

# **Europejski system wspomagania decyzji po awarii jądrowej – RODOS**

**S. Potempski, NCBJ**

# RODOS

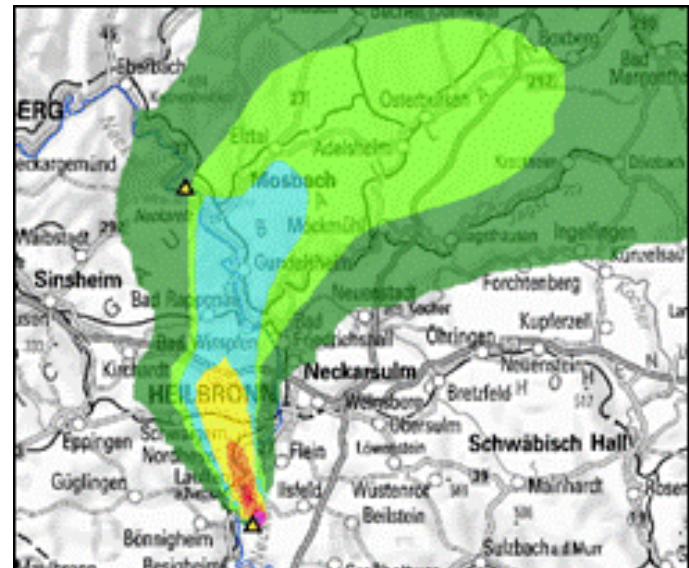
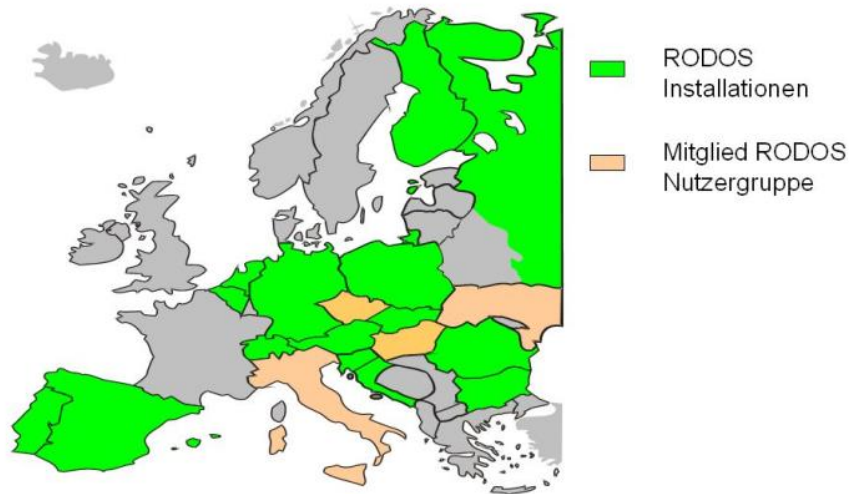
## Real-time On-line Decision Support System

Koordinator: **Karlsruher Institut für Technologie (KIT)**

Institut für Kern- und Energietechnik

Wykorzystano materiały opracowane przez:

**Wolfgang Raskob, Claudia Landman, Dmytro Trybushnyi**



# Real-time On-line Decision Support System RODOS - Historical development

## ■ 1986 Chernobyl reactor accident (26. April)

- The European countries were not really prepared for such a catastrophic event: The evaluation of the radiological situation and decisions about actions to protect the public were often affected by actionism and often not appropriate; there was no cross-border co-ordination of actions (in Germany: even no co-ordination between the "Bundesländer")

## ■ 1988 Begin of the development of RODOS/RESY

- Intended for operation in national/regional emergency centres for off-site nuclear emergency management
- For provision of comprehensive and consistent information as a basis for decision making, with consideration of measurement and prognostic data and model calculations
- Applicable for education and training with respect to radiological and emergency management problems

