

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ
ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE OCHRANY ŽIVOTNÍHO
PROSTŘEDÍ

FACULTY OF CHEMISTRY
INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL PROTECTION

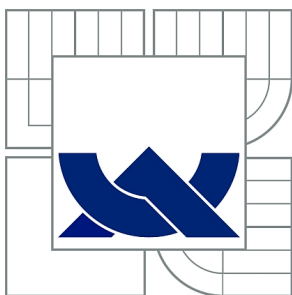
VÝZNAM MODELOVÁNÍ MIMOŘÁDNÝCH UDÁLOSTÍ POMOCÍ
SOFTWAREVÝCH NÁSTROJŮ

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

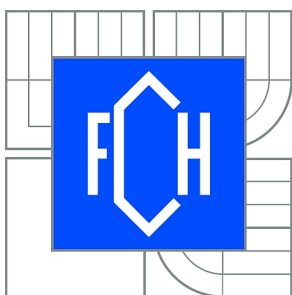
Bc. ARANKA RUHÁSOVÁ

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE OCHRANY
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF
ENVIRONMENTAL PROTECTION

VÝZNAM MODELOVÁNÍ MIMOŘÁDNÝCH UDÁLOSTÍ POMOCÍ SOFTWAREVÝCH NÁSTROJŮ

SIGNIFICANCE OF EMERGENCIES MODELLING USING SPECIALIZED PROGRAMMES

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. ARANKA RUHÁSOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Monika Fazekas

BRNO 2013



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta chemická
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

Zadání diplomové práce

| | | |
|------------------------|---|----------------------------------|
| Číslo diplomové práce: | FCH-DIP0696/2012 | Akademický rok: 2012/2013 |
| Ústav: | Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí | |
| Student(ka): | Bc. Aranka Ruhášová | |
| Studijní program: | Chemie a technologie ochrany životního prostředí (N2805) | |
| Studijní obor: | Chemie a technologie ochrany životního prostředí (2805T002) | |
| Vedoucí práce | Ing. Monika Fazekas | |
| Konzultanti: | | |

Název diplomové práce:

Význam modelování mimořádných událostí pomocí softwarových nástrojů

Zadání diplomové práce:

1. Provedení literární rešerše zaměřené na modelování mimořádných událostí
2. Vývoj modelování, popis jednotlivých programů, jejich využití ve světě v oblasti životního prostředí a krizového řízení
3. Modelování jednotlivých krizových situací
4. Posouzení a porovnávání jednotlivých programů pomocí konkrétních příkladů.

Termín odevzdání diplomové práce: 3.5.2013

Diplomová práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu diplomové práce. Toto zadání je přílohou diplomové práce.

Bc. Aranka Ruhášová
Student(ka)

Ing. Monika Fazekas
Vedoucí práce

doc. Ing. Josef Čáslavský, CSc.
Ředitel ústavu

V Brně, dne 31.1.2013

prof. Ing. Jaromír Havlica, DrSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá problematikou využití různých SW nástrojů v oblasti krizového řízení a ochrany životního prostředí. V dnešní době na každém kroku potkáme mimořádné události, které působí velké škody jak na životním prostředí, tak i na lidských životech a na majetku.

Teoretická část práce poskytne přehled v oblasti SW nástrojů. Jsou v něm popsány jednotlivé nástroje, jejich základní parametry, vývoj a využití. Dále jsou zde vysvětlené pojmy, jako např. geografický informační systém, atd.

Praktická část je zaměřená na využití nástrojů ve vybraných krajinách, mezi které patří Česká republika, Slovenská republika, Maďarsko, USA, Kanada, Spojené království. V závěru se porovnává účinnost nástrojů v oblasti krizového řízení a ochrany životního prostředí.

ABSTRACT

The Master's Thesis deals with the usage of various software tools in emergency management and in environmental protection. Nowadays, on every step we make, we can face emergency situations which can cause great harm to the environment as well as to human life and property.

The theoretical part provides an overview of software tools. Different software tools, their basic parameters, development and usage are described. There are also explained terms like geographic information system, etc.

The practical part is focused on the instruments used in selected countries, including Czech Republic, Slovak Republic, Hungary, USA, Canada and the United Kingdom. In the conclusion is the comparison of the effectiveness of software tools in emergency management and in environmental protection.

KLÍČOVÁ SLOVÁ

Průmyslová havárie, povodeň, požár, šíření, havarijní dopad, nebezpečná chemická látka, krizové řízení, životní prostředí, SW nástroj

KEY WORDS

Industrial accident, flood, fire, spread, accidental impact, hazardous chemical substance, emergency management, environment, SW tool

RUHÁSOVÁ, A. Význam modelování mimořádných událostí pomocí softwarových nástrojů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2013. 61 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Monika Fazekas.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Diplomová práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího diplomové práce a děkana FCH VUT.

Obsah

| | |
|--|----|
| Abstrakt | 3 |
| Abstract | 3 |
| Klíčová slova..... | 3 |
| Key words..... | 3 |
| Prohlášení | 4 |
| 1 ÚVOD | 7 |
| 2 TEORETICKÁ ČÁST..... | 8 |
| 2.1 Slovník základních pojmů..... | 8 |
| 2.2 Geografický informační systém GIS | 13 |
| 2.3 Legislativa v oblasti krizového řízení | 16 |
| 2.3.1 Směrnice SEVESO I..... | 16 |
| 2.3.2 Směrnice SEVESO II. | 17 |
| 2.4 Modely mimořádných událostí | 19 |
| 2.4.1 Modelování požáru | 19 |
| 2.4.1.1 Argos..... | 21 |
| 2.4.1.2 CFAST | 22 |
| 2.4.1.3 BRANZFIRE | 22 |
| 2.4.1.4 SMARTFIRE | 22 |
| 2.4.2 Modelování úniku..... | 23 |
| 2.4.2.1 ALOHA..... | 25 |
| 2.4.2.2 TerEx..... | 26 |
| 2.4.2.3 Rozex | 26 |
| 2.4.3 Modelování hydrologických jevů..... | 27 |
| 2.4.3.1 Mike SHE..... | 28 |
| 2.4.3.2 MIKE FLOOD | 29 |
| 2.4.3.3 HEC-RAS..... | 29 |
| 2.4.3.4 HEC-HMS | 29 |
| 2.5 Výskyt MU ve vybraných lokalitách | 31 |
| 2.5.1 Výskyt vybraných MU v ČR..... | 31 |
| 2.5.1.1 Výskyt povodní | 31 |
| 2.5.1.2 Výskyt průmyslových havárií | 32 |
| 2.5.2 Výskyt vybraných MU v SR | 33 |
| 2.5.2.1 Výskyt povodní | 33 |
| 2.5.2.2 Výskyt průmyslových havárií | 34 |

| | | |
|---------|---|----|
| 2.5.3 | Výskyt vybraných MU v Maďarsku..... | 35 |
| 2.5.3.1 | Výskyt povodní | 35 |
| 2.5.3.2 | Výskyt průmyslových havárií | 35 |
| 2.5.4 | Výskyt vybraných MU v USA | 36 |
| 2.5.4.1 | Výskyt povodní | 36 |
| 2.5.4.2 | Výskyt průmyslových havárií | 36 |
| 2.5.5 | Výskyt vybraných MU v UK..... | 37 |
| 2.5.5.1 | Výskyt povodní | 37 |
| 2.5.5.2 | Výskyt průmyslových havárií | 37 |
| 2.5.6 | Výskyt vybraných MU v Kanadě | 38 |
| 2.5.6.1 | Výskyt povodní | 38 |
| 2.5.6.2 | Výskyt průmyslových havárií | 38 |
| 3 | Praktická část..... | 39 |
| 3.1 | Modelování úniku ropné látky do vody pomocí SW ADIOS 2..... | 39 |
| 3.2 | Modelování úniku CHL do ovzduší pomocí SW ALOHA..... | 41 |
| 3.3 | Modelování požáru pomocí SW BRANZFIRE | 43 |
| 3.4 | Modelování požáru pomocí SW CFAST | 43 |
| 3.5 | Modelování povodně pomocí HEC-RAS | 43 |
| 3.6 | Modelování povodně pomocí MIKE 11 | 44 |
| 4 | Výsledky a diskuze..... | 45 |
| 5 | Závěr..... | 46 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ | 47 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 48 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ..... | 49 |
| | PŘÍLOHY | 52 |
| | Příloha č 1. Výstupy z SW ADIOS 2 | 52 |
| | Příloha č. 2 Vstup a výstupy modelování SW ALOHA | 54 |
| | Příloha č.3..... | 56 |
| | Příloha č. 4..... | 58 |
| | Příloha č. 5..... | 59 |
| | Příloha č. 6..... | 60 |

1 ÚVOD

V každodenním životě jsme vystavení nečekaným, mimořádným, katastrofickým jevům, které ovlivňují náš život. Podle legislativy jich označujeme jako mimořádná událost. Mezi takovéto události patří v prvním řadě živelné pohromy, tzv. přírodní mimořádné události a člověkem způsobené, tzv. antropogenní mimořádné události.

Rozvojem různých výrobních technologií, rychlým rozvojem průmyslu po průmyslové revoluci, zásahem člověka do přírodních procesů a změnou podmínek života se vystavujeme čím dál, tím většímu nebezpečí. Problémy působí ne jenom zpracování, skladování a přeprava chemických látek, ale i povodně, lesní požáry a další přírodní jevy.

Havárie například v Bhopálu, ve francouzském městě Toulouse, v Černobylu (Ukrajina – bývalý Sovětský svaz), v italském Sevesu, v Flixborough (Spojené království), v Neratovicích (ČR), v Košicích, v Handlové (SR) a v Ajke (Maďarsko) nás upozorňují na to, že v oblasti prevenci průmyslových havárií ještě máme kam dopracovat.

Povodně z roku 1997, 2002, 2007 a 2010 ve vícero krajích nám připomínají, že i když už máme prostředky na jejich modelování, z různých důvodů využití počítačových modelů je ještě stále jenom v začáteční fázi.

Požáry, výbuchy a úniky nebezpečných chemických látek jsou také nedílnou částí práce HZS, pomocí jejich modelování můžeme zmírnit jejich dopad na ŽP a na obyvatelstvo.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Slovník základních pojmů

Aktivní zóna záplavového území

Území v zastavěných územích obcí a v územích určených k zástavbě podle územních plánů, jež při povodni odvádí rozhodující část celkového průtoku, a tak bezprostředně ohrožuje život, zdraví a majetek lidí. [24]

Bezpečnost

Stav, kdy je systém schopen odolávat známým a předvídatelným vnějším a vnitřním hrozbám, které mohou negativně působit proti jednotlivým prvkům (případně celému systému) tak, aby byla zachována struktura systému, jeho stabilita, spolehlivost a chování v souladu s cílem. Je to tedy míra stability systému a jeho primární a sekundární adaptace. [24]

Environmentální bezpečnost

Stav, kdy lidská společnost a ekologický systém na sebe vzájemně působí trvale udržitelným způsobem, jednotlivci mají dostatečný přístup ke všem přírodním zdrojům a existují mechanismy na zvládání krizí a konfliktů přímo či nepřímo spojených s životním prostředím. V tomto stavu jsou minimalizovány hrozby spojené s životním prostředím a způsobené přírodními nebo společností vyvolanými procesy (popř. jejich kombinací) ať už záměrně, nezáměrně nebo následkem nehody. Tyto hrozby mohou zapříčinit nebo zhoršovat již existující sociální napětí nebo ozbrojený konflikt. Absolutní většina z nich navíc nerespektuje státní hranice a často může působit globálně. [24]

Běžný stav

Situace, kdy není potřeba řešit škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činností člověka, přírodními vlivy nebo jinými hrozbami použitím mimořádných nebo krizových opatření podle specifické právní úpravy. [24]

Civilní ochrana

Civilní ochrana je souhrn činností a postupů věcně příslušných orgánů a dalších zainteresovaných orgánů, organizací, složek a obyvatelstva, prováděných s cílem minimalizace negativních dopadů možných mimořádných událostí a krizových situací na zdraví a životy lidí a jejich životní podmínky. Civilní ochrana se stává za válečného stavu součástí systému obrany státu a zabezpečuje výkon humanitárních úkolů uvedených v čl. 61 Dodatkového protokolu k Ženevským úmluvám o ochraně obětí mezinárodních ozbrojených konfliktů ze dne 12. srpna 1949, přijatého v Ženevě dne 8. června 1977. [24]

Domino efekt

Možnost zvýšení pravděpodobnosti vzniku nebo velikosti dopadů závažné havárie v důsledku vzájemné blízkosti objektů nebo zařízení nebo skupiny objektů nebo zařízení a umístění nebezpečných látek. [24]

Ekologická újma

Nepříznivá měřitelná změna přírodního zdroje nebo měřitelné zhoršení jeho funkcí, která se může projevit přímo nebo nepřímo. [24]

Ekosystém

Funkční soustava živých a neživých složek životního prostředí, jež jsou navzájem spojeny výměnou látek, tokem energie a předáváním informací a které se vzájemně ovlivňují a vyvíjejí v určitém prostoru a čase. [24]

Evropská unie

Mezinárodní ekonomicko-politické společenství nezávislých států, které má působnost jen v těch oblastech, které mu byly plně nebo částečně svěřeny v zakládajících smlouvách. Hlavní cíle Evropské unie je podpora míru a bezpečnosti v Evropě, hospodářská a sociální solidarita a prosperita členských zemí. V současnosti má Evropská unie 27 členů, Česká republika vstoupila do Evropské unie k 1. 5. 2004. [24]

Hrozba

Jakýkoli fenomén, který má potenciální schopnost poškodit zájmy a hodnoty chráněné státem. Míra hrozby je dána velikostí možné škody a časovou vzdáleností (vyjádřenou obvykle pravděpodobností čili rizikem) možného uplatnění této hrozby. [24]

Chemická látka

Chemický prvek a jeho sloučeniny v přírodním stavu nebo získané výrobním procesem, včetně všech přídatných látek nutných k uchování jeho stability a všech nečistot vznikajících v použitém procesu, avšak s vyloučením všech rozpouštědel, která lze oddělit bez ovlivnění stability chemické látky nebo změny jejího složení. [24]

Chemický přípravek

Směs nebo roztok složený ze dvou nebo více chemických látek. [24]

Informační systém krizového řízení

Informační systémy, které orgány krizového řízení využívají při plánování krizových opatření a při řešení krizových situací. [24]

Integrovaný záchranný systém

Koordinovaný postup složek IZS při přípravě na mimořádné události a při provádění záchranných a likvidačních prací. Koordinací postupu složek IZS při společném zásahu se rozumí koordinace záchranných a likvidačních prací včetně řízení jejich součinnosti. [24]

Krizová opatření

Opatření určená k řešení krizových situací a dále též činnosti ke zmírnění nebo odstranění následků způsobených krizovou situací. K jejich realizaci lze omezit některá práva a svobody a uložit konkrétní povinnosti. [24]

Krizová situace

Mimořádná událost, v jejímž důsledku se vyhláší stav nebezpečí, nouzový stav, stav ohrožení státu nebo válečný stav. Jsou při ní ohroženy důležité hodnoty, zájmy či statky státu a jeho občanů a hrozící nebezpečí nelze odvrátit a způsobené škody odstranit běžnou činností orgánů veřejné moci, ozbrojených sil a ozbrojených bezpečnostních sborů, záchranných sborů, havarijních a jiných služeb a právnických a fyzických osob. [24]

Krizové plánování

Ucelený soubor postupů, metod a opatření, které věcně příslušné orgány a určené subjekty užívají při předcházení, přípravě a odezvě na činnosti v krizových situacích. [24]

Krizové riziko

Konkrétní riziko vyhodnocené na základě analýzy rizik. [24]

Krizové řízení

Souhrn řídicích činností věcně příslušných orgánů zaměřených na analýzu a vyhodnocení bezpečnostních rizik, plánování, organizování, realizaci a kontrolu činností prováděných v souvislosti s přípravou na krizové situace a řešením krizové situace. Na krizové řízení je možno pohlížet z hlediska užšího nebo širšího významu tohoto pojmu. V širším významu se realizují opatření v oblasti obnovy a prevence, v užším významu se realizují opatření v oblasti přípravy (zejména krizové plánování), řešení krizové situace a likvidačních prací. [24]

Krizový stav

Stav, který vyhláší hejtman kraje nebo primátor hl. m. Prahy (stav nebezpečí), vláda ČR, popř. předseda vlády ČR (nouzový stav) nebo Parlament ČR (stav ohrožení státu a válečný stav) v případě hrozby nebo vzniku krizové situace a v přímé závislosti na jejím charakteru a rozsahu. [24]

Mimořádná situace

Situace vzniklá v určitém prostředí v důsledku hrozby vzniku nebo důsledku působení mimořádné události, která je řešena obvyklým způsobem složkami integrovaného záchranného systému, bezpečnostního systému, systému ochrany ekonomiky, obrany apod. a příslušnými orgány za použití jejich běžných oprávnění, postupů a na úrovni běžné spolupráce bez vyhlášení krizových stavů. [24]

Mimořádná událost

Událost nebo situace vzniklá v určitém prostředí v důsledku živelní pohromy, havárie, nezákonnou činností, ohrožením kritické infrastruktury, nákazami, ohrožením vnitřní bezpečnosti a ekonomiky, která je řešena obvyklým způsobem orgány a složkami bezpečnostního systému podle zvláštních právních předpisů. Pod tímto pojmem je v současných právních předpisech ČR uváděna řada pojmů jako jsou např. mimořádná situace, nouzová situace, pohroma, katastrofa, havárie. [24]

Nebezpečná chemická látka nebezpečný přípravek

Látky nebo přípravky, které za podmínek stanovených zákonem č. 356/2003 Sb. mají jednu nebo více nebezpečných vlastností, pro které jsou klasifikovány jako: výbušné, oxidující, extrémně hořlavé, vysoce hořlavé, hořlavé, vysoce toxické, toxické, zdraví škodlivé, žravé, dráždivé, senzibilizující, karcinogenní, mutagenní, toxické pro reprodukci, nebezpečné pro životní prostředí. [24]

Ochrana obyvatelstva

Plnění úkolů civilní ochrany při ozbrojeném konfliktu i mimo něj, zejména varování, vyrozumění, evakuace, ukrytí a nouzové přežití obyvatelstva a další opatření k zabezpečení ochrany jeho života, zdraví a majetku.

