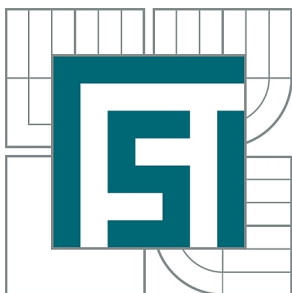




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
ENERGY INSTITUTE

# MODEL Y A ANALÝZY V KONTEJNMENTOVÉM SYSTÉMU S POTLAČENÍM TLAKU PŘI HAVÁRIÍCH S ÚNIKEM CHLADIVA

MODELS AND ANALYSIS OF THE PRESSURE SUPPRESSION SYSTEM CONTAINMENT,  
DURING THE LOSS OF COOLANT ACCIDENTS

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. RADIM STUDÝNKA

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ MARTINEC, Ph.D.

BRNO 2014



## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

student(ka): Bc. Radim Studýnka

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Energetické inženýrství (2301T035)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### **Modely a analýzy v kontejnmentovém systému s potlačením tlaku při haváriích s únikem chladiva**

v anglickém jazyce:

### **Models and analysis of the pressure suppression system containment, during the loss of coolant accidents**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Havárie spojené s únikem chladiva z primárního okruhu patří mezi základní projektované stavy, které je nutné vhodnými technologickými způsoby v případě vzniku omezovat, tak aby byla zajištěna jaderná bezpečnost jaderné elektrárny. V případě JE Dukovany a havárie se ztrátou chladiva z primárního okruhu jsou navrženy barbotážní kondenzátory jako účinné prostředky pro snižování vznikajícího přetlaku. Barbotážní kondenzátory nejsou testovány přímo na vzniklou situaci a dochází tak k nutnosti modelového přístupu.

Cíle diplomové práce:

1. Z doporučené literatury zpracujte popis metodiky řešení chování ochranných obálek během událostí s únikem chladiva z primárního a sekundárního okruhu jaderné elektrárny. Soustředte se na jadernou elektrárnu s reaktorem VVER-440/V213 s vakuobarbotážním kondenzátorem.
2. Prostudujte již vypracované výpočetní modely pro program COCOSYS v ÚJV pro analýzu úniku chladiva. Na základě těchto informací navrhnete vstupní model pro výpočetní program.
3. Proveďte výběr vstupních parametrů, které mají, dle dosud vypracovaných analýz, zásadní vliv na průběh klíčových parametrů (tlak, teplota) uvnitř ochranné obálky během sledované nehody. Soustředte se na dobu dosažení podtlaku v kontejnmentu a práci aktivního a pasivního systému sprchování.
4. Na základě vybraných klíčových parametrů proveďte potřebné výpočty pro několik hodnot daného parametru. Výsledky průběhu výstupních parametrů mezi sebou srovnajte a určete, které parametry mají na dobu dosažení podtlaku v ochranné obálce největší vliv.
5. Proveďte celkové zhodnocení výsledků práce.

Seznam odborné literatury:

Heřmanský, B.: Termomechanika jaderných reaktorů, Academia, Praha, 1986

W. Klein-Heßling, S. Arndt, G. Weber: COCOSYS V1.2, Part 1: User Manual, Part 2: Programme Reference Manual, Part 3: Implementation Manual, GRS - P - 3/1, 3/2 and 3/3, July 2000, GRS mbH

COCOSYS V2.3, User's Manual, Revision 0, January 2007, GRS mbH

Tong, L.S.; Weisman, J. Thermal Analysis of Pressurized Water Reactor – 3rd ed. American Nuclear Society 1996.

Zdroje databáze INIS, veřejné zdroje, články ze sborníků a časopisů a další dle doporučení vedoucího a konzultanta práce.

A.Kecek: Výzkumný úkol. ČVUT-FJFI 2013.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jiří Martinec, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 29.10.2013

L.S.

---

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.  
Děkan fakulty

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá kontejnmentovými systémy s potlačením tlaku při haváriích s únikem chladiva. Zaměřuje se na ochranné obálky elektráren s reaktory VVER-440/V-213. Je zde popsán průběh havárie s únikem chladiva. Byl navržen vstupní model, který je tvořen jednotlivými zónami reprezentující dané prostory, které jsou spojeny spojkami a tepelnými strukturami. Poté byly zvoleny vstupní parametry pro výpočty modelu. A nakonec bylo provedeno několik výpočtů pro zvolené parametry.

## **Abstract**

This diploma thesis deals with a pressure suppression system containment during the loss of coolant accidents. It is focused on the containment systems of the nuclear power plants with VVER-440/V-213 reactors. There is described the process of loss of coolant accident. There was designed input model which consists of the zones representing the areas which are connected with junctions and heat structures. Were then selected input parameters for the model calculations. And finally, there have been several calculations for the selected parameters.

## **Klíčová slova**

Jaderná elektrárna, Ochranná obálka, Vakuobarbotážní systém, Model, LOCA

## **Keywords**

Nuclear Power Plant, Containment, Bubbler condenser, Model, LOCA



STUDÝNKA, R. Modely a analýzy v kontejnmentovém systému s potlačením tlaku při haváriích s únikem chladiva. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 66 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jiří Martinec, Ph.D.



## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval sám bez cizí pomoci. Vycházel jsem přitom ze svých znalostí, odborných konzultací a doporučené literatury, uvedené v seznamu.

V Brně dne 30. května 2014

.....  
podpis studenta



***Poděkování***

Děkuji Ing. Lubomírovi Denkovi a Ing. Jiřímu Martincovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky.



## Obsah

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| Úvod .....                                           | 15 |
| 1 Reaktory VVER.....                                 | 16 |
| 2 Ochrana do hloubky .....                           | 19 |
| 3 Reaktory VVER-440/V-213 .....                      | 20 |
| 4 Kontejnmentový systém .....                        | 21 |
| 4.1 Těsnost kontejnmentu.....                        | 22 |
| 4.2 Místnosti hermetické zóny.....                   | 23 |
| 4.2.1 Šachta reaktoru .....                          | 23 |
| 4.2.2 Box parogenerátorů .....                       | 23 |
| 4.2.3 Místnost obsluhy elektromotorů HCČ.....        | 24 |
| 4.3 Systém potlačení tlaku.....                      | 24 |
| 4.3.1 Vakuobarbotážní systém .....                   | 24 |
| 4.3.2 Aktivní sprchový systém .....                  | 27 |
| 5. Havárie s únikem chladiva v ochranné obálce ..... | 28 |
| 5.1 Průběh havárie LB LOCA .....                     | 28 |
| 5.1.1 Normální stav .....                            | 28 |
| 5.1.2 Havárie LB LOCA .....                          | 28 |
| 5.1.3 Vyrovnání tlaku .....                          | 29 |
| 5.1.4 Zpětné vylití.....                             | 30 |
| 5.1.5 Pasivní sprchování .....                       | 30 |
| 5.1.6 Dosažení podtlaku .....                        | 31 |
| 5.2 Průběh havárií s menším únikem chladiva .....    | 31 |
| 6 COCOSYS.....                                       | 31 |
| 7. Nodalizace modelu ochranné obálky.....            | 33 |
| 8. Výběr vstupních parametrů .....                   | 48 |
| 9. Výpočty a výsledky .....                          | 49 |
| 9.1 Pasivní sprchový systém při LB LOCA .....        | 50 |
| 9.2 Výsledky výpočtu 1 .....                         | 52 |
| 9.3 Výsledky výpočtu 2 .....                         | 52 |
| 9.4 Výsledky výpočtu 3 .....                         | 53 |
| 9.5 Výsledky výpočtu 4 .....                         | 54 |
| 9.6 Výsledky výpočtu 5 .....                         | 54 |
| 9.7 Srovnání výsledků 1 až 5.....                    | 55 |
| 9.8 Výsledky výpočtu 6 .....                         | 56 |

---

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 9.9 Výsledky výpočtu 7 .....        | 56 |
| 9.10 Výsledky výpočtu 8 .....       | 57 |
| 9.11 Srovnání výsledků 6 až 8 ..... | 57 |
| Závěr .....                         | 59 |

## Úvod

Již u prvních jaderných energetických zařízení byl kladen velký důraz na jejich bezpečnost. V tomto trendu se nadále pokračuje a v současnosti se nároky na jadernou bezpečnost neustále zvyšují. Spolu s tímto jevem dochází k vývoji nových bezpečnostních opatření a nových typů bezpečnostních prvků na základě zkušeností se stávajícími zařízeními. Dále pak dochází i k ověřování bezpečnosti stávajících jaderných zařízení a jejich případnému vylepšování.

Posuzovat nebo ověřovat bezpečnost jaderných zařízení lze buďto experimentálně, nebo pomocí výpočetních programů. Experimentální metody posuzování bezpečnosti jsou často velmi nákladné a nejsou příliš variabilní. Naproti tomu stojí řada verifikovaných a validovaných programů, které jsou daleko méně nákladné a jejich použití je univerzálnější.

Tato diplomová práce se zabývá kontejnmentovými systémy jaderných reaktorů se systémem potlačení tlaku při haváriích s únikem chladiva (LOCA).

V úvodu je popsán vývoj a problematika ochranných obálek jaderných elektráren s reaktory VVER. Tato diplomová práce se zaměřuje na kontejnmentový systém elektráren s reaktory VVER-440/V-213. V úvodu je popsána ochranná obálka těchto reaktorů, kdy byl spolu s nimi popsán i systém potlačení tlaku.

Poté byly popsány havárie s únikem chladiva uvnitř hermeticky těsné zóny, jedná se o havárie LB LOCA a havárie s menšími úniky chladiva.

Dále byl popsán COCOSYS, což je program určený nejen pro výpočet termohydraulických výpočtů.

Tento program byl pak použit pro vytvoření modelu kontejnmentového systému se systémem potlačením tlaku (ochranné obálky reaktoru VVER-440/V-213).

Byl navržen vstupní model, který je tvořen jednotlivými zónami reprezentující dané prostory, spojkami mezi nimi a tepelnými strukturami.

Poté byly zvoleny vstupní parametry pro výpočty modelu. A nakonec bylo provedeno několik výpočtů pro zvolené hodnoty, které byly nakonec vyhodnoceny.

## 1 Reaktory VVER

Reaktor VVER (vodo-vodní energetický reaktor / водо-водяной энергетический реактор) je tlakovodním reaktorem východního typu, který byl navržen v bývalém Sovětském svazu. Jedná se o nejčastěji používaný typ reaktorů. Jaderné elektrárny v České republice (JE Dukovany a JE Temelín) využívají reaktory této koncepce [13, 14].

První tlakovodní reaktor byl uveden do provozu v roce 1964 v Novovoroněži, která se nachází na území dnešního Ruska. Jednalo se o typ VVER-210. Ten byl následován druhým prototypem o výkonu 365 MWel, který byl uveden do provozu v roce 1969 [13].



Obrázek 1: Jaderná elektrárna Novovoroněž, 1. a 2. blok [23]

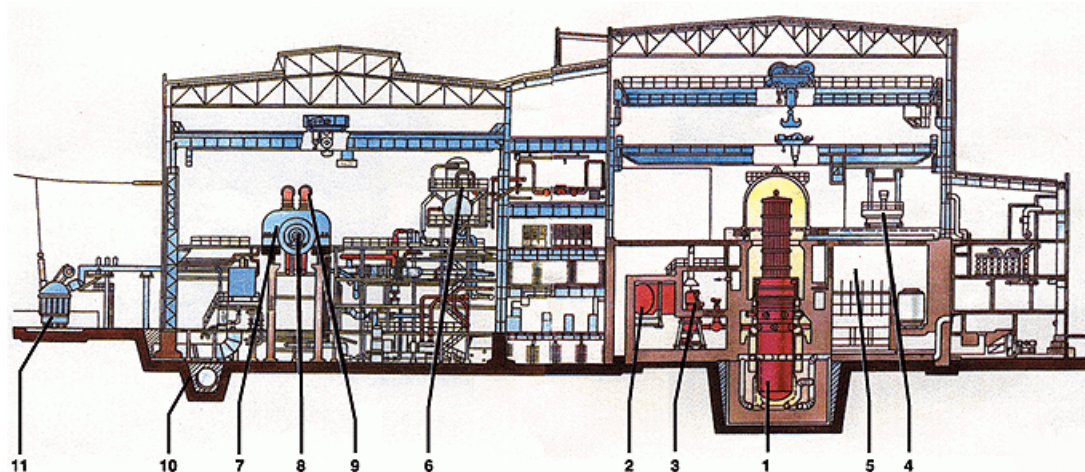
Na základě zkušeností s těmito bloky vznikly reaktory VVER-440 typu V-230. První blok této řady (JE Novovoroněž-3) byl spuštěn v roce 1971. Počet řídicích tyčí byl snížen z původních 73 na 37, a to z důvodu zavedení boru jako moderátoru. Tato řada potvrdila konkurenceschopnost jaderných elektráren [13, 14, 15, 16].

Bezpečnost této řady se podobala bezpečnosti reaktorů západní koncepce. Řada reaktorů VVER-440/V-230 byla navržena na maximální projektovou havárii se vznikem praskliny o průměru pouhých 32 mm kdekoli na primárním potrubí. To bylo kompenzováno konzervativním návrhem, který minimalizoval riziko havárie [13, 14].

Model má limitované zásoby pro havarijní chlazení. To se u jednotlivých elektráren liší. Většina z těchto elektráren má vysokotlaký vstřikovací systém, který poskytuje chladivo z malé nádrže, ale nemá rezervu pro vysokotlakou recirkulaci. V současnosti s tímto konceptem fungují už jen 3 bloky jaderných elektráren [13, 14].

Dalším typem řady reaktorů VVER-440, a zároveň 2. generací reaktorů VVER, je reaktor VVER-440/V-213 (viz Obr. 3). Tyto dva typy mají velice podobné rozložení primárního okruhu. Oproti předchozímu typu však byla značně vylepšena bezpečnost. Tento typ ještě nemá plnotlaký kontejnment, ale má vakuobarbotážní systém, který slouží k případnému snížení tlaku. Je tak projektován na havárie s okamžitým oboustranným gilotinovým roztržením potrubí primárního okruhu [9, 13, 14, 16, 17].

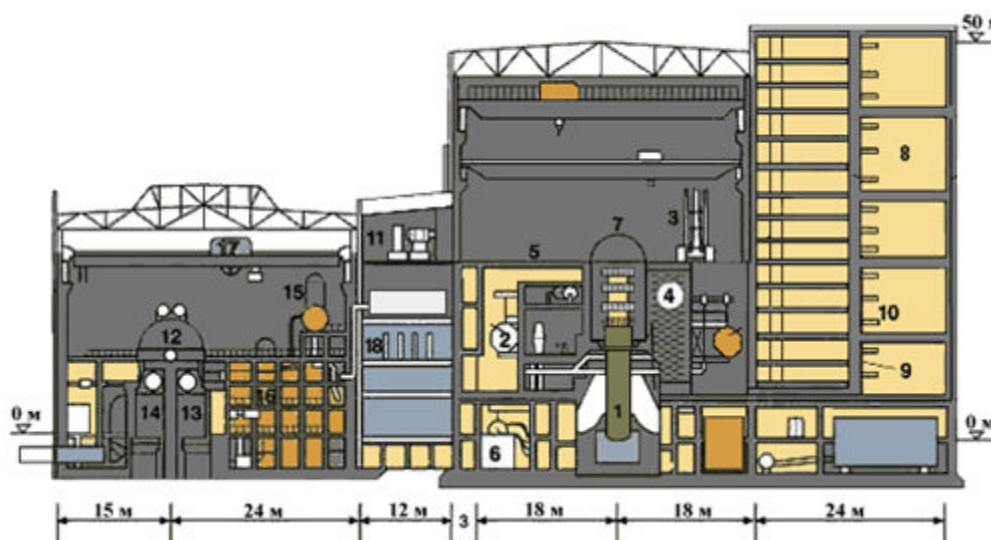
Reaktory VVER-440/V-213 mají redundantní, nezávislé havarijní chladicí systémy zahrnující vysokotlaká čerpadla, nízkotlaká čerpadla a hydroakumulační nádrže. Vysokotlaký systém má schopnost recirkulace a pro vykonávání jakýchkoliv funkcí využívá oddělený systém. Jedná se o nejrozšířenější typ reaktorů v Evropě a Rusku. V České republice se nachází v jaderné elektrárně Dukovany (4 bloky) [13, 14].



Obrázek 2: Řez elektrárnou s reaktorem VVER-440/V-230 [24]

1 - Reaktor, 2 - Parogenerátor, 3 - Hlavní cirkulační čerpadlo, 4 - Zavážecí zařízení, 5 - bazén vyhořelého paliva, 6 - Odplyňovák, 7 - Parní turbína, 8 - Generátor, 9 - Parovody, 10 - Potrubí chladicí vody, 11 - Transformátor

Na obrázku 3 je patrný zásadní rozdíl mezi typy V-230 a V-213. Typ V-213 má barbotážní věž.

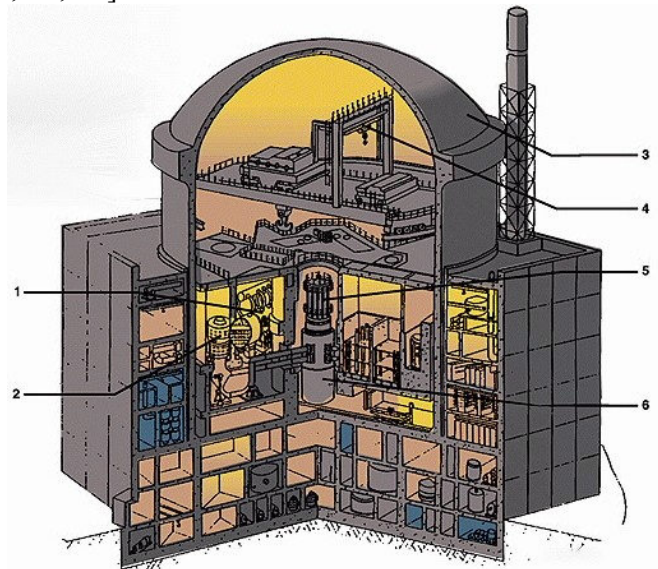


Obrázek 3: Řez elektrárnou s reaktorem VVER-440/V213 [25]

1 - Reaktorová nádoba, 2 - Parogenerátor, 3 - Zavážecí stroj, 4 - Bazén vyhořelého paliva, 5 - I. okruh, 6 - Systém dodávky napájecí vody, 7 - Víko reaktoru, 8 - Hranice systému I. okruhu, 9 - Barbotážní přepážky, 10 - Pojistné ventily barbotáže, 11 - Vzduchotechnika, 12 - Turbína 2x220 MWe, 13 - Kondenzátor, 14 - Blok turbíny, 15 - Napájecí nádrž s odplyňovákem, 16 - Separátor a přehříváč, 17 - Jeřáb, 18 - Elektrické vybavení a řízení

Spolu se stavbou reaktorů VVER-440/V-213 probíhal vývoj další řady reaktorů VVER-1000. Prvním z této řady byl reaktor VVER-1000 typu V-187. Po zkušenostech s tímto typem byl koncept pozměněn a později tak byl představen další typ V-302. V tomto případě se už jednalo o návrh s plnohodnotným kontejnmentem z předepjatého betonu a kontejnmenty jsou navrženy jako plnotlaké. Od roku 1985 se stavěly elektrárny s dalším vývojovým stupněm těchto reaktorů, kdy se jednalo o typ V-320. Mezi jaderné elektrárny s těmito reaktory patří i JE Temelín. Řada reaktorů VVER-1000 je projektována na maximální projektovou havárii

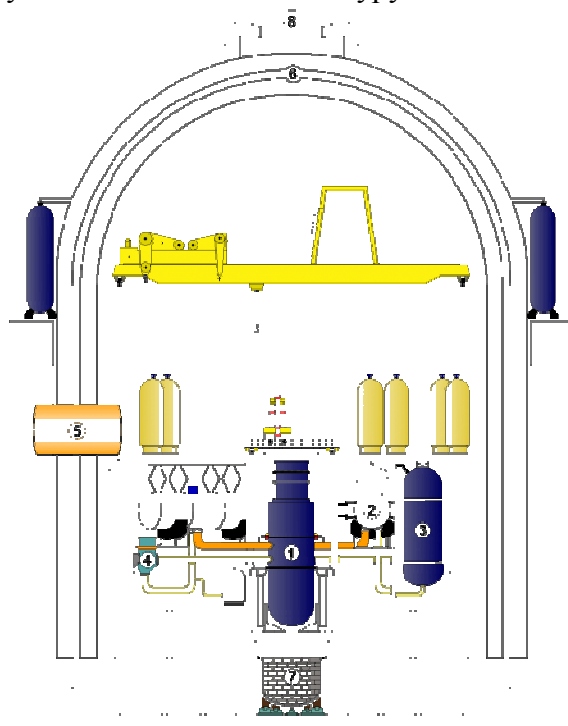
s prasknutím primárního potrubí o průměru 850 mm, která je spojena se zemětřesením a výpadkem napájení. Tyto reaktory mají horizontální parogenerátory a 4 smyčky primárního okruhu a kromě typu V-187 na nich nemají hlavní uzavírací armatury. A má řídicí tyče ve formě klastrů, které v případě havarijního odstavení padají do aktivní zóny volným pádem. Později došlo k dalšímu vývoji a vznikly typy V-392, V-428 a V-412, které se již řadí do 3. generace reaktorů [14, 15, 16].



Obrázek 4: Řez kontejnmentem JE s reaktorem VVER-1000 [26]

1 - Horizontální parogenerátor, 2 - Hlavní cirkulační čerpadlo, 3 - Kontejnment, 4 - Zavážecí stroj, 5 - Příslušenství regulačních tyčí, 6 - Tlaková nádoba reaktoru

Další jsou reaktory VVER-1200. Jedná se o typy 491 a 392M s výkony 1200 MW<sub>el</sub>.



Obrázek 5: Řez kontejnmentem JE s reaktorem VVER-1000 [27]

1- Nádoba reaktoru, 2 - Parogenerátor, 3 - Kompenzátor objemu, 4 - Hlavní uzavírací armatura, 5 - Uzávěr, 6 - Dvouplášťový kontejnment, 7 - Core Catcher, 8 - Systém odvodu tepla

Jaderné elektrárny s reaktory mají dvouplášťový kontejnment, systém havarijního chlazení se záložními dieselaagregáty a v případě výpadku proudu lze využít zbytkový výkon [14].

Dalšími reaktory jsou VVER-1500, které jsou podobné reaktorům VVER-1000, ale kvůli vyššímu výkonu mají upravené rozměry.

## 2 Ochrana do hloubky

Ještě před vytvořením prvních civilních jaderných energetických zařízení nastavili vývojáři těchto zařízení velice vysoké požadavky na jejich bezpečnost. Z počátku se tyto požadavky nedařilo vždy úspěšně plnit, ale postupem času se neustále vyvíjely a vznikaly nové bezpečnostní záznamy. Na základě těchto záznamů byly stanoveny požadavky na prostředky zajišťující bezpečnost u reaktorů chlazených a moderovaných vodou. Mezi tyto prostředky patří silné uzavřené struktury, které byly navrženy tak, aby bránily únikům radioaktivních látek z jaderných elektráren do životního prostředí v jejich okolí. Později pak došlo k širokému přijetí těchto požadavků na bezpečnost, a ty byly přetvořeny do strategie pro jadernou bezpečnost, kterou je právě ochrana do hloubky [18].

Základem ochrany do hloubky pro jaderné elektrárny je použití bariér, které by zabránily případnému úniku radioaktivních látek do okolí elektrárny, a pěti úrovní ochrany k zajištění jejich integrity pomocí organizačních opatření a technických prostředků. Jedná se o strukturovaný proces, kdy i v případě selhání jedné úrovně plní funkci ochrany zbývající úrovně [18, 21].

Tabulka 1: Pět úrovní ochrany do hloubky [20, 21]

| Úroveň | Cíl                                                                             | Prostředky                                                                 |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 1      | Prevence abnormálního provozu a poruch                                          | Konzervativní projekt, vysoká kvalita konstrukce a provozu zařízení        |
| 2      | Řízení abnormálního provozu a poruch                                            | Řídící, omezující a ochranné systémy, provozní systémy, provozní předpisy  |
| 3      | Řízení projektových havárií                                                     | Bezpečnostní systémy, prvky technických ochranných a havarijních předpisů  |
| 4      | Předcházení a zmírňování následků těžkých havárií                               | Technické prostředky a organizační opatření                                |
| 5      | Zmírnění radiačních následků významných úniků radioaktivního materiálu do okolí | Opatření na ochranu obyvatelstva a životního prostředí při radiační nehodě |

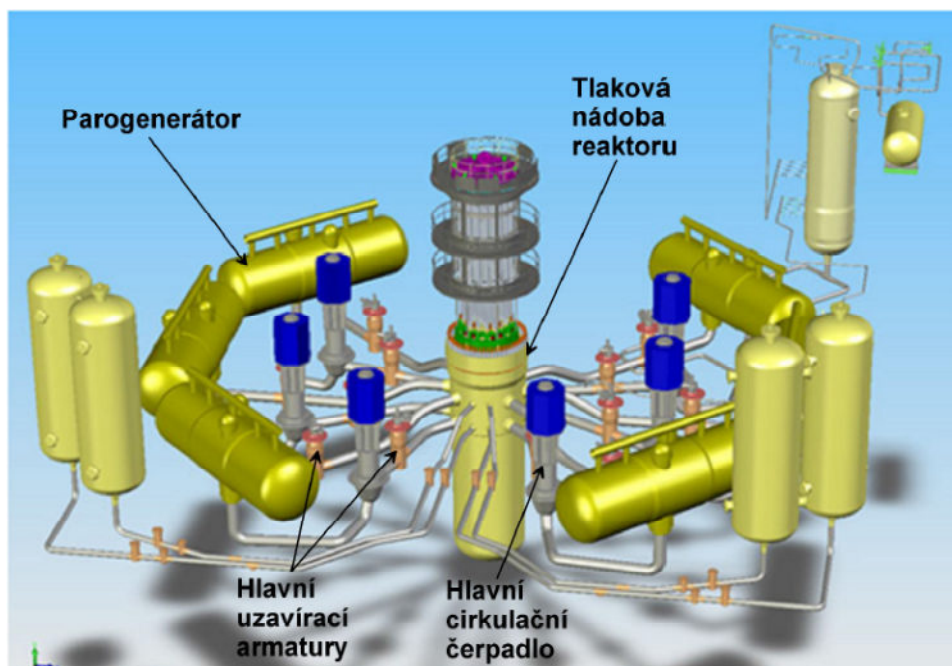
Bariéry proti úniku radioaktivních látek jsou [20]:

1. Palivová matrice
2. Pokrytí paliva
3. Primární okruh elektrárny
4. Systém ochranné obálky

Požadavky na jadernou bezpečnost neustále narůstají. Z tohoto důvodu dochází k průběžnému vývoji koncepcí jaderných elektráren a jejich bezpečnostních systémů. Proto jsou důležité analýzy stávajících jaderných zařízení, jejichž výstupní data pak poslouží jako podklady pro vývoj jaderných elektráren a zvyšování jaderné bezpečnosti.

### 3 Reaktory VVER-440/V-213

Reaktory VVER-440/V-213 jsou tlakovodní reaktory východního typu. Palivem je obohacený uran ve formě tablet oxidu uraničitého, které jsou uspořádány do palivových proutků. Reaktory obsahují šestiúhelníkové palivové kazety, které obsahují 126 palivových proutků. Chladivem a moderátorem je lehká voda, která v primárním okruhu proudí až pod tlakem okolo 12,3 MPa a teplotě okolo 300°C. Primární okruh je tvořen reaktorem se šesti chladicími větvemi, šesti parogenerátory, které jsou na rozdíl od tlakovodních reaktorů horizontální (viz Obr. 6), šesti chladicími větvemi s hlavními uzavíracími armaturami na teplých a studených větvích a hlavním cirkulačním čerpadlem na každé smyčce, které zajišťuje proudění chladiva v primárním okruhu. K jedné větvi primárního okruhu je připojen kompenzátor objemu s pojistnými ventily. Tlaková nádoba reaktoru je vyrobena z feritické oceli a je oplátována austenitickou nerezovou ocelí. Ostatní komponenty primárního okruhu jsou vyrobeny z austenitické nerezové oceli, stejně jako oplátování tlakové nádoby. V parogenerátorech dochází k předávání tepla z primárního okruhu do sekundárního okruhu, který se skládá ze dvou turbogenerátorů se systémy kondenzace, regenerace, napájecí vody a parovodů. Na sekundární okruh navazuje terciární systém (systém cirkulační chladicí vody a systém technické vody s chladicími věžemi) [14, G6, 19, 10].



