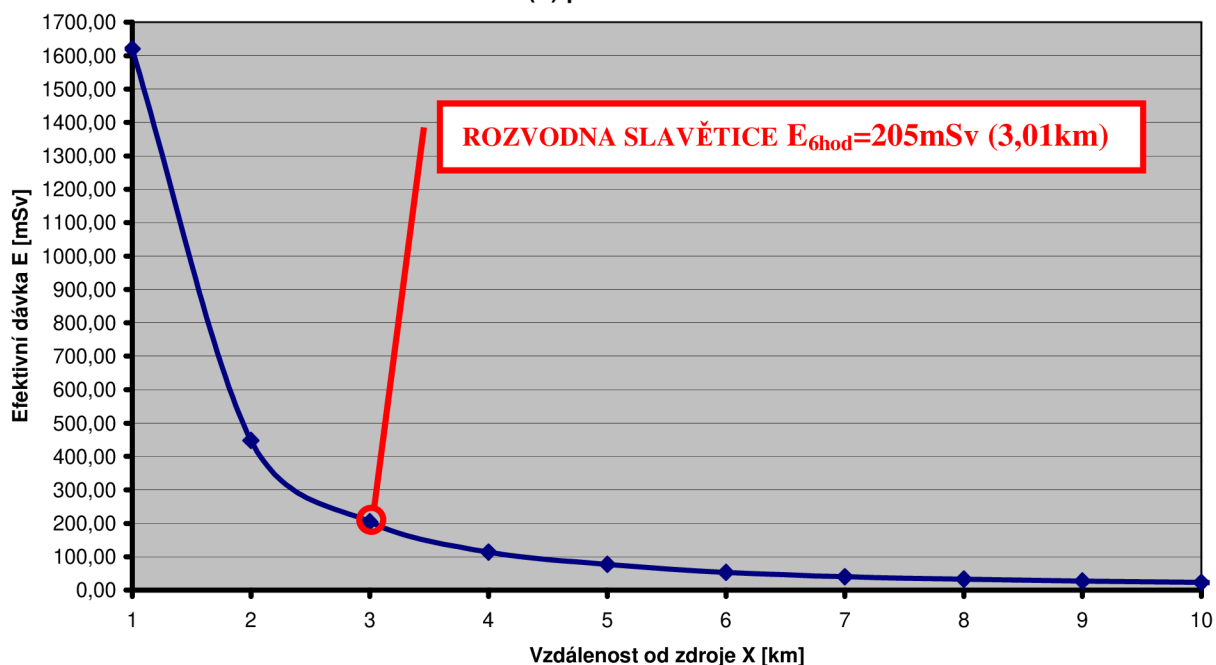
X	oblak	depozit	inhalace		SUMA
			oblak	resuspenze	
[km]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[Sv]
1	1,48E-01	9,40E-02	9,28E-01	1,10E-03	1,17E+00
2	5,98E-02	1,93E-02	2,26E-01	2,29E-04	3,05E-01
3	3,37E-02	6,90E-03	9,46E-02	8,25E-05	1,35E-01
4	2,14E-02	3,09E-03	4,93E-02	3,72E-05	7,39E-02
5	1,58E-02	1,71E-03	3,18E-02	2,08E-05	4,94E-02
6	1,16E-02	9,63E-04	2,11E-02	1,18E-05	3,37E-02
7	9,16E-03	5,97E-04	1,54E-02	7,41E-06	2,52E-02
8	7,71E-03	3,97E-04	1,22E-02	4,97E-06	2,03E-02
9	6,50E-03	2,64E-04	9,84E-03	3,33E-06	1,66E-02
10	5,60E-03	1,77E-04	8,21E-03	2,26E-06	1,40E-02
11	3,69E-03	9,37E-05	5,37E-03	1,20E-06	9,16E-03
12	3,10E-03	6,29E-05	4,50E-03	8,13E-07	7,67E-03
13	2,55E-03	4,29E-05	3,71E-03	5,58E-07	6,30E-03
14	2,06E-03	3,13E-05	3,01E-03	4,10E-07	5,10E-03
15	1,56E-03	2,16E-05	2,30E-03	2,86E-07	3,88E-03
16	1,26E-03	1,59E-05	1,88E-03	2,13E-07	3,16E-03
17	1,09E-03	1,27E-05	1,65E-03	1,70E-07	2,76E-03
18	8,67E-04	9,12E-06	1,35E-03	1,23E-07	2,22E-03
19	7,35E-04	6,97E-06	1,17E-03	9,49E-08	1,91E-03
20	5,63E-04	4,73E-06	9,35E-04	6,48E-08	1,50E-03

X	oblak	depozit	inhalace		SUMA
			oblak	resuspenze	
[km]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[Sv]
21	4,13E-04	3,02E-06	7,21E-04	4,16E-08	1,14E-03
22	2,92E-04	1,73E-06	5,52E-04	2,40E-08	8,46E-04
23	1,96E-04	8,23E-07	4,09E-04	1,15E-08	6,06E-04
24	1,20E-04	3,15E-07	2,78E-04	4,43E-09	3,98E-04
25	7,31E-05	1,82E-07	1,72E-04	2,59E-09	2,45E-04
26	2,72E-05	6,49E-08	6,51E-05	9,31E-10	9,24E-05
27	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
28	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