Výklad ochrany obyvatelstva není jednotný, v některých zemích, které nemají systém krizového řízení je termín ochrana obyvatelstva užíván v širším výkladu jako systém nevojenské ochrany – řeší např. i ochranu vnitřní bezpečnosti a ekonomiky. [24]

Orgány krizového řízení

Orgány (vláda ČR, ministerstva a ostatní správní úřady, Česká národní banka, orgány krajů, obcí a určené orgány s územní působností), které ve prospěch svého zřizovatele zabezpečují analýzu a vyhodnocení možných ohrožení jeho bezpečnosti, plánování, organizování, realizaci a kontrolu činností prováděných v souvislosti s přípravnými opatřeními a řešením krizových situací. [24]

Havarijní plán

Dokument, v němž jsou uvedeny popisy činností a opatření prováděných při vzniku závažné havárie vedoucí ke zmírnění jejích dopadů

- a) uvnitř objektu nebo u zařízení – „vnitřní havarijní plán“
- b) v okolí objektu nebo zařízení – „vnější havarijní plán“. [24]

Poškozování životního prostředí

Poškozování životního prostředí je zhoršování jeho stavu znečišťováním nebo jinou lidskou činností nad míru stanovenou zvláštními předpisy. [24]

Povodeň

Povodeň je přechodné výrazné zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných povrchových vod, při kterém voda již zaplavuje území mimo koryto vodního toku. Přechodné výrazné stoupnutí vodní hladiny konkrétního vodního toku, při kterém se voda z koryta vylévá, způsobuje následné zaplavení bezprostředního i blízkého okolí vodního toku, ohrožuje životy a majetek, devastuje životní prostředí a působí značné materiální škody. Povodeň je i stav, kdy voda může způsobit škody tím, že z určitého území nemůže dočasně přirozeným způsobem odtékat nebo její odtok je nedostatečný, případně dochází k zaplavení území při soustředěném odtoku srážkových vod. Povodeň může být způsobena přírodními jevy, zejména táním, dešťovými srážkami nebo chodem ledů (přirozená povodeň), nebo jinými vlivy, zejména poruchou vodního díla, která může vést až k jeho havárii (protřetí) nebo nouzovým řešením kritické situace na vodním díle (zvláštní povodeň). Povodňové stupně aktivity: I. stupeň – stav bdělosti, II. stupeň – stav pohotovosti, III. stupeň – stav ohrožení. [24]

Povodí

Povodí je území, ze kterého veškerý povrchový odtok odtéká sítí vodních toků k určitému místu vodního toku (obvykle soutok s jiným vodním tokem nebo vyústění vodního toku do jiného vodního útvaru). Povodí je ohraničeno rozvodnicí, kterou je myšlená hranice geomorfologického rozhraní mezi sousedními povodími. Plocha povodí zahrnuje také plochy povrchových vodních útvarů v povodí. [24]

Prevence

Soubor opatření, jejichž cílem je předcházení mimořádným událostem a krizovým situacím popř. předcházení škodlivým činnostem. Opatření jsou pasivní [technická (např. výstavba různých ochranných systémů), organizační a výchova obyvatel] a aktivní (výstavba systémů, které snižují vznik mimořádné situace apod.). [24]

Riziko

Možnost, že s určitou pravděpodobností vznikne událost, kterou považujeme z bezpečnostního hlediska za nežádoucí. Riziko je vždy odvoditelné a odvozené z konkrétní hrozby. Míru rizika, tedy pravděpodobnost škodlivých následků vyplývajících z hrozby a ze zranitelnosti zájmu, je možno posoudit na základě tzv. analýzy rizik, která vychází i z posouzení naší připravenosti hrozbám čelit. [24]

Záplavová čára

Území vymezené záplavovou čarou. [24]

Záplavové území

Křivka odpovídající průsečnici hladiny vody se zemským povrchem při zaplavení území povodní. [24]

Závažná havárie

Mimořádná, částečně nebo zcela neovladatelná, časově a prostorově ohraničená událost, například závažný únik, požár nebo výbuch, která vznikla nebo jejíž vznik bezprostředně hrozí v souvislosti s užíváním objektu nebo zařízení, v němž je nebezpečná látka vyráběna, zpracovávána, používána, přepravována nebo skladována, a vedoucí k vážnému ohrožení nebo k vážnému dopadu na životy a zdraví lidí, hospodářských zvířat a životní prostředí nebo k újmě na majetku. [24]

Zóna havarijního plánování

Území v okolí objektu nebo zařízení, v němž krajský úřad, v jehož působnosti se nachází objekt nebo zařízení, uplatňuje požadavky havarijního plánování formou vnějšího havarijního plánu. [24]

Životní prostředí

Vše, co vytváří přirozené podmínky existence organismů včetně člověka a je předpokladem jejich dalšího vývoje. Jeho složkami jsou zejména ovzduší, voda, horniny, půda, organismy, ekosystémy a energie. [24]

2.2 Geografický informační systém GIS

GIS je organizovaný soubor počítačového hardware, software a geografických údajů navrženy pro efektivní získávání, ukládání, upravování, analyzování a zobrazování všech forem geografických informací.[39],[40]

GIS můžeme popsat i s následujícím způsobem:

- geo znamená, že GIS pracuje s údaji a informacemi vztahujícími se k Zemi, pro které známé jejich lokalizaci v prostoru,
- grafický znamená, že GIS využívá prostředků grafické prezentace dat a výsledků analýz a grafické komunikace s uživatelem,
- informační znamená, že GIS provádí sběr, ukládání, analýzu a syntézu dat s cílem získat nové informace, potřebné pro rozhodování, řízení, plánování, modelování,
- systém znamená, že GIS představuje integraci technických a programových prostředků, dat, pracovních postupů, personálu, uživatelů apod. do jednoho celku. .[39],[40]

Přidržíme-li se však dnešního pojetí GIS, lze za zlomový okamžik považovat nástup výpočetní techniky v polovině 20 století. V té době se objevují první nadšenci, kteří se snaží o integraci dat získaných z různých zdrojů, jako jsou družice, měření v terénu apod. Snaží se o vzájemné provázání těchto dat, jejich společné analýzy a prezentaci. .[39],[40]

Za první skutečný GIS lze považovat tzv. CGIS neboli Kanadský GIS. Jeho vývoj započal v roce 1966 a do plného provozu byl uveden v roce 1971. Tento systém je dodnes funkční a čítá přes 10000 map a přes stovky parametrů o celém území Kanady. .[39],[40]

S nástupem počítačů šel vývoj GIS mílovými kroky kupředu. Další milníky ve vývoji představují např. rok 1982, kdy byl uvolněn první komerčně dostupný software pro budování GIS, ArcInfo americké firmy ESRI (Environmental Systems Research Institute) nebo rok 1984 kdy byl Americkým ministerstvem obrany uveden do provozu Globální polohový systém (GPS). .[39],[40]

Na území ČR se počátek vývoje GISů datuje zhruba od počátku sedmdesátých let, kdy byly zahájeny práce na Informačním systému o území (ISÚ). V 90. letech přebírá vývoj tohoto systémů firma ARCDATA Praha). .[39],[40]

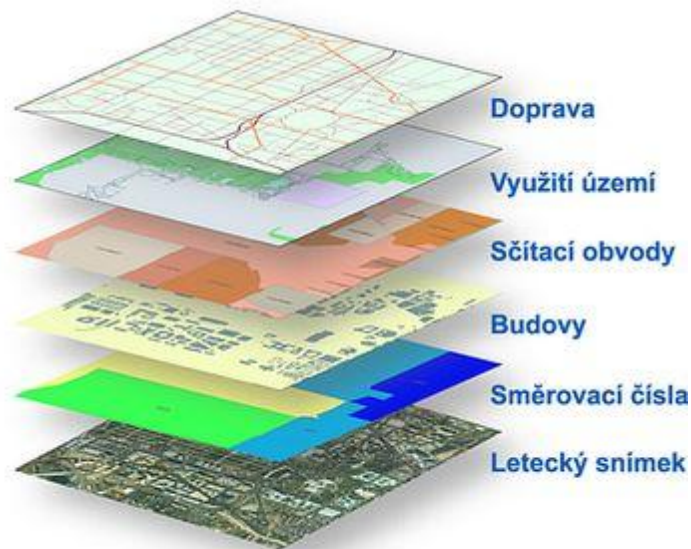
GIS neboli je také jednou z disciplín geoinformatiky - relativně mladého, ale rychle se rozvíjejícího vědeckého oboru. Oba tyto termíny (GIS a geoinformatika) bývají často zaměňovány a také používány ve shodném nebo podobném významu. Jejich společným předmětem je totiž zkoumání geografických jevů s využitím informačních technologií. .[39],[40]

Základní rozdělení dat pro GIS je na:

- vektorová
- rastrová.

Vektorová data uchovávají informace o jednotlivých objektech zájmového území formou bodů, linií a polygonů. Objekty jsou sdružovány do vrstev podle určité tematické souvislosti (např. vodstvo, lesy, budovy, památné stromy). Tyto datové vrstvy propojujeme s atributy objektů - jedná se o popisnou složku dat, která se společně s polohopisnou složkou

(zakódovaná geometrie objektů) ukládá do geodatabáze. Vektorové datové vrstvy jsou informace o bodech, liniích a plochách (polygonech), zakódovány a uloženy jako soustava souřadnic x, y. Umístění bodu např. kóta, může být popsáno jednoduchými souřadnicemi x, y. Linie, např. řeky a silnice, mohou být popsány jako skupina bodových souřadnic. S vektorovými datovými vrstvami jsou propojena atributová data. Jsou to popisná data uložená v tabulkách – takzvané atributy (atributová data), GIS je spojuje s mapovými prvky. Vektorová data jsou ze své podstaty velmi přesná. Nevýhodou vektorového formátu dat je mimo jiné vysoká výpočtová náročnost některých prostorových operací.



Obrázek č. 1 Vrstvy GIS

U rastrových formátů dat je nositelem informace pixel - může reprezentovat jeden celý objekt, jeho část, nebo je v pixelu ukryto více objektů, které pak nemůžeme rozeznat. Toto významně souvisí s hodnotou pixelové velikosti, která udává prostorové rozlišení rastru. Například ortofoto pořízené z leteckého snímkování může mít pixelovou velikost 10 cm (objekt o velikosti 10x10 cm zabírá v rastru právě jeden pixel). [39],[40]

Výhodou vektorových dat je především jejich přesnost a návaznost na atributy objektů. Rastrová data jsou naproti tomu vhodnější pro zpracování složitějších analytických výpočtů a modelů. [39],[40]

Výstupy z GIS můžeme rozdělit na :

- analogové
- digitální.

Analogové výstupy reprezentují tištěné mapy a plány, globy nebo plastové 3D modely území. Digitální produkty korespondují s analogovými - digitální mapy a digitální modely území však prezentujeme prostřednictvím monitoru počítače, mobilu, PDA, GPS navigace, apod. Můžeme tak využít různé interaktivní nástroje a poskytnout uživateli mnoho doplňujících informací - tištěné verze jsou bohužel pro tento účel významně omezeny velikostí papíru map naproti tomu je komplexnost pohledu na zájmové území v daném měřítku - na monitoru ve stejném měřítku vidíme jen nepatrnou část a mohou nám uniknout důležité souvislosti v globálním pohledu. Digitální reprezentace nám však umožňuje také

změnu měřítka a společně s ní také odlišnou míru generalizace, takže můžeme získat podrobnější informace a detaily. .[39],[40]

GIS se prolíná s mnoha odvětvími lidské činnosti a s jejich produkty se potkáme prakticky každodenně. Úkolem GIS technologií je poskytovat informace nejen o poloze a vlastnostech konkrétních objektů, ale také o jejich vzájemné interakci a jevech, které v daném území probíhají. Stává se tak jedním z hlavních nástrojů koncepce trvale udržitelného rozvoje území na místní, regionální, národní i mezinárodní úrovni. .[39],[40]

Praktické užití GIS je velmi různorodé, lze ho využít např.:

- ve státní správě a samosprávě (evidence majetku, parcel, nemovitostí)
- plánování dopravy (sledování pohybu vozidel, jízdní řády)
- správa inženýrských sítí (technické sítě, energetika, evidence majetku)
- kartografie (digitální zpracování map)
- marketingové analýzy (např. analýzy trhu)
- urbanismus (např. tvorba územního plánu, strategického plánu)
- ekologie (vývoj krajiny, odpady)
- zemědělství, lesnictví (půda, hospodaření)
- modelování jevů dynamických v území (např. hydrologické, rizikovost liniových staveb)
- integrovaný záchranný systém (hasiči, záchranná služba, policie)
- armáda (modelování činnosti vojsk, pohybu objektů) .[39],[40]

GIS podle využití můžeme dále rozdělit do tří skupin:

- vizualizace (statické i interaktivní), např.: kartografie, vytváření tematických i místopisných map, územních plánu.
- prezentace (projekce časových rad, grafu) o čerpání a sdílení informací, např.: co se nachází na zvoleném místě, jaká je charakteristika vyhledaného geografického objektu, hledání objektu určitých vlastností.
- analytické využití (odvozování nových informací ze stávajících), např.: určení optimální trasy mezi dvěma objekty, analýzy vzdálenosti (alokační úlohy), hledání optimálního místa pro určité stavby, hledání příčin a souvislostí mezi jevy, vyhledávání rizikových oblastí ohrožovaných přírodními katastrofami. .[39],[40]

2.3 Legislativa v oblasti krizového řízení

Při harmonizaci právního řádu ČR, SR a Maďarska s existujícími právními předpisy Evropské unie byly implementovány směrnice do přijatých právních norem:

- Směrnice SEVESO I. (82/501/EEC), „On the major-accident hazards of certain industrial activities“ ,která byla doplněna směrnicemi 87/216/EEC a 88/610/EEC
- Směrnice SEVESO II. (96/82/EEC), „On the major-accident hazards involving dangerous substance.“
- Předpis OSHA 1940.119, „Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals“ June, USA, 1992 [3] [4] [5]

2.3.1 Směrnice SEVESO I.

Směrnice byla přijata v důsledku vzniku závažných havárií (únik dioxinu v italském Sevesu a výbuch cyklohexanu v britském Flixborough). Jejím hlavním cílem bylo zavést v členských zemích Evropské unie jednotnou a harmonizovanou legislativu, týkající se prevence i připravenosti na závažné průmyslové havárie s možným mezistátním účinkem a zpracovat i uplatňovat vhodná a účinná organizační a technická bezpečnostní opatření. Obsah dokumentu lze stručně, jehož požadavky musely být zapracovány do legislativy členských států unie, vysvětlit takto. Stanovuje povinnosti provozovatelů i správních orgánů pro oblast závažných průmyslových havárií, které musí být plněny:

a) Oznamovací povinnost a povinnost zpracovat bezpečnostní studii – Provozovatelé technologií, v nichž jsou používány nebezpečné látky v množstvích přesahujících limity stanovené směrnicí, jsou povinni o této skutečnosti informovat příslušné orgány formou oznámení a v případě vysoce nebezpečné činnosti s přítomností nebezpečných látek zpracovat bezpečnostní studii. Její obsah a náležitosti závisí na míře potenciálního nebezpečí souvisejícího rizika. Vždy ale musí být uvedena opatření omezující možná nebezpečí a související rizika.

b) Povinnost vypracovat havarijní plány – Provozovatel vysoce nebezpečných činností je rovněž povinen vypracovat tzv. vnitřní havarijní plán pro případ vzniku havárie. V souladu s mírou rizika, předpokládá-li se, že by následky havárie mohly přesáhnout území podniku, je stanovena povinnost zpracovat tzv. vnější havarijní plán, který je součástí havarijního plánu regionu. Pro tyto účely vydalo Ministerstvo vnitra vyhlášku č. 383/2000 Sb., kterou se stanoví podrobnosti ke zpracování havarijního plánu regionu a vnějšího havarijního plánu pro případ havárií radiačních. Je třeba zdůraznit, že v tomto případě je podkladem zpracování analýza možných rizik.

c) Povinnost poskytovat informace – Provozovatel je povinen zajistit informovanost svých pracovníků o možných rizicích a činnostech v případě vzniku havárie i zabezpečit jejich ochranu. Tato povinnost poskytování informací se vztahuje nejen na zaměstnance, ale i na ohrožené obyvatelstvo a kompetentní orgány státní správy.

d) Povinnost provádět kontroly – Stát je povinen zajistit provádění kontrol rizikových provozů a činností, nezbytných pro plnění všech povinností uložených provozovatelům rizikových činností.

Nejlepší politikou je prevence možných nehod přímo u zdroje. Technický pokrok je třeba řídit s ohledem na nutnou ochranu životního prostředí. Požadavky na bezpečnost je třeba integrovat ve všech stádiích vzniku a technického života zařízení (vývoj, projekce, konstrukce, provoz, intenzifikace i likvidace). [3] [4] [5]

Směrnice poskytla základní postup pro vytvoření taktiky v oblasti prevence havárií. Praktická aplikace se v jednotlivých členských státech EU, v důsledku poměrně obecné formulace jednotlivých ustanovení a požadavků ve směrnici, značně lišila. Z tohoto důvodu došlo k její zásadní novelizaci – vydání směrnice SEVESO II. [3] [4] [5]

2.3.2 Směrnice SEVESO II.

Směrnice vychází ze zkušeností získaných implementací direktivy SEVESO I. a z havárií, které se staly po jejím přijetí. Je zpracována jednoduše a konzistentně, vhodnějším způsobem než SEVESO I. Jako příklad lze uvést, že není rozlišována výroba nebezpečných látek a jejich skladování (množství překračující určitá prahová množství). SEVESO I. poukazovala buď na látky ve spojení s určitými průmyslovými činnostmi nebo na oddělené skladování látek. Rovněž seznam nebezpečných látek byl redukován na minimum a upraven. Do seznamu jmenovitých nebezpečných látek z hlediska výroby, ale i skladování byly zařazeny sloučeniny arsenu, karcinogenní látky (benzidin, 4-aminobifenyl, dimethylkarbamoylchlorid – formaldehyd, zkapalněné uhlovodíkové plyny jako např. propan a butan, i zemní plyn). Byly upraveny i kategorie nebezpečných látek, například nově byly zařazeny i látky nebezpečné pro životní prostředí. Za významné lze považovat i zavedení sčítání nebezpečných látek pro stanovení celkového množství přítomného v podniku. [3] [4] [5]

Je zde také zdůrazněna úloha kontrolních orgánů, podniky mají oznamovací povinnost a vedení musí zajistit, v souladu s požadavky směrnice, zpracování bezpečnostní studie. [3] [4] [5]

Opakovaně stanovuje opatření, které musí přijmout provozovatelé podniků, aby předešli závažným haváriím a omezili jejich následky, a nyní zahrnuje ustanovení „přístupu k prevenci velkých havárií“. Je kladen zvýšený důraz na opatření pro minimalizaci dopadů závažných havárií na životní prostředí včetně havarijního plánování, identifikaci možných domino-efektů, informování veřejnosti tam, kde je to přiměřené a také informování sousedních států, dle Úmluvy o účincích průmyslových havárií překračující hranice států, zvané též Helsinská úmluva, jež byla podepsána dne 17.03.1992. („UN ECE’s Convention on the Transboundary Effects of Industrial accidents). [3] [4] [5]

Zcela nový a zásadní je požadavek, aby podniky formulovaly zásady prevence a zavedly bezpečnostní management (řízení bezpečnosti). Ověření jeho správnosti a funkčnosti je předmětem kontrol a výsledky se poskytují kompetentním orgánům. Důraz je kladen na systém kontrol, který musí prověřit, že provozovatel nebezpečné činnosti je schopen předvést a dokladovat všechna přijatá bezpečnostní opatření včetně toho, že podnikl všechna opatření pro snížení následků možných havárií. Je tedy dána povinnost realizovat a zdůvodňovat technická, organizační i kontrolní opatření, která snižují riziko při provádění nebezpečné činnosti.

I v oblasti přípravy havarijních plánů došlo ke konkretizaci. Havarijní plány musí být zpracovány s cílem:

- Minimalizace účinků možných havárií a omezení následků pro člověka, životní prostředí a ekonomiku.
- Realizace opatření na ochranu člověka a životního prostředí před následky závažných havárií.
- Předání potřebných informací veřejnosti, stejně tak i příslušným úřadům nebo servisním službám.
- Zahájení asanačních prací a opatření na obnovu životního prostředí po závažné havárie

V současné době prochází legislativa v oblasti vodního hospodářství vývojem. Hlavním cílem vývoje je přibližování se legislativě EU a také technická normalizace. [3] [4] [5]

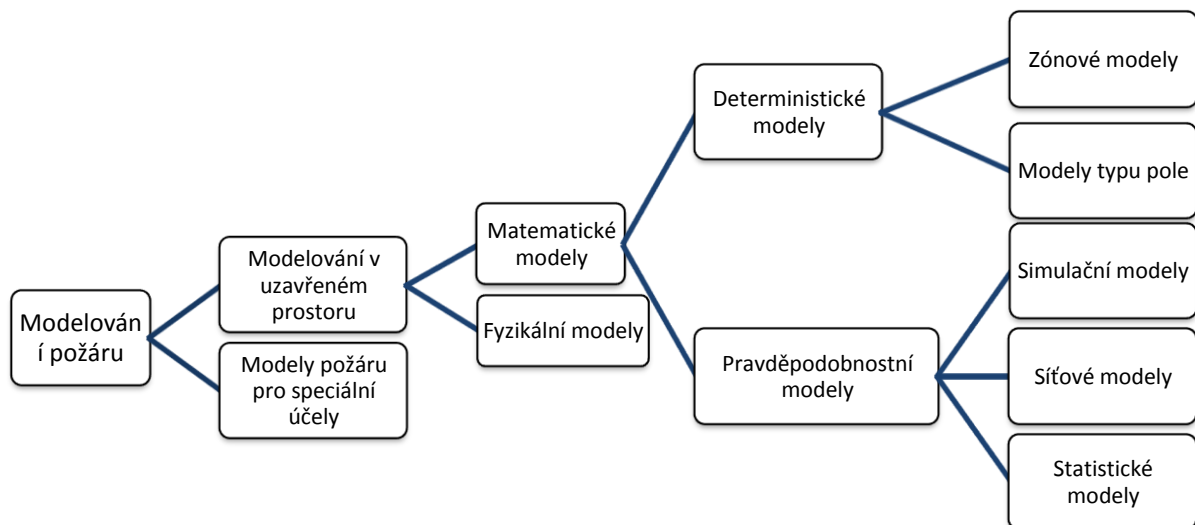
Legislativu EU ale musíme chápat spíš jako právní formulaci cílového stavu, ke kterému členské země se musí v určitých časových limitech dopracovat. Vytváření právních předpisů EU týkajících se vodu a povodně prošlo různými fázemi vývoje, stejně jako i další zákony. Byly přidány zkušenosti a s dohledem na následků MU, s čím se stále zdokonalují a zlepšují postupy v oblasti vody. [3] [4] [5]

2.4 Modely mimořádných událostí

2.4.1 Modelování požáru

Během šedesátých let dvacátého století byly rozvíjeny jednoduché modely požáru určené pro uzavřené prostory, které se staly podkladem pro budoucí nástup prvních počítačových modelů. Zároveň s rozvojem hardwarových možností se zvyšovala složitost jednotlivých modelů i rozsah jejich použití. Činnost odborníků nakonec vedla k potřebě více porozumět problematice modelování požáru, ke stanovení vhodných požárních scénářů a k vymezení typů požárních modelů pro řešení konkrétních úloh.[48]

Modely v uzavřeném prostoru, jejichž rozdělení znázorněné na obrázku, se člení na dvě základní kategorie: fyzikální a matematické modely. .[48]



Obrázek č. 2 Dělení modelů požárů v uzavřeném prostoru

Smyslem fyzikálních modelů je napodobení požáru za zjednodušených fyzikálních situací. Rozměry těchto modelů jsou velmi rozmanité. Velkorozměrové zkoušky se sice blíží průběhu požáru v reálných podmínkách, avšak jejich nevýhodou je značná nákladnost a složitost při sestavování, která může být mnohdy příčinou jejich neproveditelnost. Proto se výzkum častěji obrací na sledování jednotlivých projevů požáru prostřednictvím modelů ve zmenšeném fyzikálním měřítku. Cílem těchto modelů je formulace zákonů, které vedou ke stanovení fyzikálního i chemického chování sledované soustavy za požáru. .[48]

Matematické modely naopak využívají přednosti výpočetní techniky a řeší jednotlivé požární scénáře pomocí souboru rovnic, které popisují chování fyzikálních soustav za požáru. Výsledky matematických modelů se používají zejména pro předpověď chování skutečných fyzikálních soustav za požáru. Mezi fyzikálními a matematickými modely můžeme nalézt vzájemnou provázanost a možnost doplňování sledovaných veličin. Modely typu pole využívají pro modelování požáru základní rovnice zachování a přenosu energie, hybnosti a hmoty. Jsou založeny na metodě rozdělení prostoru do velkého počtu kontrolních objemů. .[48]

Modely umožňují simulovat i vlastní chemické procesy a chování hořlavých látek při působení tepla a tepelné radiace. Nejrozšířenější numerickou metodou využívající modelů typu pole jsou algoritmy dynamického proudění kapalin CFD. .[48]

Zónové modely se zpravidla dělí na jedno či dvouzónové, závislé na typu řešené úlohy. Základním principem u těchto modelů je rozdělení místnosti při požáru na dvě homogenní zóny nebo vrstvy, kde každá vrstva má stejnoměrnou hustotu, teplotu a koncentraci plynů.