Obrázek 6: Schéma primárního okruhu JE s reaktory VVER-440/V-213 [28]

Základy bezpečnostních systémů reaktorů VVER-440/V-213 jsou podobné jako u západní koncepce PWR. Bezpečnostní systémy počítají s gilotinovým řezem potrubí primárního okruhu reaktoru a jsou ztrojené. Řada tlakovodních reaktorů VVER-440 typu V-213 je vybavena kontejnmentovým systémem, ve kterém se nachází kompletní primární okruh a část sekundárního okruhu. Kontejnmentový systém s potlačením tlaku je schopný vydržet zatížení při havárii LB LOCA, za podmínky zachování funkčnosti primárního okruhu. Kontejnmentový systém těchto reaktorů není konstruován jako plnotlaký, a proto má systém potlačení tlaku [9].

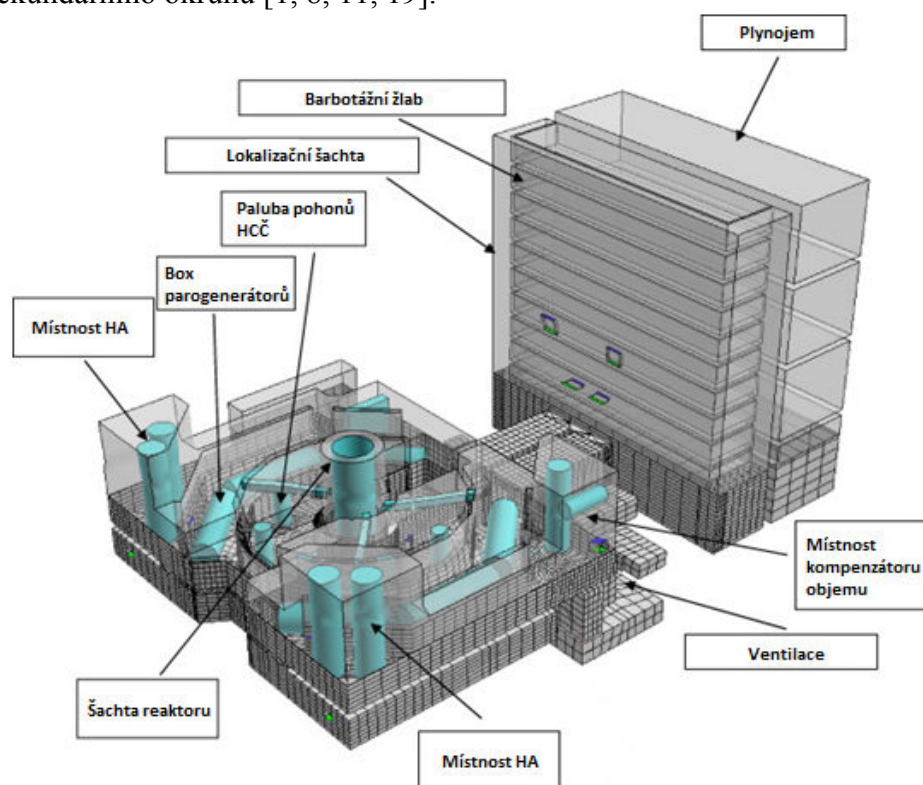
Oproti předchozímu modelu VVER-440/V-230 došlo u kontejnmentového systému ke značnému vylepšení, kdy je schopen zvládat větší havárie. Jedná se právě o systém potlačení tlaku při haváriích s únikem chladiva v hermetické zóně jaderné elektrárny [5,3,5].

#### 4 Kontejnmentový systém

U jaderných elektráren s reaktory VVER-440/V-213 existuje několik bariér proti úniku štěpných produktů do prostředí elektrárny. První z nich je pokrytí paliva. Pokud dojde k jeho poškození, tak se štěpné produkty dostávají do chladiva primárního okruhu. Primární okruh je dobře utěsněný systém. Pokud však dojde k jeho poškození, tak dojde k vytékání vody o vysokém tlaku z primárního okruhu do hermetických prostor. Kontejnmentové systémy jsou tvořeny ochrannou obálkou, která u jaderných elektráren VVER-440/V-213 představuje čtvrtou a poslední bariéru proti úniku radioaktivních látek [6].

Ochranné obálky jsou projektovány tak, aby zabránily nebo případně minimalizovaly úniky radioaktivní páry do okolí jaderné elektrárny v případě jakékoliv havárie LOCA. Maximální projektová havárie je LB LOCA. LB LOCA je oboustranné gilotinové roztržení potrubí primárního okruhu o průměru DN500, kdy dochází k výtoku chladiva primárního okruhu z obou konců roztrženého potrubí. Při projektové havárii se předpokládá funkčnost havarijního chladicího systému (jedno vysokotlaké a jedno nízkotlaké vstřikovací potrubí ze tří) a funkčnost havarijního sprchového systému (také jeden ze tří) [1, 11, 12, 6, 8].

Ochranná obálka je tvořena robustní betonovou budovou, která je utěsněna vůči okolnímu prostředí. Základními stavebními prvky stěn jsou armobloky a celkový volný objem obálky je 51 119 m<sup>3</sup> bez započtení objemu v barbotážních žlabech. Zásadní odlišností oproti kontejnmentům západní koncepce je obdélníková budova s barbotážní věží. Ochrannou obálku tvoří více než čtyřicet hermeticky těsných kobek, které jsou propojeny s barbotážní věží prostřednictvím koridoru. V kobkách se nachází primární okruh a jeho komponenty, a také část sekundárního okruhu [1, 8, 11, 19].



Obrázek 7: Ochranná obálka reaktoru VVER-440/V-213 [29]

Ochranná obálka musí zajistit následující základní funkce:

- zamezení úniku štěpných produktů mimo hermetické prostory překročením přednastavených hladin (například zajištění těsnosti biologické ochrany během normálního stavu a během havárie),
- řízení dopadu zvýšeného tlaku a teploty uvnitř hermeticky těsných prostor, způsobených selháním chladicího systému reaktoru,
- ochrana chladicího systému reaktoru a zařízení elektrárny před vlivy uvnitř i vně kontejnmentu (kontejnment by měl vydržet působení přírodních sil, jako je zemětřesení a podobně, i člověkem vyvolané aktivity [12]).

Tlak 150 kPa v hermeticky uzavřené budově je maximální tlak, který nemá žádné následky na budovu kontejnmentového systému.

Tabulka 2: Parametry ochranné obálky [2]

|                                |                               |
|--------------------------------|-------------------------------|
| Tlak při provozu JE            | 100 - 150 Pa                  |
| Max. tlak                      | 250 kPa                       |
| Min. tlak                      | 80 kPa                        |
| Max. teplota                   | 129 °C                        |
| Max. vlhkost                   | 100 % s obsahem vodních kapek |
| Max. dávka ionizujícího záření | 10 <sup>5</sup> Gy / 10 let   |

Kontejnmentový systém se skládá z následujících hlavních částí [2,11]:

- hermetické kobky,
- koridory,
- barbotážní věž,
- plynojemy,
- systém potlačení tlaku.

Součástí hermetických prostor jsou mimo jiné i hermetická zařízení [2]:

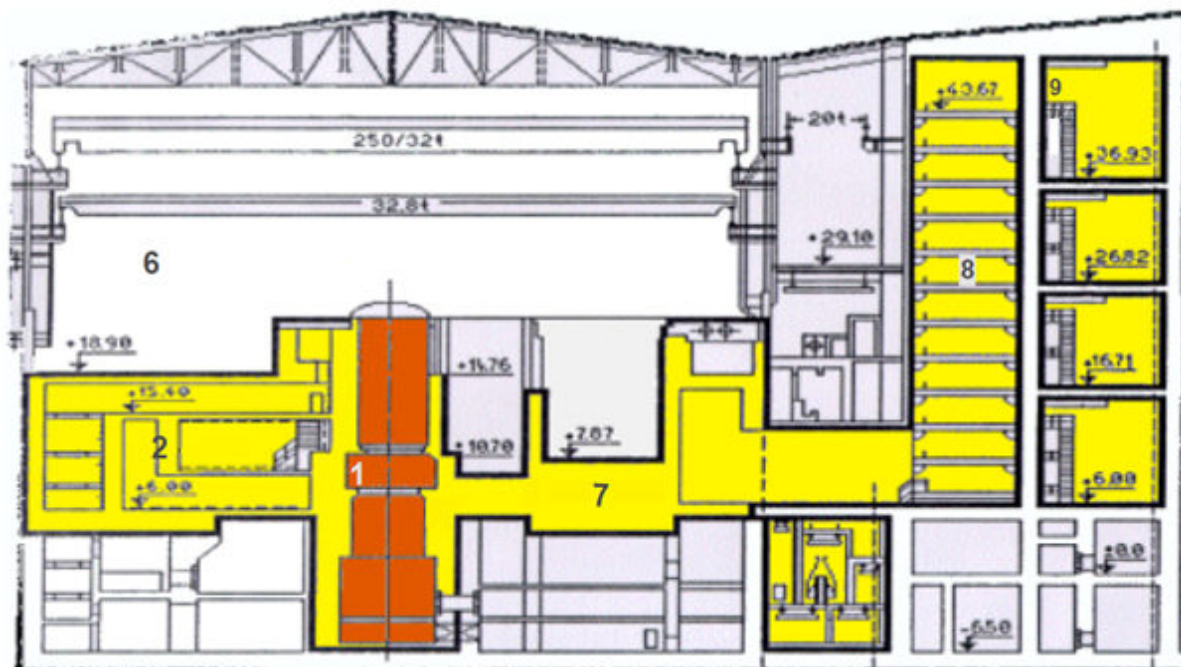
- hermetická vystýlka,
- hermetické průchodky,
- hermetické dveře a průlezy,
- poklop šachty reaktoru,
- hradidlo bazénu výměny paliva,
- mechanismus pohonů ionizačních komor.

#### 4.1 Těsnost kontejnmentu

Z důvodu údržby musí mít hermeticky těsné kobky otvory do dalších částí jaderné elektrárny a musí mít ventilační systém. Proto není hermetická těsnost stoprocentní. Ochranná obálka je poslední bariérou proti únikům štěpných produktů, a proto je důležité vědět o těchto únicích. Může k nim dojít několika způsoby. Obvykle je největší únik skrz reaktorovou halu, kdy se jedná asi o 37%. Z hermetických prostor je aktivita odváděna pomocí ventilačního systému do komína. Z kontejnmentu při přetlaku 150 kPa za 1 den unikne asi 8 - 10 % plynů, které se nachází uvnitř. Limitní hranice je kolem 15 %. Úniky do atmosféry jsou možné jen v případě přetlaku v kontejnmentu. Ten může nastat jen v případě poruch nebo havárií. Za normálních podmínek se udržuje v kontejnmentu podtlak, aby se tak zabránilo únikům [6].

## 4.2 Místnosti hermetické zóny

Hermetickou zónu tvoří přibližně 40 hermetických místností. Z nich jsou pro bezpečnostní analýzy nejdůležitější: šachta reaktoru, box parogenerátorů a místnost obsluhy elektromotorů HCČ.



Obrázek 8: Hermetická zóna (žlutě vyznačená část) [11]

1 - Šachta reaktoru, 2 - Box PG, 6 - Reaktorová hala, 7 - Spojovací koridor, 8 - Šachta barbotážní věže, 9 - plynojemy

### 4.2.1 Šachta reaktoru

Šachta má válcovitý tvar a je v ní umístěna tlaková nádoba reaktoru. Šachta sahá od základní desky elektrárny až po strop parogenerátorů. Zajišťuje podporu jak pro strop, tak pro podlahu boxu parogenerátorů. Tloušťka stěny šachty reaktoru je 2,5 m tlustá stěna z betonu s několika vrstvami vyztužené oceli. Tato stěna zajišťuje biologickou ochranu proti záření z aktivní zóny. Prostor šachty reaktoru je propojen s boxem parogenerátorů prostřednictvím 4 havarijních odvodů pár a průchodkami. Šachta reaktoru je rozdělena na horní a dolní část. Horní část šachty reaktoru je nahoře uzavřena víkem z uhlíkové oceli [8, 2].

### 4.2.2 Box parogenerátorů

Box parogenerátorů se nachází v systému hermeticky těsných kobek okolo šachty reaktoru a paluby HCČ. V tomto prostoru se nachází převážně primární okruh reaktoru. Box parogenerátorů je budova tvaru mezikruží se železobetonovou konstrukcí. Tloušťka vnějších stěn je 1,5 m a tloušťka vnitřních stěn je 0,7 m. Diagonální železobetonové stěny jsou umístěny v rozích. Tyto stěny snižují rozpětí stropu a také plní funkci ochrany před pádem cizích těles. Uvnitř boxu parogenerátorů se nachází paluba pohonů hlavních cirkulačních čerpadel kruhového tvaru. V tomto prostoru jsou situovány elektromotory šesti hlavních cirkulačních čerpadel a elektrické pohony šesti uzavíracích armatur horkých a studených větví [8, 2].

Místnost boxu je propojena otvory s vrchem spodní části šachty reaktoru a dvojitým spojovacím koridorem se šachtou barbotážní věže [2].

Podlaha boxu PG je podepřena podpůrnou konstrukcí. Vnější stěny pak pokračují dolů k základní desce jaderné elektrárny a zajišťují tak podporu vnějšího okraje boxu parogenerátorů. Pod podlahou je řada podpůrných zdí, které zajišťují dodatečnou podporu [8].

#### 4.2.3 Místnost obsluhy elektromotorů HCČ

Místnost obsluhy elektromotorů HCČ se nachází okolo šachty reaktoru na úrovni 10,5 m. Místnost je propojena s boxem parogenerátorů pomocí 9 průchodek s průtržnými membránami. Membrány mají chránit palubu HCČ před nárůstem tlaku v místnosti, v případě kdy dojde k úniku média přímo v místnosti (např. přes ucpávky HCČ). Průtržní tlak, při kterém dojde k prasknutí membrány, nesmí být větší než 40 kPa.

### 4.3 Systém potlačení tlaku

Jaderné elektrárny s reaktory VVER-440/V-213 mají několik zařízení pro snížení tlaku kvůli zachování integrity budov a pro kontrolu přetlakových stavů.

Tyto zařízení využívají 2 metody snížení tlaku:

- kondenzace (pasivní a aktivní sprchový systém, barbotážní systém)
- velké objemy (plynojemy se zpětnými klapkami)

#### 4.3.1 Vakuobarbotážní systém

Vakuobarbotážní systém je pasivní systém, který je nezávislý na energetických zdrojích. Nachází se v barbotážní věži, která je propojena s hermeticky těsnými kobkami obklopujícími primární okruh prostřednictvím koridoru. Barbotážní věž je charakteristickým rysem kontejnmentových systémů s potlačením tlaku u reaktorů VVER-440/V-213 a je jednou z odlišností od tlakovodních reaktorů západního typu. U reaktorů VVER-440/V-213 jsou relativně malé prostory nad barbotážními žlaby, které jsou odděleny od plynojemů zpětnými klapkami. Objem hermetických kobek, včetně kanálu, který je propojuje s odstupňovanými barbotážními žlaby naplněnými vodou, je větší, než je tomu u systému potlačení tlaku kontejnmentů tlakovodních reaktorů západního typu [5].

Barbotážní systém zajišťuje pasivní potlačení tlaku v kontejnmentovém systému v případě havárie s únikem chladiva. Systém je dimenzován na maximální projektovou událost LB LOCA. Potlačení tlaku probíhá expanzí páry do velkého objemu a následnou kondenzací v barbotážních žlabech.

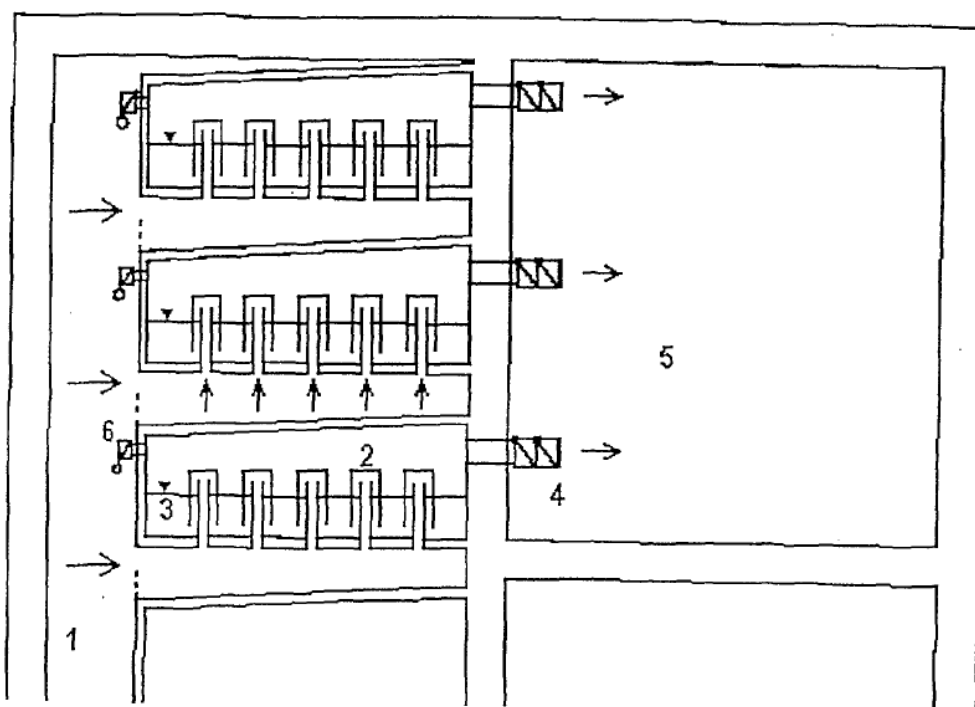
Barbotážní věž je budova o půdorysu 39 x 21,5 m a výšce 41,9 m. Je napojena na hermetické prostory reaktoru a primárního okruhu prostřednictvím spojovacího koridoru. Koridor je rozdělen železobetonovou stěnou o tloušťce 1 m na 2 části. Barbotážní věž je po celé výšce rozdělená na prostor barbotážního kondenzátoru a 4 plynojemy. Vnitřní stěny mají pro zajištění maximální těsnosti vystýlku z ocelového plechu. Barbotážní věž obsahuje okolo 1500 m<sup>3</sup> vody, která je rozdělena mezi jednotlivé žlaby [2, 8].

Hlavní části vakuobarbotážního systému jsou [2]:

- barbotážní věž,
- barbotážní žlaby se zpětnými a samouzavíracími klapkami,
- plynojemy,
- čerpadlo odvodu roztoku z barbotéru,
- chladič roztoku,
- vývěva pro zkoušení těsnosti barbotéru.

Funkcí vakuobarbotážního systému je [2]:

- snížení tlaku v ochranné obálce na atmosférický tlak kondenzací páry v barbotážních žlabech a pasivním sprchováním objemu šachty barbotážní věže ze žlabů,
- záchyt nezkondenzovaných plynů (směs vzduchu a radioaktivních plynů a par) v plynojemech po dobu potřebnou k jejich likvidaci,
- zachycení radioaktivních produktů štěpení v barbotážních žlabech.

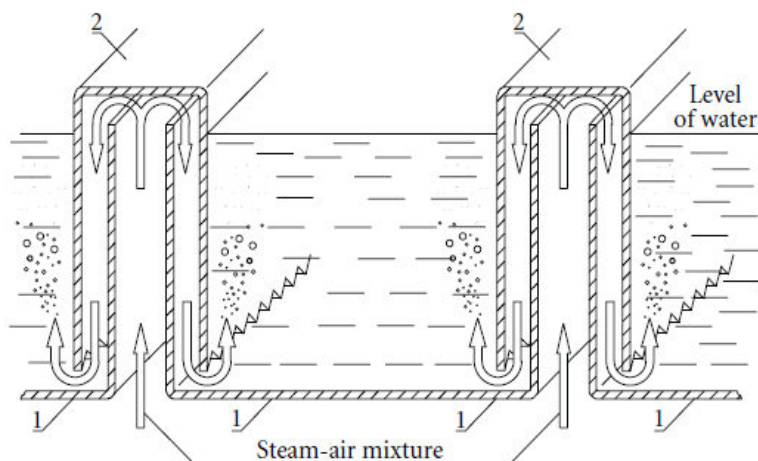


Obrázek 9: Nádrž barbotážního kondenzátoru s plynojemem [11]

1 - Šachta barbotážní věže, 2 - Systém klobouček-mezera, 3 - Výška vodní hladiny, 4 - Zpětná klapka DN500, 5 - Plynojem, 6 - Samouzavírací klapka DN250

#### 4.3.1.1 Barbotážní žlaby

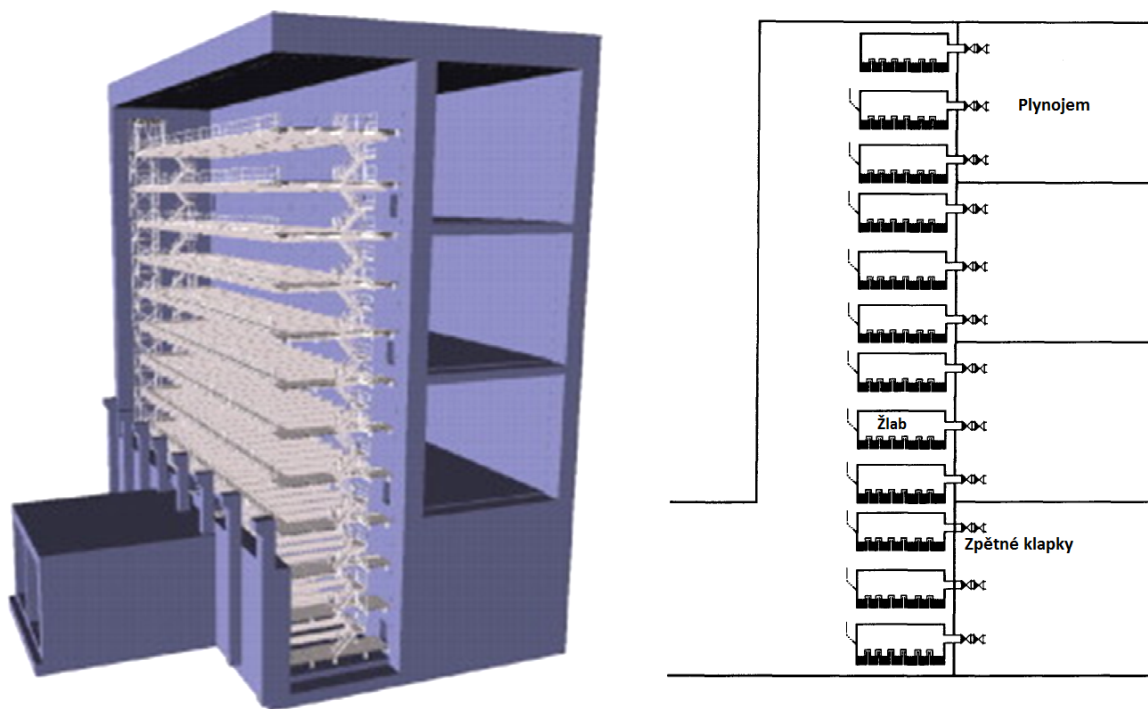
Barbotážní žlaby tvoří vstupní část komor barbotéru na jednotlivých podlažích. V barbotážní věži se nachází celkem 12 podlaží s barbotážními žlaby. Barbotážní žlaby jsou navařeny na 2 nosnících. Každý žlab je tvořen sedmnácti sekcemi, a každá sekce je tvořena devíti takzvanými systémy klobouček-mezera. Kloboučky a mezery jsou vyztuženy žebry. Spodní okraje kloboučků mají pilovitý tvar, z důvodu rovnoměrného probublávání paroplynové směsi skrz vodní vrstvu. Barbotážní žlaby byly navrženy s hloubkou ponoření kloboučku asi 0,48 m. Kloboučky slouží k tomu, aby byl tok páry proudící v mezeře směrem vzhůru otočen o 180° směrem dolů právě pomocí těchto kloboučků. Na následujícím Obr. 10 je znázorněn řez barbotážním žlabem [5, 2].



Obrázek 10 [22]

*1 - Klobouček, 2 - Mezera*

Každé tři žlaby, respektive objemy jejich nesmáčených částí, jsou propojeny s jedním plynojemem. Barbotážní žlaby zajišťují kontakt mezi paroplynovou směsí a studenou vodou ve žlabech, což má za následek intenzivní kondenzaci. Mezi každým žlabem a plynojemem je zpětná klapka o průměru DN500, která slouží k zadržení nezkondenzovaných plynů a par v plynojemě. Celkově se nacházejí v barbotážní věži 4 plynojemy [5,11, 8].



Obrázek 11: Barbotážní věž [29, 8]

Vakuobarbotážní systém, i celý kontejnmentový systém, musí za podmínek, které panují při projektových haváriích, vydržet silné dynamické přechodné stavy. V případě havárie LOCA budou stěny s tímto stavem spojených hermetických prostor zatíženy místními rozdíly tlaku [5].

Parametry roztoku v barbotážních žlabech [2]:

- koncentrace  $\text{H}_3\text{BO}_3$  minimálně 12g/kg vody a koncentrace hydrazinhydrátu 100 mg/l
- výška hladiny 0,45 - 0,48 m
- teplota roztoku při běžném provozu 35 - 45 °C, maximální teplota 50 °C

#### 4.3.1.2 Záchytný prostor pro pasivní sprchování

Záchytný prostor pro pasivní sprchování šachty barbotéru je tvořen vždy konkrétním stropem nádrže barbotážního kondenzátoru, který je vyspádovaný směrem k šachtě barbotážní věže. Na straně šachty je pak zakončen perforovaným plechem, který v případě havárie LOCA slouží k jejímu pasivnímu sprchování.

#### 4.3.1.3 Systém zpětných klapek

**Zpětné klapky Js500** se nachází mezi záchytným prostorem nad barbotážními žlaby a plynojemy. Blok těchto klapek je tvořen 2 zpětnými klapkami s tlumiči, komorou mezi klapkami a nosnou přírubou. K úplnému otevření dojde při přetlaku 10kPa [2].

**Samouzavírací zpětné klapky Js250** se nachází na boční stěně barbotéru a spojují prostor barbotážních žlabů s prostorem šachty barbotážní věže. Dvě klapky připadají na 1 podlaží barbotážních žlabů.

Části klapky [2]:

- těleso klapky
- uzavírací talíř
- 2 uzavírací zařízení
- 2 vzdušníky
- 2 propouštěcí potrubí
- 2 svorky

Tyto klapky se uzavírají při tlaku okolo 165 kPa [11].

#### 4.3.2 Aktivní sprchový systém

Aktivní sprchový systém slouží ke snížení tlaku v prostoru boxu parogenerátorů, kdy dochází ke kondenzaci na rozstříkovaných kapkách, a k odvodu tepla, které se uvolňuje v kontejnmentovém systému při haváriích s únikem chladiva. Odvod tepla ze sprchových systémů je zajištěn prostřednictvím výměníků mezi aktivním sprchovým systémem a technickou vodou důležitou. Dále pak sprchový systém slouží k převedení aktivních aerosolů do roztoku prostřednictvím pracovního média, které z tohoto důvodu tvoří roztok  $\text{N}_2\text{H}_4$ , KOH a  $\text{H}_3\text{BO}_3$ . Nakonec dochází ke sbírání roztoku z hermetických prostor a jeho následné recirkulaci po filtraci a ochlazení [19].

Sprchový systém se skládá z čerpadel o průtoku 380 - 520  $\text{m}^3/\text{h}$  a přetlaku na výtlaku 0,35 - 0,5 MPa a 0,05 - 0,3 MPa na sání. Dále se skládá z výtláčné trasy, přídavných nádrží o objemu cca 10  $\text{m}^3$  pro pracovní médium, a sprchových trysek. Sprchové trysky jsou umístěny na stěnách parogenerátorů ve výšce okolo 14 - 16 m [2, 19].

Mezi startem čerpadel a dodávkou plného množství chladiva uplyne určitá doba (viz Tab. 3), jedná se tedy o časové zpoždění dodávek chladiva do trysek [2].