# Historical development (continuation)

- **1988-2002 RESY (Germany) / RODOS (Europe)**
  - **until end of 1998:** RESY for emergency management in the near range of German NPPs; funded by German BMU
  - **Since 1990:** RODOS as comprehensive system, with RESY as integral part, but designed also for far range and late phase applications; funded by the European Commission
- **2003-2008 Reorganisation, as part of European project EURANOS**
  - User wishes: Cheaper hardware, more simple use, maintenance, and customisation, modern look-and-feel of user interface
- **2009 Newly organized JAVA based JRodos**
  - For operation on modern IT - platforms (Microsoft Windows, Linux, Mac OS)

# Key features of **RODOS**

## **R**Real-time **O**On-line **D**Decision **S**Support system

- *Multi-user operation in national/regional emergency centres for off-site nuclear emergency management*
- *Provision of information for decision-making*
  - on local / national / regional / European scales,
  - in the early and later phases of an accident,
  - for all relevant emergency actions and countermeasures.
- *Wide IT applicability - HP-UX and Linux (RODOS), Microsoft Windows, Linux and Mac OS (JRodos)*

# RODOS IT development stages

- **1988 RODOS** - Original version for HP-UX workstations.
- **2006 RODOS** - Capability to operate on Linux PC/servers and in “virtual machines” under any operation system.
- **2007** Modern Input Interface **RodosLite** (in RODOS + JRodos)
- **2009** Re-engineered JAVA based **JRodos** on IT platforms that are state of the art for the next about 10 years, with :
  - Reduced and cheaper hardware.
  - Reduced complexity of system architecture, operation, administration.
  - More stability during handling and on wrong/missing input data
  - User wishes fulfilled - Web-like feeling, modern result presentation tools, data visualisation tool, reporting tool, .... )