Fyzikální modely se pokoušejí reprodukovat jevy provázející požár ve zjednodušených fyzikálních podmínkách. Zmenšené modely jsou velmi rozšířenou formou modelování, protože velkorozměrové experimenty jsou nákladné, obtížně proveditelné a někdy zcela neproveditelné. [48]

Velmi často je cílem použití fyzikálních modelů odhalení zákonitostí chování fyzikálně chemických systémů. Matematických modelů tvořených soustavou rovnic popisujících chování systému, pak může být použito k předpovědi chování reálných fyzikálních systémů. Fyzikální a matematické modely spolu souvisejí a vzájemně se doplňují. [48]

Fyzikální modelování neznamená jednoduché provedení experimentu ve zmenšeném fyzikálním měřítku. Prosté zmenšení geometrických rozměrů není postačující, musí být dodržena také mechanická, tepelná a chemická podobnost ve zmenšeném modelu. Zákonitosti potřebné pro dodržení těchto podobností mohou být odvozeny z dimenzionální analýzy nebo ze základních rovnic popisujících fyzikálně chemické jevy. [48]

Nejznámější a nejrozšířenější fyzikální zákonitosti změn měřítka při požáru jsou známe pod názvem Froudovo modelování, které je použitelné zejména pro proudění při požáru. [48] Froudovo modelování poměrů při požáru vychází z dodržení poměru vzrůstných a setrvačných sil. De Ris teoreticky odvodil dimenzionální analýzou vazbu mezi charakteristickou rychlostí v a tepelným tokem požáru. [48]

Froudovo modelování je možné úspěšně použít ke studiu vzestupných proudů nad požárem, podstropního proudění a výšky plamene. [48]

Protože změna měřítka se u rizikových jevů provázejících požár projevuje rozdílně, není obecně možné studovat komplexně požární situaci v malém měřítku. Je prakticky nemožné fyzikálně modelovat najednou ve stejném měřítku zmenšení radiaci a vzestupné proudění. [48]

Z tohoto důvodu není např. možné Froudovo modelování jednoduše aplikovat na požární problémy, kde radiace hraje významnou roli. Fyzikální modelování je používáno prakticky při všech standardních požárních testech. Adekvátnost fyzikálních modelů přitom může kolísat v širokých mezích. Při vývoji moderních požárních testů se již uplatňuje trend k explicitnímu vyjádření jejich adekvátnosti jako fyzikálních modelů aktuálního průběhu požáru a reakce na požár. [48]

Matematické modely požáru mohou být jednoho ze dvou základních typů - deterministické nebo pravděpodobnostní. Pravděpodobnostní modely vycházejí z náhodné povahy chování požáru, zatímco deterministické modely předpokládají, že rozvoj a chování požáru jsou zcela určeny dobře definovanou fyzikální situací. Oba přístupy jsou pro studium požáru hodnotné.

Pravděpodobnostní modely mohou být rozděleny do tří skupin - síťové, statistické a simulační. Každá z nich pracuje s neurčitostí spojenou s procesem rozvoje požáru. [48]

Síťové modely jsou modely rozvoje požáru, ve kterých je přechod z jednoho stavu požáru do jiného a efekt hasicích systémů, ručního hašení požáru, pasivních protipožárních systémů apod. určen uživatelem přiřazenými pravděpodobnostmi založenými na historických údajích, inženýrském ohodnocení nebo kombinaci obou metod. V některých případech jsou tyto pravděpodobnosti jednotlivé hodnoty, v jiných modelech mohou být pravděpodobnosti funkcí času. [48]

Statistické modely vyjadřují pravděpodobnost výskytu události určenou na základě historických dat. Typickým příkladem statistického modelu je modelování výskytu požárního poplachu. [48]

Simulační modely jsou velmi zajímavé hybridní modely vzniklé propojením pravděpodobnostních a deterministických modelů. Tyto modely pohlíží na požáry jako deterministické události, tedy požár je úplně definován. Ovšem vstupy modelů jsou brány z pravděpodobnostních modelů, tj. vstupní hodnoty pro deterministický model jsou zpracovány jako náhodné proměnné. Takové proměnné mohou například vyjadřovat, který nábytek v prostoru je zapálen, jak jsou otevřené dveře v okamžiku zapálení apod. Výstupy mnohokrát opakovaně provedeného deterministického modelu pro různé vstupní hodnoty jsou potom vyhodnoceny z hlediska rozsahů a četností výskytu různých hodnot. [48]

Deterministické modely předpovídají rozvoj požáru a procesů s ním spojených na základě řešení matematických rovnic popisujících fyzikální a chemické děje při požáru. Pravděpodobnost, s jakou dojde k požáru a jeho rozvoji není přímou součástí tohoto způsobu řešení. [48]

V souladu se schématem na Obrázku č. 2 je možné deterministické modely rozdělit na dvě samostatné podskupiny - zónové modely a modely typu pole. [48]

Modely typu pole jsou založeny na řešení základních rovnic přenosu energie, hmoty a hybnosti velmi malých objemů, na které byl uzavřený prostor rozdělen s cílem předpovědět postup požáru a změny některých parametrů prostředí tento proces provázející. Modely typu pole nejsou do dnešních dnů ve všech částech dostatečně propracovány. Zejména nedostatečné rozpracování problematiky turbulence při požáru je jedním z důvodů omezujících použití těchto modelů v praxi. [48]

Zónové modely jsou nejčastějším v praxi používaným typem modelů sloužících k předpovědi rozvoje požáru v uzavřeném prostoru. Jsou založeny na řešení rovnic zachování energie, hmoty a hybnosti pro velmi malý počet zón, na které byl sledovaný prostor rozdělen. Typicky se používá dvou zón, jednou je dolní studená vrstva vzduchu a druhou potom horní horká vrstva spolu se vzestupným proudem zplodin nad ohniskem požáru. V každé zóně jsou uvažované parametry homogenní, tj. v každém místě zóny je stejná teplota, hustota kouře, koncentrace plynů apod. [48]

2.4.1.1 Argos

Jedná se o program pro výpočet a ohodnocení požárního rizika s předpovědí šíření zplodin hoření, vývin teploty, přestup tepla atd., který může modelovat požár v rozsahu několika místnosti. ARGOS umožňuje zdokumentovanou analýzu rizik, online představení výsledků simulace, systém pro výpočet doby odezvy sprinkléru a zahrnuje i čas příjezdů hasičů. V knihovně ARGOSu je možný výběr z různých typu požáru (požár pevné látky, požár tajících hmot, požár kapalin, požár nádrží s hořlavou kapalinou, doutnání předmětů plus je uživateli umožněno nastavit vlastní vstupní data požáru). [2]

ARGOS vytváří výstupní informace (texty, tabulky i grafy), tím není nutné exportovat výsledky a následně zpracovávat v dalším programu. To ovšem neznamená, že vytvořená data nemohou být exportována například do EXCELu. [2]

ARGOS[®] využívají zejména výzkumníci, pojišťovací společnosti, vyšetřovatelé a průmyslové společnosti. [2]

Pro školy a jiné podobné instituce poskytuje Dánská organizace program zdarma. Jinak je možné získat 30 denní verzi zdarma na stránkách www.dift.dk. Standardní verze programu nemůže běžet bez hardwarového klíče. Klíč může být jak pro USB tak pro paralelní port. Zkušební verze hardwarový klíč nevyžaduje. Manuály a pomocné návody je možno nalézt na zmiňovaných stránkách. [2]

2.4.1.2 CFAST

CFAST je model charakteristický svým příjemným uživatelským prostředím, propracovanou databází předdefinovaných materiálu a návrhových požárů. Tvůrcem modelu je výzkumná organizace NIST (National Institute of Standards and Technology), která zveřejnila první verzi v roce 1990. V současnosti je možné pracovat s nejnovější verzí CFAST 6.0.10. Model je schopný počítat až se 30 místnostmi, pro které určuje vývoj kouře, teploty a koncentraci zplodin hoření.[48]

Objem sledovaných oblastí (místností) se může pohybovat v řádech od 1 m³ do 1000 m³. Uživatel velmi ocení, že se jedná o nekomerční program. S tímto modelem je také dodáván vizualizační software Smokeview, který zajišťuje tvorbu animací a obrázku vytvořených požárních scénářů.[48]

2.4.1.3 BRANZFIRE

BRANZFIRE zahrnuje model šíření plamene a rozvoje požáru. Je určený především pro řešení rohových požárů. Model šíření plamene a rozvoje požáru využívá rovnice odvozené Jamesem Quintierem. [48]

Vstupní data, která model využívá, mohou být data získána z kónického kalorimetru. Model je schopen vypočítat teplotu plynu v kontrolních objemech, výšku neutrální roviny, teplotu povrchu, obsah a koncentraci spalin atd., a to maximálně v deseti místnostech. Je komerční program vyvíjený společností BRANZ Ltd. z Nového Zélandu.[48]

2.4.1.4 SMARTFIRE

SmartFire je vyvíjen již radu let a vychází z letitých zkušeností požárních expertů z Greenwichské univerzity v Londýně. První verze programu vznikla v roce 1996 pod názvem SmartFire V1.0 ALPHA a sloužila na univerzitě pouze pro účely vnitřního výzkumu. V současné době trh nabízí nejnovější verzi Smart-Fire V4.1. Balíček nástrojů obsažený v programu SmartFire zahrnuje čtyři uživatelská prostředí, které provázejí krok za krokem uživatele až ke konečné vizualizaci požárního scénáře. Rozhraní jsou pro uživatele snadno pochopitelná. Tento model umožní uživateli exportovat geometrii vytvořenou kreslicím programem CAD. [48]

SmartFire je jeden z mála modelů, který dokáže spolupracovat s evakuačním modelem – EXODUS. Výsledky tohoto modelu se velmi přibližují realitě. Tím vlastně vznikne propojení mezi modelem simulujícím scénář požáru se všemi projevy požáru a modelem zaměřeným na zjištění doby a průběhu evakuace. [48]

2.4.2 Modelování úniku

Rozvoj průmyslu znamenal pro naše životní prostředí rychlý nárůst množství znečišťujících látek, které jej ohrožuje, a to zejména v urbanizovaných oblastech. Vyšší koncentrace znečišťujících látek v ovzduší negativně působí na zdraví lidí a ostatních organismů a způsobuje škody na hmotném majetku. [30],[3]

Jejich úkolem je vypočítat koncentrace znečišťujících látek v předem zadaném místě na základě údajů o množství znečišťujících látek vypouštěných do ovzduší a klimatických podmínek v modelovaném území, které ovlivňují přenos a rozptyl znečišťujících látek v ovzduší. Ve velmi členitém terénu (například urbanizovaných oblastí) je mnohdy obtížné vyjádřit parametry rozptylu. Stejně tak složité je i matematické vyjádření procesu rozptylu znečišťujících látek ve členitém území. Stanovení parametrů rozptylu se stává problémem například při používání dynamických modelů. Ty vyžadují vstupní hodnoty takových veličin, které jsou v reálném světě obtížně měřitelné (tepelný tok na zemském povrchu, vertikální profily proudění a teplot atd.). Z těchto důvodů, a také díky větší jednoduchosti, jsou převážně většině případů používány modely statistické. Ovšem i statistické modely vyžadují důkladnou přípravu dat.

Modelování rozptylu znečišťujících látek se používá pro tyto účely:

- Zjištění kvality ovzduší tam, kde nepostačují údaje z imisního monitoringu
- Podklad pro řešení aktuálních situací (např. při inverzních stavech atmosféry)
- Podklad pro výpočet zdravotních rizik
- Podklad pro řešení krizových stavů potenciálních situací, které by mohly nastat např. při haváriích
- Predikci budoucího imisního zatížení území při stávajících trendech vývoje znečišťování ovzduší
- Podklad pro rozhodování o výběru navrhovaných variant lidských aktivit
- Stanovení vlivu jednoho zdroje (stávajícího, nebo plánovaného) na kvalitu ovzduší
- Stanovení podílu jednotlivých zdrojů na imisní situaci. Toto nelze měřením imisí přímo zjistit, neboť imise je dána součtem příspěvků všech okolních zdrojů. [30],[3]

Znečišťující látky jsou vnášeny do ovzduší určitou rychlostí – mají tedy svou vlastní počáteční hybnost, a také teplotu, měrnou hmotnost, vlhkost a chemické složení. Stejně vlastnosti, ale s odlišnými hodnotami, má i okolní prostředí. Při výstupu znečišťujících látek ze zdroje zde tedy dochází ke vzájemné interakci těchto dvou složek. Počáteční význam parametrů zdroje (hybnosti, teploty zplodin atd.) postupně slábne a přenos a rozptyl znečišťujících látek v ovzduší je dále určován stavem (dynamikou) mezní vrstvy atmosféry. Především v oblastech malého měřítka (speciálně ve městech) lze detailněji sledovat vliv přírodních a urbanistických překážek, které deformují proudění vzduchu, jež znečišťující látky unášejí. [30],[3]

Modelovou situaci ovlivňují:

- faktory zdroje (emise, geometrie, umístění)
- faktory ovzduší (vítr, teplotní zvrstvení, ostatní meteo prvky)
- faktory ostatního prostředí (terén, zástavba, drsnost povrchu)

Statistické modely vychází ze zjednodušených předpokladů a okrajových podmínek:

- Zdroj znečištění je bod s konstantním stálým únikem znečišťující látky
- Neexistují prostorové omezující podmínky
- Modelovaný případ je statický (konstantní složky vektorů větru)

- Rozptyl znečišťujících látek má statistické rozložení ve směru os y, z

Dnešní statistické modely jsou modifikací Gaussovského modelu (modely, ve kterých je rozptyl ve směru kolmém ke směru proudění kouřové vlečky popsán pomocí Gaussova normálního rozložení). [30],[3]

Dynamické matematické modely jsou založeny na řešení následujících rovnic:

- Pohybové rovnice pro složky turbulentního proudění
- Rovnice potenciální teploty
- Rovnice difúze vodní páry
- Rovnice difúze znečišťující látky
- Rovnice kontinuity
- Stavová rovnice[30],[3]

Většina těchto modelů je realizována pomocí CFD (Computational Fluid Dynamics), jež slouží pro řešení procesů proudění v tekutinách a plynech. [30],[3]

Současné programové nástroje umožňují vytvoření velmi kvalitní prognózy havarijních dopadů po vzniklé mimořádné události. Zvláště pak ve spojení s různými geografickými informačními systémy představují silný a účinný nástroj pro kvalifikované modelování. Zpravidla se také vyznačují relativně vysokou věrohodností získaných prognózovaných výsledků. Programové nástroje pak zpravidla řeší prognózu havarijní události, o které je známo málo nebo nedostatek vstupních informací. Konceptně se zpravidla používá filozofie konzervativního přístupu, nebo-li se počítá s nejhorším vývojem havarijní události za daných podmínek. Programové nástroje mají v sobě implementovány také databáze nebezpečných látek s potřebnými fyzikálně-chemickými, toxikologickými a ekotoxikologickými údaji. [30],[3]

Průmyslové havárie, představují jeden z významných faktorů možného ohrožení zdraví a životů lidí. Vzhledem k reálné nemožnosti zabránění vzniku průmyslových havárií je nutno provádět taková opatření, která by možné následky snižovala na minimum. [30],[3]

Lze je realizovat dvěma základními způsoby:

- Opatření systémová jsou charakterizována přístupem ke snižování možnosti vzniku průmyslových havárií a snahou o minimalizaci událostí vedoucích k havarijním dějům.
- Opatření operativní jsou charakterizována tím, že se použijí až okamžiku již probíhající nebo bezprostředně hrozící havárie.

Pro realizaci obou typů opatření má prioritní význam znalost projevů a následků potenciálních havárií. [30],[3]

V závislosti na očekávaných cílech a dostupnosti informací nezbytných pro modelování lze modelování havárií rozdělit následovně:

- Havarijní modelování – lze použít především v okamžiku vzniku havárie, kdy je nutno co nejrychleji provést odhad projevů a následků havárie. Modelování je výrazně ovlivněno množstvím a kvalitou informací, které jsou k dispozici. Velmi záleží na kvalitě obsluhy příslušné technologie, zda je schopna dodat spolehlivé informace o stavu a parametrech daného zařízení, informace o dosavadním průběhu havárie i o okolních podmínkách ovlivňujících projevy a následky havárie.

- Prognostické modelování – se využívá především při analýzách možných následků potenciálních havárií. Výsledky se používají jako vstup pro havarijní modelování, kdy je určitý druh projevů vyhodnocen dopředu a při havárii je využit k orientačnímu a především rychlému stanovení maximálních projevů a následků havárie. Dále jsou výsledky využitelné pro orgány státní správy při hodnocení rizik (následků) v okolí průmyslových podniků.
- Znalecké modelování - je typ modelování vyznačující se největší mírou přesnosti výsledků. Tento typ modelování je velmi specifický, protože se ve většině případů jedná o posouzení předcházejících havarijních událostí nebo o posuzování velmi přesně definovaných případů potenciálních havárií.

Havarijní modelování vyžaduje použití co nejjednodušších modelovacích nástrojů, zadávání vstupních parametrů musí být jednoduché, přehledné, jednoznačné a zároveň i výstup získaných informací musí být přehledný. Vhodnou formou je grafické znázornění vypočtených parametrů do mapových podkladů, tento typ výstupu je pro realizaci havarijních opatření nejnázornější a umožňuje rychlou orientaci při havárii.