Tabulka 3: Časové zpoždění dodávek chladiva do trysek [2]

|                                 | Pro tlak 110 kPa | Pro tlak 250 kPa |
|---------------------------------|------------------|------------------|
| <b>Zaplňená výtlačná trasa:</b> | 13,5 s           | 13,5 s           |
| <b>Prázdná výtlačná trasa:</b>  | 45,1 s           | 60,8 s           |
| <b>Opakovaný rozběh:</b>        | 5 s              | 5 s              |

System je tvořen třemi nezávislými systémy a je projektován s 200% rezervou.

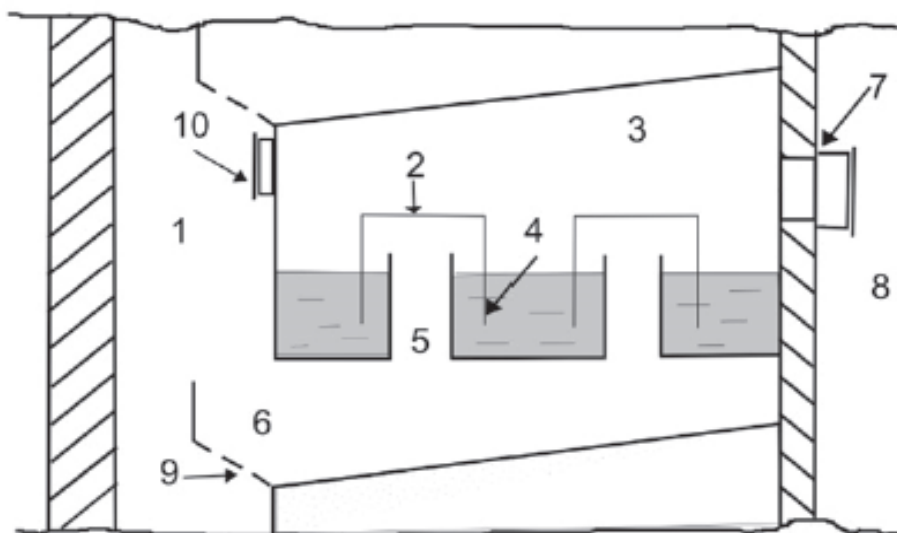
## 5. Havárie s únikom chladiva v ochranné obálce

Při havárií LOCA dochází k výtoku chladiva z primárního okruhu do prostoru ochranné obálky jaderné elektrárny a k jeho rychlému odpařování. Podle velikosti trhliny lze havárie LOCA rozdělit na LB LOCA a SB LOCA. Dalším případem může být únik chladiva ze sekundárního okruhu.

## 5.1 Průběh havárie LB LOCA

### 5.1.1 Normální stav

Během normálního provozu elektrárny je v elektrárně udržován podtlak. Barbotážní žlaby jsou naplněny vodou a vhodné podmínky se v barbotážní věži udržují pomocí ventilačního systému. Barbotážní žlaby se nachází nad sebou a mezi nimi je úzká mezera. Horní část žlabu je propojena s plynem prostřednictvím zpětného ventilu. Šachta barbotážní věže a horní část barbotážního žlabu jsou spolu propojeny zpětnými klapkami DN250. Ty se uzavírají při přetlaku okolo 0,6 bar. Na následující obrázku je řez barbotážním žlabem během normálního provozu [7].



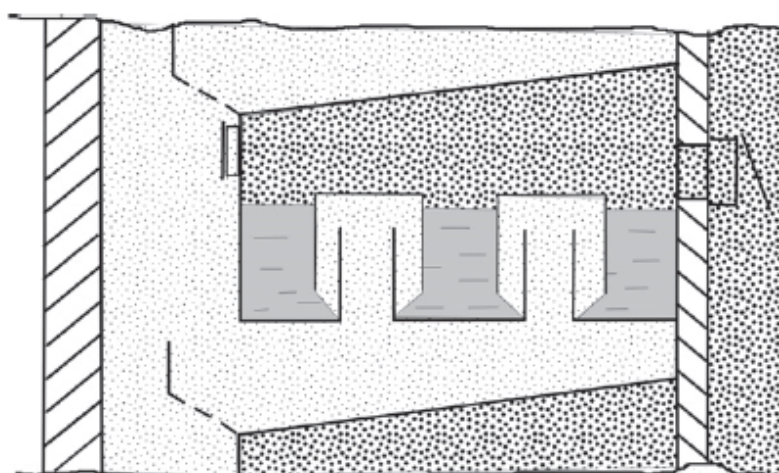
Obrázek 12: Vakuobarbotážní systém během normálního provozu [7]

- 1 - Šachta barbotážní věže, 2 - Klobouček, 3 - Volný objem v nádrži barbotážního kondenzátoru, 4 - Vodní ucpávka, 5 - Vstupní kanál do systému klobouček-mezera, 6 - Záchytný objem pasivních sprch, 7 - Zpětná klapka, 8 - Plynojem, 9 - Perforovaný plech

### 5.1.2 Havárie LB LOCA

V případě havárie LB LOCA dochází ke gilotinovému roztržení potrubí primárního okruhu a vytékání vody z primárního okruhu do hermetických prostor v jeho okolí a dochází k jejímu vypařování, což vede ke zvýšení tlaku v hermetické zóně, maximálně do tlaku

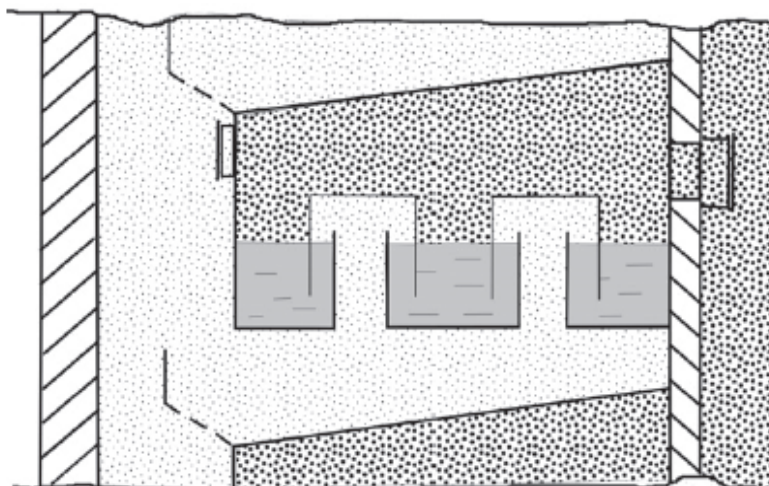
0,23 MPa (reálně by nemělo dojít k překročení 0,2 MPa). Současně s tlakem roste teplota, která dosahuje hodnoty okolo 120°C. Pára pak proudí skrz koridor do šachty barbotážní věže a paroplynová směs vstupuje do žlabů prostřednictvím systému klobouček-mezera. Vodní hladina pod kloboučkem je vytlačena paroplynovou směsí a v barbotážním žlabu se tak zvedne vodní hladina. Pára prochází skrz vrstvu vody ve žlabu a kondenzuje, což způsobuje zmenšení objemu procházející směsi. Vzduch a zbylé nezkondenzované plyny se shromažďují nad vodní hladinou barbotážního žlabu a poté v důsledku narůstajícího tlaku vstupují skrz zpětné klapky o průměru DN500 do plynjemů. Doba trvání tohoto procesu je dána narůstajícím tlakem mezi šachtou barbotážní věže a plynjemy. V případě LB LOCA je havárie charakterizována dopady proudu paroplynové směsi na struktury barbotážní věže a kontejnmentový systém. Dynamické efekty této směsi jsou na vstupu do barbotážní věže zachyceny speciální reflexivní stěnou ukotvenou do nosné konstrukce barbotážních žlabů. Na obrázku č. 13 je řez barbotážním žlabem během tohoto stavu [7, 8, 11].



Obrázek 13: Vakuobarbotážní systém během začátku havárie LOCA [7]

### 5.1.3 Vyrovnání tlaku

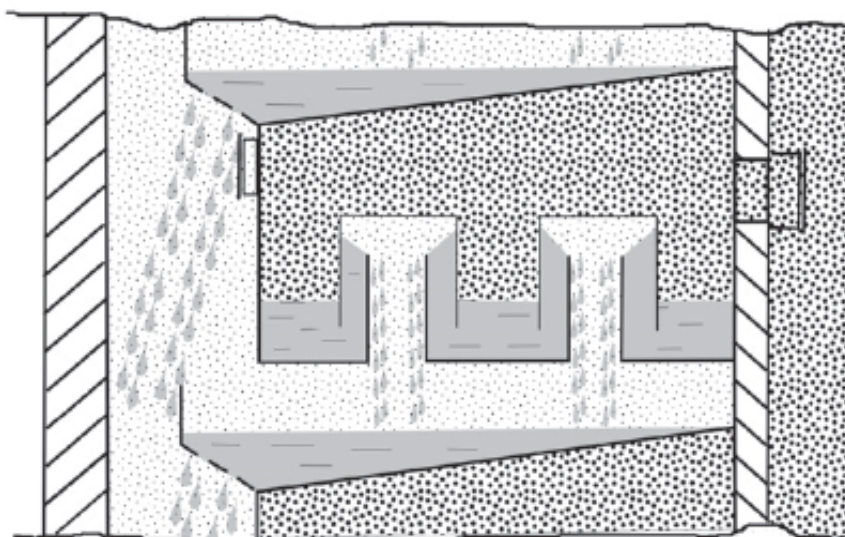
Po určité době dojde ke snížení tlaku v hermetických kobbách. Mezi nimi a barbotážními žlaby se vyrovnají tlaky a vodní hladiny se ustálí. Mezitím dojde k automatickému uzavření zpětných klapek v plynjemech a dojde tak k zachycení vzduchu a nezkondenzovaných plynů a par [7, 11].



Obrázek 14: Vakuobarbotážní systém při vyrovnání tlaku [7]

#### 5.1.4 Zpětné vylití

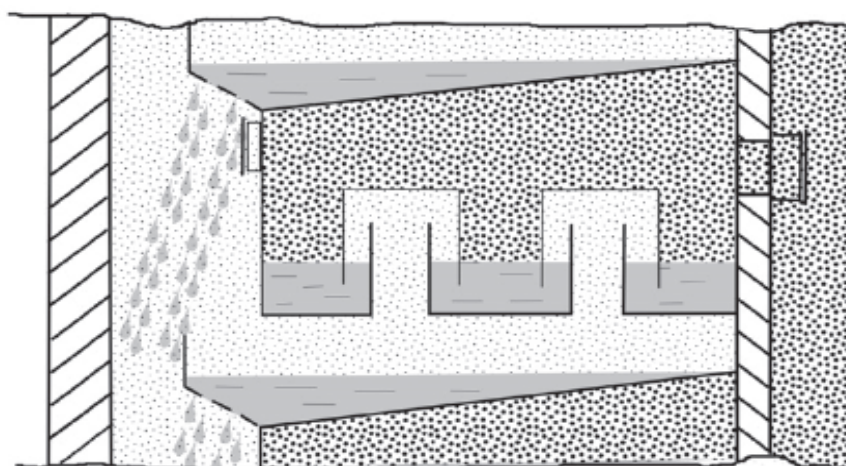
Postupně se snižuje výtok horké vody a páry z primárního okruhu. Díky kondenzaci páry, odvodu tepla a činnosti sprchového systému dochází k poklesu tlaku v hermetických prostorech. Vysoký tlak v zachytných prostorech nad žlaby se stane vyšším, než je tlak v šachtě barbotážní věže, a to způsobí zpětné vylití žlabů. Při tomto procesu musí být uzavřeny samouzavírací klapky DN250, které tak neumožní vyrovnání tlaků mezi žlaby a šachtou barbotážní nádrže. Kondenzát potom padá ze žlabů na stropy žlabů nacházejících se pod žlaby, ze kterých se vylil, a protéká skrz perforovaný plech. Dochází tak k pasivnímu sprchování šachty barbotážní věže [7, 11].



Obrázek 15: Vakuobarbotážní systém při zpětném vylití [7]

#### 5.1.5 Pasivní sprchování

Pasivní sprchování neprobíhá jen při zpětném vylití (viz Obr. 15), ale i po něm (viz Obr. 16). Úplné vyprázdnění více než 100 t vodního kondenzátu může zabrat až několik minut. Toto pasivní sprchování vede k dalšímu poklesu tlaku v kontejnmentovém systému. Vylitá voda se sbírá na dně šachty barbotážní věže, a protože je dno vyspádované, tak voda odtéká skrz koridor do boxu parogenerátorů. Tam je spolu s vodou z místa havárie a vodou z aktivních sprchových systémů sbírána do jímky kontejnmentového systému. Poté dochází k její recirkulaci [7, 11].



Obrázek 16: Vakuobarbotážní systém při pasivním sprchování [7]

### 5.1.6 Dosažení podtlaku

Dosažení podtlaku v hermetické obálce je zajištěno aktivním sprchováním v boxu parogenerátorů. Toto aktivní sprchování vede k poklesu tlaku uvnitř ochranné obálky na úroveň tlaku 80 kPa, kdy dojde k vypnutí systému. Jinak by mohlo dojít k porušení těsnosti systému. Podtlak v ochranné obálce zabrání únikům radioaktivních látek do okolí jaderné elektrárny. Vakuum se udržuje opakovaným spouštěním aktivního sprchového systému.

### 5.2 Průběh havárií s menším únikem chladiva

Při haváriích s únikem chladiva ze sekundárního okruhu a při haváriích SB LOCA dochází ke značně menšímu výtoku chladiva než je tomu u havárií LB LOCA. Průběh těchto havárií je podobný jako u LB LOCA, ale trvá déle a při menších tlacích.

V případě havárie dojde opět v okolí havárie k vytékání média do hermetických prostor a dochází k jeho vypařování, což vede ke zvýšení tlaku v hermetické zóně. Pára odchází skrz koridor do šachty barbotážní věže. Mezi jednotlivými záchytnými prostory nad barbotážními žlaby a šachtou barbotážní nádrže jsou samouzavírací zpětné klapky Js250. Ty jsou zde kvůli zabránění zpětnému vylití barbotážních žlabů, pokud nedojde k překročení určitého tlaku. Klapky jsou vybaveny speciálním blokovacím systémem, který je automaticky uzavírá nebo otevírá v závislosti na tlaku v prostorech. Blokovací systém je nastaven na hodnotu absolutního tlaku přibližně 165 kPa. Do této hodnoty tlaku jsou klapky otevřeny a dochází tak k vyrovnávání tlaků mezi šachtou barbotážní věže a záchytnými prostory nad barbotážními žlaby. Od hodnoty tlaku 165 kPa jsou pak klapky uzavřeny. Potlačení tlaku je u těchto havárií zajištěno aktivním sprchovým systémem v boxech parogenerátorů, který je schopen snížit tlak v ochranné obálce na úroveň podtlaku 80 kPa, kdy dojde opět k jeho vypnutí, jako je tomu u havárií LB LOCA [11].

## 6 COCOSYS

COCOSYS je kód utčený pro analýzy kontejnmentových systémů lehkovodních reaktorů během různých havárií. COCOSYS provádí analýzy z hlediska termohydrauliky, chování aerosolů a štěpných produktů, interakce roztavené aktivní zóny s betonem a chování štěpných produktů uvolněných z roztavené aktivní zóny. Z pohledu této diplomové práce je nejdůležitější termohydraulická část [3].

Výstupní data mohou být odvozena přímo, nebo mohou sloužit jako vstupní data pro jiné programy [3].

Kód COCOSYS je založen na systému soustředěných parametrů, tzv. „lumped-parameter“. U tohoto kódu jsou termodynamické podmínky zprůměrovány v celých uvažovaných objemech a zjednodušeny na čistě časově závislé chování. [3].

Pro výpočty a počáteční podmínky jsou pak uvažovány další zjednodušení [3]:

- Voda se vyskytuje buďto jako pára a/nebo kapalina,
- V případě plyných směsí se uvažuje, že směs je homogenní a plyny jsou v termodynamické rovnováze,
- V rovnovážném modelu (equilibrium) je voda v termodynamické rovnováze s okolní atmosférou,
- Nerovnovážný model (non-equilibrium) uvažuje rozdílné teploty na straně kapaliny a plynu,
- Počet neskondenzovatelných plynů je pevně daný a jedná se o 7 plynů, kterými jsou vzduch, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, He
- Přenos hmoty mezi jednotlivými objemy bere v úvahu skupenství látek a výšky geodetických center nodů, mezi kterými přenos hmoty probíhá.

Termohydraulická část kódu COCOSYS je schopna vyhodnotit [3]:

- průběh tlaku a teploty,
- distribuci teploty a tlaku,
- distribuci energie a přenos tepla ve strukturách,
- distribuci plynů a vody,
- spalování vodíku,
- spalování ostatních plynů a přenos tepla.

Jednotlivé prostory mohou být simulovány jednotlivými zónami (nody) s přesně definovanými podmínkami. Tyto objemy jsou propojeny spojkami. Přenos tepla mezi prostory je simulován tepelnými strukturami [3].

V COCOSYSu je zavedeno 5 zón [3]:

- EQUIL.\_MOD (rovnovážný model zóny)
- NONEQUILIB (nerovnovážný model zóny)
- DEFLA.\_MOD (model vznícení vodíku DECOR)
- DRASYS (model systému potlačení tlaku)
- INTERFACE (propojovací model mezi COCOSYSem a dalšími CFD kódy)

Zóny mohou být propojeny prostřednictvím následujících spojek [4]:

- Atmosférické spojky:
 

|            |                                |
|------------|--------------------------------|
| ATMOS_JUN  | standartní atmosférická spojka |
| ATM_VALVE  | atmosférická spojka s ventilem |
| RUPTURE    | průtržný disk                  |
| FLAP       | simulace klapek                |
| W230_FLAP  | bezpečnostní klapky            |
| U-LOCK     | model hydrouzávěrů ve tvaru U  |
| RBMK-DPVAL | ventily řízené změnou tlaku    |
- Vodní spojky:
 

|            |                            |
|------------|----------------------------|
| DRAIN_BOT  | výtok otvorem ve dně jímky |
| DRAIN_WALL | stékání po stěně           |
| SUMP_BAL   | vyrovnání hladiny          |
- Simulace čerpacích systémů: PUMP\_SYS
- Spojky rozhraní do jiného kódu: INTF\_JUN  
INTF\_JSYS

Stěny, podlahy a stropy budov jsou modelovány tepelnými strukturami. Struktury zahrnují kovové i nekovové materiály. Lze modelovat modelovat prostory s rovnými i válcovými stěnami. Stěny pak mohou být rozděleny do vrstev rozdílných vlastností [3].

Dále mohou být v COCOSYSu simulovány i další systémy, jako jsou chladiče, ledové kondenzátory a sprchové systémy. Pro sprchové systémy je COCOSYS vybaven sadou sprchových modelů [3]:

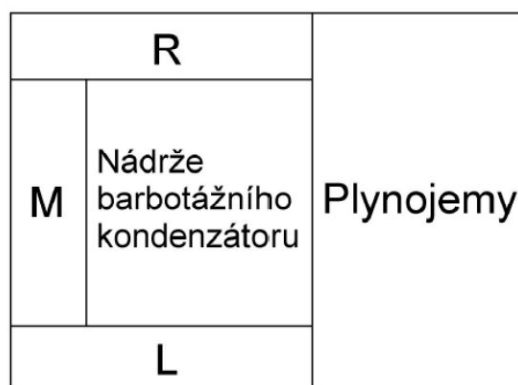
- CONST
- ASTEC
- IVO
- MARCH

## 7. Nodalizace modelu ochranné obálky

Pro modelování a výpočet chování hermetických prostorů byl použit výpočetní program COCOSYS V2.3. Cílem této diplomové práce je sledování pozdějších havárií typu LB LOCA, a je zaměřena na dobu dosažení podtlaku v kontejnmentovém systému jaderných elektráren s reaktory VVER-440/V-213 a práci aktivního a pasivního systému sprchování. Proto byl zvolen takový způsob modelování, jehož výsledkem je model „edu\_ra04.1.7\_LBLOCA.13.02\_v01“, který obsahuje 42 zón.

Hermetické prostory, mimo barbotážní věž, jsou modelovány celkem deseti zónami, pro které byl zvolen nerovnovážný model termodynamiky. Zóna A004U reprezentuje horní část reaktoru a zóna A004L reprezentuje dolní část reaktoru. Zóna A201P1 reprezentuje boxy PG1, PG2 a PG3 u KO, zóna A201P2 boxy PG4, PG5 a PG6 u místnosti A211. Zóna C61 zahrnuje slepé objemy spojené s prostorem A201P1, podobně je tomu u zóny C62, která zahrnuje slepé objemy u zóny A201P2. Místnost pohonu čerpadel je modelována zónou A301 a samostatná zóna C63 představuje slepé objemy reprezentující místnosti vzduchotechniky. Dále jsou modelovány koridory, které spojují boxy PG s barbotážní věží, a každý je modelován zvlášť. Zóna COR1 představuje koridor mezi zónou A201P1 a barbotážní věží. Zóna COR2 pak představuje koridor mezi zónou A201P2 a barbotážní věží.

Barbotážní věž je kromě nádrží barbotážního kondenzátoru a záchytných objemů pasivních sprch, které se v ní nachází, modelována celkem dvaceti zónami. Čtyři plynojemy jsou reprezentovány zónami, nesoucími stejné označení jako jsou názvy jednotlivých místností plynojemů, tedy A635, A530, A423, A264. Volná část šachty barbotéru pak byla rozdělena na 16 zón. Jedná se o rozdělení na pěti úrovních, kde každá úroveň, s výjimkou nejspodnější, byla rozdělena na „left“, „middle“ a „right“ (viz Obrázek 17). Volné prostory nad úrovní od +37,63 jsou reprezentovány zónami A263aL, A263aM, A263aR; volné prostory mezi +37,63 a +27,52 jsou reprezentovány zónami A263bL, A263bM, A263bR; volné prostory mezi +27,52 a +17,41 jsou reprezentovány zónami A263cL, A263cM, A263cR; volné prostory mezi +17,41 a +11,01 jsou reprezentovány zónami A263dUL, A263dUM, A263dUR. Nejspodnější úroveň volného prostoru do úrovně +11,01 je podobně jako předchozí rozdělena na „left“, „middle“ a „right“, které reprezentují A263dLL, A263dLM, A263dLR, a byla doplněna o volný prostor pod nádrží barbotážního kondenzátoru XL10B12, kterou reprezentuje zóna A263dLB.



Obrázek 17: Schéma rozdělení A263

Zóna XL10BA představuje nádrže barbotážního kondenzátoru XL10B01, XL10B02, XL10B03, a proto je u této zóny použit model DRASYS, který v programu COCOSYS simuluje systém barbotáže. Stejně tomu je i u zbývajících zón představujících nádrže barbotážního kondenzátoru. Zóna XL10BB představuje nádrže barbotážního kondenzátoru XL10B04, XL10B05 a XL10B06. Zóna XL10BC představuje nádrže barbotážního kondenzátoru XL10B07, XL10B08 a XL10B09. Zóna XL10BDU představuje nádrže barbotážního kondenzátoru XL10B10 a XL10B11. Zóna XL10BDL představuje nádrž XL10B12.

Záchytný objem pasivních sprch příslušející k XL10BA je reprezentován zónou 263UA. Záchytný objem pasivních sprch příslušející k XL10BB je reprezentován zónou 263UB.

Záchytný objem pasivních sprch příslušející k XL10BC je reprezentován zónou 263UC. Záchytný objem pasivních sprch příslušející k XL10BDU je reprezentován zónou 263UD. Nádrž havarijní zásoby  $H_3BO_3$  je modelována zónou TH40B0A. Pomocná zóna THXX je použita pro odvod vody, která je z jímky (podlahy HP) odebírána NT a VT systémy doplňovanými PO. Zóna ENVIRON pak představuje vnější okolí kontejnmentu.

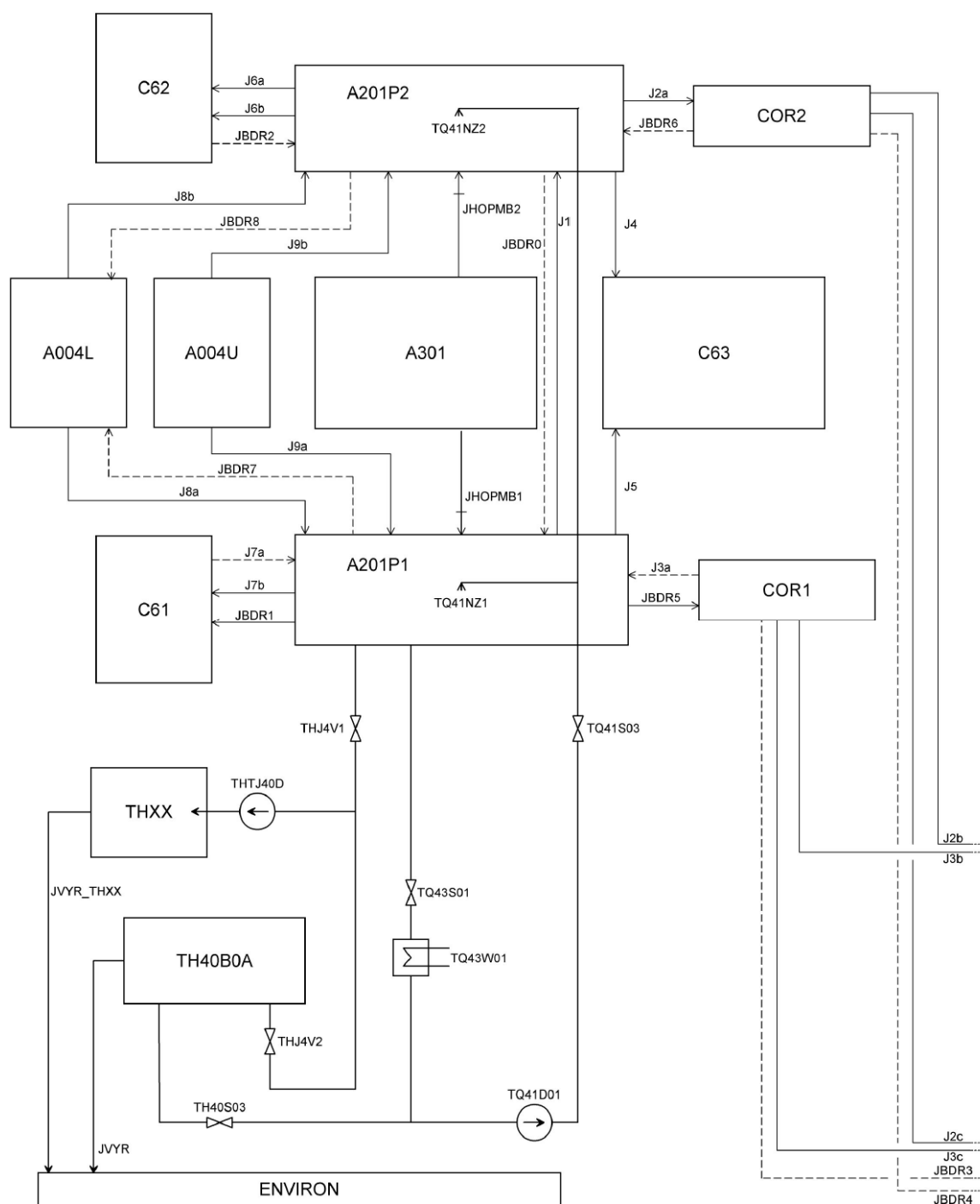
Přesné rozložení jednotlivých místností hermetické zóny do nodů modelu je uvedeno v následující tabulce.