29	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
30	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
31	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
32	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
33	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
34	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
35	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
36	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
37	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
38	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
39	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
40	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Úhel směru vetru = 125.00 deg Čas po začátku úniku: 6.00hod [0.25dni] [0. roky]

X	oblak	depozit	inhalace		SUMA	X	oblak	depozit	inhalace		SUMA
			oblak	resuspenze					oblak	resuspenze	
[km]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[km]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[Sv]
1	1,75E-01	1,95E-01	1,25E+00	3,00E-03	1,62E+00	21	1,82E-03	4,36E-05	2,39E-03	7,27E-07	4,26E-03
2	7,43E-02	4,22E-02	3,31E-01	6,72E-04	4,48E-01	22	1,67E-03	3,61E-05	2,18E-03	5,77E-07	3,88E-03
3	4,34E-02	1,59E-02	1,46E-01	2,60E-04	2,05E-01	23	1,47E-03	2,96E-05	1,94E-03	4,61E-07	3,45E-03
4	2,84E-02	7,47E-03	7,84E-02	1,25E-04	1,14E-01	24	1,33E-03	2,52E-05	1,80E-03	3,92E-07	3,16E-03
5	2,15E-02	4,35E-03	5,15E-02	7,46E-05	7,75E-02	25	1,18E-03	2,11E-05	1,63E-03	3,28E-07	2,83E-03
6	1,62E-02	2,61E-03	3,47E-02	4,55E-05	5,35E-02	26	1,07E-03	1,81E-05	1,51E-03	2,81E-07	2,61E-03
7	1,31E-02	1,72E-03	2,56E-02	3,06E-05	4,04E-02	27	9,60E-04	1,53E-05	1,38E-03	2,38E-07	2,35E-03
