



národní  
úložiště  
šedé  
literatury

**ARRAS - Atmospheric Release Risk Assessment System. Verze 1.0 (prototyp,  
10. 1. 2009)**

Eben, Kryštof  
2009

Dostupný z <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-39806>

Dílo je chráněno podle autorského zákona č. 121/2000 Sb.

Tento dokument byl stažen z Národního úložiště šedé literatury (NUŠL).

Datum stažení: 27.09.2024

Další dokumenty můžete najít prostřednictvím vyhledávacího rozhraní [nusl.cz](http://nusl.cz) .



**Institute of Computer Science**  
**Academy of Sciences of the Czech Republic**

**ARRAS - Atmospheric Release Risk  
Assessment System**  
**Verze 1.0 (prototyp, 10.1.2009)**

Zodpovědný řešitel: K. Eben

Autorský kolektiv:

P. Juruš, J. Resler, P. Krč, J. Liczki, M. Belda, E. Pelikán

Technical report No. 1049

Leden 2009



**Institute of Computer Science**  
**Academy of Sciences of the Czech Republic**

## **ARRAS - Atmospheric Release Risk Assessment System Verze 1.0 (prototyp, 10.1.2009)<sup>1</sup>**

Zodpovědný řešitel: K. Eben

Autorský kolektiv:

P. Juruš, J. Resler, P. Krč, J. Liczki, M. Belda, E. Pelikán

Technical report No. 1049

Leden 2009

### Abstrakt:

Systém ARRAS je software pro podporu rychlé reakce při havarijním úniku nebezpečných látek do atmosféry. Je založen na numerickém předpovědním modelu počasí WRF a vhodném chemickém transportním modelu, např. WRF-Chem nebo CMAQ. Umožňuje simulaci šíření koncentrací látky s využitím třídimenzionálních polí meteorologických proměnných a eulerovského chemického transportního modelu. Pracuje na doméně velikosti 40x40 km vytvořené okolo místa havárie, s horizontálním rozlišením 1 km. Okrajové podmínky se získávají z operativní mezoměřítkové předpovědi na větších doménách.

The ARRAS system is a software for support of a timely reaction in case of a hazardous atmospheric release. It is based on the numerical weather prediction model WRF and a suitable chemistry transport model, e.g. WRF-Chem or CMAQ. It enables simulation of transport and dispersion of a hazardous compound, using 3D meteorological fields and an eulerian chemistry transport model. It uses a domain of 40x40 gridpoints, constructed around the release location, with horizontal resolution of 1 km. The initial and boundary conditions are taken from operational mesoscale prediction on mother domains.

### Keywords:

únik nebezpečné látky do atmosféry, šíření koncentrací, numerické předpovědní modely  
hazardous atmospheric release, transport and dispersion modelling, numerical prediction models

---

<sup>1</sup>Systém ARRAS vznikl za podpory grantové agentury AV ČR (grant 1ET400300414 programu "Informační společnost") a Ústavu informatiky AV ČR, v. v. i. (výzkumný záměr AV0Z10300504).

# Obsah

1. Popis systému
2. Funkčnost systému
3. Možnosti použití
4. Závěr

## 1. Popis systému

Systém ARRAS je software pro podporu rychlé reakce při havarijním úniku nebezpečných látek do ovzduší. Jeho hlavní rysy jsou následující:

- jádrem systému je numerický předpovědní model počasí WRF (Weather Research & Forecasting model vyvíjený organizací NCAR - National Centers for Atmospheric Research, USA, [www.wrf-model.org](http://www.wrf-model.org))
- vazba na operativní systém předpovědi počasí MEDARD ([www.medard-online.cz](http://www.medard-online.cz))
- schopnost využívat nejpřesnější možné předpovědi počasí v místě havárie
- možnost napojení na různé disperzní a chemické modely
- jako příklad řešeno napojení na eulerovské chemické transportní modely WRF-Chem a CMAQ