Prognostické modelování používá jak větší počet vstupních informací, tak i jejich přesnější specifikaci. Modelovací nástroj obsahuje podrobné zadání jednotlivých vstupních parametrů pro výpočet. Vhodnou formou je komplexní počítačový program, který by řešil jednotlivé havarijní projevy oddělně s využitím společné databázové základny. [30],[3]

Pro vyhodnocení je k dispozici řada parametrů technologického charakteru, tak i následky proběhlé havárie. Při znaleckém modelování jsou k dispozici nejenom přesně známé parametry a stavy technologického zařízení vedoucí k havárii, ale i možná verifikace modelovaných vyhodnocení a následky havárie. Znalecké modelování využívá podobných nástrojů jako modelování prognostické. Navíc však může, a v některých případech musí, používat i verifikaci výsledků z důvodu zvýšené přesnosti a ověření výsledky. [30],[3]

2.4.2.1 ALOHA

Aloha je relativně jednodušší počítačový program pro výpočty úniků průmyslových chemických látek a modelování šíření oblaků uniklé látky do okolí a to jak plynů, tak kapalin. Přesto však vyžaduje kvalifikovanou obsluhu. Nevýhodou je, že je k dispozici pouze v anglickém jazyce, včetně uživatelského manuálu, a druhou velkou nevýhodou je vyhodnocení pouze toxických následků úniku nebezpečných látek. Další nevýhodou starších verzí programu je zadávání i zobrazování výsledků pouze v anglosaských měrových jednotkách, nutno dodat, že novější verze již tento problém nemají. Výhodou tohoto SW nástroje je jeho dostupnost – je volně stažitelný z internetu (volně dostupný na Internetových stránkách organizace US EPA). Poslední verze ALOHA 5.4 (z února 2006) má doplněnou možnost modelování požáru a výbuchu. Uživatelé tak mohou hodnotit kromě toxického ohrožení také nebezpečí spojené s požáry typu Jet fire, požáry kaluže, výbuch mraku par (VCE - vapor cloud explosions), výbuch expandujících par vroucí kapaliny (BLEVE - Boiling Liquid Expanding Vapor Explosions) a požáry typu Flashfires. Modeluje rizika toxicity, hořlavost, tepelné záření a přetlak spojený s chemickými úniky, jejichž výsledkem je toxický plyn, požár nebo výbuch. [3]

Může být používán v počítačích, které využívají Microsoft Windows nebo Mac OS X. Software je navržen tak, aby bylo snadné jeho využití, při mimořádných situacích. Jeho chemická knihovna obsahuje informace o fyzikálních vlastnostech o přibližné velikosti

1000 nebezpečných chemických látek. Je navržen tak, aby minimalizoval chybu obsluhy a kontroloval údaje, které jsou zadány a upozorní, pokud se vyskytne chyba. [30],[3]

2.4.2.2 TerEx

Název vznikl z výrazu teroristický expert. Slouží pro okamžité vyhodnocení dopadů úniku nebezpečné chemické látky, otravné látky či použití výbušného systému. Program je určen podnikům, institucím, samosprávám a státním orgánům a složkám IZS. TerEx byl vyvinut ve spolupráci dvou firem T- SOFT a ISARech. [30],[3]

TerEx je nástroj pro rychlou prognózu dopadů a následků působení nebezpečných látek nebo výbušných systémů, zejména při jejich teroristickém zneužití. Model je vytvořen jako počítačový program s návazností na geografický informační systém pro přímé zobrazení výsledků v mapách. [30],[3]

TerEx je určen zejména pro operativní použití jednotkami IZS při zásahu, pro rychlé určení rozsahu ohrožení a realizaci následných opatření ochrany obyvatel. TerEx je využitelný velitelem zásahu přímo na místě nebo operačním důstojníkem v řídicím středisku. Stejně tak je vhodný pro analýzy rizik při plánování. Program poskytuje výsledky i při nedostatku přesných vstupních informací. [30],[3]

Předpověď dopadů a následků je založena na konzervativní prognóze. V praxi to znamená, že výsledky odpovídají takovým podmínkám, při kterých dojde k maximálním možným dopadům a následkům na okolí – tzv. nejhorší varianta. [30],[3]

2.4.2.3 Rozex

Rozex je určený pro havarijní vyhodnocování běžných typů havarijních událostí. Jedná se o toxické a exotermní projevy závažných havárií. Výhodou programu je možnost vytvoření databáze očekávaných havárií a rychlé zobrazení jejich výsledků. Je vhodný zejména pro využití při zpracování havarijních plánů, analýzy rizik a podobných zadání, prováděných kvalifikovanými pracovníky. Program pracuje v českém jazyce a je cenově i uživatelsky dostupný českému uživateli. Program též umožňuje propojení programu s geografickými informačními systémy (GIS) např. pomocí Arc-View, Map Info[30],[3].

Program je zaměřen na prognózu havárií v průmyslu, při nichž dojde k úniku nebezpečných látek. Program rozlišuje jednorázové a déletrvající úniky ze zařízení. Na základě charakteru úniku a fyzikálně chemických vlastností látky program rozlišuje způsob tvorby oblaku a jeho šíření krajinou s následkem intoxikace, výbuchu nebo požáru. [30],[3]

Úniky toxických látek programu hodnotí z hlediska dosahu a tvaru toxického oblaku při zvolené mezní koncentraci toxické látky. Úniky hořlavých výbuchu schopných látek program hodnotí z hlediska dosahu vzdušné rázové vlny o stanoveném přetlaku, umístění pravděpodobného epicentra výbuchu od místa úniku a dosahu mezní koncentrace, odpovídající dolní hranici výbušnosti. U hořlavých látek program vyhodnocuje účinky tepelné radiace na osoby a na stavební konstrukční prvky. [30],[3]

2.4.3 Modelování hydrologických jevů

Matematický model srážko-odtokového procesu představuje zjednodušený kvantitativní vztah mezi vstupními a výstupními veličinami hydrologického systému. Ten je definován jako systém převážně fyzikálních procesů působících na vstupní proměnné, které pak transformuje ve výstupní veličiny. V matematickém vyjádření jde o algoritmus řešení soustavy rovnic, které popisují strukturu a chování systému. Srážko-odtokové a hydrodynamické modely našly svoje uplatnění při řešení nejrůznějších hydrologických úkolů, které lze shrnout do tří kategorií:

- Operativní hydrologické předpovědi
- Návrhová a projekční činnost v oblasti vodního hospodářství
- Výzkumná činnost. .[39],[40]

V prvním případě se jedná o aplikaci modelu v operativní hydrologii, kdy vstupní data tvoří kromě stavových veličin také okamžité údaje z automatických meteorologických stanic nebo radarů. Data jsou v tomto případě automaticky předávána modelu a prioritou je rychlost jejich zpracování a převedení na krátkodobou předpověď vodního stavu či průtoku v určitém profilu. Ve druhém případě, v oblasti vodního hospodářství, jde jednak o dlouhodobější řešení protipovodňové ochrany (např. stavba přehrad, poldrů, změna vegetačního pokryvu a další hydrotechnická či hydromeliorační opatření), ale také je použití hydrologických a hydrodynamických modelů užitečné při řešení nejrůznějších technických staveb od plavebních kanálů, čistíček odpadních vod až po mosty. Pod třetí kategorií využití hydrologického modelu se skrývá především výzkum komponent srážko-odtokového procesu a jejich přesnější popis. Pro tyto účely jsou často zřizována experimentální povodí s rozsáhlou sítí měřících stanic. V neposlední řadě mohou výstupy z hydrologického modelu sloužit jako vstupní veličiny dalších modelů, například modelů šíření znečištění ve vodním prostředí. .[39],[40]

Z uvedené klasifikace vyplývá obecně rozdělení do dvou kategorií – modely porozumění a modely rozhodování. Toto rozdělení nevychází pouze z hydrologického modelování, ale je zobecněním platným pro jakoukoliv oblast lidské činnosti, kde se modely uplatňují (modely přírodních procesů, ekonomické modely, populační modely, DSS, atd.). Modely porozumění se pomocí určitých zjednodušení snaží popsat chování systému (povodí) a jsou tak nástrojem k pochopení zákonitostí přírodních procesů probíhajících v povodí. Modely rozhodování vychází sice ze stejných principů, jejich účel ale spočívá především v podpoře rozhodování ve vodním hospodářství například při projektování protipovodňových opatření nebo v operativní hydrologii. .[39],[40]

Do dnešní doby byla vyvinuta celá řada modelů, které se od sebe odlišují různými přístupy k jednotlivým komponentám srážko-odtokového procesu nebo ke struktuře zkoumaného povodí, často v důsledku toho, za jakým účelem a pro jakou oblast byl model vyvíjen. Postupem času se ukázaly podobnosti nebo naopak odlišnosti v jednotlivých pojetích, podle kterých se pak hydrologické modely začlenily do různých kategorií. .[39],[40]

Uvedená klasifikace podle WMO vychází z několika principů :

- Rozdělení dle účelu aplikace
- Klasifikace z hlediska typu systému
- Klasifikace z hlediska typu hydrologického procesu
- Klasifikace podle stupně kauzality
- Klasifikace podle míry časové a prostorové diskretizace. .[39],[40]

Nejdůležitější a také nejčastěji používaná kritéria dělení představují stupeň kauzality a dělení podle prostorové a časové diskretizace. Podle prvně zmíněného principu se dělí modely na deterministické a stochastické. Deterministické modely jsou popsány vztahem závislých (výstupních) proměnných a nezávislých (vstupních) proměnných. Stochastické modely primárně neobsahují vazbu mezi příčinou a důsledkem, přičemž se odlišují pravděpodobnostní modely a modely generování časových řad. V praxi se často využívá obou přístupů. Stochastická složka je přítomna nejen ve většině modelů v oblasti plánování a projekční činnosti vodohospodářských staveb, ale někdy se využívá i v operativní hydrologii, zejména pro dlouhodobé předpovědi. Obecně lze říci, že deterministický přístup v současnosti převažuje.

2.4.3.1 Mike SHE

Mike SHE je globální, dynamický hydrologický model pro simulace základních procesů v zemní fázi hydrologického cyklu. Srážko-odtokový model Mike SHE je produkt dánské společnosti DHI (Danish Hydraulic Institute) a lze ho zařadit mezi distribuované, fyzikálně založené, kontinuální či epizodní modely. [40]

Jedná se o propracovaný model s vazbou na GIS, který je vhodný pro analýzu, plánování a řízení v oblasti vodních zdrojů, povodí a životního prostředí, dále pak má širokou oblast uplatnění při posuzování vzájemných interakcí mezi povrchovou a podzemní vodou a při řešení zásadních technických zásahů v povodí Mike SHE lze při řešení těchto problematik použít jak v regionálních studiích pokrývajících celé povodí, tak ve studiích místních zaměřených na specifické problémy v malém měřítku. .[39],[40]

Model Mike SHE zahrnuje hlavní procesy v hydrologickém cyklu a obsahuje komponenty pro jejich výpočet v jednotlivých fázích (evapotranspirace a srážky, povrchový odtok z povodí, podpovrchový odtok v nenasycené zóně půdního profilu, podzemní odtok, odtok v korytě a jejich interakce). Každý z těchto procesů může být dle cíle studie, dostupnosti dat a rozhodnutí uživatele zastoupen na různých úrovních územního rozložení a složitosti. [40]

Základní komponenty Mike SHE jsou:

- **Evapotranspirace** - ze vstupních časových řad referenční evapotranspirace se počítají aktuální hodnoty pomocí Kristensen- Jensenovy metody na základě aktuálního obsahu vody v půdě a vegetačního pokryvu,
- **povrchový odtok** – výpočet založen na 2D metodě konečných diferencí šíření vlny,
- **soustředěný odtok** – komponenta MIKE 11 - 1D kinematická vlna aproximovaná metodou konečných rozdílů ve vystřídáném schématu,

- **podpovrchový odtok v nenasycené zóně** – pro výpočet proudění v zóně mezi povrchovým odtokem a hladinou podzemní vody je používána 1D vertikální aproximace Richardsovy rovnice, nenasycená zóna je složena ze tří schematizovaných půdních horizontů,

- **podzemní odtok** - 2D a 3D model proudění podzemní vody založený na metodě konečných diferencí,

- **tání sněhu** - degree-day faktor pro stanovení empirického vztahu mezi teplotou vzduchu a mírou tání. [39],[40]

Srážkoodtokový model Mike SHE pracuje s ASCII formáty, prostřednictvím GIS nadstavby zpracovává data ve formátu ESRI shapefile, která lze převést do DHI formátů.

Model Mike SHE nemá stanovená povinná data. Povinná vstupní data se odvíjejí od modelovaných hydrologických procesů a od problémů, které mají být řešeny. Nicméně následující základní charakteristiky modelu jsou dle *DHI (2009)* požadovány ve většině případech modelování. [40]

2.4.3.2 MIKE FLOOD

Je aplikace, která spojuje jednorozměrné modely (MOUSE, MIKE 11) a dvourozměrné modely (MIKE 21). Vzájemné propojení těchto modelů je výhodné pro řešení širokého spektra problémů; např.: „analýza povodňových rizik pro průmyslové, obytné nebo infrastrukturní projekty“, „integrované modelování povodní v městském odvodnění (zastavěná území, recipienty)“, „krizové plánování za povodní – evakuační trasy, priority záchrany“, „podrobné studie následků protržení přehrad“. MIKE FLOOD je od roku 2008 akceptován americkou agenturou Federal Emergency Management Agency (FEMA) jako modelový prostředek pro „Národní program ochrany před povodněmi“. [40]

2.4.3.3 HEC-RAS

HEC-RAS (River Analysis System) je jednorozměrný hydrodynamický model umožňující řešení stromových i okružních sítí přirozených otevřených koryt včetně příčných a podélných objektů na toku, dále umožňuje výpočet nerovnoměrného proudění v korytě a to jak v ustáleném, tak v neustáleném režimu metodou po úsecích. Pro výpočet proudění využívá HEC-RAS Saint-Venantových rovnic neustáleného

proudění. Dále lze v modelu nadefinovat odpory koryta na jednotlivých dílčích profilech, a proto mohou mít tyto profily proměnlivou drsnost. Toto je řešeno buďto Manningovým součinitelem drsnosti, nebo lze využít i parametr zrnitostního složení materiálu dna. HEC-RAS lze kombinovat s programem HEC-GeoRAS, který je extenzí (nástrojovým a aplikačním rozšířením) pro software ArcGIS, která umožňuje přípravu a následný export geodetických dat. HEC-RAS je nyní dostupný ve verzi 4.1 a jako všechny ostatní software HEC (The Hydrologic Engineering Center) je volně k dispozici na stránkách US Army Corps of Engineers. [39],[40]

2.4.3.4 HEC-HMS

HEC-HMS (Hydrologic Modeling System) je jeden z nejvíce celosvětově rozšířených srážko-odtokových modelů. HEC-HMS je především celistvý (lumped) model. Tento program dokáže využívat mnoho metod používaných jak v hydrologii, tak v hydraulice. Obecně do srážko-odtokového modelu vstupuje několik základních faktorů, jinak tomu není ani u HEC-HMS. Do modelu mohou vstupovat srážky, jak dešťové, tak sněhové, ve formě časových řad, nebo plošného úhrnu těchto srážek, dále evapotranspirace a

intercepce. Důležitým faktorem je povrchový a podpovrchový odtok z povodí, pro odtok v korytě jsou k výpočtům stejně jako u HEC-RAS využívány Saint-Venantovy rovnice. HEC-HMS obsahuje komponenty popisující jednotlivé procesy srážko-odtokového procesu: Meteorologický model (Meteorological Model), Model objemu odtoku (Runoff Volume Model), Model přímého odtoku (Direct Runoff Model), Model podzemního odtoku (Baseflow Model), Korytový model (Channel Model) a ostatní komponenty (model výpočtu nádrže, kanálu, odběru vody atd) HEC-HMS lze stejně jako HEC-RAS doplnit o extenzi HEC-GeoHMS sloužící k přípravě a exportu vstupních dat. Tento software má stejně jako ostatní programy HEC (Hydrologic Engineering Center) freeware licenci. [39],[40]

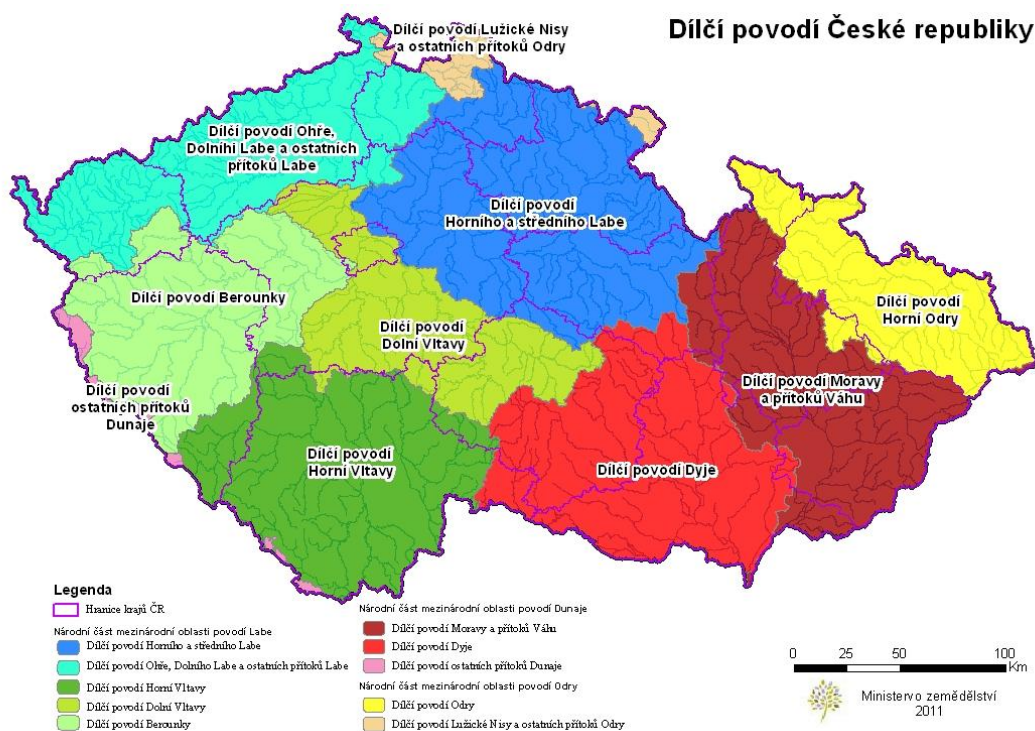
2.5 Výskyt MU ve vybraných lokalitách

2.5.1 Výskyt vybraných MU v ČR

Ve srovnání MU ve světě zůstává Česká republika ušetřena dopadu maximálních možných následků známých mimořádných událostí. Téměř vůbec se na území ČR nevyskytují velké ropné havárie, zemětřesení, vulkanická činnost apod. Presto však mohou jiné MU způsobit značné ztráty. Jedná se zejména o požáry, povodně, dopravní havárie, biologické nálezové situace, zhoršování životního prostředí.

2.5.1.1 Výskyt povodní

Povodně jsou v České republice nejvýznamnějším přírodním extrémem, neboť jiné, rozsahem ničivější přírodní katastrofy, jako např. velká zemětřesení se zde nevyskytují a silné větry nedosahují ničivých účinků známých z jiných částí světa. Povodně jsou výsledkem komplexního působení příčinných faktorů, a to meteorologických (např. srážky), fyzicko-geografických (např. vlastnosti povrchu) a antropogenních (např. změny ve využití ploch). Ty pak výrazně ovlivňují časovou a prostorovou variabilitu četnosti výskytu povodní, jejich extremitu, velikost a rozsah dopadů. V živé paměti je ještě katastrofální povodeň na horní a střední Moravě a Odře z července roku 1997, nemající v České republice ve 20. století období co do kulminačních průtoků, délky trvání, rozsahu postiženého území, ztrát na životech (52 osob) a materiálních škod (62,6 miliard Kč). Po ní přišla v červenci roku 1998 katastrofální povodeň ve východních Čechách, při níž bylo zmařeno 6 lidských životů, a materiální škody se pohybovaly kolem 2 miliard Kč. Při následující povodňové pohromě v Čechách na Vltavě, Labi a dalších vodních tocích, v srpnu roku 2002 zahynulo 19 osob a materiální škody dosáhly zhruba 73 miliard Kč.