8	1,13E-02	1,23E-03	2,03E-02	2,22E-05	3,29E-02	28	8,76E-04	1,32E-05	1,29E-03	2,05E-07	2,18E-03
9	9,85E-03	8,91E-04	1,64E-02	1,63E-05	2,72E-02	29	7,88E-04	1,12E-05	1,18E-03	1,74E-07	1,98E-03
10	8,74E-03	6,64E-04	1,37E-02	1,22E-05	2,31E-02	30	7,21E-04	9,69E-06	1,11E-03	1,51E-07	1,84E-03
11	5,93E-03	3,91E-04	9,00E-03	7,28E-06	1,53E-02	31	6,66E-04	8,48E-06	1,05E-03	1,32E-07	1,72E-03
12	5,12E-03	2,98E-04	7,53E-03	5,57E-06	1,30E-02	32	6,10E-04	7,32E-06	9,88E-04	1,14E-07	1,61E-03
13	4,35E-03	2,27E-04	6,26E-03	4,25E-06	1,08E-02	33	5,64E-04	6,40E-06	9,34E-04	9,92E-08	1,50E-03
14	3,83E-03	1,79E-04	5,39E-03	3,34E-06	9,40E-03	34	5,18E-04	5,51E-06	8,83E-04	8,53E-08	1,41E-03
15	3,13E-03	1,33E-04	4,33E-03	2,47E-06	7,59E-03	35	4,80E-04	4,81E-06	8,36E-04	7,43E-08	1,32E-03
16	2,79E-03	1,07E-04	3,82E-03	1,98E-06	6,72E-03	36	4,41E-04	4,12E-06	7,93E-04	6,36E-08	1,24E-03
17	2,65E-03	9,28E-05	3,56E-03	1,70E-06	6,31E-03	37	4,09E-04	3,57E-06	7,52E-04	5,51E-08	1,17E-03
18	2,38E-03	7,59E-05	3,18E-03	1,37E-06	5,65E-03	38	3,76E-04	3,03E-06	7,15E-04	4,67E-08	1,09E-03
19	2,29E-03	6,62E-05	3,02E-03	1,17E-06	5,38E-03	39	3,49E-04	2,61E-06	6,79E-04	4,01E-08	1,03E-03
20	2,08E-03	5,44E-05	2,73E-03	9,37E-07	4,86E-03	40	3,22E-04	2,18E-06	6,46E-04	3,35E-08	9,70E-04

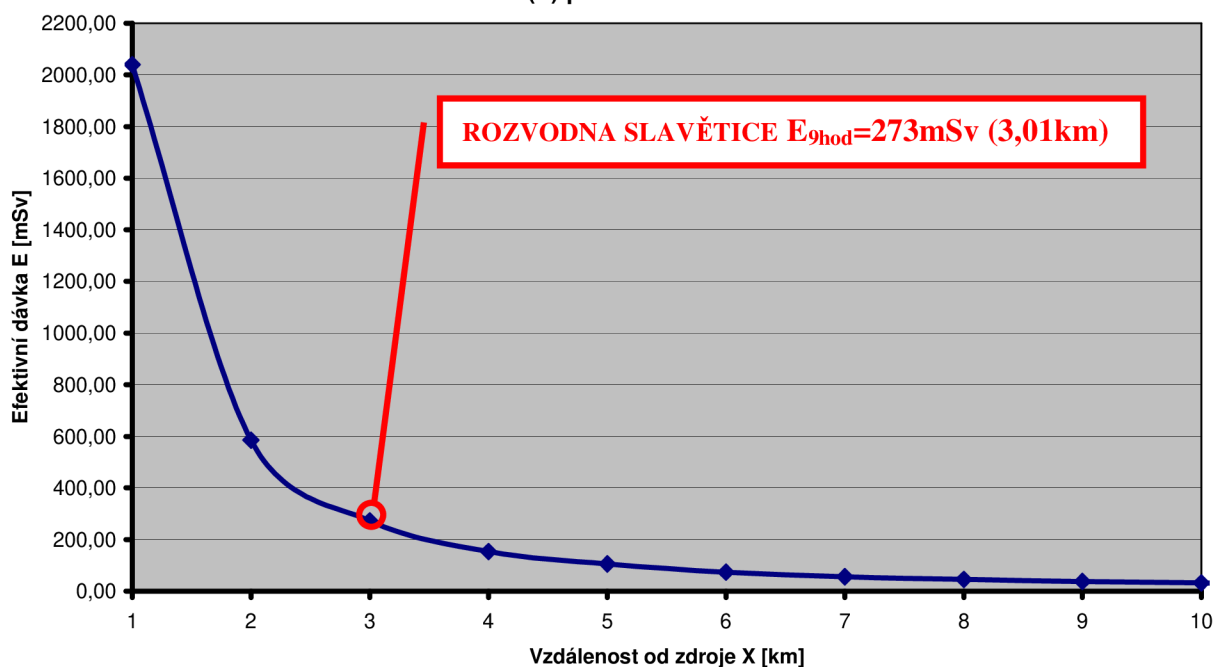
E=f(X) po 6 hodinách



Úhel směru vetru = 130.00 deg Čas po začátku úniku: 9.00hod [0.38dni] [0.roky]

X	oblak	depozit	inhalace		SUMA	X	oblak	depozit	inhalace		SUMA
			oblak	resuspenze					oblak	resuspenze	
[km]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[km]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[Sv]