Systém se skládá z

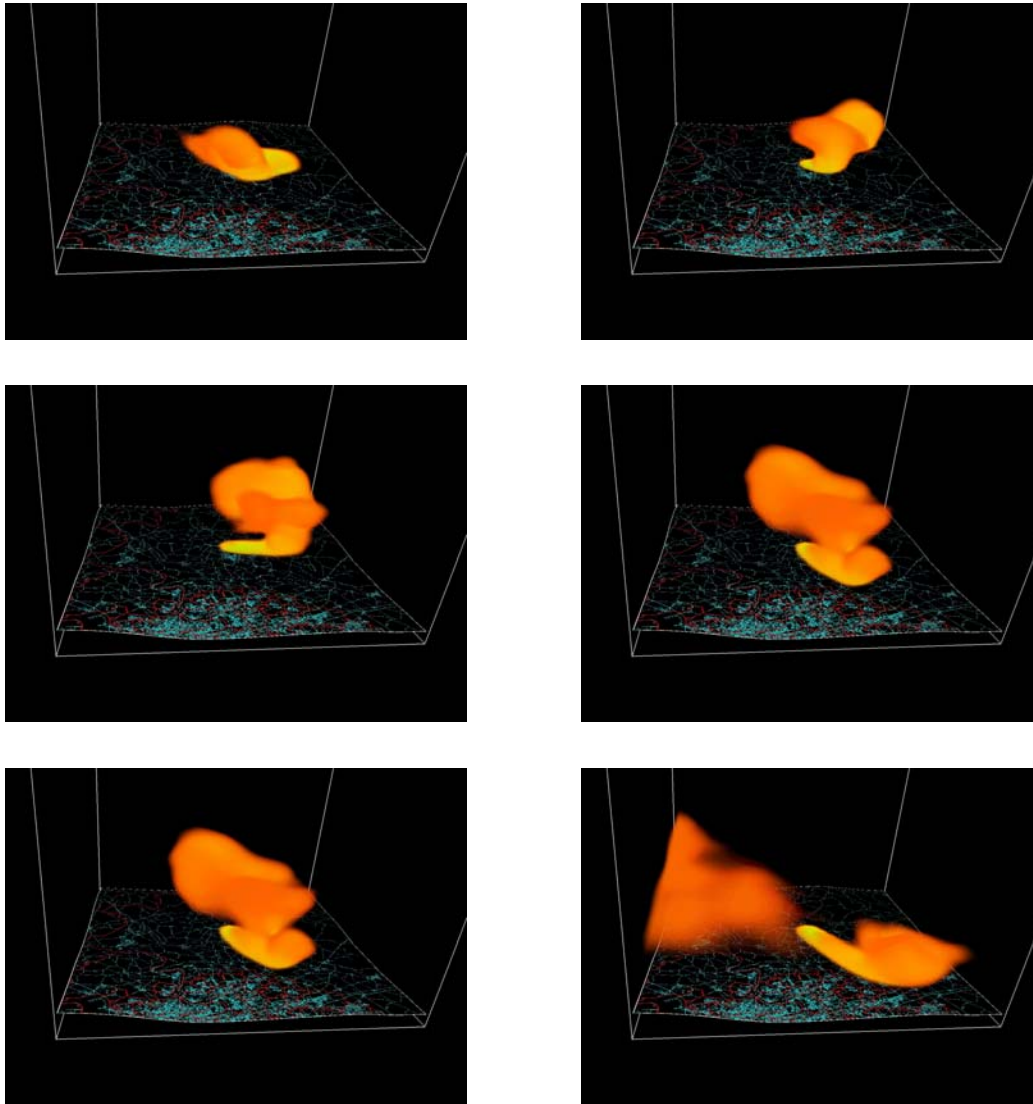
- jádra tvořeného instalací předpovědního modelu WRF verze 3
- komponent pro navázání chemických transportních modelů
- postprocessingových částí
- uživatelského webového rozhraní

Pro fungování systému je podstatná existence operativního mezoměřítkového systému předpovědi počasí. Mezoměřítková předpověď poskytuje okrajové podmínky pro běh aplikace ARRAS. V našem prototypovém řešení jsou mezoměřítkové předpovědi počítány inovovaným systémem MEDARD, který je operativně provozován v ÚI a je rovněž založen na modelu WRF. Domény systému MEDARD mají horizontální rozlišení 27, 9 a 3 km.

Numerický předpovědní model počasí WRF je nehydrostatický a umožňuje předpověď počasí v jemném horizontálním rozlišení. Doména modelu je pro každý běh automaticky vytvořena tak, aby bylo místo úniku v jejím centru. Její horizontální rozlišení je 1km a má 33 vertikálních úrovní. Je použita standardní konfigurace dynamiky a fyziky a tzv. NOAA land-surface model se čtyřmi vrstvami v půdě, časový krok numerické integrace je 3 sec. Výstupem modelu jsou třídídimenzionální pole meteorologických proměnných ve formátu NetCDF. Krok výstupu je 1 hodina, ale v případě potřeby je možné nastavit menší.