Tabulka 4a: Seznam nodalizace ochranné obálky

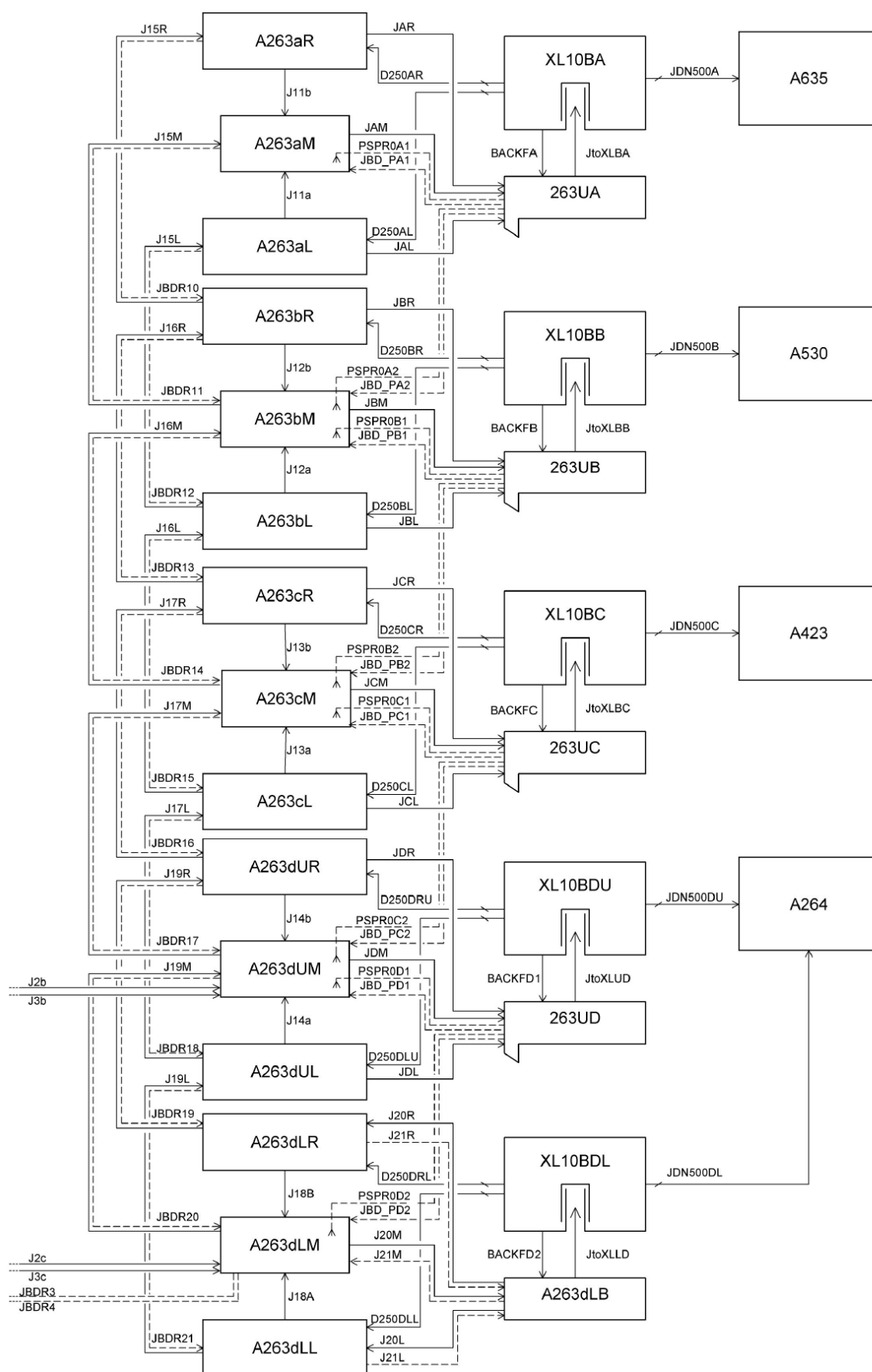
| MÍSTNOST                                   | NÁZEV ZÓNY | OBJEM MÍSTNOSTI [m <sup>3</sup> ] | OBJEM ZÓNY [m <sup>3</sup> ] |
|--------------------------------------------|------------|-----------------------------------|------------------------------|
| <b>šachta reaktoru</b>                     | A004/1     |                                   |                              |
|                                            | A004U      |                                   | 373                          |
|                                            | A004L      |                                   | 266                          |
| <b>místnosti vzduchotechniky</b>           | C63        |                                   | 4 598                        |
| A0032/1                                    |            | 1 401                             |                              |
| A010/1                                     |            | 647                               |                              |
| A011/1                                     |            | 1 170                             |                              |
| A012A/1                                    |            | 480                               |                              |
| A012B/1                                    |            | 300                               |                              |
| A155A/1                                    |            | 360                               |                              |
| A155B/1                                    |            | 240                               |                              |
| <b>BOX PG</b>                              |            | 5 448                             |                              |
| boxy PG1, PG2 a PG3 u KO                   | A201P1     |                                   | 2 789                        |
| boxy PG4, PG5 a PG6 u místnosti A211       | A201P2     |                                   | 2 659                        |
| <b>SPOJOVACÍ KORIDORY</b>                  | COR1       |                                   | 585,5                        |
|                                            | COR2       | 1 171                             | 585,5                        |
| <b>slepé objemy příslušející k A201P1</b>  | C61        |                                   | 2 652                        |
| část A201 - prostor nad hokejkou nad +10,5 |            | 1 405                             |                              |
| A202/1                                     |            | 444                               |                              |
| A306/1                                     |            | 103                               |                              |
| A526/1                                     |            | 332                               |                              |
| A527/1                                     |            | 368                               |                              |
| <b>slepé objemy příslušející k A201P2</b>  | C62        |                                   | 2 568                        |
| část A201 - prostor nad hokejkou nad +10,5 |            | 1 282                             |                              |
| A203/1                                     |            | 444                               |                              |
| A211/1                                     |            | 233                               |                              |
| A525/1                                     |            | 332                               |                              |
| A422/1                                     |            | 277                               |                              |
| <b>Místnost pohonu HCČ</b>                 | A301       |                                   | 2 350                        |
| <b>Šachta barbotéru</b>                    | A263       |                                   | 13 832,6                     |
| volná část A263 nad +37,63                 | A263aL     |                                   | 387,55                       |
| volná část A263 nad +37,63                 | A263aM     |                                   | 481,14                       |
| volná část A263 nad +37,63                 | A263aR     |                                   | 272                          |
| volná část A263 mezi +37,63 a +27,52       | A263bL     |                                   | 181,53                       |

Tabulka 4b: Seznam nodalizace ochranné obálky

| MÍSTNOST                                                   | NÁZEV ZÓNY | OBJEM MÍSTNOSTI [m <sup>3</sup> ] | OBJEM ZÓNY [m <sup>3</sup> ] |
|------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------|------------------------------|
| volná část A263 mezi +37,63 a +27,52                       | A263bM     |                                   | 443,42                       |
| volná část A263 mezi +37,63 a +27,52                       | A263bR     |                                   | 250,68                       |
| volná část A263 mezi +27,52 a +17,41                       | A263cL     |                                   | 181,53                       |
| volná část A263 mezi +27,52 a +17,41                       | A263cM     |                                   | 443,42                       |
| volná část A263 mezi +27,52 a +17,41                       | A263cR     |                                   | 250,68                       |
| volná část A263 mezi +17,41 a +11,01                       | A263dUL    |                                   | 114,91                       |
| volná část A263 mezi +17,41 a +11,02                       | A263dUM    |                                   | 280,70                       |
| volná část A263 mezi +17,41 a +11,03                       | A263dUR    |                                   | 158,69                       |
| volná část A263 nad +6,65                                  | A263dLL    |                                   | 78,28                        |
| volná část A263 nad +6,65                                  | A263dLM    |                                   | 191,23                       |
| volná část A263 nad +6,65                                  | A263dLR    |                                   | 108,11                       |
| volná část A263 nad +6,65                                  | A263dLB    |                                   | 290,28                       |
| nádrže barbotážního kondenzátoru XL10B01, XL10B02, XL10B03 | XL10BA     |                                   | 2 338,99                     |
| nádrže barbotážního kondenzátoru XL10B04, XL10B05, XL10B06 | XL10BB     |                                   | 2 039,09                     |
| nádrže barbotážního kondenzátoru XL10B07, XL10B08, XL10B09 | XL10BC     |                                   | 2 039,09                     |
| nádrže barbotážního kondenzátoru XL10B10, XL10B11          | XL10BDU    |                                   | 1 215,25                     |
| nádrž barbotážního kondenzátoru XL10B12                    | XL10BDL    |                                   | 608,75                       |
| Záchytný objem pasivních sprch příslušející k XL10BA       | 263UA      |                                   | 402,51                       |
| Záchytný objem pasivních sprch příslušející k XL10BB       | 263UB      |                                   | 410,54                       |
| Záchytný objem pasivních sprch příslušející k XL10BC       | 263UC      |                                   | 403,92                       |
| Záchytný objem pasivních sprch příslušející k XL10BDU      | 263UD      |                                   | 260,32                       |
| <b>Plynojemý</b>                                           | A635       | A635                              | 4 853                        |
|                                                            | A530       | A530                              | 4 022                        |
|                                                            | A423       | A423                              | 4 022                        |
|                                                            | A264       | A264                              | 4 196                        |
| <b>Sprchový systém</b>                                     |            |                                   |                              |
| Nádrž havarijní zásoby H3BO3                               | TH40B0A    | 331,72                            | 331,72                       |
| Odběrná nádrž                                              | THXX       |                                   | 50 000                       |
| <b>Okolí elektrárny</b>                                    | ENVIRON    |                                   | 10 <sup>9</sup>              |



Obrázek 18a: Schéma nodalizace kontejnmentu (HP mimo barbotáž)



Obrázek 13b: Schéma nodalizace kontejnmentu (Barbotáž)

Pro zajištění cirkulace atmosféry jsou jednotlivé zóny propojeny spojkami. Tyto spojky zajišťují kapalně a plynné proudění. Seznam spojek je uveden v následující tabulce.

Tabulka 5a: Seznam spojek modelu

| Název          | Popis                              | Model spojky | Z       | Do      |
|----------------|------------------------------------|--------------|---------|---------|
| <b>J_LEAK1</b> | Simulace úniků                     | ATM_VALVE    | A201P1  | ENVIRON |
| <b>J1</b>      | Atmosférická spojka mezi zónami    | ATMOS_JUN    | A201P1  | A201P2  |
| <b>J2a</b>     | Atmosférická spojka mezi zónami    | ATMOS_JUN    | A201P2  | COR2    |
| <b>J2b</b>     | Atmosférická spojka mezi zónami    | ATMOS_JUN    | COR2    | A263dUM |
| <b>J2c</b>     | Atmosférická spojka mezi zónami    | ATMOS_JUN    | COR2    | A263dLM |
| <b>J3a</b>     | Atmosférická spojka mezi zónami    | ATMOS_JUN    | A201P1  | COR1    |
| <b>J3b</b>     | Atmosférická spojka mezi zónami    | ATMOS_JUN    | COR1    | A263dUM |
| <b>J3c</b>     | Atmosférická spojka mezi zónami    | ATMOS_JUN    | COR1    | A263dLM |
| <b>J4</b>      | Vyrovňovací kanály vzduchotechniky | ATMOS_JUN    | A201P2  | C63     |
| <b>J5</b>      | Vyrovňovací kanály vzduchotechniky | ATMOS_JUN    | A201P1  | C63     |
| <b>J6a</b>     | Atmosférická spojka mezi zónami    | ATMOS_JUN    | A201P2  | C62     |
| <b>J6b</b>     | Atmosférická spojka mezi zónami    | ATMOS_JUN    | A201P2  | C62     |
| <b>J7a</b>     | Atmosférická spojka mezi zónami    | ATMOS_JUN    | A201P1  | C61     |
| <b>J7b</b>     | Atmosférická spojka mezi zónami    | ATMOS_JUN    | A201P1  | C61     |
| <b>J8a</b>     | Atmosférická spojka mezi zónami    | ATMOS_JUN    | A004L   | A201P1  |
| <b>J8b</b>     | Atmosférická spojka mezi zónami    | ATMOS_JUN    | A004L   | A201P2  |
| <b>J9a</b>     | Atmosférická spojka mezi zónami    | ATMOS_JUN    | A004U   | A201P1  |
| <b>J9b</b>     | Atmosférická spojka mezi zónami    | ATMOS_JUN    | A004U   | A201P2  |
| <b>J11a</b>    | Atmosférická spojka mezi zónami    | ATMOS_JUN    | A263aL  | A263aM  |
| <b>J11b</b>    | Atmosférická spojka mezi zónami    | ATMOS_JUN    | A263aR  | A263aM  |
| <b>J12a</b>    | Atmosférická spojka mezi zónami    | ATMOS_JUN    | A263bL  | A263bM  |
| <b>J12b</b>    | Atmosférická spojka mezi zónami    | ATMOS_JUN    | A263bR  | A263bM  |
| <b>J13a</b>    | Atmosférická spojka mezi zónami    | ATMOS_JUN    | A263cL  | A263cM  |
| <b>J13b</b>    | Atmosférická spojka mezi zónami    | ATMOS_JUN    | A263cR  | A263cM  |
| <b>J14a</b>    | Atmosférická spojka mezi zónami    | ATMOS_JUN    | A263dUL | A263dUM |

Tabulka 5b: Seznam spojek modelu

| Název          | Popis                                              | Model spojky | Z       | Do          |
|----------------|----------------------------------------------------|--------------|---------|-------------|
| <b>J14b</b>    | Atmosférická spojka mezi zónami                    | ATMOS_JUN    | A263dUR | A263dUM     |
| <b>J15L</b>    | Atmosférická spojka mezi zónami                    | ATMOS_JUN    | A263aL  | A263bL      |
| <b>J15M</b>    | Atmosférická spojka mezi zónami                    | ATMOS_JUN    | A263aM  | A263bM      |
| <b>J15R</b>    | Atmosférická spojka mezi zónami                    | ATMOS_JUN    | A263aR  | A263bR      |
| <b>J16L</b>    | Atmosférická spojka mezi zónami                    | ATMOS_JUN    | A263bL  | A263cL      |
| <b>J16M</b>    | Atmosférická spojka mezi zónami                    | ATMOS_JUN    | A263bM  | A263cM      |
| <b>J16R</b>    | Atmosférická spojka mezi zónami                    | ATMOS_JUN    | A263bR  | A263cR      |
| <b>J17L</b>    | Atmosférická spojka mezi zónami                    | ATMOS_JUN    | A263cL  | A263dUL     |
| <b>J17M</b>    | Atmosférická spojka mezi zónami                    | ATMOS_JUN    | A263cM  | A263dUM     |
| <b>J17R</b>    | Atmosférická spojka mezi zónami                    | ATMOS_JUN    | A263cR  | A263dUR     |
| <b>J18A</b>    | Atmosférická spojka mezi zónami                    | ATMOS_JUN    | A263dLL | A263dLM     |
| <b>J18B</b>    | Atmosférická spojka mezi zónami                    | ATMOS_JUN    | A263dLR | A263dLM     |
| <b>J19L</b>    | Atmosférická spojka mezi zónami                    | ATMOS_JUN    | A263dUL | A263dLL     |
| <b>J19M</b>    | Atmosférická spojka mezi zónami                    | ATMOS_JUN    | A263dUM | A263dLM     |
| <b>J19R</b>    | Atmosférická spojka mezi zónami                    | ATMOS_JUN    | A263dUR | A263dLR     |
| <b>J20L</b>    | Atmosférická spojka mezi zónami                    | ATMOS_JUN    | A263dLB | A263dLL     |
| <b>J20M</b>    | Atmosférická spojka mezi zónami                    | ATMOS_JUN    | A263dLB | A263dLM     |
| <b>J20R</b>    | Atmosférická spojka mezi zónami                    | ATMOS_JUN    | A263dLB | A263dLR     |
| <b>J21L</b>    | Vyrovnávání hladin na podlaze HP                   | SUMP_BAL     | A263dLL | A263dLB     |
| <b>J21M</b>    | Vyrovnávání hladin na podlaze HP                   | SUMP_BAL     | A263dLM | A263dLB     |
| <b>J21R</b>    | Vyrovnávání hladin na podlaze HP                   | SUMP_BAL     | A263dLR | A263dLB     |
| <b>JHOPMB1</b> | Membrána z potrubí havarijního odvodu páry do A301 | RUPTURE      | A201P1  | A301        |
| <b>JHOPMB2</b> | Membrána z potrubí havarijního odvodu páry do A301 | RUPTURE      | A201P2  | A301        |
| <b>JtoXLBA</b> | Vstup do kanál hydrouzávěru nádrže XL10BA          | ATMOS_JUN    | 263UA   | XL10BA_PIPE |
| <b>JtoXLBB</b> | Vstup do kanál hydrouzávěru nádrže XL10BB          | ATMOS_JUN    | 263UB   | XL10BB_PIPE |
| <b>JtoXLBC</b> | Vstup do kanál hydrouzávěru nádrže XL10BC          | ATMOS_JUN    | 263UC   | XL10BC_PIPE |

Tabulka 5c: Seznam spojek modelu

| Název            | Popis                                            | Model spojky | Z               | Do           |
|------------------|--------------------------------------------------|--------------|-----------------|--------------|
| <b>JtoXLUD</b>   | Vstup do kanál<br>hydrouzávěru nádrže<br>XL10BDU | ATMOS_JUN    | 263UD           | XL10BDU_PIPE |
| <b>JtoXLLD</b>   | Vstup do kanál<br>hydrouzávěru nádrže<br>XL10BDL | ATMOS_JUN    | A263dLB         | XL10BDL_PIPE |
| <b>D250AR</b>    | Zpětná klapka v barbotáži                        | FLAP         | XL10BA_GASROOM  | A263aR       |
| <b>D250AL</b>    | Zpětná klapka v barbotáži                        | FLAP         | XL10BA_GASROOM  | A263aL       |
| <b>D250BR</b>    | Zpětná klapka v barbotáži                        | FLAP         | XL10BB_GASROOM  | A263bR       |
| <b>D250BL</b>    | Zpětná klapka v barbotáži                        | FLAP         | XL10BB_GASROOM  | A263bL       |
| <b>D250CR</b>    | Zpětná klapka v barbotáži                        | FLAP         | XL10BC_GASROOM  | A263cR       |
| <b>D250CL</b>    | Zpětná klapka v barbotáži                        | FLAP         | XL10BC_GASROOM  | A263cL       |
| <b>D250DRU</b>   | Zpětná klapka v barbotáži                        | FLAP         | XL10BDU_GASROOM | A263dUR      |
| <b>D250DLU</b>   | Zpětná klapka v barbotáži                        | FLAP         | XL10BDU_GASROOM | A263dUL      |
| <b>D250DRL</b>   | Zpětná klapka v barbotáži                        | FLAP         | XL10BDL_GASROOM | A263dLR      |
| <b>D250DLL</b>   | Zpětná klapka v barbotáži                        | FLAP         | XL10BDL_GASROOM | A263dLL      |
| <b>JDN500A</b>   | Dvojitá klapka                                   | FLAP         | XL10BA_GASROOM  | A635         |
| <b>JDN500B</b>   | Dvojitá klapka                                   | FLAP         | XL10BB_GASROOM  | A530         |
| <b>JDN500C</b>   | Dvojitá klapka                                   | FLAP         | XL10BC_GASROOM  | A423         |
| <b>JDN500DU</b>  | Dvojitá klapka                                   | FLAP         | XL10BDU_GASROOM | A264         |
| <b>JDN500DL</b>  | Dvojitá klapka                                   | FLAP         | XL10BDL_GASROOM | A264         |
| <b>JVYR</b>      | Vyrovnávací spojka pro<br>nádrž T40B0A           | ATMOS_JUN    | TH40B0A         | ENVIRON      |
| <b>JVYR_THXX</b> | Vyrovnávací spojka pro<br>nádrž THXX             | ATMOS_JUN    | THXX            | ENVIRON      |
| <b>JBDR0</b>     | Vyrovnávání hladin na<br>podlaze HP              | BAL_DRAIN    | A201P1          | A201P2       |
| <b>JBDR1</b>     | Vyrovnávání hladin na<br>podlaze HP              | BAL_DRAIN    | C61             | A201P1       |
| <b>JBDR2</b>     | Vyrovnávání hladin na<br>podlaze HP              | BAL_DRAIN    | C62             | A201P2       |
| <b>JBDR3</b>     | Vyrovnávání hladin na<br>podlaze HP              | BAL_DRAIN    | A263dLM         | A201P1       |
| <b>JBDR4</b>     | Vyrovnávání hladin na<br>podlaze HP              | BAL_DRAIN    | A263dLM         | A201P2       |
| <b>JBDR5</b>     | Vyrovnávání hladin na<br>podlaze HP              | BAL_DRAIN    | COR1            | A201P1       |
| <b>JBDR6</b>     | Vyrovnávání hladin na<br>podlaze HP              | BAL_DRAIN    | COR2            | A201P2       |
| <b>JBDR7</b>     | Vyrovnávání hladin na<br>podlaze HP              | BAL_DRAIN    | A201P1          | A004L        |
| <b>JBDR8</b>     | Vyrovnávání hladin na<br>podlaze HP              | BAL_DRAIN    | A201P2          | A004L        |
| <b>JBD_PA1</b>   | Vylévání záchytného<br>prostoru pasivní sprchy   | SUMP_BAL     | 263UA           | A263aM       |
| <b>JBD_PA2</b>   | Vylévání záchytného<br>prostoru pasivní sprchy   | SUMP_BAL     | 263UA           | A263bM       |

Tabulka 5d: Seznam spojek modelu

| Název          | Popis                                        | Model spojky | Z       | Do      |
|----------------|----------------------------------------------|--------------|---------|---------|
| <b>JBD_PB1</b> | Vylévání záchytného prostoru pasivní sprchy  | SUMP_BAL     | 263UB   | A263bM  |
| <b>JBD_PB2</b> | Vylévání záchytného prostoru pasivní sprchy  | SUMP_BAL     | 263UB   | A263cM  |
| <b>JBD_PC1</b> | Vylévání záchytného prostoru pasivní sprchy  | SUMP_BAL     | 263UC   | A263cM  |
| <b>JBD_PC2</b> | Vylévání záchytného prostoru pasivní sprchy  | SUMP_BAL     | 263UC   | A263dUM |
| <b>JBD_PD1</b> | Vylévání záchytného prostoru pasivní sprchy  | SUMP_BAL     | 263UD   | A263dUM |
| <b>JBD_PD2</b> | Vylévání záchytného prostoru pasivní sprchy  | SUMP_BAL     | 263UD   | A263dLM |
| <b>JBDR10</b>  | Průtok vody z pasivních sprch šachtou A263   | DRAIN_BOT    | A263aR  | A263bR  |
| <b>JBDR11</b>  | Průtok vody z pasivních sprch šachtou A264   | DRAIN_BOT    | A263aM  | A263bM  |
| <b>JBDR12</b>  | Průtok vody z pasivních sprch šachtou A265   | DRAIN_BOT    | A263aL  | A263bL  |
| <b>JBDR13</b>  | Průtok vody z pasivních sprch šachtou A266   | DRAIN_BOT    | A263bR  | A263cR  |
| <b>JBDR14</b>  | Průtok vody z pasivních sprch šachtou A267   | DRAIN_BOT    | A263bM  | A263cM  |
| <b>JBDR15</b>  | Průtok vody z pasivních sprch šachtou A268   | DRAIN_BOT    | A263bL  | A263cL  |
| <b>JBDR16</b>  | Průtok vody z pasivních sprch šachtou A269   | DRAIN_BOT    | A263cR  | A263dUR |
| <b>JBDR17</b>  | Průtok vody z pasivních sprch šachtou A270   | DRAIN_BOT    | A263cM  | A263dUM |
| <b>JBDR18</b>  | Průtok vody z pasivních sprch šachtou A271   | DRAIN_BOT    | A263cL  | A263dUL |
| <b>JBDR19</b>  | Průtok vody z pasivních sprch šachtou A272   | DRAIN_BOT    | A263dUR | A263dLR |
| <b>JBDR20</b>  | Průtok vody z pasivních sprch šachtou A273   | DRAIN_BOT    | A263dUM | A263dLM |
| <b>JBDR21</b>  | Průtok vody z pasivních sprch šachtou A274   | DRAIN_BOT    | A263dUL | A263dLL |
| <b>JAR</b>     | Spojka do záchytného prostoru pasivní sprchy | ATMOS_JUN    | 263UA   | A263aR  |
| <b>JAL</b>     | Spojka do záchytného prostoru pasivní sprchy | ATMOS_JUN    | 263UA   | A263aL  |
| <b>JAM</b>     | Spojka do záchytného prostoru pasivní sprchy | ATMOS_JUN    | 263UA   | A263aM  |
| <b>JBR</b>     | Spojka do záchytného prostoru pasivní sprchy | ATMOS_JUN    | 263UB   | A263bR  |
| <b>JBL</b>     | Spojka do záchytného prostoru pasivní sprchy | ATMOS_JUN    | 263UB   | A263bL  |
| <b>JBM</b>     | Spojka do záchytného prostoru pasivní sprchy | ATMOS_JUN    | 263UB   | A263bM  |

Tabulka 5e: Seznam spojek modelu

| Název   | Popis                                        | Model spojky | Z                 | Do               |
|---------|----------------------------------------------|--------------|-------------------|------------------|
| JCR     | Spojka do záchytného prostoru pasivní sprchy | ATMOS_JUN    | 263UC             | A263cR           |
| JCL     | Spojka do záchytného prostoru pasivní sprchy | ATMOS_JUN    | 263UC             | A263cL           |
| JCM     | Spojka do záchytného prostoru pasivní sprchy | ATMOS_JUN    | 263UC             | A263cM           |
| JDR     | Spojka do záchytného prostoru pasivní sprchy | ATMOS_JUN    | 263UD             | A263dUR          |
| JDL     | Spojka do záchytného prostoru pasivní sprchy | ATMOS_JUN    | 263UD             | A263dUL          |
| JDM     | Spojka do záchytného prostoru pasivní sprchy | ATMOS_JUN    | 263UD             | A263dUM          |
| TQ41    | Sprchový systém                              | PUMP_SYS     | TH40B0A           | A201P1<br>A201P2 |
| THTJ40  | Sprchový systém                              | PUMP_SYS     | A201P1<br>TH40B0A | THXX             |
| BACKFA  | Zpětné vylití barbotážních žlabů             | PUMP_SYS     | XL10BA_POOL       | 263UA            |
| BACKFB  | Zpětné vylití barbotážních žlabů             | PUMP_SYS     | XL10BB_POOL       | 263UB            |
| BACKFC  | Zpětné vylití barbotážních žlabů             | PUMP_SYS     | XL10BC_POOL       | 263UC            |
| BACKFD1 | Zpětné vylití barbotážních žlabů             | PUMP_SYS     | XL10BDU_POOL      | 263UD            |
| BACKFD2 | Zpětné vylití barbotážních žlabů             | PUMP_SYS     | XL10BDL_POOL      | A263dLB          |
| PSPR0A1 | Simulace pasivního sprchování místnosti A263 | PUMP_SYS     | 263UA             | A263aM           |
| PSPR0A2 | Simulace pasivního sprchování místnosti A263 | PUMP_SYS     | 263UA             | A263bM           |
| PSPR0B1 | Simulace pasivního sprchování místnosti A263 | PUMP_SYS     | 263UB             | A263bM           |
| PSPR0B2 | Simulace pasivního sprchování místnosti A263 | PUMP_SYS     | 263UB             | A263cM           |
| PSPR0C1 | Simulace pasivního sprchování místnosti A263 | PUMP_SYS     | 263UC             | A263cM           |
| PSPR0C2 | Simulace pasivního sprchování místnosti A263 | PUMP_SYS     | 263UC             | A263dUM          |
| PSPR0D1 | Simulace pasivního sprchování místnosti A263 | PUMP_SYS     | 263UD             | A263dUM          |
| PSPR0D2 | Simulace pasivního sprchování místnosti A263 | PUMP_SYS     | 263UD             | A263dLM          |

Kromě rozložení jednotlivých místností hermetické zóny do nodů modelu byly definovány tepelné struktury, které odpovídají skutečným pevným částem v kontejnmentovém systému. Jedná se o železobetonové a ocelové konstrukce oddělujících místností a vnitřní ocelové konstrukce uvnitř místností. Všechny tepelné struktury jsou shrnuty v následující tabulce.