1	1,94E-01	2,72E-01	1,56E+00	4,89E-03	2,04E+00	21	2,20E-03	1,00E-04	3,70E-03	2,60E-06	6,00E-03
2	8,41E-02	6,02E-02	4,39E-01	1,13E-03	5,85E-01	22	2,02E-03	8,68E-05	3,37E-03	2,26E-06	5,48E-03
3	4,97E-02	2,31E-02	2,00E-01	4,47E-04	2,73E-01	23	1,79E-03	7,33E-05	3,00E-03	1,92E-06	4,87E-03
4	3,28E-02	1,11E-02	1,10E-01	2,21E-04	1,54E-01	24	1,65E-03	6,42E-05	2,76E-03	1,69E-06	4,48E-03
5	2,50E-02	6,56E-03	7,39E-02	1,35E-04	1,06E-01	25	1,48E-03	5,50E-05	2,48E-03	1,45E-06	4,02E-03
6	1,90E-02	4,00E-03	5,04E-02	8,43E-05	7,35E-02	26	1,37E-03	4,86E-05	2,30E-03	1,28E-06	3,72E-03
7	1,54E-02	2,70E-03	3,76E-02	5,81E-05	5,58E-02	27	1,24E-03	4,21E-05	2,09E-03	1,11E-06	3,37E-03
8	1,34E-02	1,97E-03	3,03E-02	4,34E-05	4,56E-02	28	1,15E-03	3,75E-05	1,95E-03	9,91E-07	3,14E-03
9	1,16E-02	1,46E-03	2,47E-02	3,28E-05	3,78E-02	29	1,05E-03	3,28E-05	1,78E-03	8,67E-07	2,86E-03
10	1,04E-02	1,12E-03	2,07E-02	2,56E-05	3,22E-02	30	9,76E-04	2,94E-05	1,67E-03	7,75E-07	2,68E-03
11	7,04E-03	6,74E-04	1,37E-02	1,58E-05	2,14E-02	31	9,13E-04	2,64E-05	1,57E-03	6,97E-07	2,51E-03
12	6,10E-03	5,27E-04	1,15E-02	1,25E-05	1,81E-02	32	8,53E-04	2,38E-05	1,48E-03	6,24E-07	2,36E-03
13	5,19E-03	4,11E-04	9,59E-03	9,92E-06	1,52E-02	33	8,00E-04	2,15E-05	1,40E-03	5,63E-07	2,22E-03
14	4,58E-03	3,33E-04	8,29E-03	8,13E-06	1,32E-02	34	7,49E-04	1,94E-05	1,32E-03	5,05E-07	2,09E-03
15	3,74E-03	2,52E-04	6,66E-03	6,23E-06	1,07E-02	35	7,04E-04	1,75E-05	1,25E-03	4,55E-07	1,97E-03
16	3,35E-03	2,10E-04	5,89E-03	5,25E-06	9,46E-03	36	6,61E-04	1,59E-05	1,19E-03	4,09E-07	1,86E-03
17	3,18E-03	1,86E-04	5,50E-03	4,69E-06	8,87E-03	37	6,22E-04	1,44E-05	1,13E-03	3,69E-07	1,76E-03