Komponenty pro navázání chemických transportních modelů závisí na použitém chemickém modelu. V zásadě je možno navázat jakýkoliv model, jehož meteorologické vstupy jsou pokrývány výstupem modelu WRF. Je tedy možno použít gaussovský dispersní model, který tak bude řízen nejen okamžitými a předpovězenými hodnotami rychlosti a směru větru v místě úniku, ale předpovídaným průběhem těchto veličin na celém gridu podle numerického modelu, což zvláště v delším časovém horizontu může být velmi přínosné. Naším záměrem ale bylo demonstrovat možnost napojení sofistikovaných eulerovských modelů, které případně mohou simulovat i probíhající chemické reakce. Využití třídídimenzionálních polí proudění pak může přinést mnohem přesnější výsledky. Pokud se

například výrazně liší rychlost a směr proudění v přízemní vrstvě od rychlosti a směru ve vyšších vrstvách, může to chování koncentrací nebezpečné látky v atmosféře podstatně ovlivnit.



*Obr. 1. Příklad úniku, kdy 3-d vizualizace ukazuje rozdělení oblaku uniklé látky, jež je způsobeno rozdílnými směry větru v různých výškách nad terénem.*

V prototypu bylo testováno napojení eulerovských chemických transportních modelů WRF-Chem a CMAQ. Podle požadavků, které se v jednotlivých případech mohou lišit, je pro operativní nasazení možné doimplementovat i jiný chemický transportní model. Stejným způsobem lze zautomatizovat a upravit i samotný model unikání ze zdroje, který se může lišit například pro požár, únik ze zásobníku, nebo únik z potrubí.

Postprocesingové moduly zahrnují:

- Standardní postprocessor RIP modelu WRF a jeho výstupy. Tyto výstupy se dají exportovat do systému MEDARD a zobrazit stejným způsobem jako nadřazené domény o rozlišení 3 a více km. Význam těchto výstupů je v tom, že poskytují obraz počasí v doméně havárie, včetně rychlosti a směru větru, očekávaných srážek, teploty a možnosti bouřek, což může být prospěšné pro organizaci případného zásahu.

- Software pro zobrazení koncentrací unikající látky. Tento software je vytvořen v jazyce Python. Zobrazuje koncentrace na mapovém podkladu, který je vzat z volně dostupné mapy ČR. Samozřejmě je možné použít jiného mapového podkladu, pokud má uživatel takový podklad k dispozici.

Uživatelské webové rozhraní je napsáno v jazyce Python a je chápáno jako vzor, který je možno přizpůsobit konkrétním praktickým požadavkům. V prototypu uživatel zadává místo a čas úniku, velikost emise a její časový průběh, popř. další údaje jako vertikální rychlost úniku a teplotu plynů pro kalkulaci vzestupu vlečky. Webové rozhraní také umožňuje prohlížení výsledků, přepínání mezi různými simulacemi a pružné změny jednotlivých parametrů.

V prototypu se zatím záměrně nspecifikuje unikající látka. V rámci testovacích experimentů jsme pracovali s čpavkem a prachovými částicemi. Pro dovedení prototypu do operativně použitelné aplikace je třeba pro požadovanou látku a možný typ havárie vybrat vhodný chemický model, případně mechanismus v rámci daného modelu. Dále je třeba ověřit správné chování chemického modelu a vhodnost jeho nasazení pro danou situaci, pokud model není přímo navržen jako model pro havarijní úniky do atmosféry. Systém ARRAS řeší především operativní interaktivní výpočet lokální předpovědi počasí pomocí numerického modelu, interaktivní obměny parametrů emise a další problémy spadající do oblasti IT.