Tabulka 6a: Seznam tepelných struktur

| Název struktury | Popis                                                                                     |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| HS201-B11       | Podlaha boxu parogenerátorů PG1, PG2, PG3                                                 |
| HS201-B21       | Podlaha boxu parogenerátorů PG4, PG5, PG6                                                 |
| HS201-C11       | Strop A201P1 sousedící s okolím                                                           |
| HS201-C21       | Strop A201P2 sousedící s okolím                                                           |
| HS201-HK1       | Hokejka na straně A202                                                                    |
| HSA201-HK2      | Hokejka na straně A203                                                                    |
| HS201-S11       | Boční stěna chodby boxu parogenerátorů PG1, PG2, PG3 do SLH                               |
| HS201-S21       | Boční stěna chodby boxu parogenerátorů PG4, PG5, PG6 do SLH                               |
| HS201-S1        | Stěna mezi chodbami boxu parogenerátorů PG1, PG2, PG3 a boxu parogenerátorů PG4, PG5, PG6 |
| HS004U-C        | Víko reaktoru                                                                             |
| HS004U-S1       | Stěna mezi horní částí šachty reaktoru a A301                                             |
| HS004U-S2       | Stěna mezi horní částí šachty reaktoru A004 a okolím                                      |
| HS004U-I1       | Vnitřní ocelové konstrukce uvnitř šachty reaktoru A004                                    |
| HS004L-S1       | Stěna mezi dolní částí šachty reaktoru A004 (1) a okolím                                  |
| HS004L-S2       | Stěna mezi dolní částí šachty reaktoru A004 (2) a okolím                                  |
| HS004L-B1       | Dno šachty reaktoru                                                                       |
| HS301-B1        | Podlaha A301 na straně boxu parogenerátorů PG1, PG2, PG3                                  |
| HS301-B2        | Podlaha A301 na straně boxu parogenerátorů PG4, PG5, PG6                                  |
| HS301-C         | Strop A301                                                                                |
| HS301-S1        | Boční stěny na straně boxu parogenerátorů PG1, PG2, PG3                                   |
| HS301-S2        | Boční stěny na straně boxu parogenerátorů PG4, PG5, PG6                                   |
| HS202-B         | Podlaha C61                                                                               |
| HSC61-SE        | Vnější stěny C61                                                                          |
| HSC61-B1        | Stěny uvnitř C61                                                                          |
| HS203-B         | Podlaha C62                                                                               |
| HSC62-SE        | Vnější stěny C62                                                                          |
| HSC62-B1        | Stěny uvnitř C62                                                                          |
| HS0032-B        | Podlaha A0032                                                                             |
| HSVZT-S         | Stěny A0032                                                                               |
| HSKOR-S1        | Vnější stěny koridoru 1                                                                   |
| HSKOR-S2        | Vnější stěny koridoru 2                                                                   |
| HSKOR-SM        | Stěny mezi koridory                                                                       |
| HSKOR-C1        | Strop koridoru 1                                                                          |
| HSKOR-C2        | Strop koridoru 2                                                                          |
| HSKOR-B1        | Podlaha koridoru 1                                                                        |

Tabulka 6b: Seznam tepelných struktur

| Název struktury | Popis                                             |
|-----------------|---------------------------------------------------|
| HSKOR-B2        | Podlaha koridoru 2                                |
| HC263aL-14      | Vnitřní ocelové konstrukce A263                   |
| HC263aM-14      | Vnitřní ocelové konstrukce A263                   |
| HC263aR-14      | Vnitřní ocelové konstrukce A263                   |
| HC263bL-14      | Vnitřní ocelové konstrukce A263                   |
| HC263bM-14      | Vnitřní ocelové konstrukce A263                   |
| HC263bR-14      | Vnitřní ocelové konstrukce A263                   |
| HC263cL-14      | Vnitřní ocelové konstrukce A263                   |
| HC263cM-14      | Vnitřní ocelové konstrukce A263                   |
| HC263cR-14      | Vnitřní ocelové konstrukce A263                   |
| HC263dUL-14     | Vnitřní ocelové konstrukce A263                   |
| HC263dUM-14     | Vnitřní ocelové konstrukce A263                   |
| HC263dUR-14     | Vnitřní ocelové konstrukce A263                   |
| HC263dLL-14     | Vnitřní ocelové konstrukce A263                   |
| HC263dLM-14     | Vnitřní ocelové konstrukce A263                   |
| HC263dLR-14     | Vnitřní ocelové konstrukce A263                   |
| H263UA-I        | I60 nosníky v záchytných objemech pasivních sprch |
| H263UB-I        | I60 nosníky v záchytných objemech pasivních sprch |
| H263UC-I        | I60 nosníky v záchytných objemech pasivních sprch |
| H263UD-I        | I60 nosníky v záchytných objemech pasivních sprch |
| H263UD2-I       | I60 nosníky ve volném objemu A263dLB              |
| HS263aL-S       | Boční stěny mezi volným objemem A263 a okolím     |
| HS263aM-S       | Boční stěny mezi volným objemem A263 a okolím     |
| HS263aR-S       | Boční stěny mezi volným objemem A263 a okolím     |
| HS263bL-S       | Boční stěny mezi volným objemem A263 a okolím     |
| HS263bM-S       | Boční stěny mezi volným objemem A263 a okolím     |
| HS263bR-S       | Boční stěny mezi volným objemem A263 a okolím     |
| HS263cL-S       | Boční stěny mezi volným objemem A263 a okolím     |
| HS263cM-S       | Boční stěny mezi volným objemem A263 a okolím     |
| HS263cR-S       | Boční stěny mezi volným objemem A263 a okolím     |
| HS263dUL-S      | Boční stěny mezi volným objemem A263 a okolím     |
| HS263dUM-S      | Boční stěny mezi volným objemem A263 a okolím     |
| HS263dUR-S      | Boční stěny mezi volným objemem A263 a okolím     |
| HS263dLL-S      | Boční stěny mezi volným objemem A263 a okolím     |
| HS263dLM-S      | Boční stěny mezi volným objemem A263 a okolím     |
| HS263dLR-S      | Boční stěny mezi volným objemem A263 a okolím     |
| HS263dLL-B      | Podlaha volného objemu A263                       |
| HS263dLM-B      | Podlaha volného objemu A263                       |
| HS263dLR-B      | Podlaha volného objemu A263                       |

Tabulka 6c: Seznam tepelných struktur

| Název struktury | Popis                                                            |
|-----------------|------------------------------------------------------------------|
| HS263dLB-B      | Podlaha volného objemu A263                                      |
| HS263aL-C       | Strop volného objemu A263                                        |
| HS263aM-C       | Strop volného objemu A263                                        |
| HS263aR-C       | Strop volného objemu A263                                        |
| HX-CA1          | Strop v nádrži barbotážního kondenzátoru XL10B01                 |
| HX-CA2          | Strop v nádrži barbotážních kondenzátorů XL10B02, XL10B03        |
| HX-CB1          | Strop v nádrži barbotážního kondenzátoru XL10B04                 |
| HX-CB2          | Strop v nádrži barbotážních kondenzátorů XL10B05, XL10B06        |
| HX-CC1          | Strop v nádrži barbotážního kondenzátoru XL10B07                 |
| HX-CC2          | Strop v nádrži barbotážních kondenzátorů XL10B08, XL10B09        |
| HX-CDU1         | Strop v nádrži barbotážního kondenzátoru XL10B10                 |
| HX-CDU2         | Strop v nádrži barbotážních kondenzátorů XL10B11                 |
| HX-CDL1         | Strop v nádrži barbotážních kondenzátorů XL10B12                 |
| HX-BA           | Dno v nádrži barbotážního kondenzátoru XL10B01, XL10B02, XL10B03 |
| HX-BB           | Dno v nádrži barbotážního kondenzátoru XL10B04, XL10B05, XL10B06 |
| HX-BC           | Dno v nádrži barbotážního kondenzátoru XL10B07, XL10B08, XL10B09 |
| HX-BDU          | Dno v nádrži barbotážního kondenzátoru XL10B10, XL10B11          |
| HX-BDL          | Dno v nádrži barbotážního kondenzátoru XL10B12                   |
| HX-SPAR         | Smáčené boky nádrží XL10B01, XL10B02, XL10B03 do A263            |
| HX-SPAL         | Smáčené boky nádrží XL10B01, XL10B02, XL10B03 do A263            |
| HX-SPAM         | Smáčené boky nádrží XL10B01, XL10B02, XL10B03 do A263            |
| HX-SPBR         | Smáčené boky nádrží XL10B04, XL10B05, XL10B06 do A263            |
| HX-SPBL         | Smáčené boky nádrží XL10B04, XL10B05, XL10B06 do A263            |
| HX-SPBM         | Smáčené boky nádrží XL10B04, XL10B05, XL10B06 do A263            |
| HX-SPCR         | Smáčené boky nádrží XL10B07, XL10B08, XL10B09 do A263            |
| HX-SPCL         | Smáčené boky nádrží XL10B07, XL10B08, XL10B09 do A263            |
| HX-SPCM         | Smáčené boky nádrží XL10B07, XL10B08, XL10B09 do A263            |
| HX-SPDUR        | Smáčené boky nádrží XL10B10, XL10B11 do A263 do A263             |
| HX-SPDUL        | Smáčené boky nádrží XL10B10, XL10B11 do A263 do A263             |
| HX-SPDUM        | Smáčené boky nádrží XL10B10, XL10B11 do A263 do A263             |
| HX-SPDLR        | Smáčené boky nádrží XL10B12 do A263 do A263                      |
| HX-SPDLL        | Smáčené boky nádrží XL10B12 do A263 do A263                      |
| HX-SPDLM        | Smáčené boky nádrží XL10B12 do A263                              |
| HX-NPAR         | Nesmáčené boky nádrží XL10B01, XL10B02, XL10B03 do A263          |
| HX-NPAL         | Nesmáčené boky nádrží XL10B01, XL10B02, XL10B03 do A263          |
| HX-NPAM         | Nesmáčené boky nádrží XL10B01, XL10B02, XL10B03 do A263          |
| HX-NPBR         | Nesmáčené boky nádrží XL10B04, XL10B05, XL10B06 do A263          |

Tabulka 6d: Seznam tepelných struktur

| Název struktury | Popis                                                                                       |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| HX-NPBL         | Nesmáčené boky nádrží XL10B04, XL10B05, XL10B06 do A263                                     |
| HX-NPBM         | Nesmáčené boky nádrží XL10B04, XL10B05, XL10B06 do A263                                     |
| HX-NPCR         | Nesmáčené boky nádrží XL10B07, XL10B08, XL10B09 do A263                                     |
| HX-NPCL         | Nesmáčené boky nádrží XL10B07, XL10B08, XL10B09 do A263                                     |
| HX-NPCM         | Nesmáčené boky nádrží XL10B07, XL10B08, XL10B09 do A263                                     |
| HX-NPDUR        | Nesmáčené boky nádrží XL10B10, XL10B11 do A263                                              |
| HX-NPDUL        | Nesmáčené boky nádrží XL10B10, XL10B11 do A263                                              |
| HX-NPDUM        | Nesmáčené boky nádrží XL10B10, XL10B11 do A263                                              |
| HX-NPDLR        | Nesmáčené boky nádrží XL10B12 do A263                                                       |
| HX-NPDLL        | Nesmáčené boky nádrží XL10B12 do A263                                                       |
| HX-NPDLM        | Nesmáčené boky nádrží XL10B12 do A263                                                       |
| HX-SUSA         | Smáčené stěny mezi nádržemi XL10B01, XL10B02, XL10B03 a záchytnými objemy pasivních sprch   |
| HX-SUSB         | Smáčené stěny mezi nádržemi XL10B04, XL10B05, XL10B06 a záchytnými objemy pasivních sprch   |
| HX-SUSC         | Smáčené stěny mezi nádržemi XL10B07, XL10B08, XL10B09 a záchytnými objemy pasivních sprch   |
| HX-SUSD         | Smáčené stěny mezi nádržemi XL10B07, XL10B08, XL10B09 a záchytnými objemy pasivních sprch   |
| HX-SUNA         | Nesmáčené stěny mezi nádržemi XL10B01, XL10B02, XL10B03 a záchytnými objemy pasivních sprch |
| HX-SUNB         | Nesmáčené stěny mezi nádržemi XL10B04, XL10B05, XL10B06 a záchytnými objemy pasivních sprch |
| HX-SUNC         | Nesmáčené stěny mezi nádržemi XL10B07, XL10B08, XL10B09 a záchytnými objemy pasivních sprch |
| HX-SUND         | Nesmáčené stěny mezi nádržemi XL10B07, XL10B08, XL10B09 a záchytnými objemy pasivních sprch |
| HXL-KBA         | Smáčené boky vstupních kanálů XL10B01, XL10B02, XL10B03                                     |
| HXL-KBB         | Smáčené boky vstupních kanálů XL10B04, XL10B05, XL10B06                                     |
| HXL-KBC         | Smáčené boky vstupních kanálů XL10B07, XL10B08, XL10B09                                     |
| HXL-KBDU        | Smáčené boky vstupních kanálů XL10B10, XL10B11                                              |
| HXL-KBDL        | Smáčené boky vstupních kanálů XL10B12                                                       |
| HXL-KNA         | Nesmáčené boky vstupních kanálů XL10B01, XL10B02, XL10B03                                   |
| HXL-KNB         | Nesmáčené boky vstupních kanálů XL10B04, XL10B05, XL10B06                                   |
| HXL-KNC         | Nesmáčené boky vstupních kanálů XL10B07, XL10B08, XL10B09                                   |
| HXL-KNDU        | Nesmáčené boky vstupních kanálů XL10B10, XL10B11                                            |
| HXL-KNDL        | Nesmáčené boky vstupních kanálů XL10B12                                                     |
| HXL-KCA         | Vršek kloboučku vstupních kanálů nádrží barbotážního kondenzátoru                           |
| HXL-KSA         | Boky vršku kloboučku vstupních kanálů nádrží barbotážního kondenzátoru                      |
| HXL-KCB         | Vršek kloboučku vstupních kanálů nádrží barbotážního kondenzátoru                           |

Tabulka 6e: Seznam tepelných struktur

| Název struktury | Popis                                                                  |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------|
| HXL-KSB         | Boky vršku kloboučku vstupních kanálů nádrží barbotážního kondenzátoru |
| HXL-KCC         | Vršek kloboučku vstupních kanálů nádrží barbotážního kondenzátoru      |
| HXL-KSC         | Boky vršku kloboučku vstupních kanálů nádrží barbotážního kondenzátoru |
| HXL-KCDU        | Vršek kloboučku vstupních kanálů nádrží barbotážního kondenzátoru      |
| HXL-KSDU        | Boky vršku kloboučku vstupních kanálů nádrží barbotážního kondenzátoru |
| HXL-KCDL        | Vršek kloboučku vstupních kanálů nádrží barbotážního kondenzátoru      |
| HXL-KSDL        | Boky vršku kloboučku vstupních kanálů nádrží barbotážního kondenzátoru |
| HT635-S         | Boční stěny plynojemu A635 do okolí elektrárny                         |
| HT635-SWT       | Stěna mezi plynojemem A635 a XL10BA                                    |
| HT635-SU        | Stěna mezi plynojemem A635 a 263UA                                     |
| HT635-SR        | Stěna mezi plynojemem A635 a A263aR                                    |
| HT635-SL        | Stěna mezi plynojemem A635 a A263aL                                    |
| HT530-S         | Boční stěny plynojemu A530 do okolí elektrárny                         |
| HT530-SWT       | Stěna mezi plynojemem A530 a XL10BB                                    |
| HT530-SU        | Stěna mezi plynojemem A530 a 263UB                                     |
| HT530-SR        | Stěna mezi plynojemem A530 a A263bR                                    |
| HT530-SL        | Stěna mezi plynojemem A530 a A263bL                                    |
| HT423-S         | Boční stěny plynojemu A423 do okolí elektrárny                         |
| HT423-SWT       | Stěna mezi plynojemem A423 a XL10BC                                    |
| HT423-SU        | Stěna mezi plynojemem A423 a 263UC                                     |
| HT423-SR        | Stěna mezi plynojemem A423 a A263cR                                    |
| HT423-SL        | Stěna mezi plynojemem A423 a A263cL                                    |
| HT264-S         | Boční stěny plynojemu A264 do okolí elektrárny                         |
| HT264-SWT1      | Stěna mezi plynojemem A264 a XL10BDU                                   |
| HT264-SWT2      | Stěna mezi plynojemem A264 a XL10BDU                                   |
| HT264-SU        | Stěna mezi plynojemem A264 a 263UD                                     |
| HT264-SR1       | Stěna mezi plynojemem A264 a A263dUR                                   |
| HT264-SR2       | Stěna mezi plynojemem A264 a A263dLR                                   |
| HT264-SL1       | Stěna mezi plynojemem A264 a A263dUL                                   |
| HT264-SL2       | Stěna mezi plynojemem A264 a A263dLL                                   |
| HT264-SL3       | Stěna mezi plynojemem A264 a A263dLB                                   |
| HS635-C         | Strop A635                                                             |
| HS635-B         | Mezistrop mezi A635 a A530                                             |
| HS530-B         | Mezistrop mezi A530 a A423                                             |
| HS423-B         | Mezistrop mezi A423 a A264                                             |
| HS264-B         | Podlaha A264                                                           |

## 8. Výběr vstupních parametrů

Na základě vytvořeného modelu byl proveden výpočet pro několik vybraných parametrů. Pro výpočet byla uvažována havárie LB LOCA s prasknutím potrubí primárního okruhu s oboustranným výtokem chladiva (2 x 496 mm). Při havárii se uvažuje fungování jednoho aktivního sprchového systému.

Je zřejmé, že čím bude větší počet funkčních sprchových systémů, tím bude kratší doba dosažení podtlaku uvnitř ochranné obálky reaktoru. Docházelo by totiž k intenzivnějšímu sprchování hermetických prostor v boxech PG a k větší kondenzaci páry, uvolněné při havárii.

Pasivní sprchy jsou modelovány jako pumpy bez pumpy, a fungují na základě rozdílu hydrostatických tlaků.

Závislost výpočtů na tlaku, teplotě a nasycení byla již zjištěna v jiných pracech. Protože se málo ověřoval vliv některých jiných parametrů, tak se tato diplomová práce zaměřuje na velikost kapek z aktivních a pasivních sprchových systémů, které mezi ně patří.

Pro tyto parametry pak bylo provedeno 8 výpočtů se vstupními parametry uvedenými v tabulce 7.

Tabulka 7: Vstupní parametry pro výpočet

| Výpočet | Velikost kapky [mm]           |                                 |
|---------|-------------------------------|---------------------------------|
|         | Tryska aktivní<br>sprchy SN14 | Dírka pasivní<br>sprchy HOLE7MM |
| 1       | -                             | 5                               |
| 2       | -                             | 6                               |
| 3       | -                             | 7                               |
| 4       | -                             | 8                               |
| 5       | -                             | 9                               |
| 6       | 1                             | -                               |
| 7       | 1,5                           | -                               |
| 8       | 2                             | -                               |

## 9. Výpočty a výsledky

Na základě navrženého modelu bylo provedeno celkem 8 variant výpočtů. Výsledná data pak byla převedena do ASCII tabulky pomocí programu COCPLOT. Poté bylo možné data zpracovat a vyhodnotit výsledky.

Pro každou sérii výpočtů byly použity stejné počáteční podmínky teploty, tlaku a saturace. Tyto podmínky jsou uvedeny v následující tabulce 8.

Sledovanou dobu dosažení podtlaku jsme vyhodnocovali v zóně A201P1, ze které vedou modelové netěsnosti mimo hermetickou zónu.

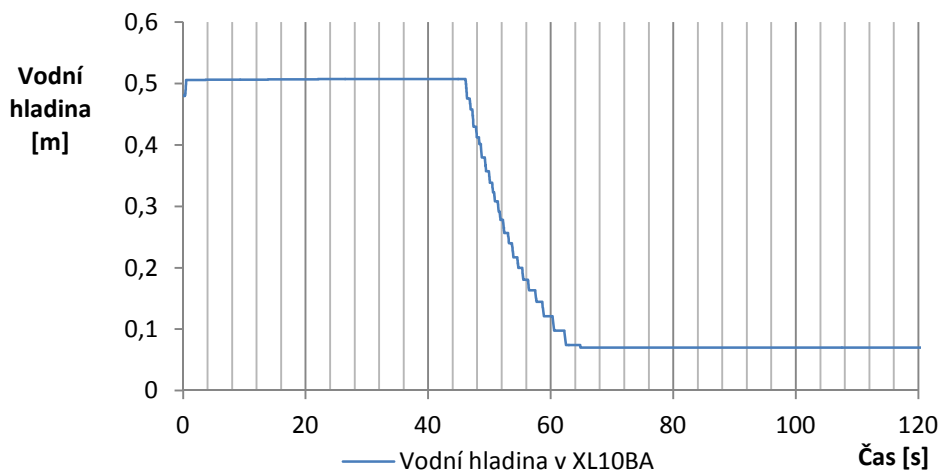
Tabulka 8: Počáteční podmínky v HP

| Místnost                                    | Zóna    | Teplota [°C] | Tlak [kPa] | Saturace [%] |
|---------------------------------------------|---------|--------------|------------|--------------|
| šachta reaktoru A004/1                      | A004U   | 48           | 97,85      | 60           |
|                                             | A004L   | 48           | 97,85      | 60           |
| Box PG                                      |         | 48           | 97,85      | 60           |
| Spojovací koridory                          | COR1    | 48           | 97,85      | 60           |
|                                             | COR2    | 48           | 97,85      | 60           |
| Místnost pohonu HCČ                         | A301    | 29           | 97,85      | 50           |
| Šachta barbotéru                            | A263    | 48           | 97,85      | 60           |
|                                             | C61     | 48           | 97,85      | 60           |
|                                             | C62     | 48           | 97,85      | 60           |
|                                             | C63     | 35           | 97,85      | 50           |
| Nádrže barbotážního kondenzátoru XL10B01-12 |         | 40           | 97,85      | 100          |
| Záchytný objem pasivních sprch              |         | 40           | 97,85      | 90           |
| Plynojemy                                   |         | 35           | 97,85      | 60           |
| Nádrž havarijní zásoby H3BO3                | TH40B0A | 50, 50       | 100        | 100          |
| Odběrná nádrž                               | THXX    | 50, 50       | 100        | 100          |
| Okolí elektrárny                            | ENVIRON | 20           | 98         | 70           |

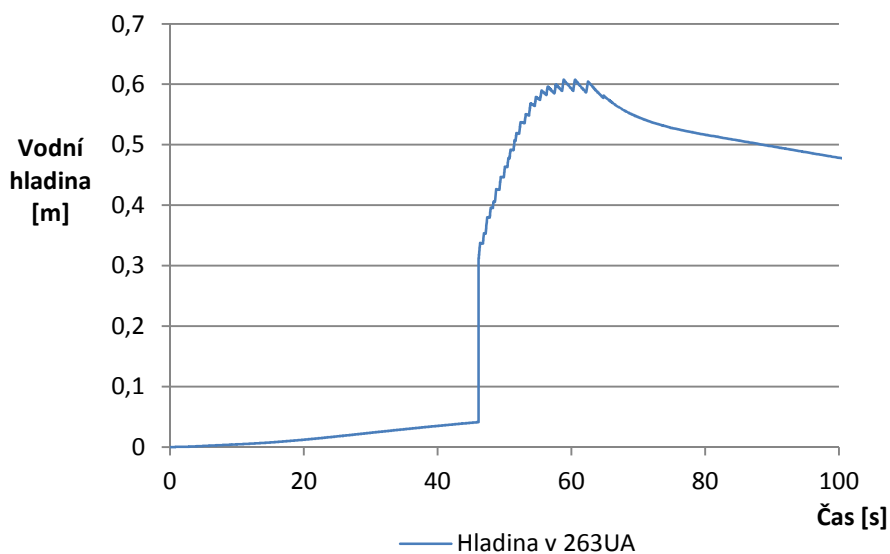
## 9.1 Pasivní sprchový systém při LB LOCA

V této podkapitole je namodelována a popsána činnost sprch při havárii LB LOCA s průběhem tlaku a teploty v zóně A201P1.

Jedná se o zónu modelu „edu\_ra04.1.7\_LBLOCA.13.02\_v01“.

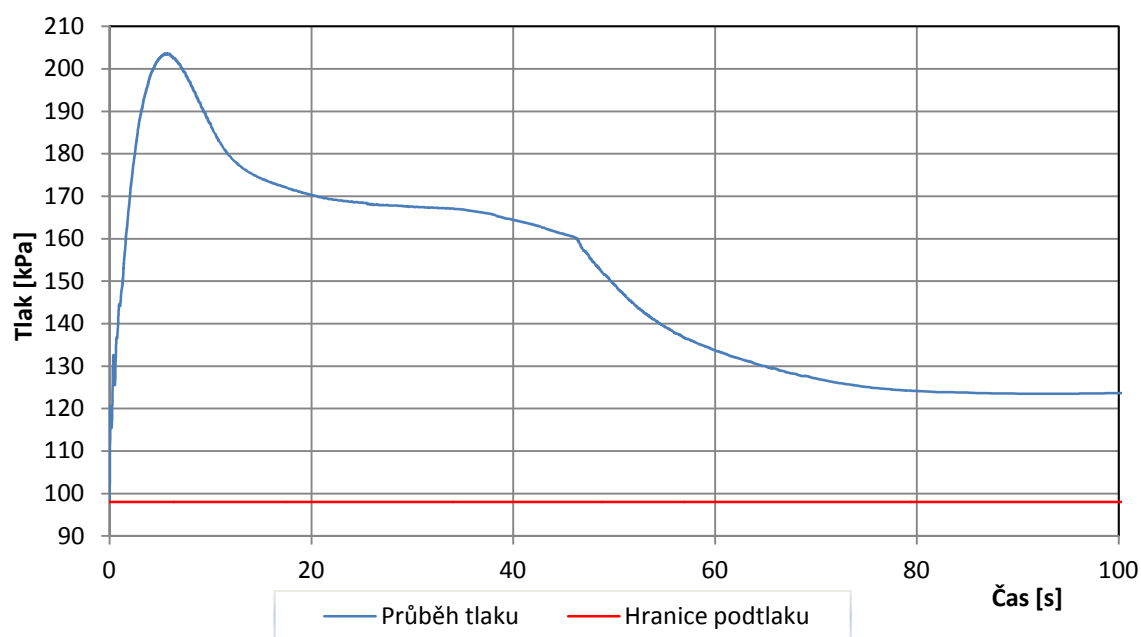


Graf 1: Hladina v XL10BA během LB LOCA

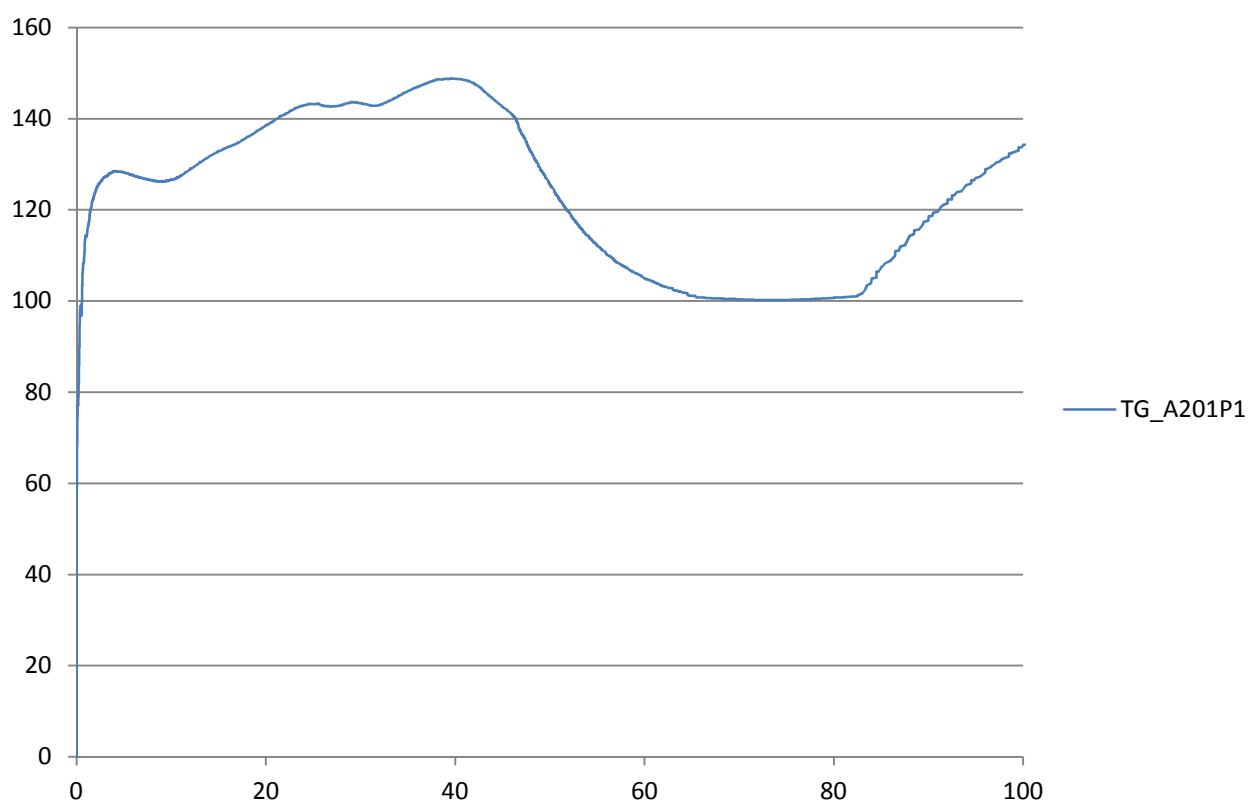


Graf 2: Hladina v U263 během LB LOCA

Při činnosti aktivního sprchového systému dojde (v čase 46,9 s u XL10BA) ke zpětnému vylití obsahu nádrží barbotážních kondenzátorů do záchytných prostor pro pasivní sprchování. Tento proces trvá u XL10BA do 64,85 s. U ostatních modelových zón barbotážního kondenzátoru je čas i průběh obdobný. Díky tomu dojde k pasivnímu sprchování šachty barbotážní věže. To vede k poklesu tlaku a snížení teploty v zóně A201/P1 (viz grafy 3, 5).