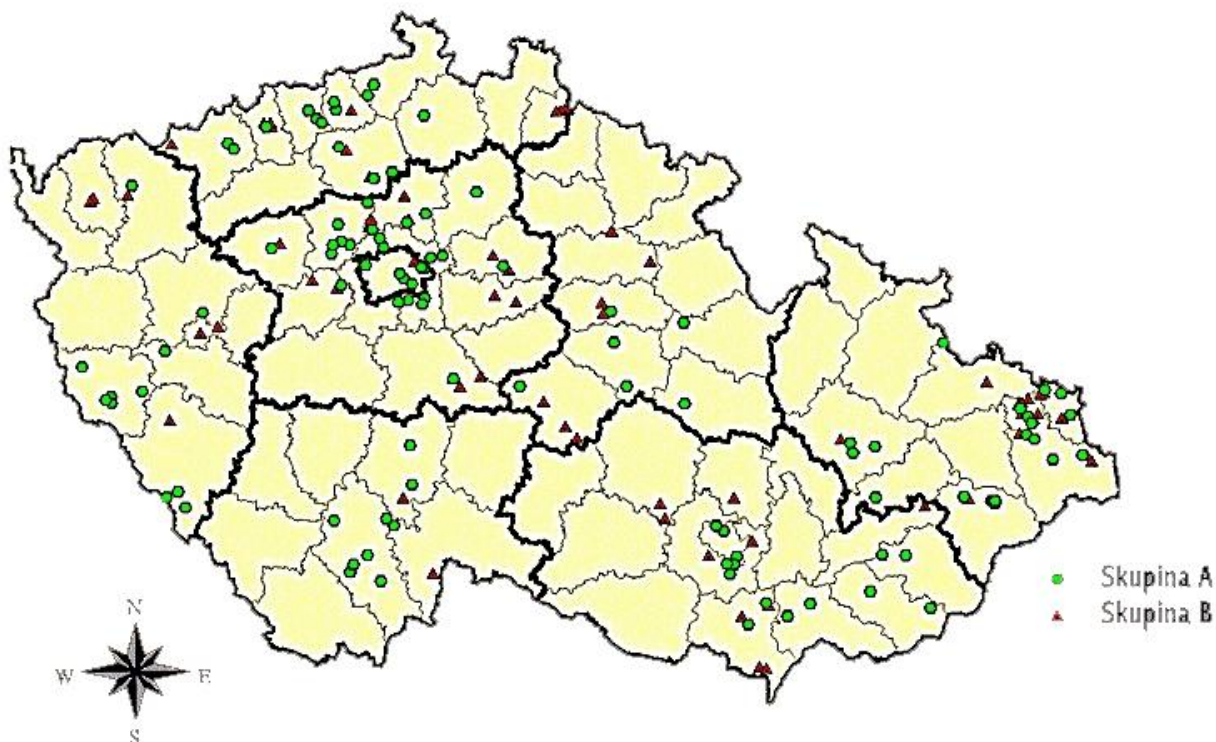


Obrázek č. 3 Dílčí povodí ČR

2.5.1.2 Výskyt průmyslových havárií

Závažné havárie se nevyhýbají ani České republice, dokladem toho může být rok 2002, kdy se staly 3 závažné havárie (Spolana, Spolchemie, BorsodChem), které byly hlášeny Evropské unii do střediska MAHB (Major Accident Hazards Bureau) v italské Ispře

Závažné havárie se netýkají pouze velkých chemických podniků, často se vyskytují i v malých a středních podnicích. Následující tabulka uvádí přehled vybraných havárií v ČR v objektech nezařazených pod účinnost zákona o prevenci závažných havárií.



Obrázek č. 4 Zařazení objektů podle zákona o prevenci závažných průmyslových havárií a jejich lokalita

Tabulka č. 1: Přehled vybraných havárií v nezařazených objektech

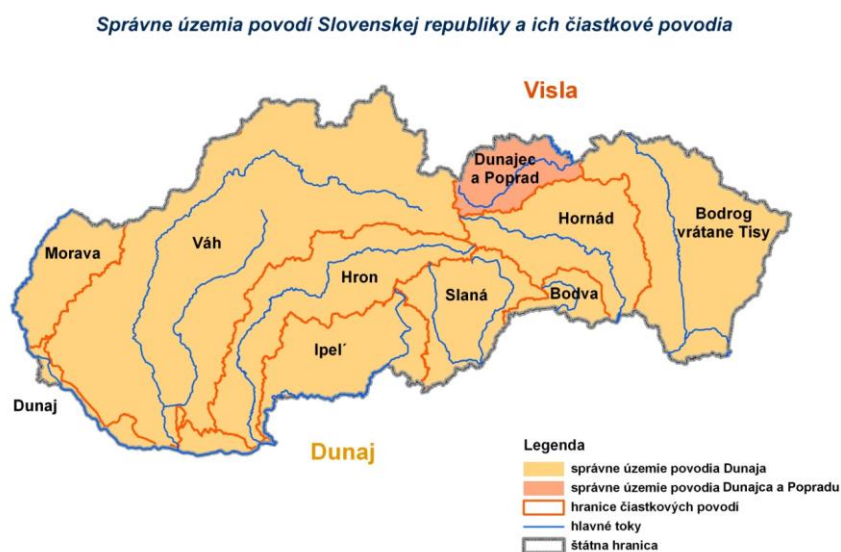
| Zařízení | Příčina | Násled | Ško |
|-------------------------------------|---|---|-------------------------------|
| Zimní stadion | Prasklé potrubí | Únik 0,5 t čpavku do příbramského potoka | |
| Textilka Toray v Prostějově | Chyba obsluhy – nasypání 350 kg chlornanu sodného do kyselého roztoku | Následnou reakcí uvolnění chloru | Podráždění sliznic 7 lidí |
| Sladov na v Hodonicích u | Špatná práce při opravě chladicího zařízení | Únik 80 – 100 kg čpavku do Dyje, uhynutí ryb, zamoření Dyje | Cca 500 tis Kč |
| Zimní stadion na Štvanici - Praha 7 | Zastaralé vybavení strojovny | Únik několika kg čpavku | Nikdo zraněn |
| Mochovské mrazír | Prasklé potrubí | Únik čpavku | 6 těžce zraněných zaměstnanců |
| Masokombína t C | Prasklé těsnění chladicího kompresoru | Únik cca 15 kg čpavku, následná evakuace 112 osob | |

| | | | |
|--------------------------------------|---|---|---|
| Zimní stadion Praha | Špatná úprava chladicího zařízení a následné prasknutí ventilu | Únik čpavku do okolí | Nikdo zraněný, škoda v desítkách tis. Kč |
| Zimní stadion v Liberci | Neopatrná práce na tlakovém potrubí | Únik cca 50 kg čpavku z tlakového potrubí ve strojovně | Uzavření stadionu a okolí, odvolání chystaného zápasu |
| Stanice LPG Praha 6 | Avie narazila do stojanu LP | Únik LPG z cisterny, uzavření celé ulice, později i blízké trati ČD. | Cca 200 tis. Kč |
| Autodílna v Mladé Boleslavi | Výbuch plynu (PB láhve nebo acetylenové soupravy nebo LPG v autě) | Celková destrukce budovy autodílny a přilehlého okolí | 1,5 mil. Kč, 1 osoba mrtvá. |
| Masokombinát | Vadná elektroinstalace, nedbalost, úmysl | Požár | Cca 150 mil. Kč |
| Masokombinát Hroznětín (Karlovarsko) | Nedbalost | Únik cca desítek kg čpavku přes jímku do kanalizace a čpavkové vody do řeky | Uhynutí pstruhů v řece |

2.5.2 Výskyt vybraných MU v SR

2.5.2.1 Výskyt povodní

V pulce června 1997, přibližně mezi 5. a 16., se ve vícero středoevropských povodích vyskytli extrémní povodně, které v povodích Moravy a Odry nejvíc zasáhly Českou republiku, přičemž povodeň v Moravě zasáhla aj dolní, česko-slovenský a rakousko-slovenský úsek řeky. Příčinou ničivých povodní byli srážky, když během několik dní na povodí Moravy a Odry spadlo víc, než půlka ročních srážek. Následkem bylo rozvodnění vodních toků, přičemž maximální průtoky překračovali velikosti, které mohou být dosažené nebo překročené průměrně raz za 150 až 500 let. Na Slovensku se dobře organizovanými povodňovými zabezpečovacími pracemi podařilo předejít ohrožení obyvatelstva a vzniku větších povodňových škod. V roce 2002 se v Dunaji vyskytli dvě navzájem nezávislé velké povodně. Srážky v horní části povodí Dunaje působily v březnu 2002 povodňovou vlnu, která kulminovala 24. března 2002 maximálním průtokem $Q_{\max} = 8\,474 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Další povodeň přišla v srpnu 2002.

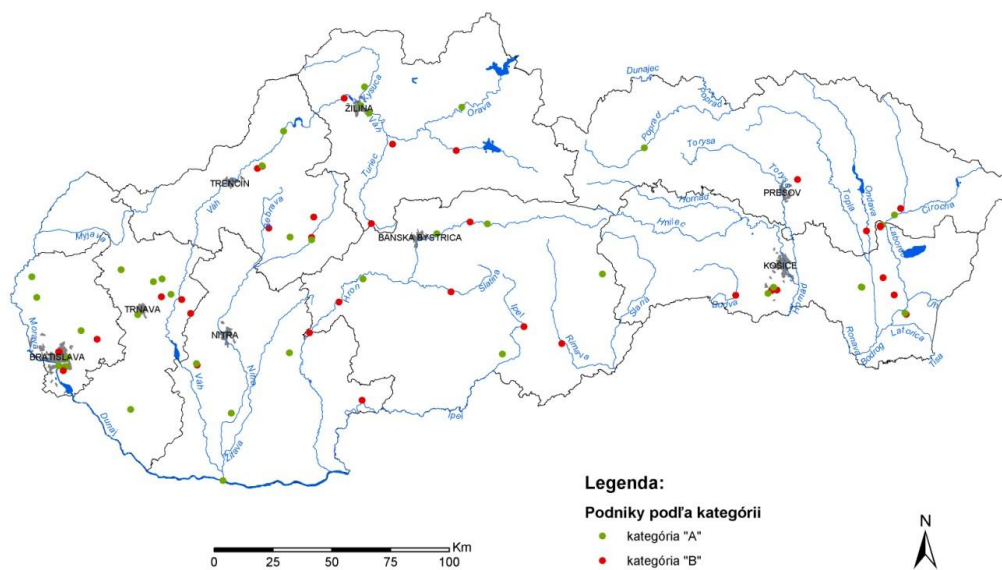


Obrázek č. 5 Povodí v SR

Už na začátku měsíce proběhla první část povodňové vlny, která kulminovala průtokem $Q_{\max} = 7\,000\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$.

2.5.2.2 Výskyt průmyslových havárií

Dne 27.11.1995 ve Východoslovenských železiárnach, a.s. Košice, o 9,10 hod. nastala havárie při údržbě na potrubí s plynem. Došlo k výbuchu na potrubí DN 1 600 a DN 2 000. Tlak plynu roztrhal ocelový plášť. Z poškozeného potrubí do okolí unikal plyn. V pátek ve večerných hodinách nastala inverze a došlo k nekontrolovatelnému šíření CO. Opatření byli přijaté až v okamihu, když byli lokalizováni mrtví.

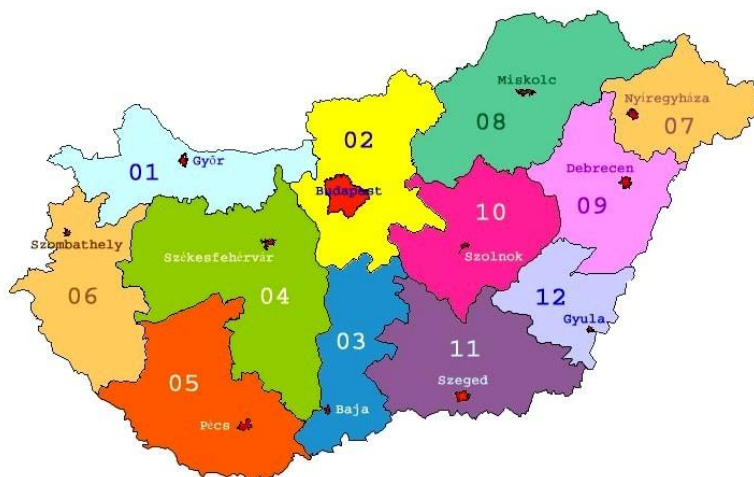


Obrázek č. 6 Objekty podle zákona a průmyslových haváriích v SR

2.5.3 Výskyt vybraných MU v Maďarsku

2.5.3.1 Výskyt povodní

Povodně znamenají největší risk na území Maďarska. Boj s vodou už má „tradice“. Více než 25 % obyvatelstva na území republiky žije v blízkosti vodního toku. Největší povodeň 20. století byl v roce 1999 a v 2000.[43].

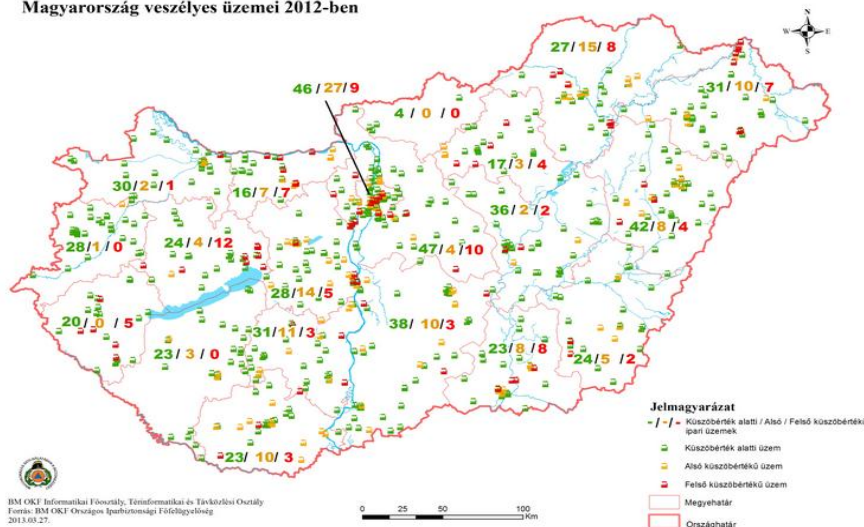


Obrázek č. 7 Povodí v Maďarsku

2.5.3.2 Výskyt průmyslových havárií

Dne 04.10.2010 se protrhla hráz nádrže, která zadržovala odpadní červený kal a pustila tak do okolí 600 - 700 tisíc m³ směsi červeného kalu a vody. Dolní části oblasti, vesnice Kolontár, Devecser a Somlóvásárhely byly kompletně zaplaveny. Deset lidí zemřelo a dalších 120 osob bylo zraněných. Červený kal zaplavil 800 ha přilehlých oblastí. Nejzávažnější devastace byla způsobena v obcích Devecser a Kolontár, které se nacházejí v bezprostřední blízkosti nádrže. Katastrofa patří k nejhorším ekologickým katastrofám v maďarské historii. [43]

Magyarország veszélyes üzei 2012-ben



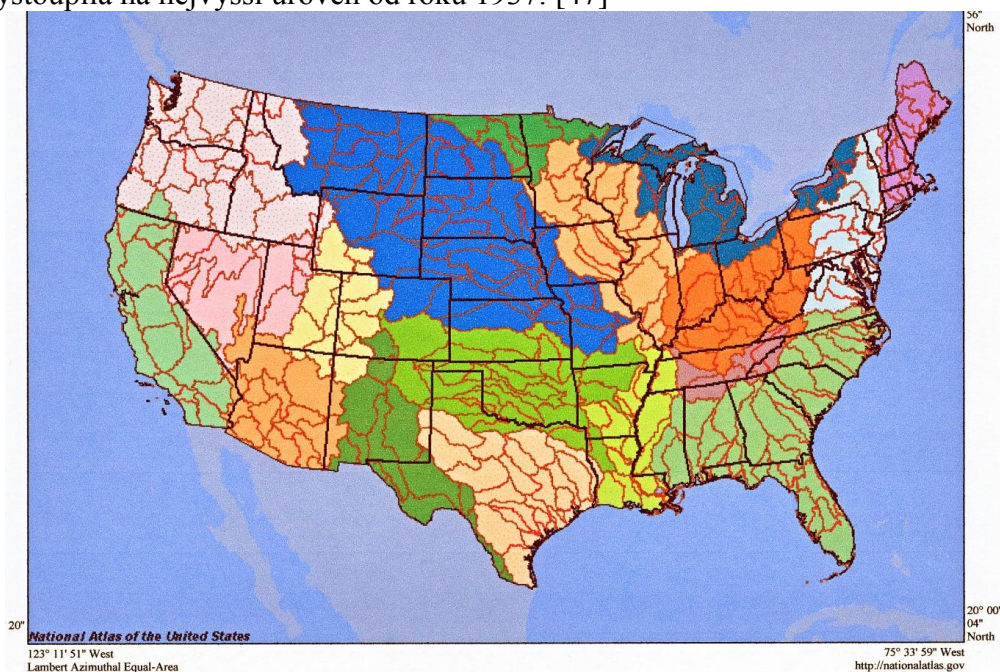
Obrázek č. 8 Průmyslové objekty skupiny A a B

2.5.4 Výskyt vybraných MU v USA

2.5.4.1 Výskyt povodní

Po extrémně intenzivních deštích (srážkové úhrny 150 až 500 mm za 48 hodin) se rozvodnily potoky a řeky na jihovýchodě Spojených států. Zahynulo 30 lidí, z toho 20 v Tennessee, šest v Mississippi a čtyři v Kentucky. Většina obětí se utopila, čtyři osoby zabilo tornádo.

Zaplaveno bylo mnoho silnic a domů, evakuace se dotkla tisíců lidí. Škody jsou obrovské. Zničeny nebo poškozeny byly tisíce domů. V hlavním městě státu Tennessee Nashvillu museli před velkou vodou zachránit přes tisíc obyvatel, deset však utonulo. Podobná je situace v sousední Georgii, zaplaveny byly i ulice Atlanty. V Nashvillu byl překonán srážkový rekord, když za dva dny spadlo 340 milimetrů vody. Hladina v řece Cumberland vystoupila na nejvyšší úroveň od roku 1937. [47]



Obrázek č. 9 Povodí v USA

2.5.4.2 Výskyt průmyslových havárií

Texas City Refinery vybuchlo v roce 2005 kvůli lidské nedbalosti a nedodržení pracovní bezpečnosti. 15 pracovníků firmy zemřelo, víc, než 170 bylo zraněných.

Po březnovém výbuchu rafinérie společnosti BP v Texas City se okamžitě rozjelo vyšetřování. Není divu. Šlo o nejhorší havárii na průmyslovém pracovišti v USA za posledních deset let.

Vyšetřovatelé nyní došli k závažným závěrům: nehodě šlo předejít, neboť o obrovském riziku věděl i nejvyšší management firmy. Ovšem zanedbané kontroly a údržba v letech 1994 a 2004 neodvratně vyústily v tragédii.

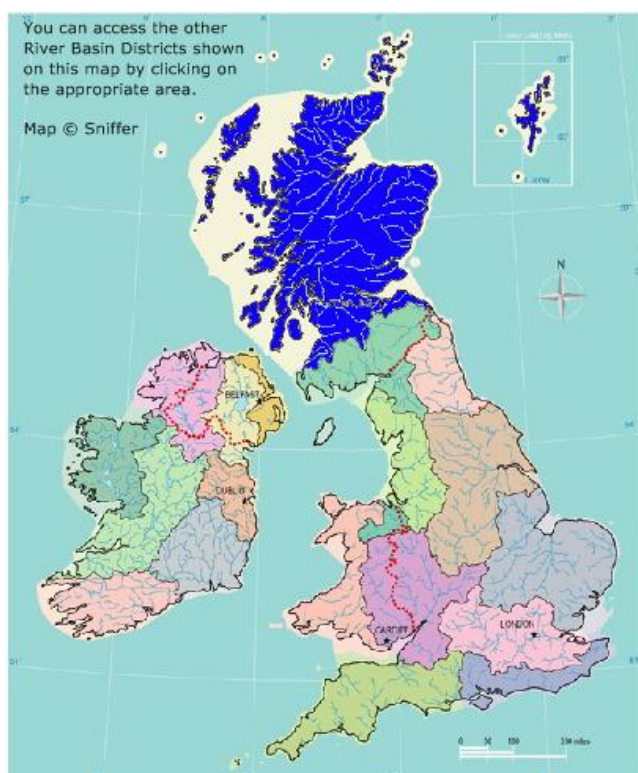
2.5.5 Výskyt vybraných MU v UK

2.5.5.1 Výskyt povodní

Největší povodně na území UK byly v roce 2002. Největší škody byly ve městě Glasgow kvůli výdatné dešti 30. července 2002.

Části severní Anglie byly po lijácích a bouřkách téměř ochromeny. Některé silnice musely být uzavřeny, železniční doprava na některých úsecích stála. Zasaženy byly také oblasti střední Anglie, Skotska a Severního Irska.

Stovky cestujících ve směru z Londýna do Glasgowa byly v hrabství Cumbria na severozápadě Anglie kvůli sesuvu uvězněny na 15 hodin ve vlaku. Později ve vlaku navíc propukl požár, který ale neměl vážné následky.