# Tryby Operacji

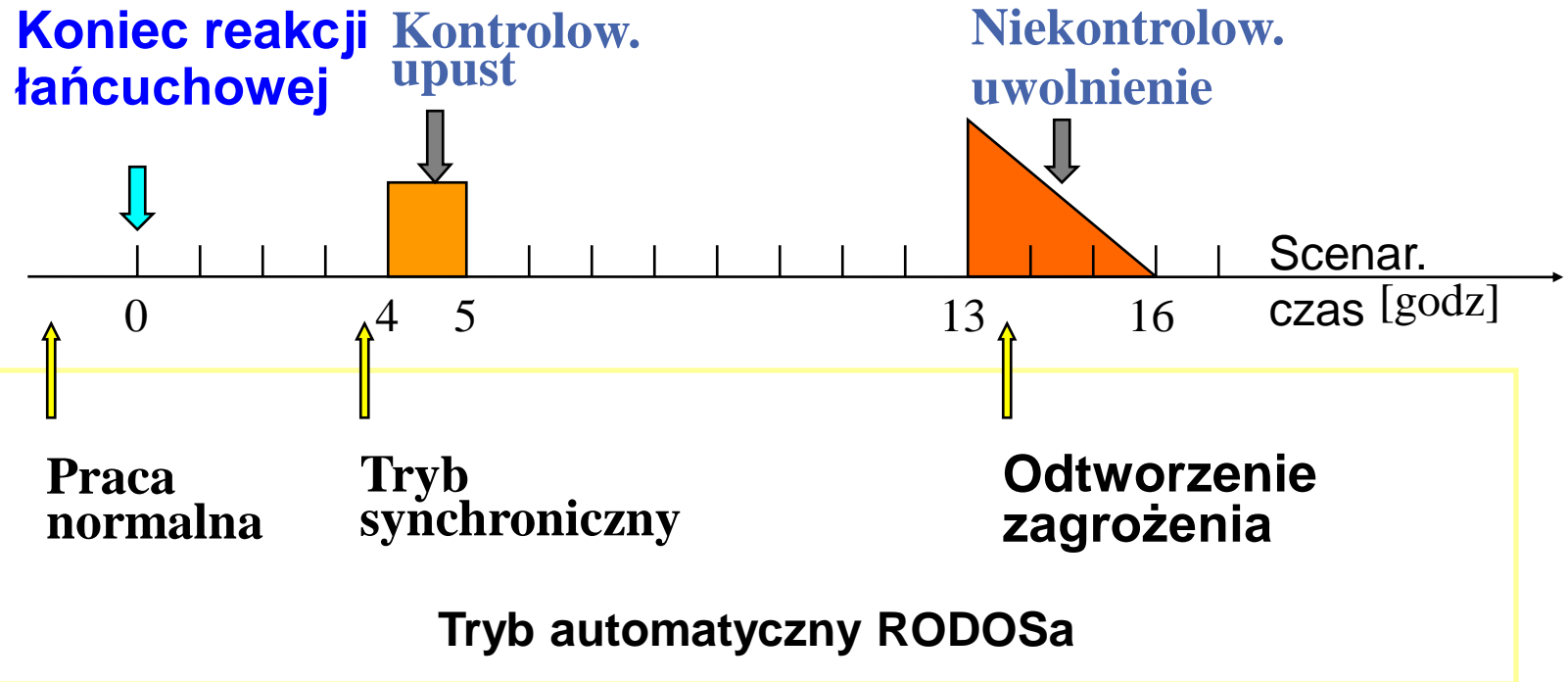
## ■ Tryb Automatyczny

- Cyckliczne obliczenia diagnostyczne i prognostyczne
- Automatyczne wyświetlanie wybranych informacji
- Wybór użytkownika dodatkowych informacji
- Konfiguracja interfejsu do definiowania sekwencji modeli i domyślnych form prezentacji