## 2. Funkčnost systému

Systém je navržen tak, že v případě havárie uživatel zadá její místo a čas do webového rozhraní a okamžitě spustí sadu operací, které končí výpočtem předpovědi počasí pro místo havárie a oblast okolo něho. V prvním kroku se vytvoří doména modelu. Tato doména má rozměr 40x40 bodů s centrem v místě havárie a horizontálním rozlišením 1 km a vytvoří se standardním způsobem programem geogrid, který je součástí WPS (WRF preprocessing system). Následuje příprava počátečních a okrajových podmínek. Ty se získávají z operativních předpovědí inovovaného systému MEDARD (model WRF, hor. rozlišení 3 km) použitím programu nestdown (ndown.exe, součást distribuce modelu WRF). Dále se spustí vlastní výpočet předpovědi počasí a během řádově 20 – 40 minut podle výpočetní kapacity se vystaví výstupy pro „havarijní“ doménu na 12 - 24 hodin dopředu. Výstupy je možno vizualizovat pomocí postprocesoru RIP (Read, Interpolate, Plot – součást distribuce WRF).

The image shows two screenshots of the ARRAS web interface. The left screenshot is titled "Systém simulace transportu a disperze látek při havarijním úniku do atmosféry" and displays a list of simulation entries for "Neratovice3 (Neratovice3)" with details like date, time, location, and emission rate. The right screenshot is titled "Nastavení parametrů úniku" and shows a form for setting simulation parameters, including name, start time (9:00 on 9/12/2008), and location coordinates (LAT: 0, LON: 0).

Obr. 2. Ukázka uživatelského rozhraní systému ARRAS.

Během výpočtu předpovědi počasí uživatel může zadávat parametry emise. Webové rozhraní umožňuje výběr z předdefinovaných případů a dříve spočítaných simulací. Typické případy je možno definovat při konfiguraci systému.

Jakmile je předpověď počasí hotova, nastaví se příznak ukončení a je možno spustit běh chemického modelu s danými parametry emise. Systém kontroluje existenci výstupů a automaticky zobrazuje další, jakmile jsou vystaveny. Jakmile je vystavena předpověď koncentrace na zadaný horizont (specifikovaný v konfiguraci systému), považuje se simulace za ukončenou.

Po dobu výpočtu modelu počasí i chemického modelu je nastaven příznak, který nedovolí spuštění jiné simulace. Uživatel (a případně další uživatelé) však mohou prohlížet již spočítané simulace a samozřejmě sledovat běh aktuální simulace. Systém hlásí stav serveru i očekávanou dobu do ukončení výpočtů.