Graf 3: Průběh tlaku v A201P1

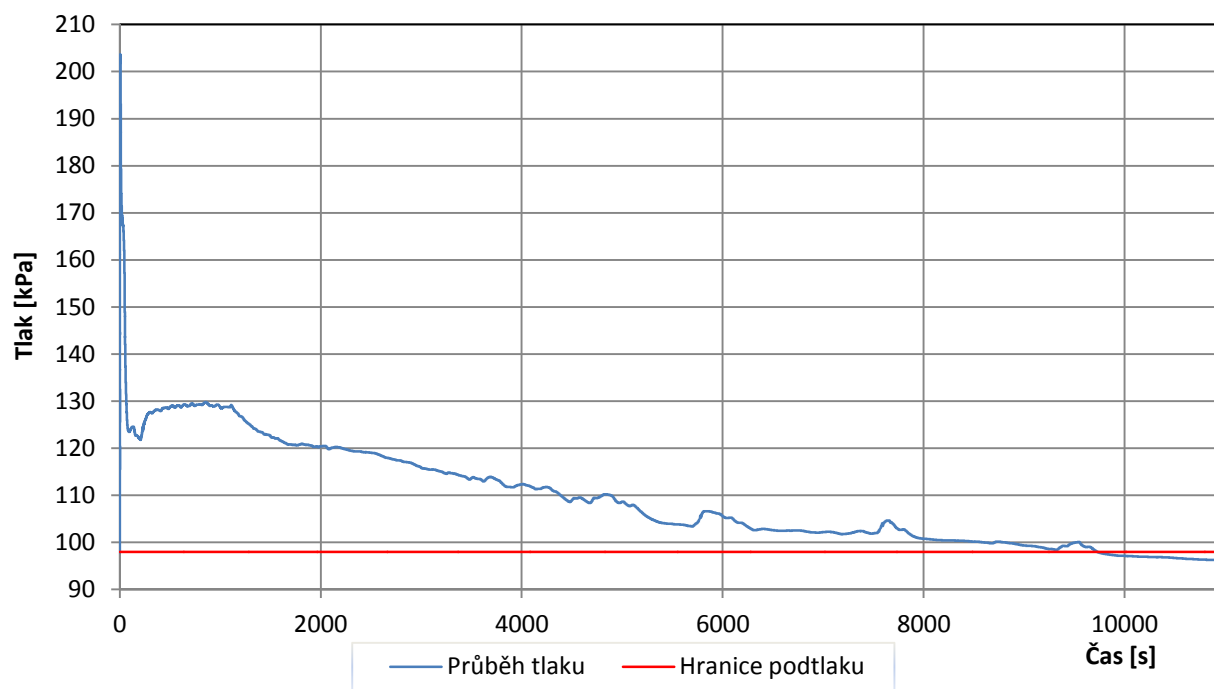


Graf 4: Průběh teploty v A201P1

## 9.2 Výsledky výpočtu 1

Jako vstupní parametr 1. výpočtu byla uvažována kapka o průměru **5 mm**, z díry pasivní sprchy.

V následujících grafech jsou znázorněny vypočtené průběhy tlaku během havárie LB LOCA pro daný parametr v zóně A201P1.



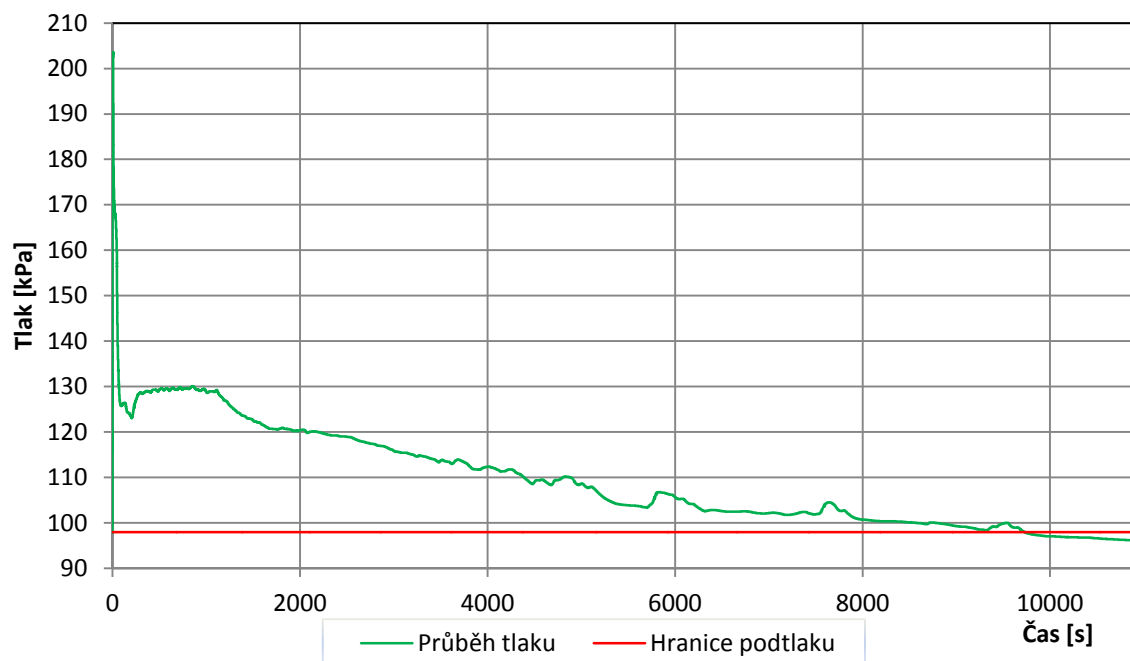
Graf 5: Průběh tlaku při výpočtu 1

U výpočtu 1 nastalo **dosažení podtlaku** v zóně v čase **9733,1 s**.

## 9.3 Výsledky výpočtu 2

Jako vstupní parametr 2. výpočtu byla uvažována kapka o průměru **6 mm**, z díry pasivní sprchy.

V zóně nastalo **dosažení podtlaku** v čase **9723,9 s**. V grafu 6 je znázorněn průběh tlaku v zóně během havárie.

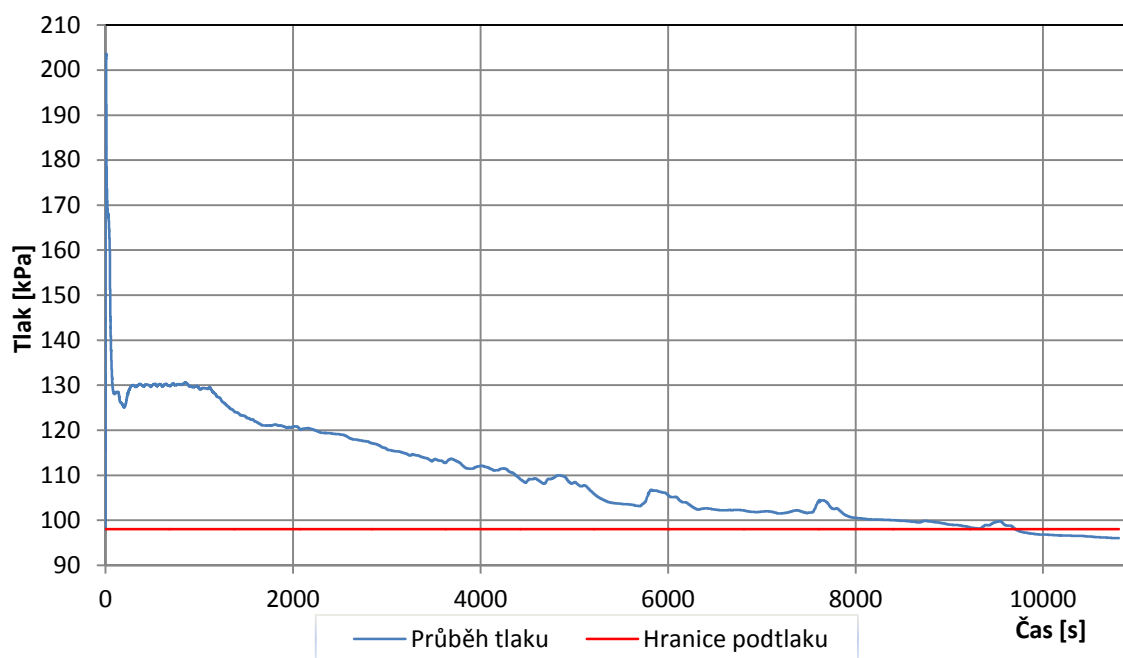


Graf 6: Průběh tlaku při výpočtu 2

#### 9.4 Výsledky výpočtu 3

Jako vstupní parametr 2. výpočtu uvažována kapka o průměru **7 mm**.

**Dosažení podtlaku** nastalo v čase **9708,8 s** (viz Graf 7). V následujícím grafu 3 je znázorněn průběh tlaku v zóně.

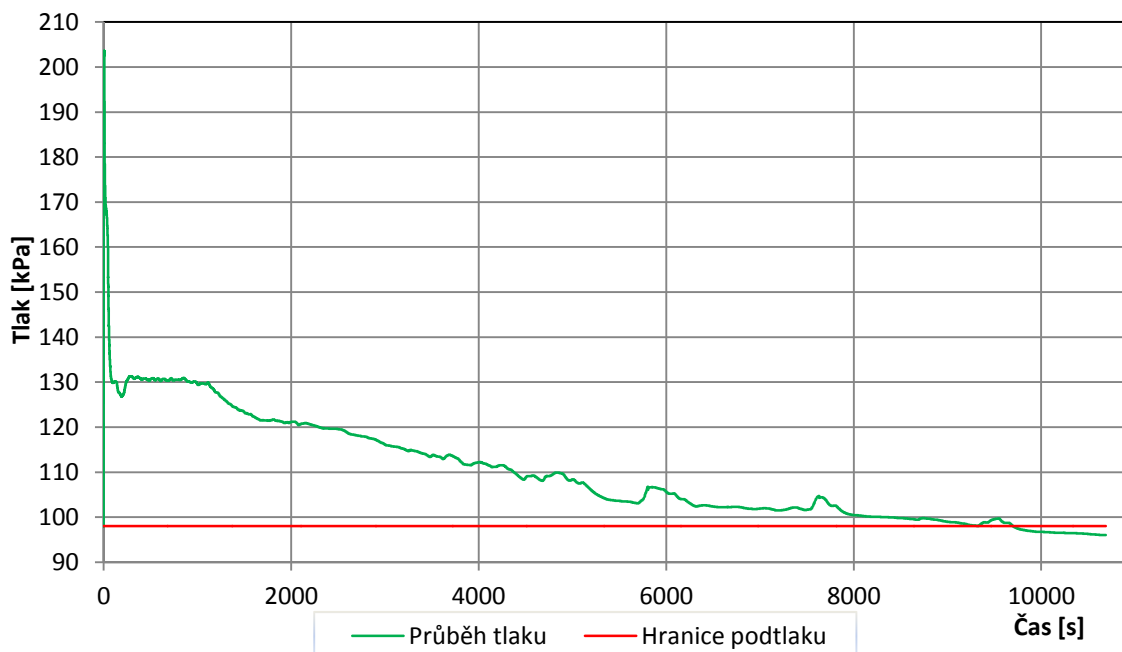


Graf 7: Průběh tlaku při výpočtu 3

## 9.5 Výsledky výpočtu 4

Jako vstupní parametr 2. výpočtu byla uvažována velikost kapky o průměru **8 mm** z díry pasivní sprchy.

**Dosažení podtlaku** nastalo v čase **9697,2 s** (viz Graf 8).

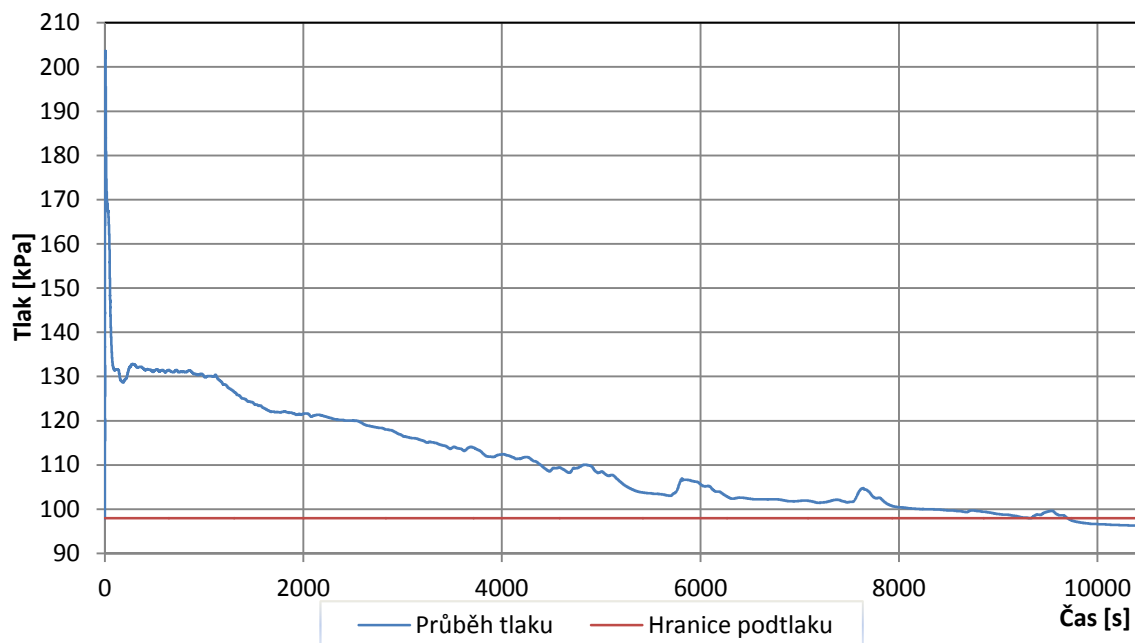


Graf 8: Průběh tlaku při výpočtu 4

## 9.6 Výsledky výpočtu 5

Jako vstupní parametr 2. výpočtu byla uvažována velikost kapky o průměru **9 mm** z díry pasivní sprchy.

**Dosažení podtlaku** nastalo v čase **9692,8 s** (viz Graf 9).



Graf 9: Průběh tlaku při výpočtu 5

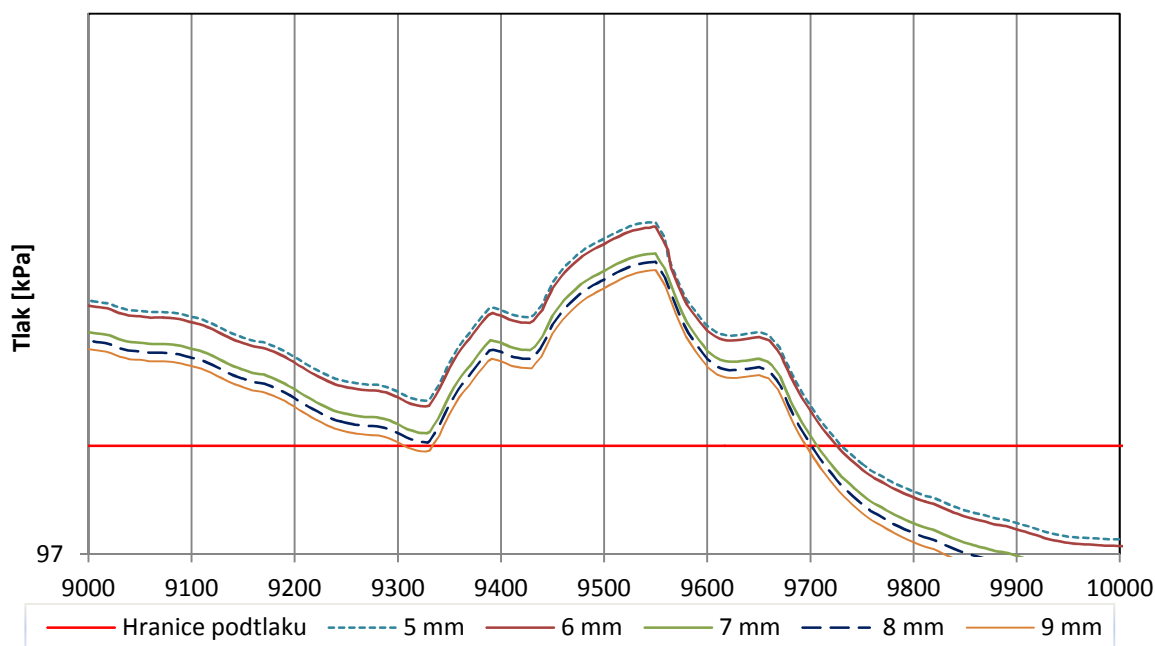
## 9.7 Srovnání výsledků 1 až 5

V následující tabulce je srovnáno všech 5 zvolených parametrů pro kapky z pasivního sprchování.

Tabulka 9: Srovnání doby dosažení podtlaku u jednotlivých parametrů

| Výpočet | Dirka pasivní sprchy<br>HOLE7MM | Doba dosažení podtlaku [s] |
|---------|---------------------------------|----------------------------|
|         | Velikost kapky [mm]             |                            |
| 1       | 5                               | 9733,1                     |
| 2       | 6                               | 9723,9                     |
| 3       | 7                               | 9708,8                     |
| 4       | 8                               | 9697,2                     |
| 5       | 9                               | 9692,8                     |

V následujícím grafu jsou u těchto parametrů srovnány průběhy tlaků blízko hranice podtlaku.



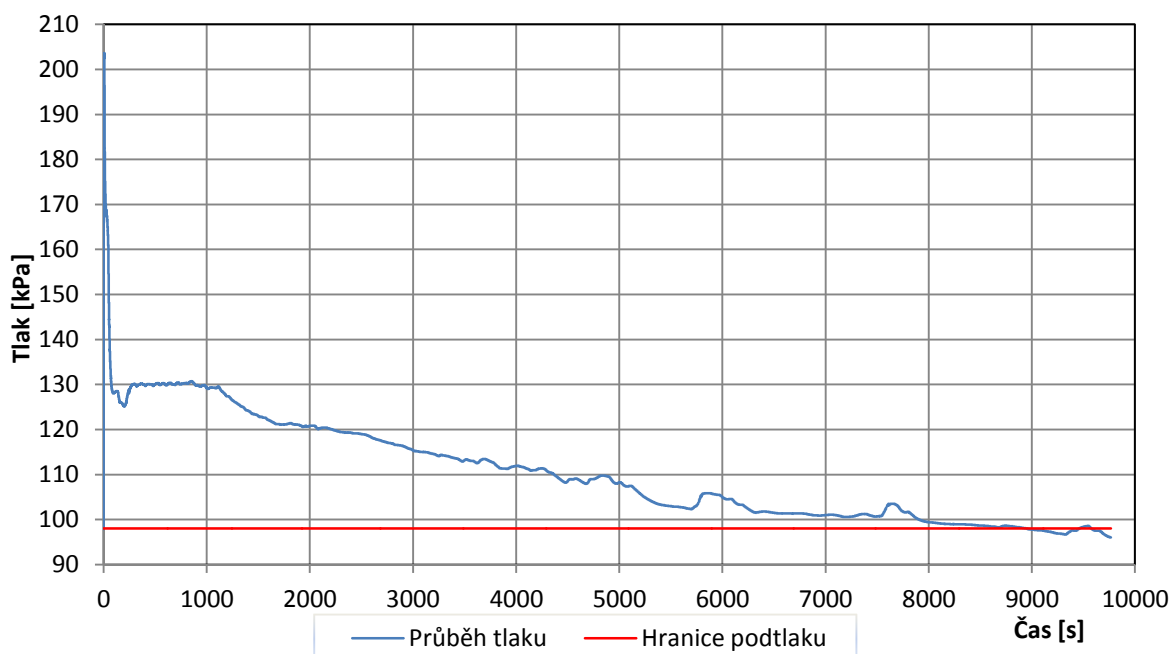
Graf 10: Průběh tlaků blízko hranice podtlaku

Vzhledem k použitému časovému kroku zápisu výsledků je rozdíl 40 s mezi maximální a minimální hodnotou dob dosažení podtlaku nevýznamný a průměr sprchových kapiček pasivní sprchy ve zkoumaném rozmezí nemá praktický vliv na dobu dosažení podtlaku.

## 9.8 Výsledky výpočtu 6

Jako vstupní parametr 2. výpočtu byla uvažována velikost kapky aktivní sprchy o průměru kapky **1 mm**.

**Dosažení podtlaku** nastalo v čase **9576,2 s** (viz Graf).

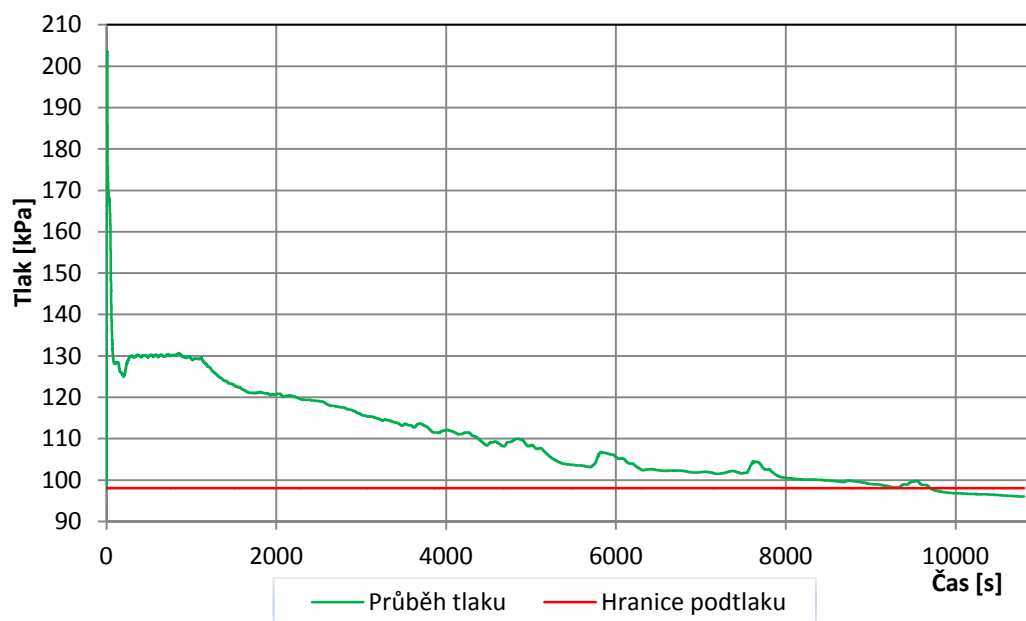


Graf 11: Průběh tlaku při výpočtu 6

## 9.9 Výsledky výpočtu 7

Jako vstupní parametr 2. výpočtu byla uvažována velikost kapky aktivní sprchy o průměru kapky **1,5 mm**.

**Dosažení podtlaku** nastalo v čase **9704,3 s** (viz Graf).

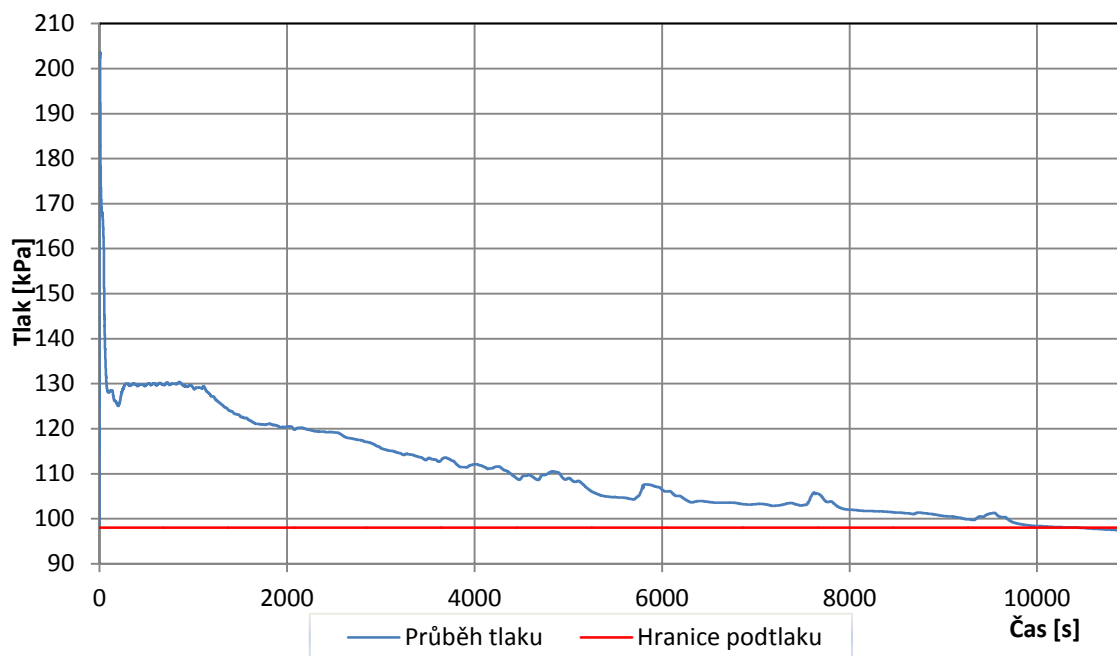


Graf 12: Průběh tlaku při výpočtu 7

### 9.10 Výsledky výpočtu 8

Jako vstupní parametr 2. výpočtu byla uvažována velikost kapky aktivní sprchy o průměru kapky **2 mm**.

**Dosažení podtlaku** nastalo v čase **10 450 s**.



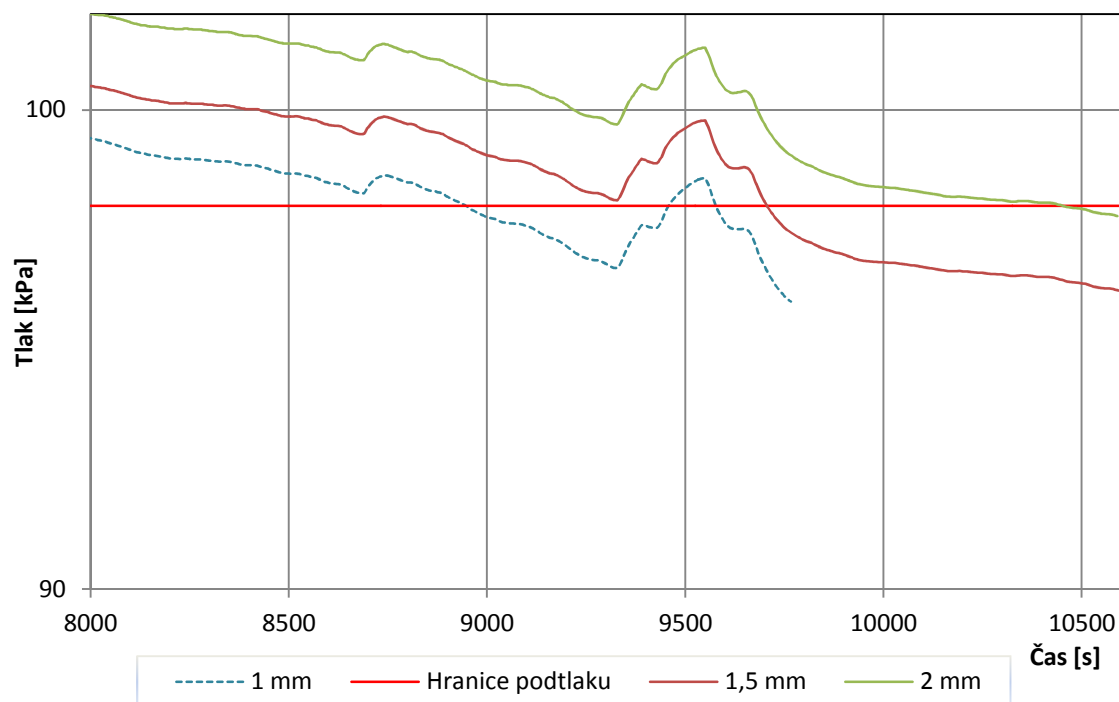
Graf 13: Průběh tlaku při výpočtu 8

### 9.11 Srovnání výsledků 6 až 8

V následující tabulce jsou srovnány všechny 3 zvolené parametry pro kapky z trysek aktivního sprchování.