## ■ Tryb Interakcyjny

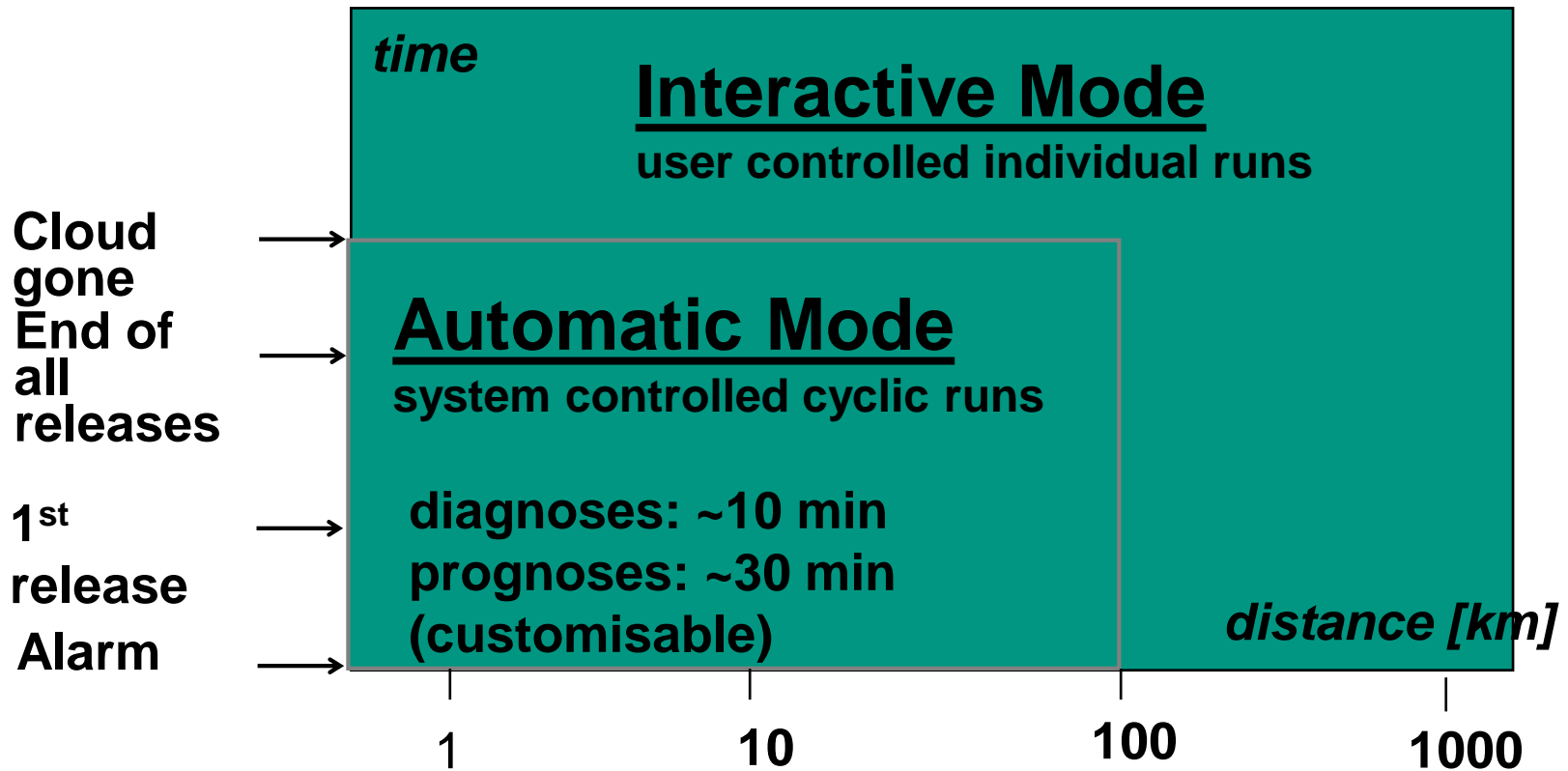
- Równoległy do Trybu Automatycznego
- Wykonywanie specyficznych sekwencji modułów (prognoz)
- Definicja/modyfikacja wejściowych parametrów via interfejs użytkownika
- Dostęp do wyników Trybu Automatycznego / Interakcyjnego dla dalszej ewaluacji i graficznej analizy