Obrázek č. 10 Povodí UK

2.5.5.2 Výskyt průmyslových havárií

V závodě firmy Nypro Flixborough došlo k úniku cyklohexánu. Při havárii bylo 28 lidí mrtvých. Zraněných bylo 36, který byli v prostoru závodu, a dalších 4000 lidí bylo zraněných z blízkého okolí. Po výbuchu následoval požár cyklohexanu. Výrobní areál byl úplně zničený.[39],[40]

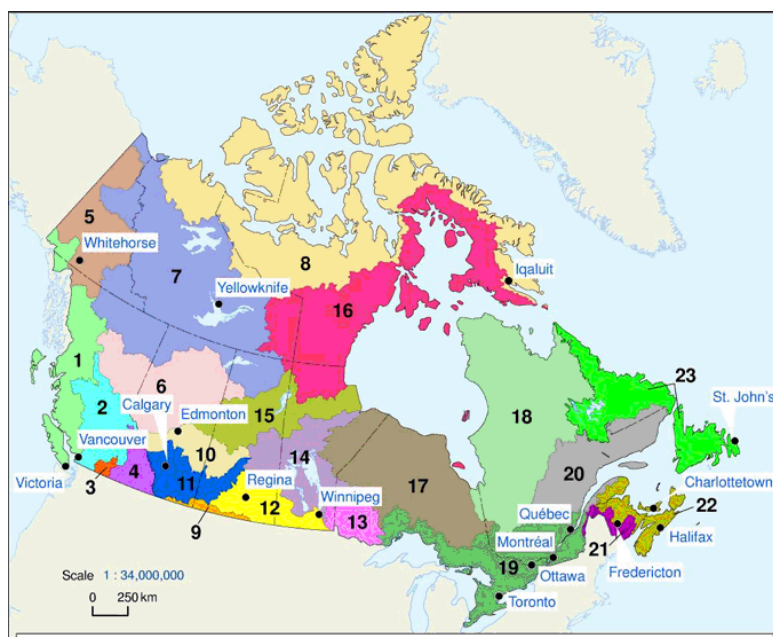
K úniku došlo v procese oxidaci cyklohexanu. Oxidace probíhá při tlaku 0,9 MPa při teplotě 75°C v sérii šesti reaktorů. K úniku došlo v důsledku nevhodné konstrukci a zničeného obchvatu..[39],[40]

2.5.6 Výskyt vybraných MU v Kanadě

2.5.6.1 Výskyt povodní

Povodně jsou nejčastějšími MU v Kanadě. Mohou se objevit kdykoliv během roku a jsou nejčastěji způsobené silnými dešti, rychlé tání sněhu, ledovými zácpy.[39],[40]

Největší povodně v historii Kanady byly v roce 1894 a 2002 na řece Fraser, kdy při rychlé tání sněhu způsobil dramatický stoupání říční hladiny, což vyvolalo záplavu od Harrisona do Richmondu.



Obrázek č. 11 Povodí v Kanadě

2.5.6.2 Výskyt průmyslových havárií

Kvůli lidské nedbalosti se stala největší havárie Kanady 6. prosince v roce 1917. Loď Imo havaroval s další lodí Mont Blanc v přístavu Halifax. Jiskra způsobila hoření benzolu na Mont Blancu, poté ještě i pykrová kyselina a TNT, které byly na lodi, začali hořet.

Událost v Halifaxu je dosud největší průmyslová havárie v historii Kanady. Více než na 2,5 km² území byly porušeny stavby, například nádraží.

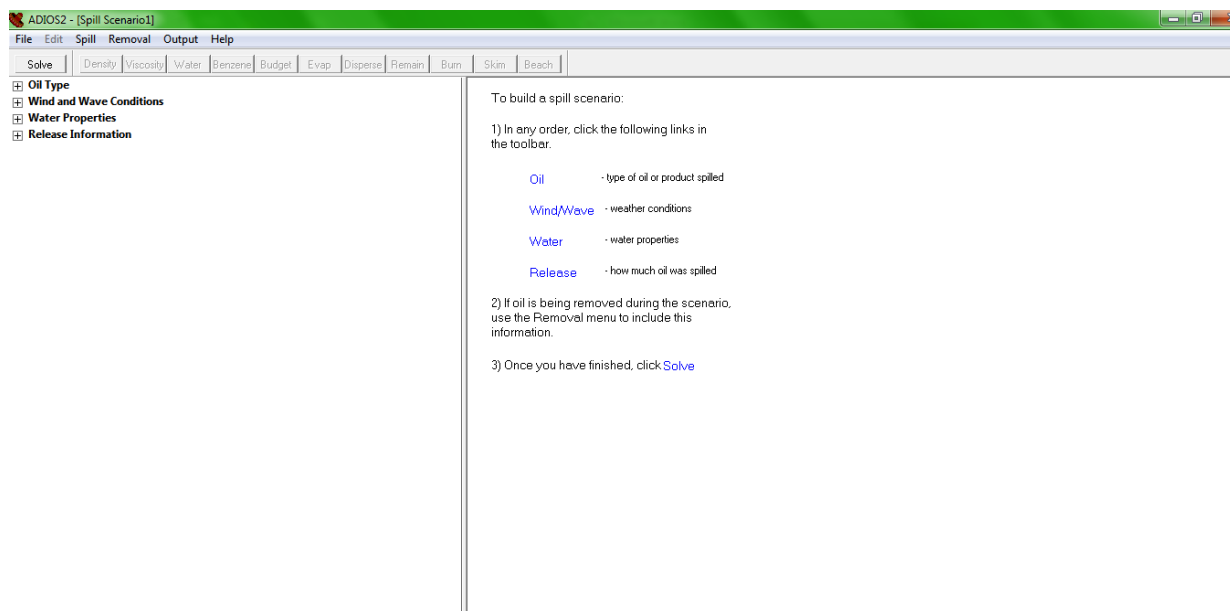
9000 tisíc bylo zraněných, 1600 mrtvých z 50 tisícové populace.[39],[40]

3 PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části diplomové práce bude modelováno šest fiktivních MU, 2 týkající se úniku CHL, 2 ohledně požáru a další 2 scénáře povodní.

3.1 Modelování úniku ropné látky do vody pomocí SW ADIOS 2

SW ADIOS 2 slouží na modelování úniku ropných látek do vody. Název SW nástroje vznikl ze zkrácení anglického výrazu Automated Data Inquiry for Oil Spills. Zatím je dostupný pouze v anglickém jazyce a je zdarma ke stažení .



Obrázek č. 12 Základní okno SW ADIOS2

Při práci se SW ADIOS 2 musíme vybrat z různých následujících parametrů:

- Typ ropné látky
- Povětrnostní podmínky
- Vlastnosti vody
- Charakteristika úniku
- Možnosti.

U výběru ropné látky dále můžeme nastavit komerční (standardní) nebo speciální typy CHL, SW nástroj totiž obsahuje knihovnu ropných látek.

V druhém kroku nám SW nabízí výběr míry emulzifikace CHL. Další krok je nastavení povětrnostních podmínek. Můžeme vybrat z následujících možností:

- Stálý rychlost a směr větru
- Měnicí se směr a rychlost vetru.

Poté následuje výběr vlastností vody, které jsou následující:

- Teplota
- Obsah solí
- Míra sedimentace
- Rychlost proudění
- Směr proudění.

Dalším a jedním z hlavních kroků je výběr typu úniku do vody. SW nám nabízí výběr z níže uvedených možností:

- Instantní, jednorázový únik
- Nepřetržitý, kontinuální únik
- Únik z nádrže
- Jednorázový únik na danou plochu.

Následující krok je výběr možností odstranění CHL. Možnosti jsou následující:

- disperzant
- in-situ spálení
- mechanické čištění
- tzv. beaching.

Posledním krokem je pustit modelování a odečíst výsledky.

K vlastnímu modelování byly vybrány následující parametry:

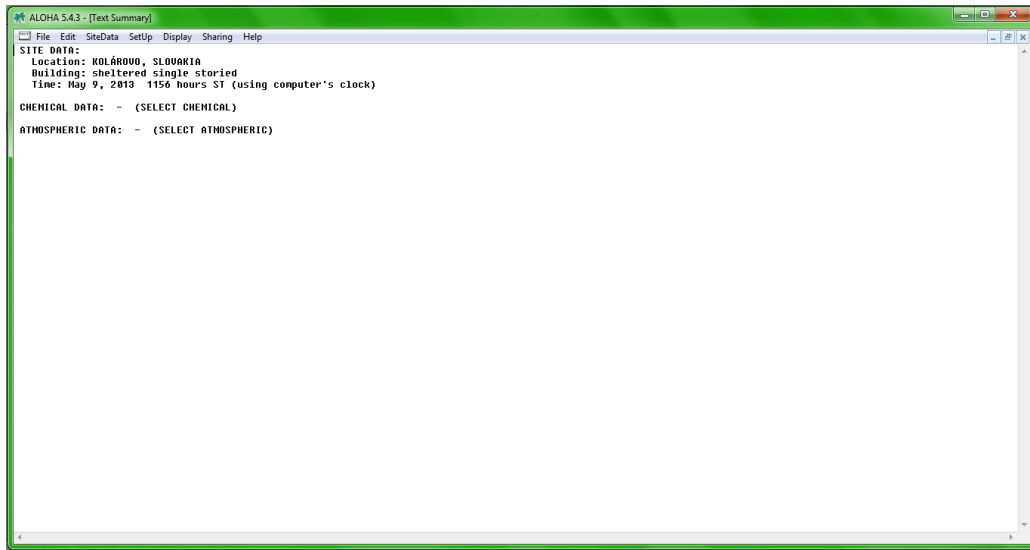
Tabulky č. 1

| | |
|--------------------|---------------------|
| Typ látky | ABU DURBA |
| Míra emulzifikace | 30% |
| Směr větru | 45 ° |
| Rychlost větru | 13 m/s |
| typ větru | stálý |
| teplota vody | 20 C |
| koncentrace solí | 32ppt |
| sedimentace | 5 g /m ³ |
| rychlost vody | 3 m/s |
| směr proudění vody | 40 ° |
| začátek úniku | 13. 4. 2013 |
| doba trvání | 70 h |
| množství látky | 2500 m ³ |

Výsledky modelování můžete najít v Příloze č. 1..

3.2 Modelování úniku CHL do ovzduší pomocí SW ALOHA

SW ALOHA slouží na modelování úniku CHL do ovzduší.



Obrázek č. 13 Hlavní okno SW ALOHA

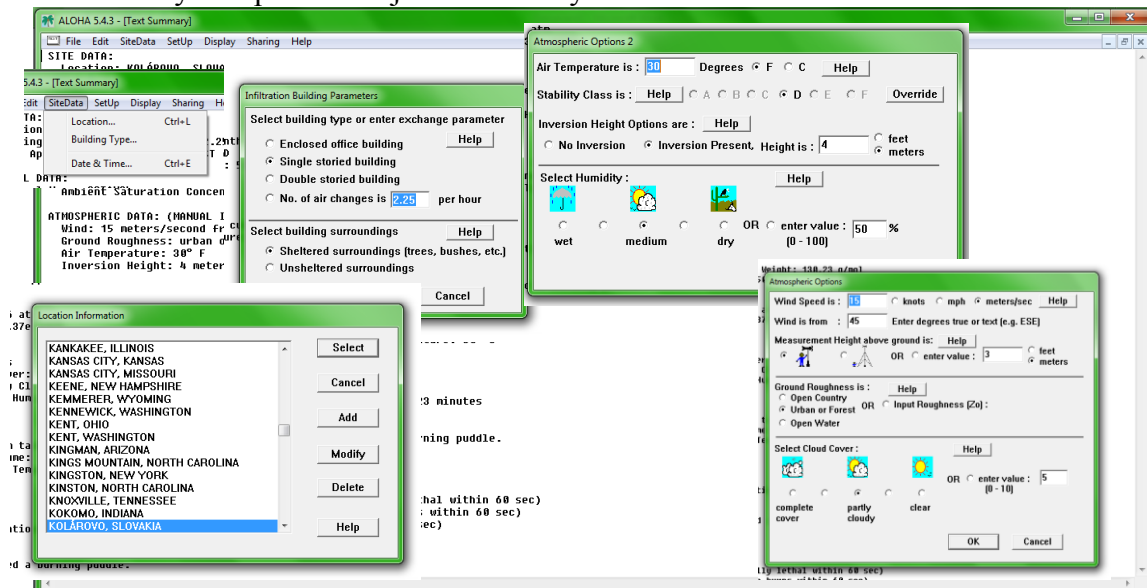
První kroky při modelování pomocí SW ALOHA jsou:

- Výběr lokality,
- Výběr typu budovy
- Výběr času.

Dále je potřebné:

- Nastavit povětrnostní podmínky
- Vybrat CHL
- Vybrat zdroj CHL

Možnosti výběrů parametrů jsou zobrazeny na Obrázku č. 14.



Obrázek č. 14 Možnosti nastavení SW ALOHA

Pro vlastní měření byly použity data uvedené v Tabulce č.2 a v příloze č. 2.

Tabulky č. 2

| | |
|----------------------|--------------|
| Lokalita | Kolárovo, SR |
| Datum | 13.4.2013 |
| CHL | oktanol |
| rychlost větru | 15 m/s |
| vlastnosti okolí | město |
| vlastnosti zdroje | nádrž |

Výsledky a další vstupní data jsou uvedené v příloze č.

3.3 Modelování požáru pomocí SW BRANZFIRE

Při modelování s SW BRANZFIRE byly použity už předem nastavené vstupní data uvedené v Příloze č. 3.

BRANZFIRE nám nabízí z výběru následujících parametrů:

- Nastavení vlastnosti objektů (pokoje)
- Typ požárů
- Možnost výběru výstupních dat.

Výsledky modelování a vstupní data jsou k nalezení v příloze č.3.

3.4 Modelování požáru pomocí SW CFAST

Na modelování pomocí CFAST byl použitý standardní input-soubor.

Vstupní data a výstupy jsou uvedeny v příloze č.4.

3.5 Modelování povodně pomocí HEC-RAS

V případě modelování povodně největší problém je zajištění vhodných vstupných dat. Z toho důvodu i data v praktické části mé diplomové práce jsou půjčeny od VÚVH z Bratislavy a z předešlých měření.

Příprava vstupných dat zahrnuje terénní výzkum-přezkoumat okolí koryta a vytipovat nejcitlivější oblasti.

Poté následuje zaměření příčných profilů, které tvoří podklad pro SW HEC-RAS.



Obrázek č. 15 Vstupní mapa pro SW HEC-RAS

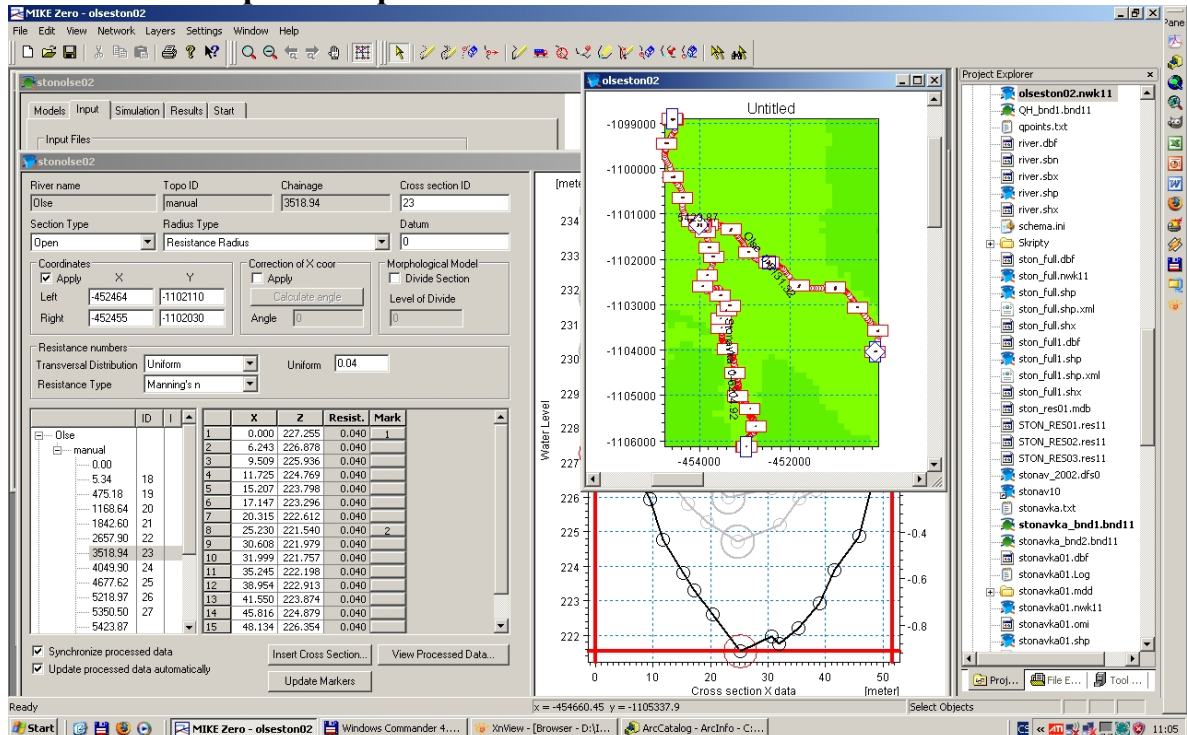
První krok při použití HEC-RAS-u je úprava importovaných údajů, po které se může následovat modelování povodňové vlny

Model umožní pracovat s ustáleným aj neustáleným prouděním. Pracovali jsme s ustáleným prouděním, které vyžadovalo pouze zadání hodnoty kulminačního průtoků (viz Tabulka č.)

| N | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 |
|--|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|
| Prietok v $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ | 1,1 | 1,9 | 3,3 | 4,6 | 6 | 8,8 | 11 |

Výsledky z SW HEC-RAS můžete najít v příloze č.5.

3.6 Modelování povodně pomocí MIKE 11



Obrázek č. 16 Základní plocha MIKE 11

Při modelování pomocí MIKE 11 byly použity data poskytnuté ČHMU.

Základní skupiny menu v MIKE 11 jsou:

- BRS Tool – nástroj pro digitalizaci podélných profilů - tvorba *.nwk11 a Q,h bodů pro postprocesing a tzv. WLL linií (Water Level Lines), které vytvářejí pseudo 2D informaci o rozlivích
- Statistics Tool – nástroj pro statistické zhodnocení zóny rozlivů (digitalizace a export polygonů rozlivů)
- FM Tool – nástroj pro tvorbu vlastních map rozlivů a doplňkových témat (např. Fault téma, což je téma omezující rozlivy, téma budov a stromů pro perspektivní vizualizaci). Hlavním výstupem je zde ale samotné téma rozlivů - .FIM.
- Soubor FIM je ASCII soubor, který splňuje úlohu „propojovacího elementu“ mezi vstupním DMT a soubory MIKE 11 převedenými na ESRI vektorový soubor (*.shp).
- Graph Tool – nabízí možnosti vizualizace hydrogramů, limnigrafů, podélných profilů a měrných křivek.

Výsledky modelování jsou uvedeny v příloze č.6.

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

Výsledky z jednotlivých modelování můžete najít v přílohách č. 1 až 6.

Po vyzkoušení různých SW nástrojů na modelování jednotlivých MU můžu posoudit, že není jednoduchý vybrat ideální SW pro naše účely.

Kontaktovala jsem jednotlivé vládní orgány, orgány KŘ, ministerstva a orgány ochrany ŽP. Po konzultaci s jednotlivými úřady jsem došla k přesvědčení, že pro účel zlepšení situace v oblasti využití SW nástrojů pro účely modelování MU bylo potřeba vytvořit Centrum modelování.

Centrum modelování podle mé představy by mělo fungovat jako projekt mezi jednotlivými částmi orgánů KŘ a ochrany ŽP. Fungovalo by, jako mezioborové středisko. Pracovníci centra by měli za úkol:

- naměřit veškeré potřebné data k modelování povodní
- prováděli zkoušky na kontrolu výsledků požárních modelů
- testovat nové SW nástroje
- porovnat účinnost jednotlivých nástrojů
- pracovat na mezinárodních projektech v oblasti KŘ a ochrany ŽP
- podílet se na tvorbu nových SW nástrojů
- kontrolovat výskyt MU ve světě
- vybrat vhodný nástroj (nástroje) pro dané účely
- zabezpečit kontakt mezi různými oddělení vládních organizací
- poskytnout informace pro účely KŘ.

Centrum modelování by sloužilo jak centrála pro vývoj nových SW nástrojů a jako informační zdroj pro veřejnost.

5 ZÁVĚR

Diplomová práce byla zpracovaná na téma: Význam modelování mimořádných událostí pomocí softwarových nástrojů. Dělí se na teoretickou a praktickou část.

V první části jsou vymezené základní pojmy a platná legislativa v EU. Jsou tady popsány pojmy GIS, jednotlivé nástroje na modelování povodní, požáru a úniku CHL, jako např. software – y ALOHA, TEREX, ROZEX ALARM, ARGOS, BRANZFIRE, CFAST, atd.

V další části jsem se zaměřila na výzkum výskytu MU ve vybraných lokalitách (CR, SR, Maďarsko, USA, UK a Kanada). Kontaktovala jsem orgány krizového řízení (složky HZS, Ministerstvo vnitra), výzkumní ústavy vodního hospodářství v jednotlivých krajinách, Ministerstva životního prostředí, i jednotlivé firmy a univerzity zabývající se problematikou modelování. Zjistila jsem, že v každé krajině prevence a připravenost v oblasti krizového řízení a ochrany ŽP je úplně na jiné úrovni, využívané prostředky jsou různé, poskytování informací pro obyvatelstvo, nebo pro studijní účely je obtížné.