Tabulka 10: Srovnání doby dosažení podtlaku u jednotlivých parametrů

| Výpočet | Tryska aktivní sprchy<br>SN14 | Doba dosažení podtlaku [s] |
|---------|-------------------------------|----------------------------|
|         | Velikost kapky [mm]           |                            |
| 1       | 1                             | 9576,2                     |
| 2       | 1,5                           | 9704,3                     |
| 3       | 2                             | 10 450                     |



Graf 14: Průběh tlaků

Z tabulky i grafu vyplývá, že je vliv aktivního sprchového systému na dobu dosažení podtlaku v HP řádově vyšší, než je tomu u pasivních sprch. To je způsobeno delším trváním aktivního sprchování. To, že je u větších rozměrů kapek delší doba dosažení podtlaku, je způsobeno menší teplosměnnou plochou na 1 kg látky než je tomu u menších rozměrů kapek.

## Závěr

Cílem této diplomové práce bylo zpracovat popis chování ochranných obálek během havárií s únikem chladiva (havárie LOCA), se zaměřením na jaderné elektrárny s reaktorem VVER-440/V-213. Tato řada reaktorů má kontejnmentový systém, který není plnotlaký, a proto musí mít systém potlačení tlaku. Ochranná obálka tvoří čtvrtou bariéru proti úniku štěpných materiálů do okolí jaderné elektrárny. Kontejnmentový systém se skládá z hermetických kobek, koridorů, barbotážní věže, plynojemů a systému potlačení tlaku. Systém potlačení tlaku využívá 2 metody snížení tlaku, kterými jsou kondenzace a velké objemy.

Jaderná elektrárna je dimenzována tak, aby vydržela maximální projektovou havárii LB LOCA, kdy dojde ke gilotinovému roztržení potrubí primárního okruhu a oboustrannému výtoku chladiva. Při havárii se uvolní velké množství vody a páry.

Vakuobarbotážní systém je pasivní systém, který je nezávislý na energetických zdrojích. Jeho funkcí je snížení tlaku uvnitř ochranné obálky v případě havárie LOCA. Skládá se z barbotážních žlabů, plynojemů a barbotážní věže. Aktivní sprchový systém slouží ke snížení tlaku v boxu parogenerátorů, kdy dochází ke kondenzaci na rozstříkovaných kapičkách.

Dalším cílem této diplomové práce bylo navrhnout model pro program COCOSYS. Výsledkem je model „edu\_ra04.1.7\_LBLOCA.13.02\_v01“, který obsahuje 42 zón. Z toho jsou hermetické prostory, mimo barbotážní věž, modelovány celkem deseti zónami. Barbotážní věž je kromě nádrží barbotážního kondenzátoru a zachytných objemů pasivních sprch, které se v ní nachází, modelována celkem dvaceti zónami. Dále jsou modelovány plynojemy. Tyto zóny jsou spojeny příslušnými atmosférickými, nebo vodními spojkami. Dále jsou pak modelovány tepelné struktury modelu.

Bylo vybráno několik vstupních parametrů, které by mohly mít vliv na dobu dosažení podtlaku v ochranné obálce reaktoru. Byly zvoleny 3 průměry kapiček aktivních sprch a 5 kapiček pasivních sprch. Pro dané parametry bylo provedeno několik výpočtů. Z výsledků těchto výpočtů bylo vyhodnoceno následující. Vzhledem k použitému časovému kroku zápisu výsledků je u kapek pasivního sprchového systému rozdíl mezi maximální a minimální hodnotou dob dosažení podtlaku nevýznamný a průměr sprchových kapiček pasivní sprchy ve zkoumaném rozmezí nemá praktický vliv na dobu dosažení podtlaku. Dále z výsledků vyplývá, že vliv aktivního sprchového systému na dobu dosažení podtlaku v HP je řádově vyšší, než je tomu u pasivních sprch. To je způsobeno delším trváním aktivního sprchování. To, že je u větších rozměrů kapek delší doba dosažení podtlaku, je způsobeno menší teplosměnnou plochou na 1 kg látky než je tomu u menších rozměrů kapek.

Zpřesnění údajů má tedy smysl jen pro aktivní sprchové systémy.

**Seznam zdrojů**

- [1] kniha The status of the bubble condenser containment  
KARWAT, H. a H.E. ROSINGER. The Status of the Bubbler Condenser Containment System for the Reactors of the VVER-440/213 Type. Nuclear energy agency, 37 s. NEA/CSNI/R(89)13.
- [2] kniha Vstupní data pro bezpečnostní analýzy, ČEZ  
ZOBLIVÝ, Michal. Vstupní data pro bezpečnostní analýzy: 8. Systém lokalizace havárie. Kapitola 8. ČEZ a.s., 2012.
- [3] W. Klein-Heßling, S. Arndt, G. Weber: COCOSYS V1.2, Part 1: User Manual, Part 2: Programme Reference Manual, Part 3: Implementation Manual, GRS - P - 3/1, 3/2 and 3/3, July 2000, GRS mbH
- [4] COCOSYS V2.3, User's Manual, Revision 0, January 2007, GRS mbH
- [5] NAGY, Attila, Zoltán HÓZER a János Sebestyén JÁNOSY. Modelling of VVER-440/213 hermetic rooms in training simulator. Annals of nuclear energy [online]. 2013, Vol. 55, Pp. 272–278 [cit. 2014-05-27]. ISSN 0306-4549. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030645491200480X>
- [6] NAGY, Attila, Sándor DEME a Zoltán HÓZER. Activity emission model for VVER 440/213 reactor LOCA. Annals of nuclear energy [online]. 2013, Vol. 62, Pp. 423–420 [cit. 2014-05-27]. ISSN 0306-4549. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306454913003538>.
- [7] NAGY, Attila, Zoltán HÓZER a János Sebestyén JÁNOSY. Modelling of VVER-440/213 hermetic rooms in training simulator. Annals of nuclear energy [online]. 2013, Vol. 55, Pp. 272–278 [cit. 2014-05-27]. ISSN 0306-4549. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030645491200480X>
- [8] TÉCHY, Zsolt, Gábor LAJTHA a Róbert TAUBNER. Accident loads for a VVER-440/213 containment. Nuclear engineering and design [online]. Amsterdam: North-Holland Publ, 1995, Vol. 157, Pp. 375–385 [cit. 2014-05-27]. ISSN 0029-5493. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/002954939501061L>.
- [9] TIPPING, Philip G. Understanding and mitigating ageing in nuclear power plants: materials and operational aspects of plant life management (PLiM). Philadelphia, PA: Woodhead Publishing, 2010 [online]. [cit. 2014-02-19]. ISBN 978-1-61344-379-8. Dostupné z: <http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpUMANPPM2/understanding-mitigating>
- [10] Typy reaktorů. [online]. [cit. 2014-02-19]. Dostupné z: [http://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/03/typy\\_2.html](http://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/03/typy_2.html)
- [11] NUCLEAR ENERGY AGENCY COMMITTEE ON THE SAFETY OF NUCLEAR INSTALLATIONS. *Answers to Remaining Questions on Bubbler-Condenser Activity Report of the OECD NEA Bubbler-Condenser Steering Group* [online]. 2003 [cit. 12.2.2014]. Dostupné z: <http://www.oecd-neo.org/nsd/docs/2003/csni-r2003-12.pdf>

- [12] SABATA, M. WWER 440/213 NPP containment from the point of view of IAEA requirements and current European practice. In: *Proceedings of international topical meeting on VVER technical innovations for next century* [online]. 2000 [cit. 2014-05-20]. INIS Volume 32. Dostupné z: <http://inis.iaea.org/search/search.aspx?>
- [13] EUROPEAN COMMISSION. Current Status of Probabilistic Safety Assessments for Soviet Designed Reactors [online]. 1999 [cit. 25.5.2014]. EUR 17567 EN. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/energy/nuclear/studies/doc/other/eur17567.pdf>
- [14] VVER. Jaderné informace [online]. 2011 [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://jaderneinfo.webnode.cz/news/vver/>
- [15] ČESKÝ SVAZ VĚDECKOTECHNICKÝCH SPOLEČNOSTÍ. Zpravodaj 4/00 [online]. 2000 [cit. 25.5.2014]. Dostupné z: <http://www.csvts.cz/cns/zprav/0004.htm>
- [16] RYZHOV, Sergei B. et al VVER-Type Reactors of Russian Design. Handbook of nuclear engineering [online]. London: Springer, 2010, Pp 2249-2320 [cit. 2014-05-22]. ISBN 978-038-7981-499. Dostupné z: [http://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-0-387-98149-9\\_20](http://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-0-387-98149-9_20)
- [17] HEZOUČKÝ, ING., František. Evoluce ruských tlakovodních reaktorů. Technický týdeník [online]. 2006 [cit. 2014-05-21]. Dostupné z: [http://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/evoluce-ruskych-tlakovodnich-reaktoru\\_18139.html](http://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/evoluce-ruskych-tlakovodnich-reaktoru_18139.html)
- [18] SLUGENĚ, Vladimír. Safety of VVER-440 reactors: barriers against fission products release [online]. New York: Springer, c2011, xi, 178 p. [cit. 2014-05-21]. ISBN 18-499-6419-X. Dostupné z: <http://link.springer.com/book/10.1007/978-1-84996-420-3>
- [19] Ocenění bezpečnosti a bezpečnostních rezerv JE Dukovany. In: Zátěžové testy JE-ČEZ, a.s. [online]. 2011 [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/edee/content/file/energie-a-zivotni-prostredi/dukovany/zaverecna-zprava-zt-edu.pdf>
- [20] ZOBLIVÝ, Michal. Jaderná bezpečnost elektráren: ČEZ a.s. Brno, 2013. Prezentace. VUT, Fakulta strojního inženýrství.
- [21] STÁTNÍ ÚSTAV PRO JADERNOU BEZPEČNOST. Výběr a hodnocení projektových a nadprojektových událostí a rizik pro jaderné elektrárny. Jaderná bezpečnost [online]. [cit. 2014-05-25]. DOI: BN-JB-1.7. Dostupné z: [http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/publikace/G2-EF-final\\_udalosti\\_a\\_rizika\\_PUBLIKACE.pdf](http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/publikace/G2-EF-final_udalosti_a_rizika_PUBLIKACE.pdf)
- [22] BLINKOV, Vladimir N. et al Experimental Studies for the VVER-440/213 Bubble Condenser System for Kola NPP at the Integral Test Facility BC V-213. Science and Technology of Nuclear Installations [online]. 2011, Volume 2012 [cit. 2014-05-28]. ID 275693. Dostupné z: <http://www.hindawi.com/journals/stni/2012/275693/>

- [23] File:1 и 2 блоки HBAЭС.JPG. Wikipedia [online]. [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:1\\_%D0%B8\\_2\\_%D0%B1%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D0%B8\\_%D0%9D%D0%92%D0%90%D0%AD%D0%A1.JPG](http://en.wikipedia.org/wiki/File:1_%D0%B8_2_%D0%B1%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D0%B8_%D0%9D%D0%92%D0%90%D0%AD%D0%A1.JPG)
- [24] World Data Centers in Russia and Ukraine [online]. [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.wdcb.ru/mining/nvnpp/v230.html>
- [25] Схема АЭС с ВВЭР-440 (ВВЭР-1000) - водо-водяным энергетическим реактором. Pratom [online]. [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: [http://pratom.ru/bomba/atom\\_vver.htm](http://pratom.ru/bomba/atom_vver.htm)
- [26] Nakhai: Bushehr Plant Going Hot. COLE, Juan. Informed Comment [online]. 2010 [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: [www.informedcomment.com/2010/08/nakhai-bushehr-plant-going-hot.html](http://www.informedcomment.com/2010/08/nakhai-bushehr-plant-going-hot.html)
- [27] Datei:WVER-1200 V392M.png. Nucleopedia [online]. [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: [http://de.nucleopedia.org/wiki/Datei:WVER-1200\\_V392M.png](http://de.nucleopedia.org/wiki/Datei:WVER-1200_V392M.png)
- [28] Tesnet [online]. [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.tesnet.cz/glr/tnr-smycky.jpg>
- [29] HEITSCH, Matthias et al. CFD evaluation of hydrogen risk mitigation measures in a VVER-440/213 containment. Nuclear engineering and design [online]. Amsterdam: North-Holland Publ, 2010, Issue 2, Volume 240 [cit. 2014-05-25]. ISSN 0029-5493. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0029549308003701>.

**Seznam použitých zkratk**

|         |                                      |
|---------|--------------------------------------|
| LOCA    | Loss-of-coolant accident             |
| LB LOCA | large break Loss-of-coolant accident |
| SB LOCA | small break Loss-of-coolant accident |
| JE      | Jaderná elektrárna                   |
| HČČ     | Hlavní cirkulační čerpadlo)          |
| PG      | Parogenerátor                        |
| HP      | Hermetické prostory                  |

## Seznam příloh

|               |                                                      |
|---------------|------------------------------------------------------|
| Příloha 1     | Příklad vstupních dat zón pro COCOSYS                |
| Příloha 2     | Příklad vstupních dat spojek pro COCOSYS             |
| Příloha 3     | Příklad vstupních dat tepelných struktur pro COCOSYS |
| Příloha na CD | Vstupní data pro COCOSYS                             |

## **Příloha 1**

## **Příklad vstupních dat zón pro COCOSYS**



```

@
@
@#####
@
@      ZONES DATA                                     #
@      =====                                         #
@#####                                               #
@
C----- ZONES
@
@      ZNAME - LIST OF THE ZONES
> ENVIRON
> A004L      @ spodni cast sachty reaktoru
> A004U      @ horni cast sachty reaktoru
> A201P1     @ C1, "Left" SG box, break node
> COR1       @ koridor 1
> A201P2     @ C2, "Right" SG box
> COR2       @ koridor 2
> C61        @ part C6 (dead volumes)
> C62        @ part C6 (dead volumes)
> A301
> C63        @ part C6 (dead volumes)
> A263aR     @ part of A263
> A263aM     @ part of A263
> A263aL     @ part of A263
> A263bR     @ part of A263
> A263bM     @ part of A263
> A263bL     @ part of A263
> A263cR     @ part of A263
> A263cM     @ part of A263
> A263cL     @ part of A263
> A263dUR    @ part of A263
> A263dUM    @ part of A263
> A263dUL    @ part of A263
> A263dLR    @ part of A263
> A263dLM    @ part of A263
> A263dLL    @ part of A263
> A263dLB    @ part of A263
> 263UA      @ part of C3
> 263UB      @ part of C3
> 263UC      @ part of C3
> 263UD      @ part of C3
> XL10BA     @ C4
> XL10BB     @ C4
> XL10BC     @ C4
> XL10BDU    @ C4
> XL10BDL    @ C4
> A635       @ Airtrap
> A530       @ Airtrap
> A423       @ Airtrap
> A264       @ Airtrap
> TH40B0A    @ nadrz havarijni zasoby H3B03
> THXX       @ odberna nadrz
@
@-----
@
@      DATA VALUES FOR EACH ZONE
@-----
@      okoli elektrarny
@
K----- ENVIRON
@
----- MODEL
EQUIL._MOD
@      MAIN PHASE OF THE ZONE PARTS
GAS

```

```

----- WATER_DIS
@ ZWFEVP
  .1
@ ZWNDIS
  ANY
@ ZWFDIS
  1.
----- WATER_CARRIAGE
@ ZFLFRA
  0.4
----- GEO_BASIC
@ ZTVOL      ZELEV      ZFAREA      ZFELEV
  1.D+09     490.       1.D+06     -10.
----- STARTING
@ COMP      TYPE      IPS      VALUE      UNIT
  TEMP                      1      20.       C
  SATURATION                1      70.       %
  WATER      MASS         1      0.        KG
  AIR      REST
  PRESS                      1     98.00E+3  PA

```

@  
@

@-----

@ spodni cast sachty reaktoru

@  
@

K----- A004L

@

```

----- MODEL
  NONEQUILIB
@ MAIN PHASE OF THE ZONE PARTS
  GAS

```

```

----- GEO_BASIC
@ ZTVOL      ZELEV      ZFAREA      ZFELEV
  266.       2.735      36.3      -6.1
----- STARTING
@ COMP      TYPE      IPS      VALUE      UNIT
  TEMP                      1      48.       C
  SATURATION                1      60.       %
  WATER      MASS         1      0.        KG
  AIR      REST
  PRESS                      1     97.85E+03  PA

```

@

@-----

@ horni cast sachty reaktoru

@  
@

K----- A004U

@

```

----- MODEL
  NONEQUILIB
@ MAIN PHASE OF THE ZONE PARTS
  GAS

```

```

----- GEO_BASIC
@ ZTVOL      ZELEV      ZFAREA      ZFELEV
  373.       16.97     36.3     11.57
----- STARTING
@ COMP      TYPE      IPS      VALUE      UNIT
  TEMP                      1      48.       C
  SATURATION                1      60.       %
  WATER      MASS         1      0.        KG
  AIR      REST
  PRESS                      1     97.85E+03  PA

```

@

@-----

@ Box PG A201 - polovina u KO (PG1,2,3)

@

@ C1 "Break Node"

K----- A201P1

@

----- MODEL

NONEQUILIB

@ MAIN PHASE OF THE ZONE PARTS

GAS

----- GEO\_BASIC

|   |        |       |        |        |
|---|--------|-------|--------|--------|
| @ | ZTVOL  | ZELEV | ZFAREA | ZFELEV |
|   | 2789.0 | 11.8  | 465.98 | 6.2    |

----- STARTING

|   |            |      |     |           |      |
|---|------------|------|-----|-----------|------|
| @ | COMP       | TYPE | IPS | VALUE     | UNIT |
|   | TEMP       |      | 1   | 48.       | C    |
|   | SATURATION |      | 1   | 60.       | %    |
|   | WATER      | MASS | 1   | 0.        | KG   |
|   | AIR        | REST |     |           |      |
|   | PRESS      |      | 1   | 97.85E+03 | PA   |

@

@

@ Koridor 1

@ COR1

@

K----- COR1

@

----- MODEL

NONEQUILIB

@ MAIN PHASE OF THE ZONE PARTS

GAS

----- GEO\_BASIC

|   |       |       |        |        |
|---|-------|-------|--------|--------|
| @ | ZTVOL | ZELEV | ZFAREA | ZFELEV |
|   | 585.5 | 9.875 | 86.9   | 6.65   |

----- STARTING

|   |            |      |     |           |      |
|---|------------|------|-----|-----------|------|
| @ | COMP       | TYPE | IPS | VALUE     | UNIT |
|   | TEMP       |      | 1   | 48.       | C    |
|   | SATURATION |      | 1   | 60.       | %    |
|   | WATER      | MASS | 1   | 0.        | KG   |
|   | AIR        | REST |     |           |      |
|   | PRESS      |      | 1   | 97.85E+03 | PA   |

@

@

@ Box PG A201 - druha polovina u A211 (PG4,5,6)

@ C2

@

K----- A201P2

@

----- MODEL

NONEQUILIB

@ MAIN PHASE OF THE ZONE PARTS

GAS

----- GEO\_BASIC

|   |        |       |        |        |
|---|--------|-------|--------|--------|
| @ | ZTVOL  | ZELEV | ZFAREA | ZFELEV |
|   | 2659.0 | 11.8  | 450.79 | 6.2    |

----- STARTING

|   |            |      |     |           |      |
|---|------------|------|-----|-----------|------|
| @ | COMP       | TYPE | IPS | VALUE     | UNIT |
|   | TEMP       |      | 1   | 48.       | C    |
|   | SATURATION |      | 1   | 60.       | %    |
|   | WATER      | MASS | 1   | 0.        | KG   |
|   | AIR        | REST |     |           |      |
|   | PRESS      |      | 1   | 97.85E+03 | PA   |

@

@

@

@ Koridor 2

@ COR2

@

K----- COR2

@

----- MODEL

```

@      NONEQUILIB
@      MAIN PHASE OF THE ZONE PARTS
@      GAS
----- GEO_BASIC
@      ZTVOL      ZELEV      ZFAREA      ZFELEV
      585.5      9.875      86.9      6.65
----- STARTING
@      COMP      TYPE      IPS      VALUE      UNIT
      TEMP      1      48.      C
      SATURATION 1      60.      %
      WATER      MASS      1      0.      KG
      AIR      REST
      PRESS      1      97.85E+03 PA

```

```

@
@-----

```

```

@      slepe objemy prislusne k A201P1

```

```

@
K----- C61

```

```

@      MODEL
@      ZMODEL
@      NONEQUILIB
@      MAIN PHASE OF THE ZONE PARTS
@      GAS
----- GEO_BASIC
@      ZTVOL      ZELEV      ZFAREA      ZFELEV
      2652.0      15.85      121.73      6.2
----- STARTING
@      COMP      TYPE      IPS      VALUE      UNIT
      TEMP      1      48.      C
      SATURATION 1      60.      %
      WATER      MASS      1      0.      KG
      AIR      REST
      PRESS      1      97.85E+03 PA

```

```

@
@-----

```

```

@      slepe objemy prislusne k A201P2

```

```

@
K----- C62

```

```

@      MODEL
@      ZMODEL
@      NONEQUILIB
@      MAIN PHASE OF THE ZONE PARTS
@      GAS
----- GEO_BASIC
@      ZTVOL      ZELEV      ZFAREA      ZFELEV
      2568.0      15.85      163.97      6.2
----- STARTING
@      COMP      TYPE      IPS      VALUE      UNIT
      TEMP      1      48.      C
      SATURATION 1      60.      %
      WATER      MASS      1      0.      KG
      AIR      REST
      PRESS      1      97.85E+03 PA

```

```

@
@-----

```

```

@      Mistnost pohonu cerpadel A301

```

```

@
K----- A301

```

```

@      MODEL
@      ZMODEL
@      NONEQUILIB
@      MAIN PHASE OF THE ZONE PARTS
@      GAS

```

```

----- GEO_BASIC
@ ZTVOL      ZELEV      ZFAREA      ZFELEV
  2350.      13.95      314.94      10.5
----- STARTING
@ COMP      TYPE      IPS      VALUE      UNIT
  TEMP      1          29.      C
  SATURATION 1          50.      %
  WATER      MASS      1          0.      KG
  AIR        REST      1
  PRESS      1          97.85E+03 PA

```

@

@

@

@

Slepe objemy reprezentujici mistnosti VZT (A0032, A010, A012)

@

K----- C63

@

-----

@

MODEL

ZMODEL

NONEQUILIB

@

MAIN PHASE OF THE ZONE PARTS

GAS

-----

@

GEO\_BASIC

ZTVOL

ZELEV

ZFAREA

ZFELEV

4598.

-0.75

442.2

-6.5

-----

@

STARTING

COMP

TYPE

IPS

VALUE

UNIT

TEMP

1

35.

C

SATURATION

1

50.

%

WATER

MASS

1

0.

KG

AIR

REST

1

97.85E+03 PA

PRESS

@

@

@

@

Rozdelena Sachta lokalizace havarie A263

@

C3

@

@

@

@

leva cast 1 (odshora)

@

@

K-----

A263aL

@

-----

@

MODEL

NONEQUILIB

@

MAIN PHASE OF THE ZONE PARTS

GAS

-----

@

GEO\_BASIC

ZTVOL

ZELEV

ZFAREA

ZFELEV

387.553

43.115

17.955

37.63

-----

@

STARTING

COMP

TYPE

IPS

VALUE

UNIT

TEMP

1

48.

C

SATURATION

1

60.

%

WATER

MASS

1

0.