18	2,87E-03	1,58E-04	4,92E-03	4,00E-06	7,95E-03	38	5,85E-04	1,30E-05	1,07E-03	3,31E-07	1,67E-03
19	2,76E-03	1,42E-04	4,67E-03	3,62E-06	7,58E-03	39	5,52E-04	1,19E-05	1,02E-03	2,99E-07	1,59E-03
20	2,51E-03	1,21E-04	4,22E-03	3,11E-06	6,85E-03	40	5,20E-04	1,08E-05	9,76E-04	2,68E-07	1,51E-03

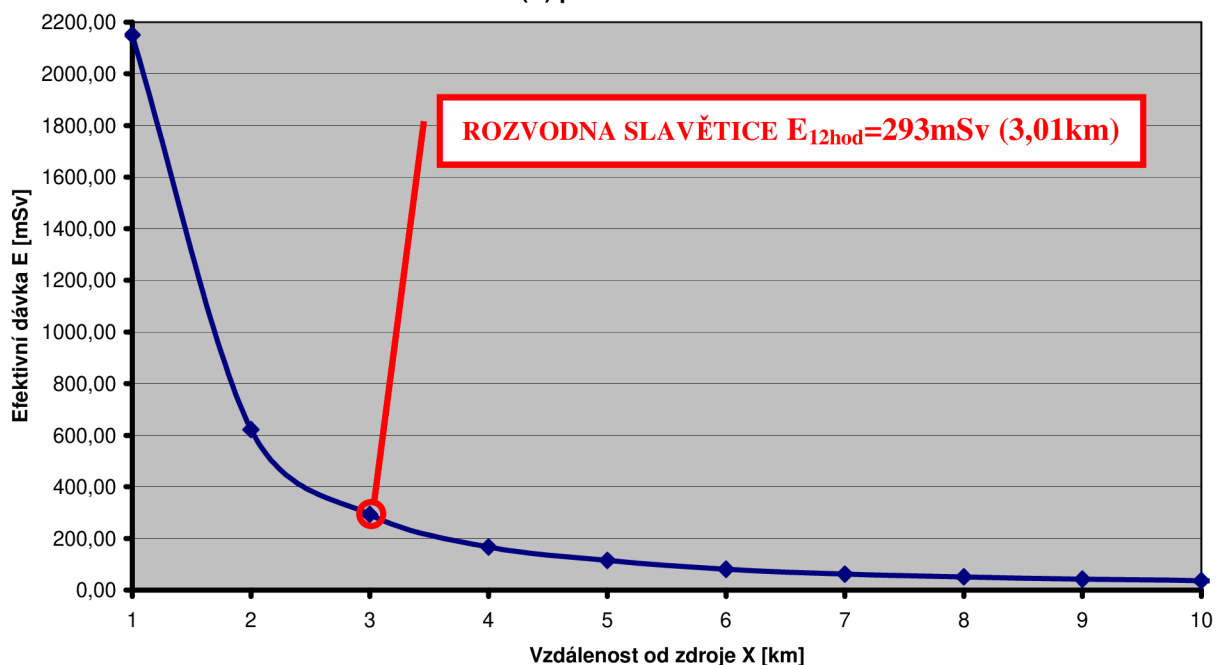
E=f(X) po 9 hodinách



Úhel směru vetru = 125.00 deg Čas po začátku úniku: 12.00hod [0.50dni] [0. roky]

X	oblak	depozit	inhalace		SUMA	X	oblak	depozit	inhalace		SUMA
			oblak	resuspenze					oblak	resuspenze	
[km]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[km]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[Sv]
1	1,98E-01	3,37E-01	1,61E+00	6,98E-03	2,15E+00	21	2,53E-03	1,52E-04	4,80E-03	4,64E-06	7,49E-03
2	8,67E-02	7,58E-02	4,58E-01	1,66E-03	6,22E-01	22	2,33E-03	1,33E-04	4,42E-03	4,06E-06	6,89E-03
3	5,16E-02	2,94E-02	2,11E-01	6,70E-04	2,93E-01	23	2,08E-03	1,13E-04	3,96E-03	3,47E-06	6,16E-03
4	3,42E-02	1,43E-02	1,18E-01	3,37E-04	1,67E-01	24	1,93E-03	9,99E-05	3,68E-03	3,06E-06	5,71E-03
5	2,63E-02	8,56E-03	8,01E-02	2,08E-04	1,15E-01	25	1,74E-03	8,63E-05	3,33E-03	2,64E-06	5,16E-03
6	2,00E-02	5,28E-03	5,54E-02	1,32E-04	8,08E-02	26	1,62E-03	7,69E-05	3,11E-03	2,36E-06	4,80E-03
7	1,64E-02	3,60E-03	4,19E-02	9,25E-05	6,19E-02	27	1,46E-03	6,74E-05	2,82E-03	2,07E-06	4,35E-03
8	1,43E-02	2,66E-03	3,41E-02	6,98E-05	5,11E-02	28	1,36E-03	6,07E-05	2,63E-03	1,88E-06	4,05E-03
9	1,25E-02	1,99E-03	2,82E-02	5,35E-05	4,28E-02	29	1,24E-03	5,37E-05	2,40E-03	1,67E-06	3,70E-03
10	1,12E-02	1,54E-03	2,40E-02	4,23E-05	3,68E-02	30	1,16E-03	4,87E-05	2,25E-03	1,52E-06	3,46E-03