Za kladné uvažují přístup pracovníku HZS ve všech krajinách. Složky HZS se potkávají nejčastěji s danou problematikou, a mohly by využít i další prostředky.

Na závěr ještě můžu konstatovat, že vliv na výběr a využití nástrojů má i finanční stránka. Většina softwaru není zdarma, jak např. ALOHA, na práci s nimi je potřeba školený

Návody jsou převážně v angličtině, což také může působit těžkosti. V dnešní situaci na pracovním trhu ani složkám HZS, ani orgánům státní správy (MŽP, MV) není v sílách financovat školení specialistu v této oblasti.

Jako možné řešení jsem vytvořila návrh Centra modelování, podle čeho v každé krajině by bylo potřeba vytvořit pracoviště na modelování, která by centrálně vypracovala podkladové mapy jak pro povodňová rizika, únik CHL, tak i pro další MU. Takové pracoviště by vyřešilo problém nedostatek školených pracovníků, podklady by byly sjednocené na celou krajinu, informace by mohli být zpřístupněni jak pro odborné účely, tak i pro veřejnost.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

| | |
|------|-------------------------------------|
| FEMA | Federal Emergency Management Agency |
| EPA | Environmental Protection Agency |
| DHI | Danish Hydrological institute |
| HZS | Hasičský záchranná sbor |
| ČR | Česká republika |
| SR | Slovenská republika |
| USA | United states of America |
| UK | United kingdom |
| GIS | Geografický informační systém |
| KŘ | Krizové řízení |
| CHL | Chemická látka |
| SW | software |
| HW | hardware |
| MU | Mimořádná událost |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|--|
| Obrázek č. 1 Vrstvy GIS | 14 |
| Obrázek č. 2 Dělení modelů požárů v uzavřeném prostoru | 19 |
| Obrázek č. 3 Dílčí povodí ČR | 31 |
| Obrázek č. 4 Zařazení objektů podle zákona o prevenci závažných průmyslových havárií a jejich lokalita..... | 32 |
| Obrázek č. 5 Povodí na území SR..... | Chyba! Záložka nie je definovaná. |
| Obrázek č. 6 Objekty podle zákona a průmyslových haváriích v SR | 34 |
| Obrázek č. 7 Povodí v Maďarsku..... | 35 |
| Obrázek č. 8 Průmyslové objekty skupiny A a B..... | 35 |
| Obrázek č. 9 Povodí v USA | 36 |
| Obrázek č. 10 Povodí UK..... | 37 |
| Obrázek č. 11 Povodí v Kanadě | 38 |
| Obrázek č. 12 Základní okno SW ADIOS2 | 39 |
| Obrázek č. 13 Hlavní okno SW ALOHA | 41 |
| Obrázek č. 14 Možnosti nastavení SW ALOHA | 41 |
| Obrázek č. 15 Vstupní mapa pro SW HEC-RAS | 43 |
| Obrázek č. 16 Základní plocha MIKE 11 | 44 |
| Obrázek č. 17 Viskozita CHL | 52 |
| Obrázek č. 18 Vývoj odstranění CHL | 52 |
| Obrázek č. 19 Průběh únik CHL | 53 |
| Obrázek č. 20 Vstupní data v SW ALOHA | 54 |
| Obrázek č. 21 Výstupní data SW ALOHA | 54 |
| Obrázek č. 22 Výstupní graf z ALOHY | 55 |
| Obrázek č. 23 Vstupní data k CFAST | 58 |
| Obrázek č. 24 Namodelované úrovně hladiny vody..... | 59 |
| Obrázek č. 25 Namodelované inundace 100-leté vody..... | 59 |
| Obrázek č. 26 Editor příčných profilů MIKE 11 2007 | 61 |
| Obrázek č. 27 Stanovení záplavového území..... | 61 |

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

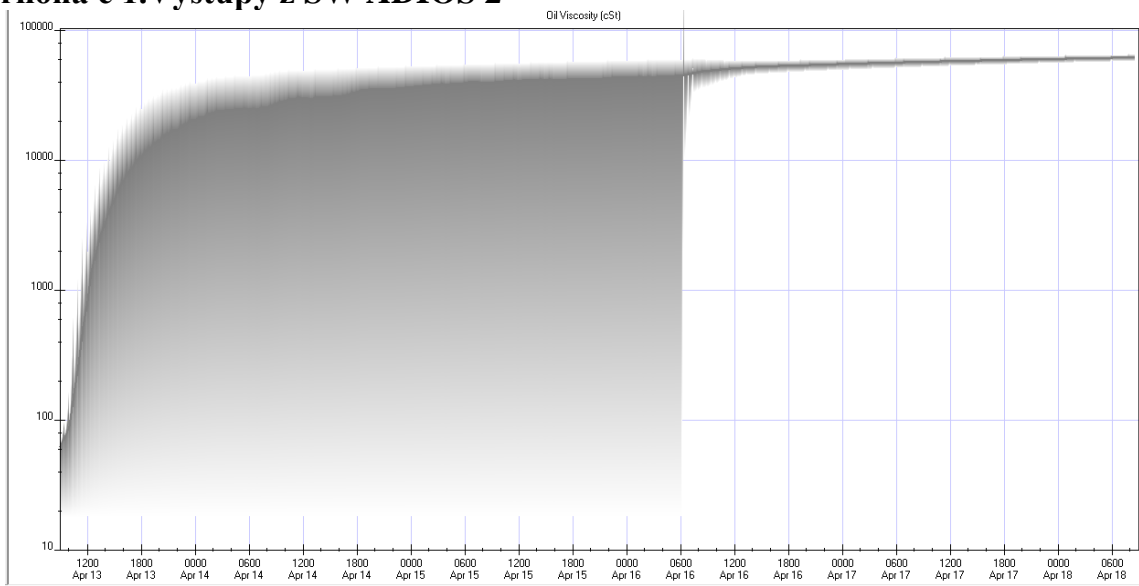
- [1.] Bartlová, I., Balog, K.: *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 1998. 193 s. ISBN 80-86111-07-5.
- [2.] Bernatík, A.: *Prevence závažných havárií I*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 2006. 86 s. ISBN 80-86634-89-2.
- [3.] Kašpar, O. *Srovnání dostupných SW nástrojů pro hodnocení havarijních dopadů*. Brno, 2008. 105 s. Diplomová práce na Fakultě chemické Vysoké učení technického v Brně, Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí. Vedoucí diplomové práce Ing. Otakar Jiří Mika, CSc.
- [4.] Kroupa, M., Říha, M.: *Průmyslové havárie*. 1. vyd. Praha: Armex Publishing, 2007. 168 s. ISBN 978-80-86795-49-2.
- [5.] Mašek, I., Mika, O. J., Zeman, M.: *Prevence závažných průmyslových havárií*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2006. 98 s. ISBN 80-214-3336-1.
- [6.] ŘÍHA, M.: *Živelní pohromy*. 1. vyd. ARMEX PUBLISHING s.r.o., 2006. 107 s. ISBN 80-86795-32-2.
- [7.] ZEMAN, M.; MIKA, O.: *Ochrana obyvatelstva*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2007. 116 s. ISBN 978-80-214-3449-3.
- [8.] Příloha č. 1 k zákonu č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií, Minimální množství nebezpečných látek, která jsou určující pro zařazení objektu nebo zařízení do skupiny A nebo skupiny B a pro sčítání poměrného množství nebezpečných látek.
- [9.] Příloha č. 2 k zákonu č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií, Vzor návrhu na zařazení objektu nebo zařízení do skupiny A nebo skupiny B.
- [10.] Příloha č. 3 k zákonu č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií, Kritéria vymezující závažnou havárii podle jejích následků pro zpracování informace o vzniku a následcích závažné havárie.
- [11.] Směrnice 96/82/ES o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek.
- [12.] Směrnice 2003/105/ES, kterou se mění směrnice Rady 96/82/ES o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek.
- [13.] Vyhláška č. 256/2006 Sb., o podrobnostech systému prevence závažných havárií.
- [14.] Zákon č. 353/1999 Sb., o prevenci závažných havárií.
- [15.] Zákon č. 440/2008 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích.
- [16.] Zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií.
- [17.] Zákon č. 238/2000 Sb., o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů
- [18.] Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů
- [19.] Zákon 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), ve znění pozdějších předpisů
- [20.] Vyhláška č. 380/2002 Sb., k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva, ve znění pozdějších předpisů
- [21.] Nařízení vlády č. 462/2000 Sb., k provedení § 27 odst. 8 a § 28 odst. 5 zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon)

- [22.] Zákon č. 241/2000 Sb., o hospodářských opatřeních pro krizové stavy a o změně některých souvisejících zákonů
- [23.] Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)
- [24.] Ministerstvo vnitra České republiky. *Terminologický slovník pojmů z oblasti krizového řízení a plánování obrany státu* [pdf dokument]. Praha 2009. Dostupný z: <<http://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovník-krizove-rizeni-a-planovani-obrany-statu.aspx>>
- [25.] Ministerstvo vnitra - Generální ředitelství HZS ČR. *Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2013 s výhledem do roku 2020* [pdf dokument]. 2008. Dostupný z: <<http://www.hzscr.cz/clanek/koncepce-ochrany-obyvatelstva-do-roku-2013-s-vyhledem-do-roku-2020-503181.aspx>>.
- [26.] Ministerstvo vnitra - Generální ředitelství HZS ČR. *Seznam - Přehled metodik pro analýzu rizik* [pdf dokument]. 2004. Dostupný z: <<http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/hasici/planovani/metodiky/mzprakp.pdf>>.
- [27.] Ministerstvo životního prostředí České republiky. *Metodické pokyny odboru environmentálních rizik* [online]. 2008. Dostupný z: <http://mzp.cz/cz/metodicke_pokyny_odboru_enviro_rizik>.
- [28.] Ministerstvo životního prostředí České republiky. *Právní rámec prevence závažných havárií* [online]. 2008, Dostupné z: <http://www.mzp.cz/cz/pravni_ramec_havarii>.
- [29.] NOAA. *ALOHA* [online]. 2007. Dostupné z: <<http://response.restoration.noaa.gov/aloha>>.
- [30.] TLP. *Rozex Alarm* [online]. [cit. 2012]. Dostupné z: <<http://www.tlp-emergency.com/rozex.html>>
- [31.] Zákon č. 305/2000 Sb., o povodích
- [32.] Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) Zákon c. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích
- [33.] Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení
- [34.] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2007/60/ES ze dne 23. Října 2007 o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik
- [35.] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY o vyhodnocování povodní a protipovodňových opatřeních [SEC(2006) 66]
- [36.] www.dhi.cz
- [37.] www.esri.com
- [38.] TLP. *Rozex Alarm* [online]. [cit. 2013]. Dostupné z: <<http://www.tlp-emergency.com/rozex.html>>.
- [39.] AL-SABHAN, W., MULLIGAN, M., BLACKBURN, G. A (2003): A real-time hydrological model for flood prediction using GIS and the WWW. *Computers, Environment and Urban System*, 27, s. 9-32.
- [40.] JENÍČEK, M. (2007A): Modelování srážko-odtokových procesů na malých a středně velkých povodích. In Langhammer, J. (ed.): *Povodně a změny v krajině*, PřF UK v Praze a MŽP ČR, Praha. s. 101-109
- [41.] Magyar belügyminisztérium honlapja (<http://www.katasztrofavedelem.hu/>)
- [42.] Ministerstvo ŽP (www.mzp.cz)
- [43.] Magyar elektronikus könyvtár(www.mek.oszk.hu)

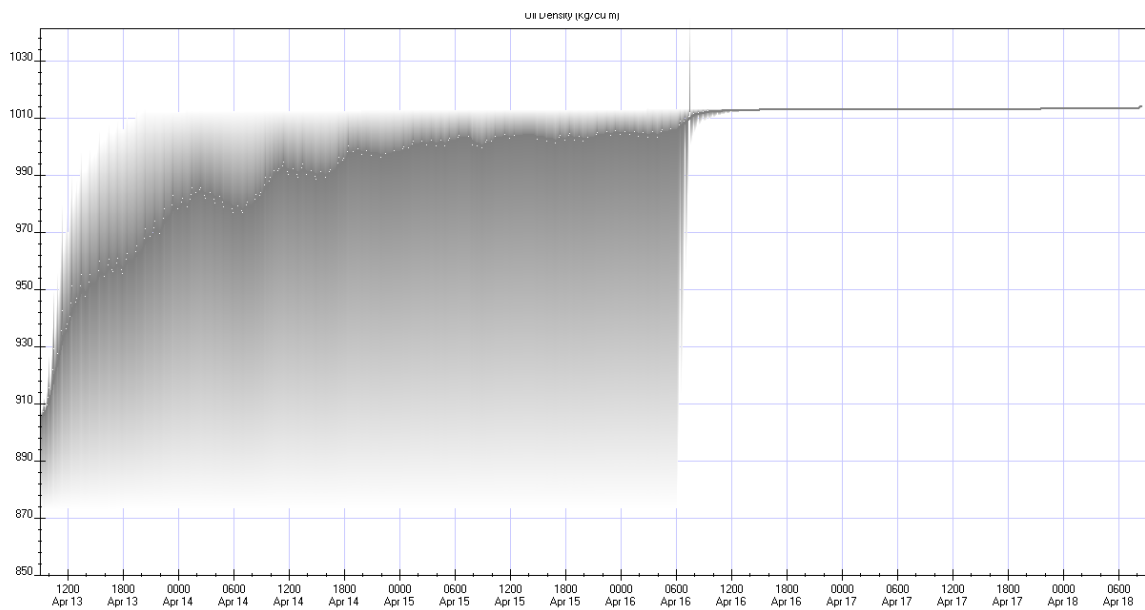
- [44.] Government of Canada(<http://www.canada.gc.ca/home.html>)
- [45.] FEMA (<http://www.fema.gov/>)
- [46.] Government for the UK (<https://www.gov.uk/>)
- [47.] Ministerstvo životného prostredie(www.mizp.sk)
- [48.] Teorie modelování
(<http://www.vsb.cz/share/webresources.vsb.cz/grab/modelovani.fbi.vsb.cz/modely/teorie.html>
)