# SCENARIUSZ i tryby operacyjne RODOSa



## Tryb interakcyjny RODOSa

# Operation of RODOS in different time and distance ranges

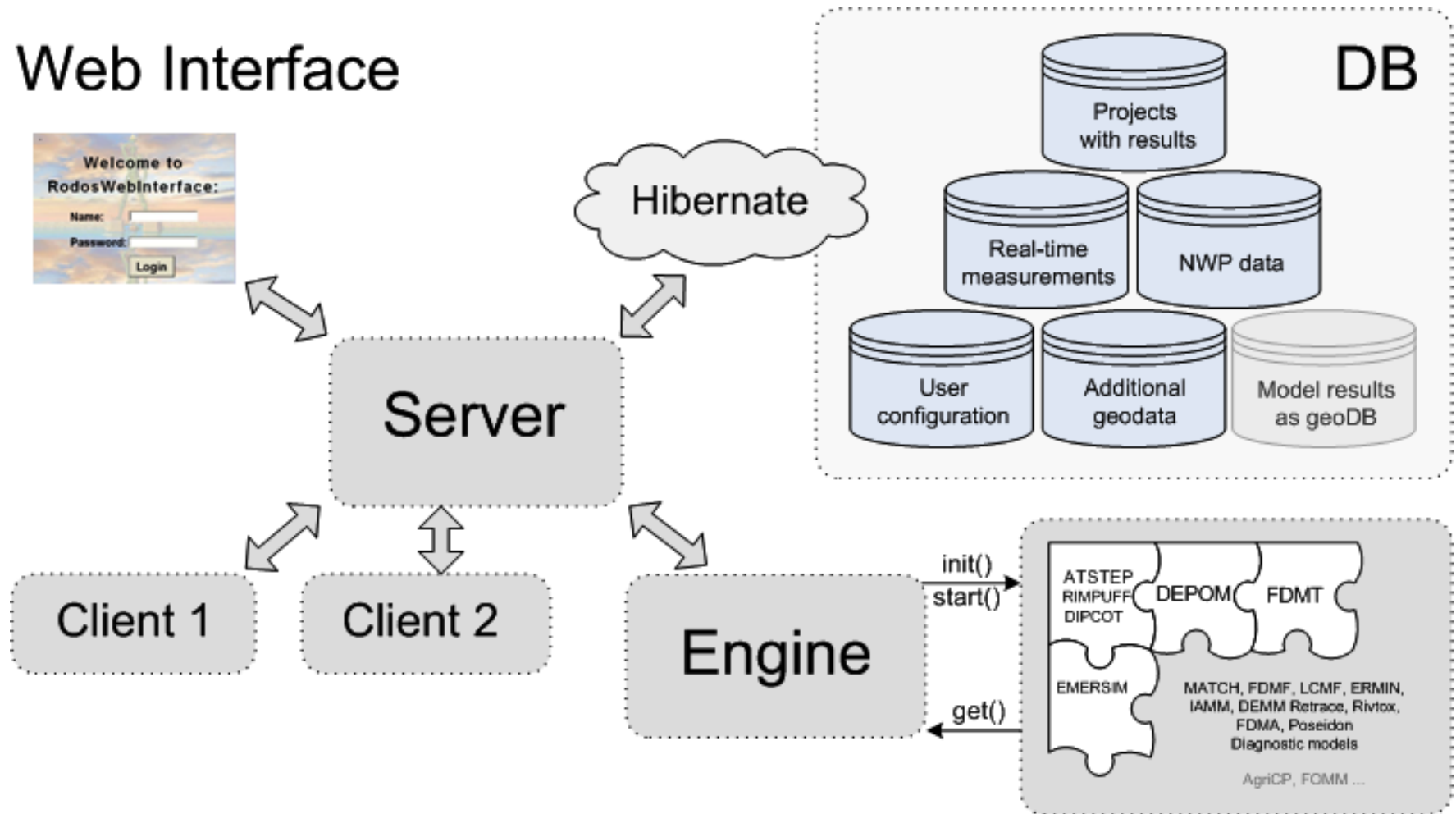


# The JRodos Continuous Mode

- Carries out prognostic calculations with near range ADM, starting a new every N minutes (customizable), always with the same source term
- Can be started for every location with LSMC-NWP data
- Is initialized once (incl. source term) via the JRodos RODOS-Lite tab
- Operates continuously until stopped by user
- Results are kept for current calculation and a number of previous calculations (customizable); if the number of calculations gets bigger, for each new one the oldest one gets thrown away