11	7,67E-03	9,40E-04	1,61E-02	2,63E-05	2,47E-02	31	1,08E-03	4,44E-05	2,11E-03	1,39E-06	3,24E-03
12	6,69E-03	7,42E-04	1,37E-02	2,11E-05	2,11E-02	32	1,01E-03	4,04E-05	1,99E-03	1,27E-06	3,04E-03
13	5,71E-03	5,84E-04	1,15E-02	1,68E-05	1,78E-02	33	9,51E-04	3,70E-05	1,87E-03	1,16E-06	2,86E-03
14	5,07E-03	4,77E-04	1,01E-02	1,39E-05	1,56E-02	34	8,91E-04	3,38E-05	1,77E-03	1,07E-06	2,70E-03
15	4,17E-03	3,64E-04	8,17E-03	1,07E-05	1,27E-02	35	8,39E-04	3,10E-05	1,67E-03	9,81E-07	2,54E-03
16	3,75E-03	3,07E-04	7,30E-03	9,10E-06	1,14E-02	36	7,88E-04	2,85E-05	1,59E-03	9,03E-07	2,40E-03
17	3,57E-03	2,74E-04	6,88E-03	8,18E-06	1,07E-02	37	7,43E-04	2,63E-05	1,50E-03	8,32E-07	2,27E-03
18	3,24E-03	2,33E-04	6,22E-03	7,02E-06	9,71E-03	38	6,99E-04	2,42E-05	1,43E-03	7,68E-07	2,15E-03
19	3,14E-03	2,11E-04	5,95E-03	6,39E-06	9,31E-03	39	6,60E-04	2,24E-05	1,36E-03	7,10E-07	2,04E-03
20	2,87E-03	1,82E-04	5,43E-03	5,53E-06	8,49E-03	40	6,23E-04	2,07E-05	1,30E-03	6,57E-07	1,94E-03

E=f(X) po 12 hodinách



Úhel směru vetru = 125.00 deg Čas po začátku úniku: 24.00hod [1.00dni] [0. roky]

X	oblak	depozit	inhalace		SUMA	X	oblak	depozit	inhalace		SUMA
			oblak	resuspenze					oblak	resuspenze	
[km]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[km]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[Sv]	[Sv]
1	2,06E-01	5,19E-01	1,65E+00	1,49E-02	2,39E+00	21	3,15E-03	3,50E-04	5,53E-03	1,69E-05	9,05E-03
2	9,52E-02	1,25E-01	4,95E-01	3,86E-03	7,19E-01	22	2,90E-03	3,09E-04	5,07E-03	1,50E-05	8,29E-03
3	5,64E-02	4,83E-02	2,24E-01	1,57E-03	3,31E-01	23	2,41E-03	2,49E-04	4,25E-03	1,22E-05	6,92E-03