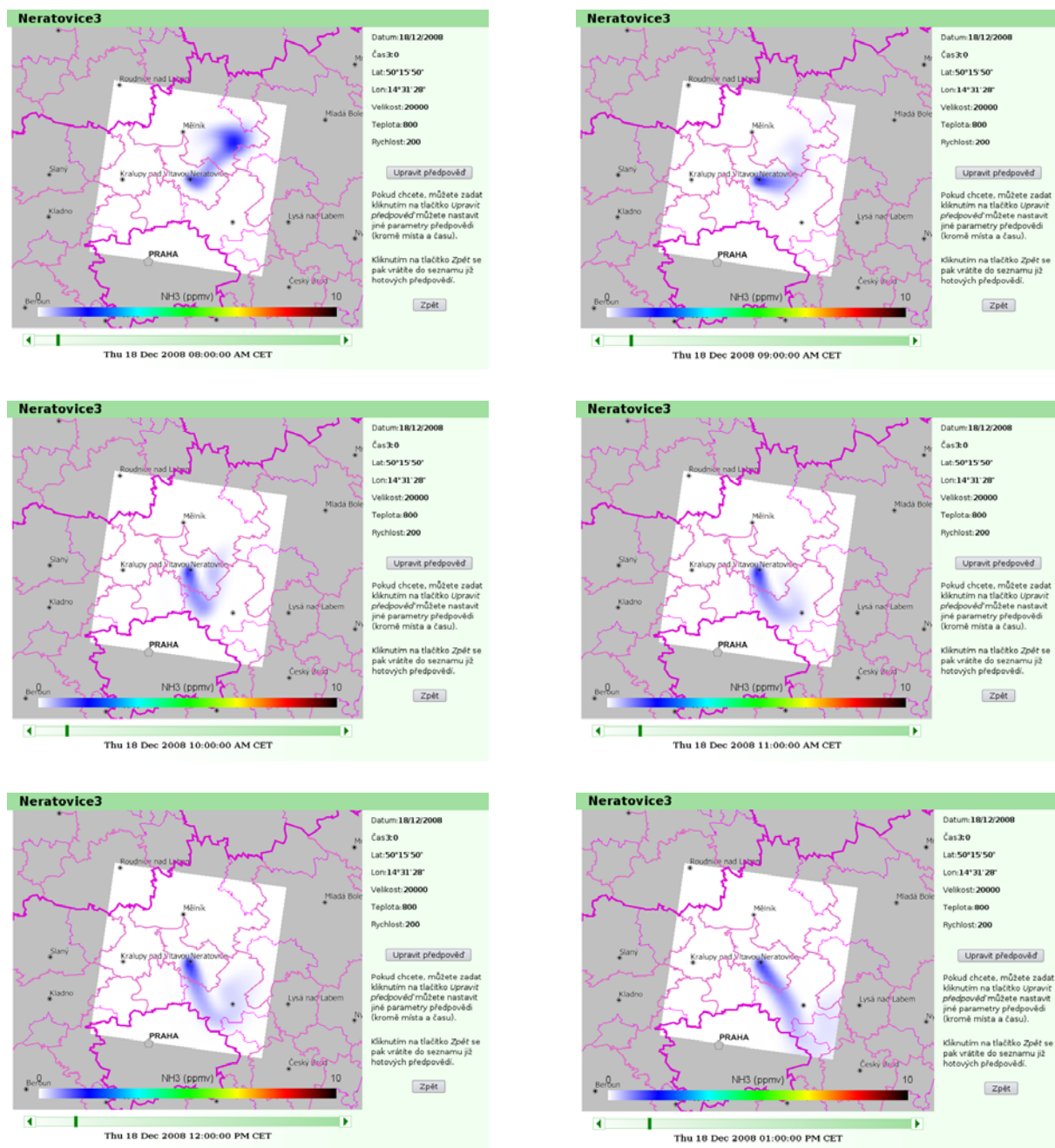
Webové rozhraní je možno použít i k interaktivní analýze již proběhlých havárií. Stávající systém předpokládá pro každou havárii jeden běh modelu počasí, ale případně více běhů chemického modelu. Jednotlivé běhy se mohou lišit parametry emise a jejími parametry. Tímto způsobem je možné získat různé scénáře a udělat si představu o nejistotě předpovědi, citlivosti na velikost emise apod.

Pro použitelnost systému při skutečných haváriích je rozhodující doba výpočtu. V ÚI byla použitelnost systému ověřována na clusteru dvou pracovních stanic, z nichž každá byla osazena čtyřmi čtyřjádrovými procesory. Na tomto clusteru bylo instalováno propojení stanic sítí infiniband, která se často používá v oblasti tzv. High Performance Computing, má oproti běžné ethernetové síti mnohem kratší latenci a větší propustnost. Je-li úloha dobře paralelizována, doba výpočtu klesá téměř lineárně se vzrůstajícím počtem procesorových jader. Model WRF byl přeložen pro tuto platformu, instalován a testován. Dobrá paralelizace modelu WRF se potvrdila i v tomto konkrétním případě. Model v testované konfiguraci popsané výše počítal 1 hodinu simulace zhruba za 1 minutu.

### **3. Možnosti použití**

Systém ARRAS může být použit několika způsoby. Uvedeme typické příklady:

- Vytvoření jednoúčelové operativní aplikace pro jednu nebo více rizikových látek s vhodným chemickým modelem, včetně přednastavených typů a průběhu úniku.
- Interaktivní analýza různých scénářů úniku, pro různé meteorologické situace, tvorba plánu rychlé reakce při havárii pro konkrétní provoz.
- Použití samotného modelu počasí pro získání předpovědi s jemným horizontálním rozlišením. To může být výhodné např. pro úlohy, kde komplikovaná orografie má negativní vliv na predikci modelů s hrubým horizontálním rozlišením. Např. pro horské oblasti může aplikace postavená na bázi systému ARRAS poskytovat downscaling předpovědi, který bude lépe popisovat skupenství srážek, teplotu, rychlost větru.



Obr. 2. Příklad výstupu systému – simulace úniku čpavku v Neratovicích.

#### 4. Závěr

Software ARRAS může sloužit jako prototyp systému pro operativní nasazení numerického předpovědního modelů počasí a chemického transportního modelu při simulaci šíření látek v atmosféře po haváriích. U havárií typu požárů, které mají delší dobu emise a mohou tak postihnout větší oblast, je použití těchto modelů obzvláště přínosné.