PŘÍLOHY

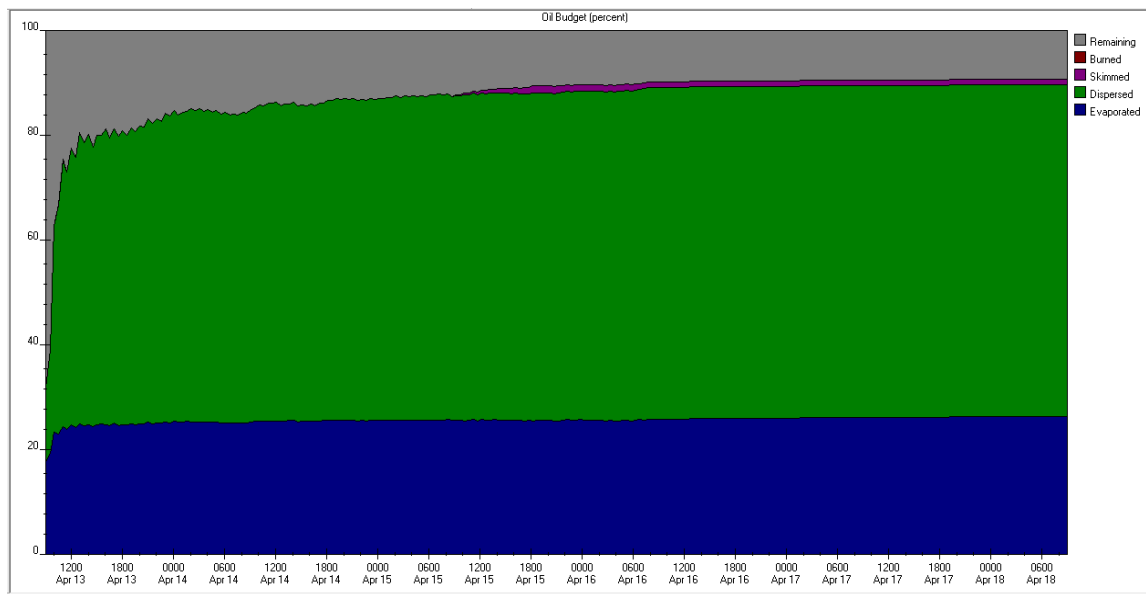
Příloha č 1. Výstupy z SW ADIOS 2



Obrázek č. 17 Viskozita CHL

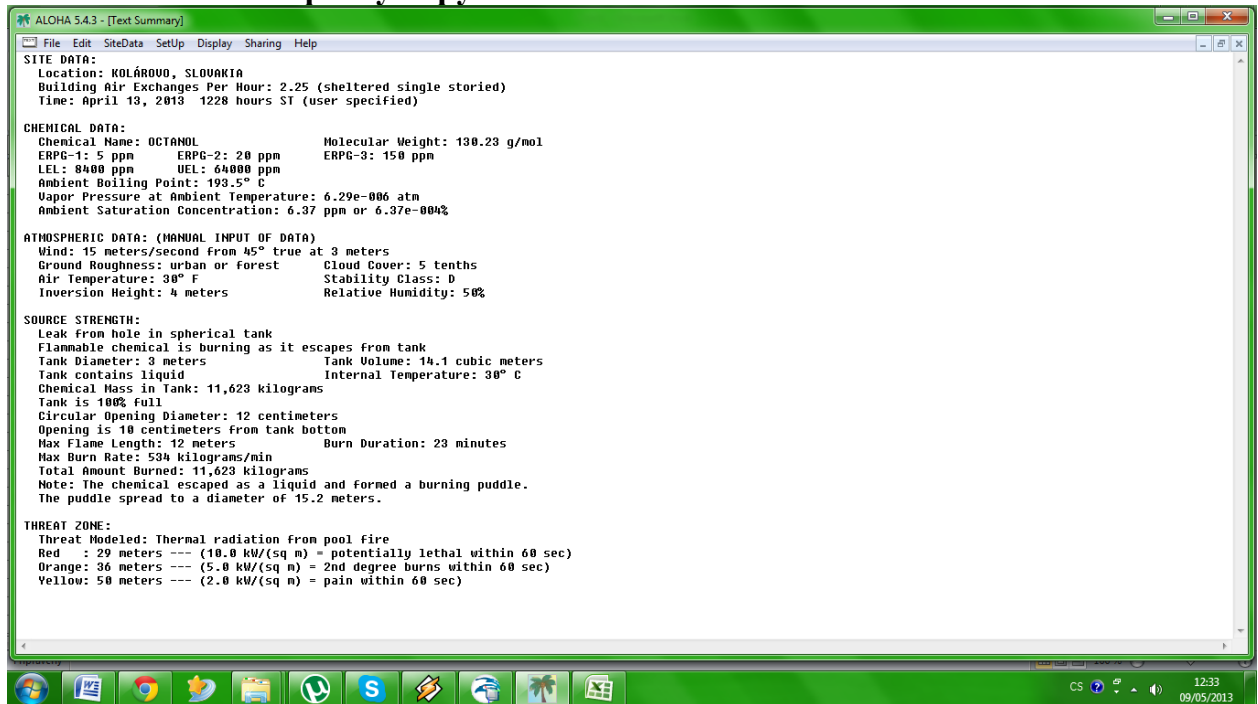


Obrázek č. 18 Vývoj odstranění CHL

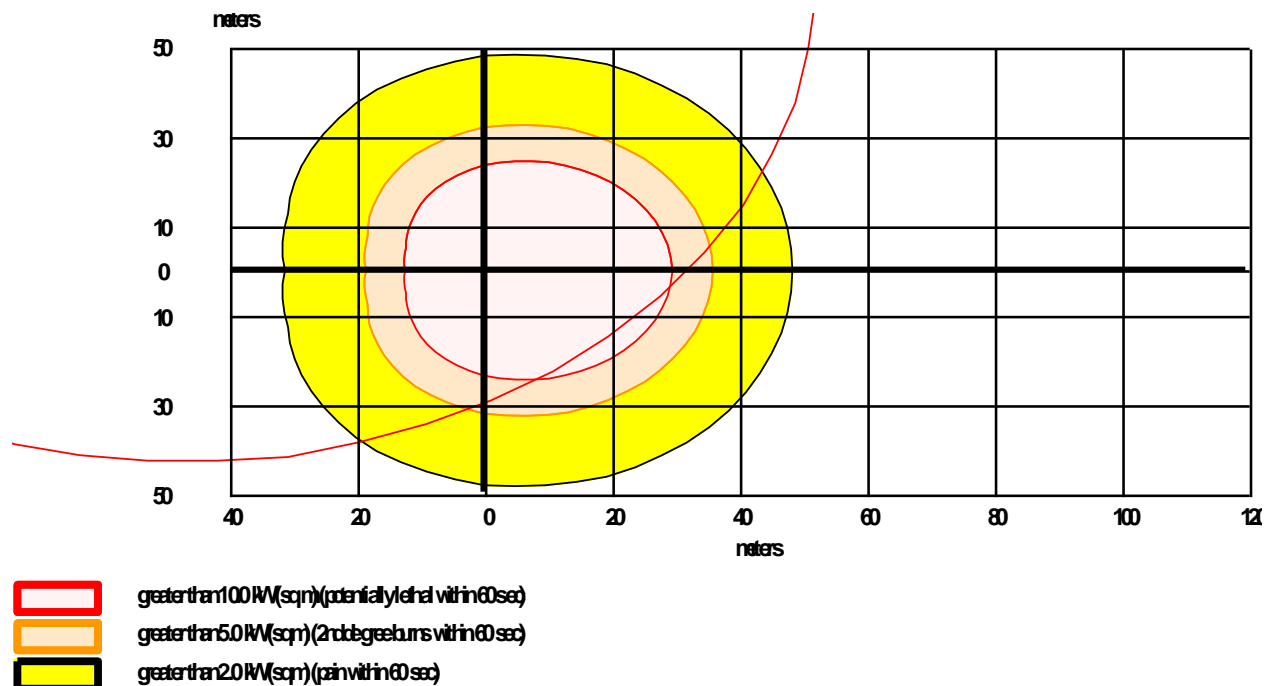


Obrázek č. 19 Průběh únik CHL

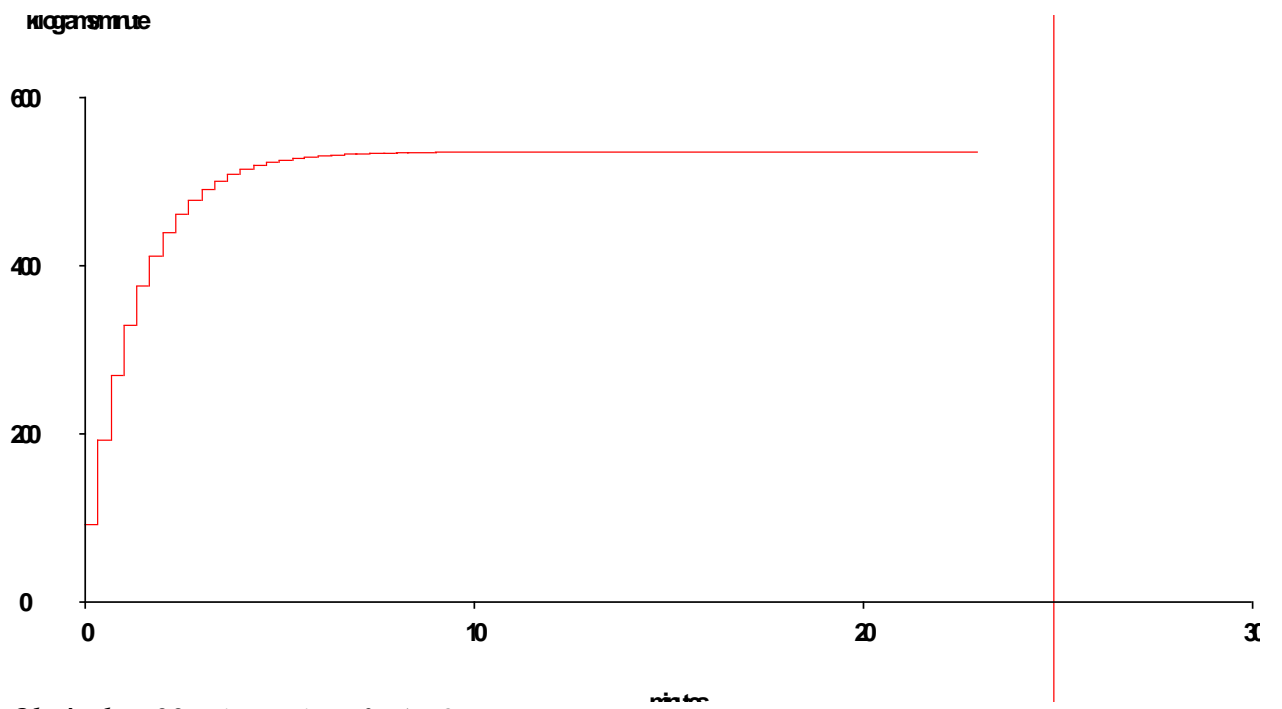
Příloha č. 2 Vstup a výstupy modelování SW ALOHA



Obrázek č. 20 Vstupní data v SW ALOHA



Obrázek č. 21 Výstupní data SW ALOHA



Obrázek č. 22 Výstupní graf z ALOHY

Příloha č.3.

Vstupní data v SW BRANZFIRE

Thursday, May 09, 2013, 11:59 PM

Input Filename : C:\Users\User\Documents\Branzfire\2012\data\problem5.mod

BRANZFIRE Multi-Compartment Fire Model (Ver 2012.1)

Simulating VPI glass breakage experiment

Description of Rooms

```
Room 1 : Skelly and Roby's Room
Room Length (m) = 1.20
Room Width (m) = 1.00
Maximum Room Height (m) = 1.50
Minimum Room Height (m) = 1.50
Floor Elevation (m) = 0.000
Room 1 has a flat ceiling.

Wall Surface is Kaowool HT ceramic fibre board
Wall Density (kg/m3) = 336.0
Wall Conductivity (W/m.K) = 0.068
Wall Emissivity = 0.90
Wall Thickness (mm) = 25.0

Ceiling Surface is Kaowool HT ceramic fibre board
Ceiling Density (kg/m3) = 336.0
Ceiling Conductivity (W/m.K) = 0.068
Ceiling Emissivity = 0.90
Ceiling Thickness (mm) = 25.0

Floor Surface is Kaowool HT ceramic fibre board
Floor Density (kg/m3) = 336.0
Floor Conductivity (W/m.K) = 0.068
Floor Emissivity = 0.90
Floor Thickness = (mm) 25.0
```

Wall Vents

```
From room 1 to outside, Vent No 1
Vent Width (m) = 0.580
Vent Height (m) = 0.500
Vent Sill Height (m) = 0.800
Vent Soffit Height (m) = 1.300
Opening Time (sec) = 0
Closing Time (sec) = 0

From room 1 to outside, Vent No 2
Vent Width (m) = 0.266
Vent Height (m) = 0.266
Vent Sill Height (m) = 0.000
Vent Soffit Height (m) = 0.266
Opening Time (sec) = 0
Closing Time (sec) = 0

From room 1 to outside, Vent No 3
Vent Width (m) = 0.450
Vent Height (m) = 0.230
Vent Sill Height (m) = 1.245
Vent Soffit Height (m) = 1.475
Opening Time (sec) = 1000
Closing Time (sec) = 1000
Glass fracture is modelled for this vent
Glass Thickness (mm) = 2.4
Glass Fracture to Fallout Time (sec) = 0
Glass Shading Depth (mm) = 25.0
Glass Fracture Stress (MPa) = 47
Glass Expansion Coefficient (/C) = 0.0000095
Glass Conductivity (W/mK) = 0.76
```

Glass Diffusivity (m2/s) = 3.6E-07
 Glass Modulus (W/mK) = 70000
 Glass is heated by gas layers only.

=====
 Ceiling/Floor Vents
 =====

=====
 Ambient Conditions
 =====

Interior Temp (C) = 23.0
 Exterior Temp (C) = 23.0
 Relative Humidity (%) = 50

=====
 Tenability Parameters
 =====

Monitoring Height for Visibility and FED (m) = 2.00
 Occupant Activity Level = Light
 Visibility calculations assume: reflective signs
 FED Start Time (sec) 0
 FED End Time (sec) 600

=====
 Sprinkler / Detector Parameters
 =====

No thermal detector or sprinkler installed.

=====
 Mechanical Ventilation (to/from outside)
 =====

Mechanical Ventilation not installed in Room 1

=====
 Description of the Fire
 =====

Radiant Loss Fraction = 0.35
 CO Yield pre-flashover(g/g) = 0.040
 Soot Alpha Coefficient = 2.50
 Smoke Epsilon Coefficient = 1.20
 Smoke Emission Coefficient (1/m) = 13.32
 Characteristic Mass Loss per Unit Area (kg/s.m2) = 0.011
 Air Entrainment in Plume uses McCaffrey (default)

Burning Object No 1

Located in Room 1
 Energy Yield (kJ/g) = 41.5
 CO2 Yield (kg/kg fuel) = 1.870
 Soot Yield (kg/kg fuel) = 0.035
 HCN Yield (kg/kg fuel) = 0.000
 Fire Height (m) = 0.432
 Fire Location = Centre

| Time (sec) | Heat Release (kW) |
|------------|-------------------|
| 0 | 21 |
| 1 | 21 |
| 100 | 21 |

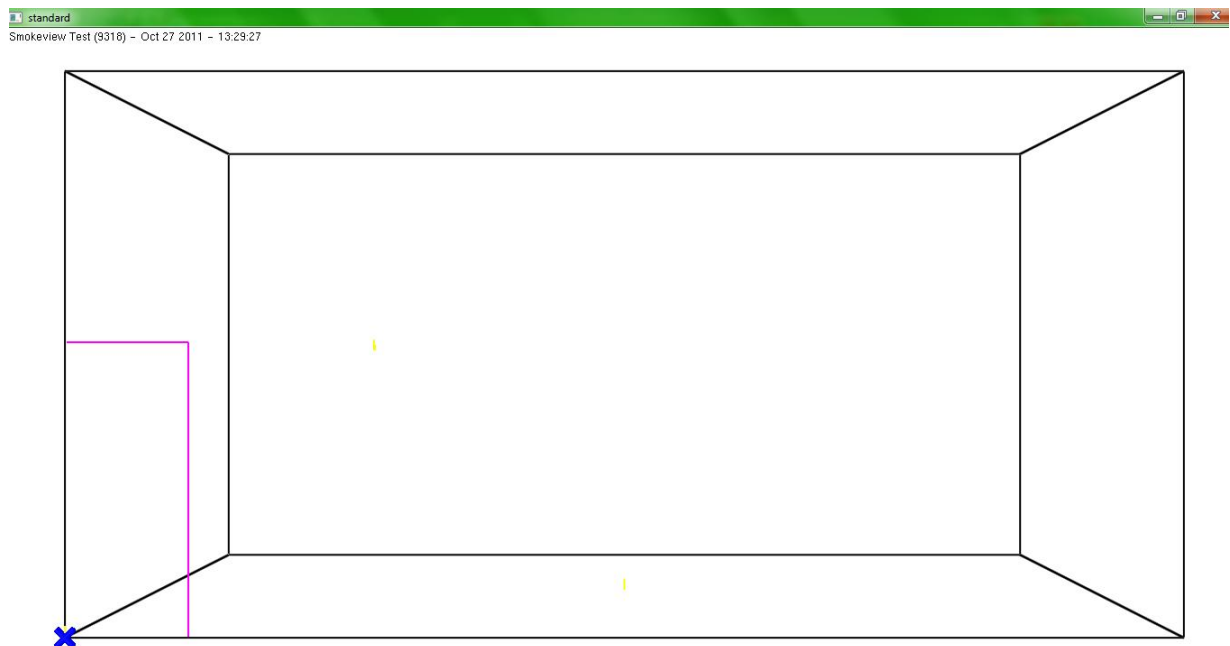
=====
 Postflashover Inputs
 =====

Postflashover model is OFF.

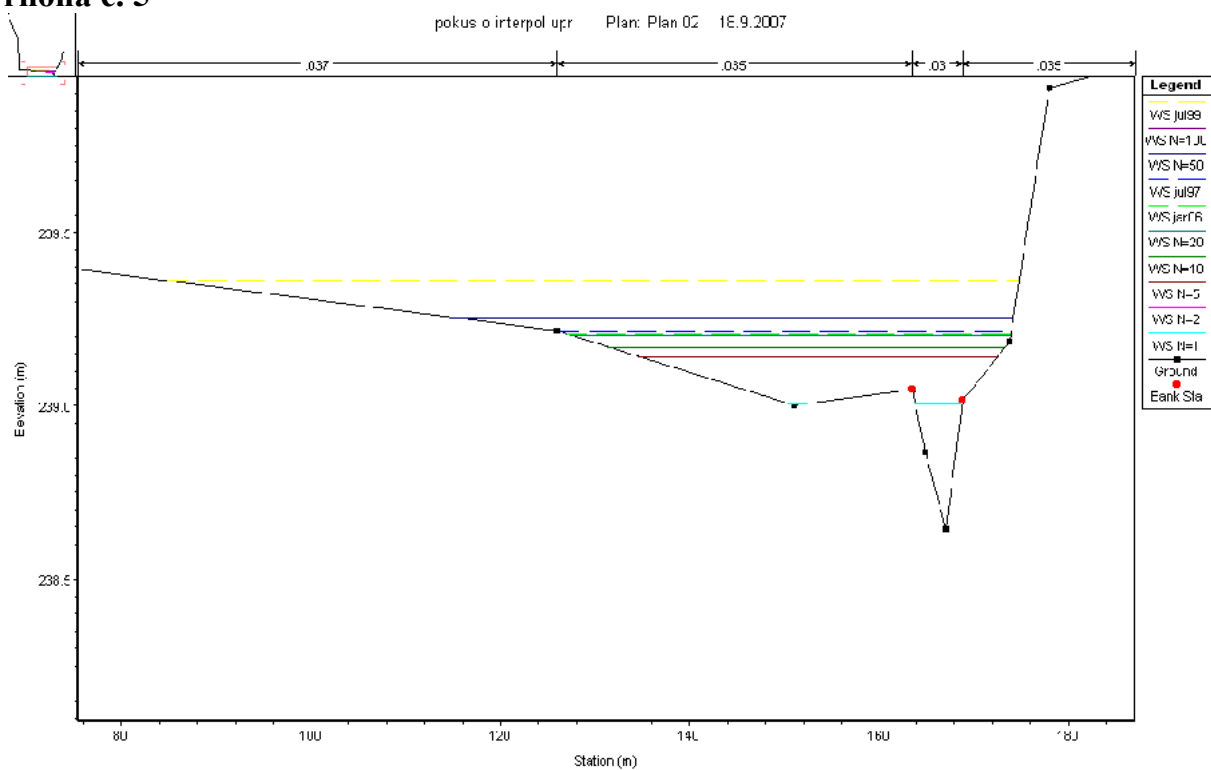
Příloha č. 4

```
Page 1 of 1  
VERS,6,Cable tray fire -- base case  
!!  
!!Environmental Keywords  
!!  
TIMES,1800,-120,0,10,30  
EAMB,293.15,101300,0  
TAMB,293.15,101300,0,50  
CJET,WALLS  
CHEM1,10,393.15  
WIND,0,10,0.16  
!!  
!!Compartment keywords  
!!  
COMPA,Compartment  
1,9.1,5,4.6,0,0,0,GLASSFB3,CONCRETE,CONCRETE  
!!  
!!vent keywords  
!!  
HVENT,1,2,1,1,2.4,0,1,0,0,1,1  
!!  
!!fire keywords  
!!  
OBJECT,bunsen,1,4.55,2.5,0,1,1,0,0,0,1  
OBJECT,Wood_Wall,1,4.55,2.5,0,1,1,0,0,0,1  
!!  
!!target and detector keywords  
!!  
TARGET,1,2.2,1.88,2.34,0,0,1,CONCRETE,IMPLICIT,PDE,0.5
```

Obrázek č. 23 Vstupní data k CFAST



Příloha č. 5



Obrázek č. 24 Namodelované úrovně hladiny vody



Obrázek č. 25 Namodelované inundace 100-leté vody

PŘÍLOHA Č. 6

Vstupní data do SW MIKE 11

Formát souboru sim11:

```
// Created      : 2008-01-3 11:34:58   # hlavička souboru
// DLL id       : C:\Program Files\Common Files\DHI\MIKEZero\pfs2004.dll
// PFS version  : Mar 19 2007 20:13:39

[Run11]
format_version = 106, 'MIKEZero, 2007', 'MZ-16864', '' # licence a verze
Comment = ''
[Models]
  hd = true, false   # hydrodynamický model
  ad = false         # advekčně-disperzní model
  st = false        # model transportu sedimentů
  wq = false, 1, 0  # model kvality vody rr
= false             # s-o model NAM
  ff = false        # model předpovědi povodní (flood forecast)
  da = false        # modul asimilace dat a aktualizace modelu
  ice = false       # modul pro řešení za existence ledu a zámrzů v
                    # tocích

  SimMode = 1
  QSS = 0
EndSect // Models

[Input]
  nwk = |.\olseston02.nwk11| # soubor schematizace říčních úseků a
  podélného profilu
  xs = |.\stonolse02.xns11|  # soubor příčných profilů
  bnd = |.\stonolse02.bnd11| # soubor okrajových podmínek
  rr = ||
  hd = |.\olseston02.HD11|  # soubor hydrodynamických parametrů

EndSect // Input

[Simulation]
  [Simulation_Period]          # parametry simulace
    start = 2002, 7, 16, 0, 0, 0 # start end =
    2002, 7, 21, 23, 0, 0       # konec TimeStepType = 0
    # časový krok timestep = 30
    timestepunit = 2

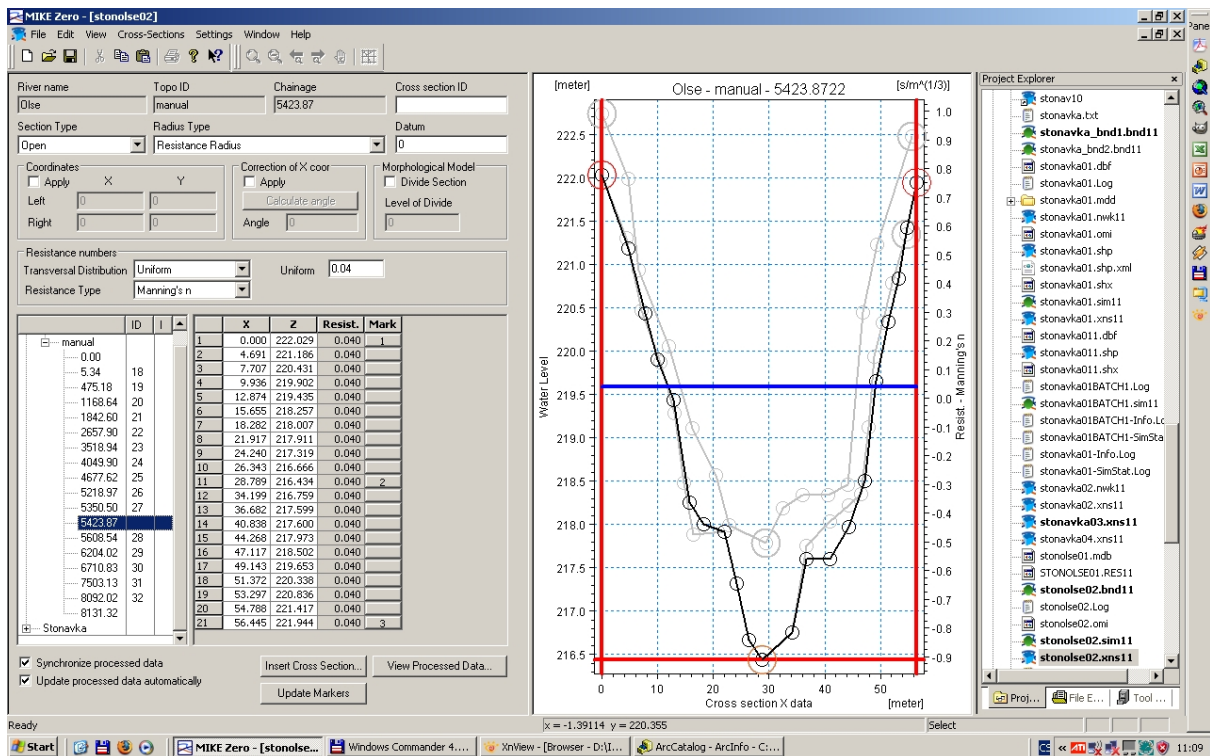
  EndSect // Simulation_Period

  [Initial_Conditions]        # počáteční podmínky řešení
    hd = 0, ||, false, 1990, 1, 1, 12, 0, 0
    ad = 0, ||, false, 1990, 1, 1, 12, 0, 0 st
    = 0, ||, false, 1990, 1, 1, 12, 0, 0 rr = 0,
    ||, false, 1990, 1, 1, 12, 0, 0
  EndSect // Initial_Conditions

EndSect // Simulation

[Results]                      # soubor výsledků *.res11
  hd = |.\STONOLSE01.RES11|, 1, 0 # ukládání HD výsledků
  ad = ||, 1, 0
  st = ||, 1, 0
  rr = ||, 1, 0
EndSect // Results

EndSect // Run11
```



Obrázek č. 26 Editor příčných profilů MIKE 11 2007



Obrázek č. 27 Stanovení záplavového území