4	4,07E-02	2,54E-02	1,34E-01	8,65E-04	2,01E-01	24	2,23E-03	2,22E-04	3,95E-03	1,10E-05	6,41E-03
5	3,16E-02	1,52E-02	9,04E-02	5,40E-04	1,38E-01	25	1,92E-03	1,87E-04	3,42E-03	9,28E-06	5,54E-03
6	2,09E-02	8,28E-03	5,46E-02	3,05E-04	8,41E-02	26	1,78E-03	1,69E-04	3,20E-03	8,45E-06	5,16E-03
7	1,51E-02	5,14E-03	3,69E-02	1,95E-04	5,73E-02	27	1,57E-03	1,45E-04	2,83E-03	7,30E-06	4,56E-03
8	1,31E-02	3,92E-03	3,01E-02	1,53E-04	4,73E-02	28	1,46E-03	1,33E-04	2,67E-03	6,70E-06	4,27E-03
9	1,12E-02	2,99E-03	2,46E-02	1,19E-04	3,89E-02	29	1,31E-03	1,16E-04	2,40E-03	5,88E-06	3,83E-03
10	9,76E-03	2,34E-03	2,05E-02	9,54E-05	3,27E-02	30	1,23E-03	1,07E-04	2,27E-03	5,44E-06	3,61E-03
11	9,04E-03	1,96E-03	1,83E-02	8,15E-05	2,93E-02	31	1,16E-03	9,87E-05	2,15E-03	5,05E-06	3,41E-03
12	7,89E-03	1,57E-03	1,55E-02	6,63E-05	2,50E-02	32	1,09E-03	9,12E-05	2,04E-03	4,68E-06	3,23E-03
13	5,95E-03	1,10E-03	1,15E-02	4,76E-05	1,86E-02	33	1,03E-03	8,47E-05	1,94E-03	4,36E-06	3,06E-03
14	5,29E-03	9,21E-04	1,01E-02	4,03E-05	1,63E-02	34	9,71E-04	7,86E-05	1,85E-03	4,06E-06	2,91E-03
15	6,01E-03	9,63E-04	1,11E-02	4,27E-05	1,81E-02	35	9,22E-04	7,32E-05	1,77E-03	3,79E-06	2,77E-03
16	5,40E-03	8,07E-04	9,79E-03	3,64E-05	1,60E-02	36	8,70E-04	6,82E-05	1,69E-03	3,54E-06	2,63E-03
17	5,41E-03	7,54E-04	9,65E-03	3,45E-05	1,59E-02	37	8,28E-04	6,37E-05	1,62E-03	3,32E-06	2,51E-03
18	4,91E-03	6,38E-04	8,62E-03	2,96E-05	1,42E-02	38	7,83E-04	5,95E-05	1,55E-03	3,11E-06	2,40E-03
19	4,54E-03	5,57E-04	7,95E-03	2,62E-05	1,31E-02	39	7,46E-04	5,58E-05	1,49E-03	2,92E-06	2,29E-03
20	4,15E-03	4,78E-04	7,18E-03	2,27E-05	1,18E-02	40	7,07E-04	5,23E-05	1,43E-03	2,74E-06	2,19E-03

E=f(X) po 24 hodinách