KG

AIR

REST

1

97.85E+03 PA

PRESS

@

@

@

@

prostredni cast 1

K-----

A263aM

@

-----

@

MODEL

NONEQUILIB

@

MAIN PHASE OF THE ZONE PARTS

GAS

```

----- GEO_BASIC
@ ZTVOL      ZELEV      ZFAREA      ZFELEV
  481.1442   43.115     43.86      37.63
----- STARTING
@ COMP      TYPE      IPS      VALUE      UNIT
  TEMP              1       48.        C
  SATURATION        1       60.        %
  WATER             MASS    1        0.        KG
  AIR               REST
  PRESS              1      97.85E+03 PA

```

```

@
@
@   pravá část 1
@

```

```

K----- A263aR
@

```

```

----- MODEL
@ NONEQUILIB
  MAIN PHASE OF THE ZONE PARTS
  GAS

```

```

----- GEO_BASIC
@ ZTVOL      ZELEV      ZFAREA      ZFELEV
  272.0012   43.115     24.795     37.63
----- STARTING
@ COMP      TYPE      IPS      VALUE      UNIT
  TEMP              1       48.        C
  SATURATION        1       60.        %
  WATER             MASS    1        0.        KG
  AIR               REST
  PRESS              1      97.85E+03 PA

```

```

@
@-----
@

```

```

@   levá část 2 (odshora)
@

```

```

K----- A263bL
@

```

```

----- MODEL
@ NONEQUILIB
  MAIN PHASE OF THE ZONE PARTS
  GAS

```

```

----- GEO_BASIC
@ ZTVOL      ZELEV      ZFAREA      ZFELEV
  181.525    32.575     17.955     27.52
----- STARTING
@ COMP      TYPE      IPS      VALUE      UNIT
  TEMP              1       48.        C
  SATURATION        1       60.        %
  WATER             MASS    1        0.        KG
  AIR               REST
  PRESS              1      97.85E+03 PA

```

```

@
@
@   prostřední část 2
@

```

```

K----- A263bM
@

```

```

----- MODEL
@ NONEQUILIB
  MAIN PHASE OF THE ZONE PARTS
  GAS

```

```

----- GEO_BASIC
@ ZTVOL      ZELEV      ZFAREA      ZFELEV
  443.4246   32.575     43.86      27.52
----- STARTING
@ COMP      TYPE      IPS      VALUE      UNIT
  TEMP              1       48.        C

```

|            |      |   |           |    |
|------------|------|---|-----------|----|
| SATURATION |      | 1 | 60.       | %  |
| WATER      | MASS | 1 | 0.        | KG |
| AIR        | REST |   |           |    |
| PRESS      |      | 1 | 97.85E+03 | PA |

@

@

pravá část 2

@

@

K----

A263bR

@

-----

MODEL

NONEQUILIB

@

MAIN PHASE OF THE ZONE PARTS

GAS

-----

GEO\_BASIC

@

|         |        |        |        |
|---------|--------|--------|--------|
| ZTVOL   | ZELEV  | ZFAREA | ZFELEV |
| 250.677 | 32.575 | 24.795 | 27.52  |

-----

STARTING

@

|            |      |     |           |      |
|------------|------|-----|-----------|------|
| COMP       | TYPE | IPS | VALUE     | UNIT |
| TEMP       |      | 1   | 48.       | C    |
| SATURATION |      | 1   | 60.       | %    |
| WATER      | MASS | 1   | 0.        | KG   |
| AIR        | REST |     |           |      |
| PRESS      |      | 1   | 97.85E+03 | PA   |

@

@

-----

@

levá část 3 (odshora)

@

@

K----

A263cL

@

-----

MODEL

NONEQUILIB

@

MAIN PHASE OF THE ZONE PARTS

GAS

-----

GEO\_BASIC

@

|         |        |        |        |
|---------|--------|--------|--------|
| ZTVOL   | ZELEV  | ZFAREA | ZFELEV |
| 181.525 | 22.465 | 17.955 | 17.41  |

-----

STARTING

@

|            |      |     |           |      |
|------------|------|-----|-----------|------|
| COMP       | TYPE | IPS | VALUE     | UNIT |
| TEMP       |      | 1   | 48.       | C    |
| SATURATION |      | 1   | 60.       | %    |
| WATER      | MASS | 1   | 0.        | KG   |
| AIR        | REST |     |           |      |
| PRESS      |      | 1   | 97.85E+03 | PA   |

@

@

@

prostřední část 3

@

K----

A263cM

@

-----

MODEL

NONEQUILIB

@

MAIN PHASE OF THE ZONE PARTS

GAS

-----

GEO\_BASIC

@

|          |        |        |        |
|----------|--------|--------|--------|
| ZTVOL    | ZELEV  | ZFAREA | ZFELEV |
| 443.4246 | 22.465 | 43.86  | 17.41  |

-----

STARTING

@

|            |      |     |           |      |
|------------|------|-----|-----------|------|
| COMP       | TYPE | IPS | VALUE     | UNIT |
| TEMP       |      | 1   | 48.       | C    |
| SATURATION |      | 1   | 60.       | %    |
| WATER      | MASS | 1   | 0.        | KG   |
| AIR        | REST |     |           |      |
| PRESS      |      | 1   | 97.85E+03 | PA   |

@

@

@ pravá část 3

@

K----- A263cR

@

----- MODEL

NONEQUILIB

@ MAIN PHASE OF THE ZONE PARTS

GAS

----- GEO\_BASIC

| ZTVOL   | ZELEV  | ZFAREA | ZFELEV |
|---------|--------|--------|--------|
| 250.677 | 22.465 | 24.795 | 17.41  |

----- STARTING

| COMP       | TYPE | IPS | VALUE     | UNIT |
|------------|------|-----|-----------|------|
| TEMP       |      | 1   | 48.       | C    |
| SATURATION |      | 1   | 60.       | %    |
| WATER      | MASS | 1   | 0.        | KG   |
| AIR        | REST |     |           |      |
| PRESS      |      | 1   | 97.85E+03 | PA   |

@

@-----

@

@ levá část 4 horní (odshora)

@

@

K----- A263dUL

@

----- MODEL

NONEQUILIB

@ MAIN PHASE OF THE ZONE PARTS

GAS

----- GEO\_BASIC

| ZTVOL   | ZELEV | ZFAREA | ZFELEV |
|---------|-------|--------|--------|
| 114.912 | 14.21 | 17.955 | 11.01  |

----- STARTING

| COMP       | TYPE | IPS | VALUE     | UNIT |
|------------|------|-----|-----------|------|
| TEMP       |      | 1   | 48.       | C    |
| SATURATION |      | 1   | 60.       | %    |
| WATER      | MASS | 1   | 0.        | KG   |
| AIR        | REST |     |           |      |
| PRESS      |      | 1   | 97.85E+03 | PA   |

@

@

@ prostřední část 4 horní

@

K----- A263dUM

@

----- MODEL

NONEQUILIB

@ MAIN PHASE OF THE ZONE PARTS

GAS

----- GEO\_BASIC

| ZTVOL   | ZELEV | ZFAREA | ZFELEV |
|---------|-------|--------|--------|
| 280.704 | 14.21 | 43.86  | 11.01  |

----- STARTING

| COMP       | TYPE | IPS | VALUE     | UNIT |
|------------|------|-----|-----------|------|
| TEMP       |      | 1   | 48.       | C    |
| SATURATION |      | 1   | 60.       | %    |
| WATER      | MASS | 1   | 0.        | KG   |
| AIR        | REST |     |           |      |
| PRESS      |      | 1   | 97.85E+03 | PA   |

@

@

@ pravá část 4 horní

@

K----- A263dUR

@

----- MODEL

NONEQUILIB

## **Příloha 2**

### **Příklad vstupních dat spojek pro COCOSYS**



```

@ MAIN PHASE OF THE ZONE PARTS
  GAS FLUID
@
----- GEO_BASIC
@ ZTVOL      ZELEV      ZFAREA      ZFHIGH
  50000.      50.        500.        0.
----- STARTING
@ COMP      TYPE      IPS      VALUE      UNIT
  TEMP                      1      50.        C
  SATURATION                1      100.       %
  PRESS                     1      1.D5       PA
  AIR      REST           1
  TEMP                      2      50.        C
  VOLUME                2      0.          M**3
  WATER      REST       2
@
@
@
@#####
@ JUNCTIONS DATA #
@ ===== #
@#####
@
@
C---- JUNCTIONS
@
@ ICLIG FOR ALL JUNCTIONS
  -1
@
@
@-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-2
@
@ LEAKAGE SIMULATION
@
P---- J_LEAK1
@
@ VTYPE
  ATM_VALVE
----- SIMP_JUN
@ VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)  VZEL
  A201P1      ENVIRON    2.49D-3  1.5      100.      100.      8.0
----- VALVE
@ NAME
  LEAK1
@
@
@-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-2
@
P---- J1
@
@ VTYPE
  ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@ VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)  VZEL
  A201P1      A201P2    27.1809  34.5     1.5      1.5      10.4
@
@
P---- J2a
@
@ VTYPE
  ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@ VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)  VZEL
  A201P2      COR2      34.83     19.3     2.04     2.04     9.875
@

```

```

@
P----- J2b
@
@
VTYPE
ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@
VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)  VZEL
COR2      A263dUM    11.286     8.745     2.04      2.04      12.055

@
@
P----- J2c
@
@
VTYPE
ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@
VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)  VZEL
COR2      A263dLM    23.544     8.745     2.04      2.04      8.87

@
@
P----- J3a
@
@
VTYPE
ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@
VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)  VZEL
A201P1    COR1      34.83      19.3      2.04      2.04      9.875

@
@
P----- J3b
@
@
VTYPE
ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@
VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)  VZEL
COR1      A263dUM    11.286     8.745     2.04      2.04      12.055

@
@
P----- J3c
@
@
VTYPE
ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@
VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)  VZEL
COR1      A263dLM    23.544     8.745     2.04      2.04      8.87

@
@
P----- J6a
@
@
VTYPE
ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@
VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)  VZEL
A201P2    C62      66.3881    17.2      1.5       1.5       11.323
A201P2    C62      26.4239    17.2      1.5       1.5       11.323

@
@
P----- J6b
@
@
VTYPE
ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@
VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)  VZEL
A201P2    C62      66.3881    17.2      1.5       1.5       11.323
A201P2    C62      37.4415    17.2      1.5       1.5       11.323

@
@
P----- J7a
@

```

```

@      VTYPE
      ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@      VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)  VZEL
@      A201P1      C61        72.6508    19.2      1.5       1.5       12.405
@      A201P1      C61        26.4239    19.2      1.5       1.5       12.405
@
@
P----- J7b
@
@      VTYPE
      ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@      VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)  VZEL
@      A201P1      C61        72.6508    19.2      1.5       1.5       12.405
@      A201P1      C61        37.4415    19.2      1.5       1.5       12.405
@
@
P----- J8a
@
@      VTYPE
      ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@      VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)
@      A004L      A201P1      1.3        7.        1.8       1.8
@
@
P----- J8b
@
@      VTYPE
      ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@      VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)
@      A004L      A201P2      1.3        7.        1.8       1.8
@
@
@      --- havarijni odvod pary z A004U ---
@
P----- J9a
@
@      VTYPE
      ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@      VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)  VZEL
@      A004U      A201P1      1.6588    14.517    1.8       1.8       18.4415
@
@
P----- J9b
@
@      VTYPE
      ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@      VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)  VZEL
@      A004U      A201P2      1.6588    14.517    1.8       1.8       18.4415
@
@
P----- JHOP1WD
@      VTYPE
      SUMP_BAL
----- BAL_DRAIN
@      VZBEG      VZEND      VWIDTH      VMWRST
@      A004U      A201P1      2.26        298500.
@
P----- JHOP2WD
@      VTYPE
      SUMP_BAL
----- BAL_DRAIN
@      VZBEG      VZEND      VWIDTH      VMWRST

```

A004U A201P2

2.26

298500.

@

@

@

@

P----- DUMMY @ J10

@

@

VTYPE

ATMOS\_JUN

-----

SIMP\_JUN

@

VZBEG

VZEND

VAREA

VLEN

VZETA(1)

VZETA(2)

A004U

A301

1.546

9.5

1.8

1.8

@

@

@

P-----

J11a

@

@

VTYPE

ATMOS\_JUN

-----

SIMP\_JUN

@

VZBEG

VZEND

VAREA

VLEN

VZETA(1)

VZETA(2)

A263aL

A263aM

14.261

20.55

1.5

1.5

@

@

P-----

J11b

@

@

VTYPE

ATMOS\_JUN

-----

SIMP\_JUN

@

VZBEG

VZEND

VAREA

VLEN

VZETA(1)

VZETA(2)

A263aR

A263aM

14.261

20.95

1.5

1.5

@

@

P-----

J12a

@

@

VTYPE

ATMOS\_JUN

-----

SIMP\_JUN

@

VZBEG

VZEND

VAREA

VLEN

VZETA(1)

VZETA(2)

A263bL

A263bM

13.143

20.55

1.5

1.5

@

@

P-----

J12b

@

@

VTYPE

ATMOS\_JUN

-----

SIMP\_JUN

@

VZBEG

VZEND

VAREA

VLEN

VZETA(1)

VZETA(2)

A263bR

A263bM

13.143

20.95

1.5

1.5

@

@

P-----

J13a

@

@

VTYPE

ATMOS\_JUN

-----

SIMP\_JUN

@

VZBEG

VZEND

VAREA

VLEN

VZETA(1)

VZETA(2)

A263cL

A263cM

13.143

20.55

1.5

1.5

@

@

P-----

J13b

@

@

VTYPE

ATMOS\_JUN

-----

SIMP\_JUN

@

VZBEG

VZEND

VAREA

VLEN

VZETA(1)

VZETA(2)

A263cR

A263cM

13.143

20.95

1.5

1.5

@

```

@
P----- J14a
@
@
VTYPE
ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@
VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)
A263dUL    A263dUM    10.77115  20.55      1.5        1.5

@
@
P----- J14b
@
@
VTYPE
ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@
VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)
A263dUR    A263dUM    10.77115  20.95      1.5        1.5

@
@
P----- J15L
@
@
VTYPE
ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@
VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)
A263aL    A263bL    16.96      10.54      1.59       1.59

@
@
P----- J15M
@
@
VTYPE
ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@
VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)
A263aM    A263bM    21.22      10.54      1.59       1.59

@
@
P----- J15R
@
@
VTYPE
ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@
VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)
A263aR    A263bR    11.99      10.54      1.59       1.59

@
@
P----- J16L
@
@
VTYPE
ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@
VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)
A263bL    A263cL    16.96      10.11      1.59       1.59

@
@
P----- J16M
@
@
VTYPE
ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@
VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)
A263bM    A263cM    21.22      10.11      1.59       1.59

@
@
P----- J16R
@
@
VTYPE
ATMOS_JUN

```

```

----- SIMP_JUN
@  VZBEG  VZEND  VAREA  VLEN  VZETA(1)  VZETA(2)
   A263bR  A263cR  11.99  10.11  1.59  1.59
@
@
P----- J17L
@
@  VTYPE
   ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@  VZBEG  VZEND  VAREA  VLEN  VZETA(1)  VZETA(2)
   A263cL  A263dUL  16.96  8.255  1.59  1.59
@
@
P----- J17M
@
@  VTYPE
   ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@  VZBEG  VZEND  VAREA  VLEN  VZETA(1)  VZETA(2)
   A263cM  A263dUM  21.22  8.255  1.59  1.59
@
@
P----- J17R
@
@  VTYPE
   ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@  VZBEG  VZEND  VAREA  VLEN  VZETA(1)  VZETA(2)
   A263cR  A263dUR  11.99  8.255  1.59  1.59
@
@
P----- J18A
@
@  VTYPE
   ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@  VZBEG  VZEND  VAREA  VLEN  VZETA(1)  VZETA(2)
   A263dLL  A263dLM  3.21685  20.55  1.5  1.5
@
@
P----- J18B
@
@  VTYPE
   ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@  VZBEG  VZEND  VAREA  VLEN  VZETA(1)  VZETA(2)
   A263dLR  A263dLM  3.21685  20.95  1.5  1.5
@
@
P----- J19L
@
@  VTYPE
   ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@  VZBEG  VZEND  VAREA  VLEN  VZETA(1)  VZETA(2)
   A263dUL  A263dLL  16.96  5.38  1.59  1.59
@
@
P----- J19M
@
@  VTYPE
   ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@  VZBEG  VZEND  VAREA  VLEN  VZETA(1)  VZETA(2)
   A263dUM  A263dLM  21.22  5.38  1.59  1.59
@
@

```

```

P----- J19R
@
@      VTYPE
      ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@      VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)
      A263dUR      A263dLR      11.99      5.38      1.59      1.59
@
@
P----- J20L
@
@      VTYPE
      ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@      VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)  VZEL
      A263dLB      A263dLL      6.156      6.275      1.6       1.6       7.238
@
@
P----- J20M
@
@      VTYPE
      ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@      VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)  VZEL
      A263dLB      A263dLM      24.48      4.275      1.3       1.3       7.238
@
@
P----- J20R
@
@      VTYPE
      ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@      VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)  VZEL
      A263dLB      A263dLR      6.156      6.275      1.6       1.6       7.238
@
@
P----- J21L
@      VTYPE
      SUMP_BAL
----- BAL_DRAIN
@      VZBEG      VZEND      VWIDTH      VMWRST
      A263dLB      A263dLL      8.55       224.
@
@
P----- J21M
@      VTYPE
      SUMP_BAL
----- BAL_DRAIN
@      VZBEG      VZEND      VWIDTH      VMWRST
      A263dLB      A263dLM      32.       224.
@
@
P----- J21R
@      VTYPE
      SUMP_BAL
----- BAL_DRAIN
@      VZBEG      VZEND      VWIDTH      VMWRST
      A263dLB      A263dLR      8.55       224.
@
@
-----
@      vyrovnavaci kanaly VZT
@
P----- J4
@
@      VTYPE
      ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN

```

```

                                edu_ra04.1.7_LBLOCA.27.05_v01
@      VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)  VZEL
A201P2      C63      0.5      4.717      1.5      1.5      6.175
@
@
P----- J5
@
@      VTYPE
      ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@      VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)  VZEL
A201P1      C63      0.5      4.717      1.5      1.5      6.175
@
@
@-----
@      Membrany z potrubí havarijního odvodu pary do A301
@
P----- JHOPMB1
@      VTYPE
      RUPTURE
----- SIMP_JUN
@      VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)  VZEL
A201P1      A301      1.6343  0.554      1.8      1.8      16.6
----- DP_JUN
@      DP(Begin->End)  DP(End->Begin)
      40.D3      1.D9
@
@
P----- JHOPMB2
@      VTYPE
      RUPTURE
----- SIMP_JUN
@      VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)  VZEL
A201P2      A301      1.6343  0.554      1.8      1.8      16.6
----- DP_JUN
@      DP(Begin->End)  DP(End->Begin)
      40.D3      1.D9
@
@
@-----
@      Vstup do kanálu hydrouzaveru nadrží XL10B01-B12
@
P----- JtoXLBA
@
@      VTYPE
      ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@      VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)  VZEL
263UA      XL10BA_PIPE  .081409  .6015  10.01  10.01  41.016
@
P----- JtoXLBB
@
@      VTYPE
      ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@      VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)  VZEL
263UB      XL10BB_PIPE  .080143  .6015  10.01  10.01  30.906
@
@
P----- JtoXLBC
@
@      VTYPE
      ATMOS_JUN
----- SIMP_JUN
@      VZBEG      VZEND      VAREA      VLEN      VZETA(1)  VZETA(2)  VZEL
263UC      XL10BC_PIPE  .080143  .6015  10.01  10.01  20.796
@
@
P----- JtoXLUD

```

### **Příloha 3**

### **Příklad vstupních dat tepelných struktur pro COCOSYS**



```

                                edu_ra04.1.7_LBLOCA.27.05_v01
@      3      10.      1.D-3      F      F      F      F
      3      10.      1.D-4      F      F      F      F
@
      JUNCTION INST
      JUNCTION FLAP
@
@
K----- FEBE_HECU
@      HMM
      10.
@
@      USED INTEGRATION ROUTINE FOR A DGL GROUP
@
K----- GRP_INTEG
@      GIGRP      GIINT
      ZONE_MODEL  FEBE_IMP
      JUNCTION    FEBE_IMP
      STRUCTURE   FEBE_IMP
      FLAP        FEBE_IMP
@
K----- COUP_INT
@      CIINT      CICOUPL      CIINT2
      FEBE_HECU   TIGHT        FEBE
@
@
@#####
@
@      HEAT STRUCTURE DATA      #
@      =====                  #
@#####
@#####
@
@      C----- MATERIALS
@
@
@-----
@      Beton
@
@
P----- CON1_P10
@
@      HMTCPV
      1000.
@      HMTDLV
      2.46
@      HMTRHV
      2400.
@      HMTEMI
      0.7
@      HMTARR      NSLMAT      HMTFAC
      PROGRESS     10          3.
@
@
P----- CON1_P13
@
      1000.
      2.46
      2400.
      0.7
      PROGRESS     10          3.
@
@
@-----
@      Ocel nerezova - material tr. CH18N9T
@
@      4 mm
@

```

P----- CH18N\_E4

@

@

HMTCPF - cp(T)

CP\_CH18N

@

HMTDLF - lambda(T)

LAM\_CH18N

@@ HMTRHF - ro(T) !! nelze pouzít s HECU !!

@

RHO\_CH18N

@

HMTRHV

7895.

@

HMTEMI

0.2

@

HMTARR

NSLMT

EQUIDIS

4

@

@

@

-----  
@ Ocel nerezova - material tr. 17247.4

@

zatím stejné vlastnosti jako CH18N9T

@

plech barbotazních nádrží XL10B01-B12

@

6 mm

@

P----- 17247\_E6

@

@

HMTCPF - cp(T)

CP\_CH18N

@

HMTDLF - lambda(T)

LAM\_CH18N

@@ HMTRHF - ro(T) !! nelze pouzít s HECU !!

@

RHO\_CH18N

@

HMTRHV

7895.

@

HMTEMI

0.2

@

HMTARR

NSLMT

EQUIDIS

6

@

@

3 mm

@

P----- 17247\_E3

CP\_CH18N

LAM\_CH18N

7895.

0.2

EQUIDIS

3

@

@

@

-----  
@ Ocel uhlíkova - material tridy 11416

@

@

6 mm

@

P----- 11416\_E6

@

@

HMTCPV

502.

@

HMTDLF - lambda(T)

LAM\_11416

@

HMTRHV

8020.

@

HMTEMI

0.7

@

HMTARR

NSLMT

EQUIDIS

6

@

@

4 mm

@

P----- 11416\_E4

502.  
 LAM\_11416  
 8020.  
 0.7  
 EQUIDIS 4

```
@
@
@#####
@
@
C---- STRUCTURES
@
@-----
@
@   Steny boxu PG A201
@
@   podlaha 1.poloviny
@
P---- HS201-B11
@
@   HMODEL
@   HECU
@   left side
@   HZONE          CHTMOD
@   A201P1          FRC+FOC
@   CTYPE          HHIGH    HLENG
@   BOTTOM          0.0001    0.01
@   right side
@   HZONE          CHTMOD
@   ENVIRON        FRC+FOC
@   TYPE           HEIGHT    LENGTH
@   CEILING        0.0001    0.01
@   HAREA
@   465.98
@
----- COMPOSITION
@
@   HMAT          HTHICK
@   CH18N_E4      0.004
@   CON1_P13      1.7
@
@
@   podlaha 2.poloviny
@
P---- HS201-B21
@
@   HMODEL
@   HECU
@   left side
@   A201P2          FRC+FOC
@   CTYPE          HHIGH    HLENG
@   BOTTOM          0.0001    0.01
@   right side
@   ENVIRON        FRC+FOC
@   TYPE           HEIGHT    LENGTH
@   CEILING        0.0001    0.01
@   HAREA
@   450.79
@
----- COMPOSITION
@
@   CH18N_E4      0.004
@   CON1_P13      1.7
@
@
@   strop 1.poloviny sousedici s okolim
@
P---- HS201-C11
@
@   HMODEL
@   HECU
@   left side
@   A201P1          FRC+FOC+COD+WGR
```

```

edu_ra04.1.7_LBLOCA.27.05_v01
@ CTYPE      HHIGH      HLENG
CEILING      0.0001      0.01
@ right side
ENVIRON      FRC+FOC
@ TYPE      HEIGHT      LENGTH
BOTTOM      0.0001      0.01
@ HAREA
308.51
@
----- COMPOSITION
11416_E6      0.006
CON1_P13      1.5
@
@
@ strop 2.poloviny sousedici s okolim
@
P----- HS201-C21
@ HMODEL
HECU
@ left side
A201P2      FRC+FOC+COD+WGR
@ CTYPE      HHIGH      HLENG
CEILING      0.0001      0.01
@ right side
ENVIRON      FRC+FOC
@ TYPE      HEIGHT      LENGTH
BOTTOM      0.0001      0.01
@ HAREA
293.32
@
----- COMPOSITION
11416_E6      0.006
CON1_P13      1.5
@
@
@ hokejka na strane A202
@
P----- HS201-HK1
@ HMODEL
HECU
@ left side
A201P1      FRC+FOC+CDW+WGR
@ CTYPE      HHIGH      HLENG
SIDE      11.2      0.01
@ right side
C61      FRC+FOC+COD+WGR
@ TYPE      HEIGHT      LENGTH
SIDE      3.594      0.01
@ HAREA
276.58
@
----- COMPOSITION
11416_E4      0.004
CON1_P10      0.7
11416_E4      0.004
@
@
@ hokejka na strane A203
@
P----- HSA201-HK2
@ HMODEL
HECU
@ left side
A201P2      FRC+FOC+CDW+WGR
@ CTYPE      HHIGH      HLENG
SIDE      11.2      0.01
@ right side
C62      FRC+FOC+COD+WGR

```

```

edu_ra04.1.7_LBLOCA.27.05_v01
@ TYPE HEIGHT LENGTH
@ SIDE 3.594 0.01
@ HAREA
@ 276.58
@
----- COMPOSITION
@ 11416_E4 0.004
@ CON1_P10 0.7
@ 11416_E4 0.004
@
@
@
@ bocni stena 1. chodby do SLH
@
P----- HS201-S11
@ HMODEL
@ HECU
@ left side
@ A201P1 FRC+FOC+COD+WGR
@ CTYPE HHIGH HLENG
@ SIDE 6.3875 0.01
@ right side
@ ENVIRON FRC+FOC
@ TYPE HEIGHT LENGTH
@ SIDE 6.3875 0.01
@ HAREA
@ 95.8125
@
----- COMPOSITION
@ 11416_E4 0.004
@ CON1_P13 1.0
@
@
@ bocni stena 2. chodby do SLH
@
P----- HS201-S21
@ HMODEL
@ HECU
@ left side
@ A201P2 FRC+FOC+COD+WGR
@ CTYPE HHIGH HLENG
@ SIDE 6.3875 0.01
@ right side
@ ENVIRON FRC+FOC
@ TYPE HEIGHT LENGTH
@ SIDE 6.3875 0.01
@ HAREA
@ 95.8125
@
----- COMPOSITION
@ 11416_E4 0.004
@ CON1_P13 1.0
@
@
@ stena mezi obema chodbami
@
P----- HS201-S1
@ HMODEL
@ HECU
@ left side
@ A201P1 FRC+FOC+COD+WGR
@ CTYPE HHIGH HLENG
@ SIDE 6.3875 0.01
@ right side
@ A201P2 FRC+FOC+COD+WGR
@ TYPE HEIGHT LENGTH
@ SIDE 6.3875 0.01
@ HAREA

```

95.8125

@

```

----- COMPOSITION
11416_E4      0.004
CON1_P13      1.0
11416_E4      0.004

```

@

@

@

@

@

Šachta reaktoru - horní část  
 \*\*\*\*\*

@

@

víko reaktoru

@

P----

HS004U-C

@

HMODEL

HECU

@

left side

A004U

FRC+FOC+COD+WGR

@

CTYPE

HHIGH

HLENG

CEILING

0.0001

0.01

@

right side

ENVIRON

FRC+FOC

@

TYPE

HEIGHT

LENGTH

BOTTOM

0.0001

0.01

@

HAREA

33.18

@

-----

COMPOSITION

11416\_E6

0.010

@

@

@

Stěna mezi horní částí šachty reaktoru a A301

@

P----

HS004U-S1

@

HMODEL

HECU

@

left side

A004U

FRC+FOC+COD+WGR

@

CTYPE

HHIGH

HLENG

SIDE

3.9

0.01

@

right side

A301

FRC+FOC+COD+WGR

@

TYPE

HEIGHT

LENGTH

SIDE

3.9

0.01

@

@

HCYLRA

HCYLHE

3.25

3.03

@

@

-----

COMPOSITION

11416\_E4

0.004

CON1\_P10

1.5

11416\_E4

0.004

@

@

@

Stěna mezi horní částí šachty reaktoru a okolím

@

P----

HS004U-S2

@

HMODEL

HECU

@

left side

A004U

FRC+FOC+COD+WGR

@

CTYPE

HHIGH

HLENG

SIDE

6.97

0.01

```

@      right side
@      ENVIRON          FRC+FOC+COD+WGR
@      TYPE      HEIGHT      LENGTH
@      SIDE      6.97      0.01
@
@      HCYLRA          HCYLHE
@      3.25          7.77
@
@
----- COMPOSITION
11416_E4      0.004
CON1_P10      1.5
@
@
@      inner steel structures in A004U - material jimky
@
P----- HS004U-I1
@      MODEL
@      HECU
@      left side
@      A004U          FRC+FOC+COD+WGR
@      TYPE      HEIGHT      LENGTH
@      SIDE      2.4      0.01
@      right side
@      A004U          ADI
@      TYPE      HEIGHT      LENGTH
@      SIDE      2.4      0.01
@      AREA
@      22.00          @ minim odhad
@
----- COMPOSITION
17247_E6      0.0025
@
@
@      Šachta reaktoru - dolní část
@      *****
@
@      Stěna mezi dolní částí šachty reaktoru (1) a okolím
@
@
P----- HS004L-S1
@      HMODEL
@      HECU
@      left side
@      A004L          FRC+FOC+COD+WGR
@      CTYPE      HHIGH      HLENG
@      SIDE      6.62      0.01
@      right side
@      ENVIRON          FRC+FOC+COD+WGR
@      TYPE      HEIGHT      LENGTH
@      SIDE      6.62      0.01
@      HCYLRA          HCYLHE
@      2.37          6.62
@
@
----- COMPOSITION
11416_E4      0.004
CON1_P10      1.5
@
@
@      Stěna mezi dolní částí šachty reaktoru (2) a okolím
@
@
P----- HS004L-S2
@      HMODEL
@      HECU
@      left side
@      A004L          FRC+FOC+COD+WGR

```

```

@          CTYPE      HHIGH      HLENG      edu_ra04.1.7_LBLOCA.27.05_v01
@          SIDE       7.3        0.01
@          right side
@          ENVIRON          FRC+FOC+COD+WGR
@          TYPE        HEIGHT    LENGTH
@          SIDE       7.3        0.01
@          HCYLRA          HCYLHE
@          3.4          7.3
@
@

```

```

----- COMPOSITION
11416_E4      0.004
CON1_P10     1.5

```

```

@
@ Dno šachty reaktoru
@

```

```

P----- HS004L-B1
@        HMODEL
@        HECU
@        left side
@        A004L          FRC+FOC+COD+WGR
@        CTYPE      HHIGH      HLENG
@        BOTTOM     0.0001      0.01
@        right side
@        ENVIRON          FRC+FOC+COD+WGR
@        TYPE        HEIGHT    LENGTH
@        CEILING     0.0001      0.01
@        HAREA
@        36.3
@

```

```

----- COMPOSITION
CH18N_E4      0.004
CON1_P10     1.5

```

```

@
@
@ -----
@
@ Steny A301
@
@

```

```

@ podlaha na strane 1.casti A201
@

```

```

P----- HS301-B1
@        HMODEL
@        HECU
@        left side
@        A301          FRC+FOC+COD+WGR
@        CTYPE      HHIGH      HLENG
@        BOTTOM     0.0001      0.01
@        right side
@        A201P1          FRC+FOC+COD+WGR
@        TYPE        HEIGHT    LENGTH
@        CEILING     0.0001      0.01
@        HAREA
@        157.47
@

```

```

----- COMPOSITION
CH18N_E4      0.004
CON1_P10     0.8
11416_E4      0.004

```

```

@
@
@ podlaha na strane 2.casti A201
@

```

```

P----- HS301-B2
@        HMODEL
@        HECU
@        left side
@        A301          FRC+FOC+COD+WGR

```