# JRodos software structure

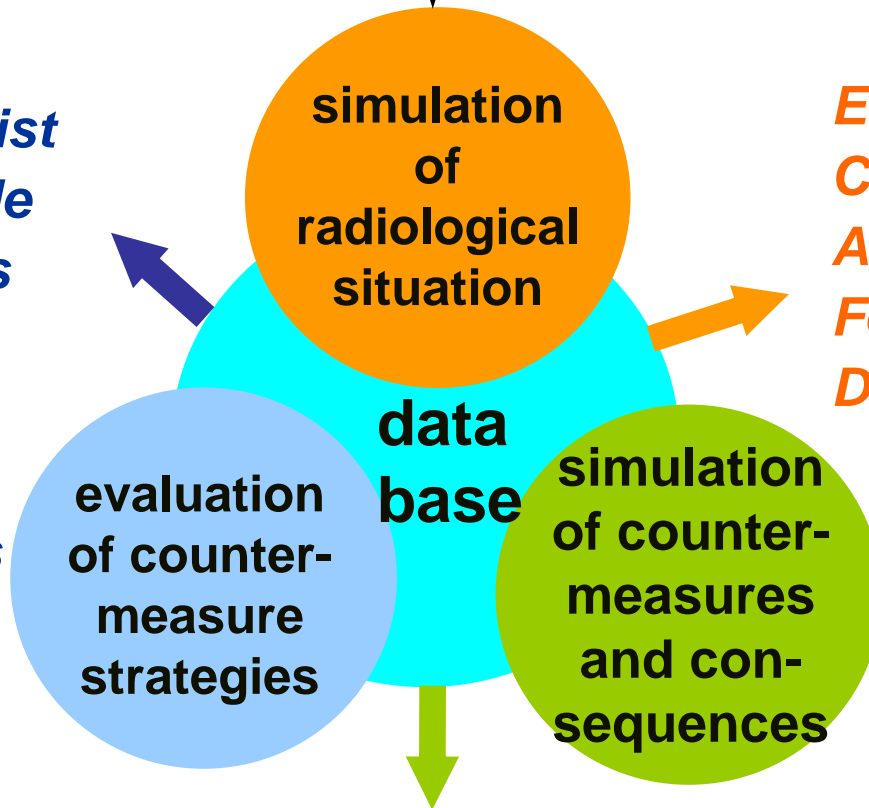
## Web Interface



# JRodos: Tasks, input data, output

*Radiological Monitoring Data*      *Meteorological and Release Data*

*Ranked List  
of Feasible  
Strategies  
of Long-  
Term  
Counter-  
measures  
(MAVT)*

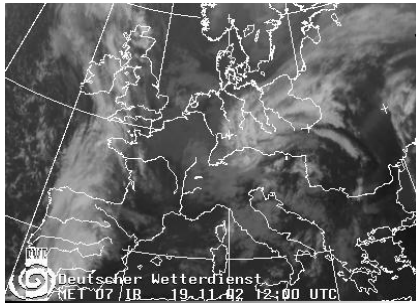


*Environmental  
Contamination of  
Air, Ground, and  
Food, Potential  
Doses*

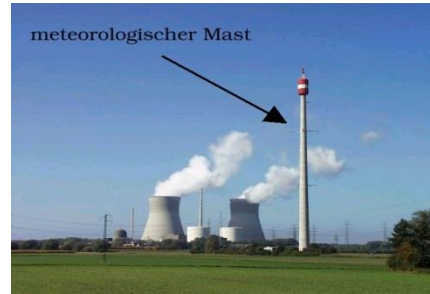
*Areas, Organ Doses, People affected by  
Countermeasures, Health Effects, Effort, Costs*

# Level 1: Acquisition, processing and presentation of radiological and meteorological measurements and prognostic data

## RODOS system



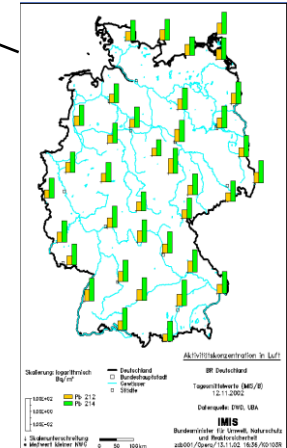
meteorological forecasts;  
far range dispersion calculations results



European NPP DB;  
source term DB;  
measured meteorological and source term data



local monitoring data;  
airborne gamma spectrometric measurements



national monitoring data

# **Adaptation of data bases to national or regional conditions**

- **Numerical weather prediction data for near and far range atmospheric dispersion models**
- **Real time data (meteorological and release)**
- **Site and plant data; inventories, source terms**
- **Geo referenced data for model calculations (elevation, population, production, land use, radio-ecological regions)**
- **Data bases for JRodos hydrological model chain**

## **(Level 2) Up-to-date assessment of radiological situation (diagnostic and prognostic):**

### **Atmospheric dispersion in JRodos**

#### Input data

- On-line meteorological data from tower or SODAR
- Numerical weather prognostic data

#### Near-range model chain

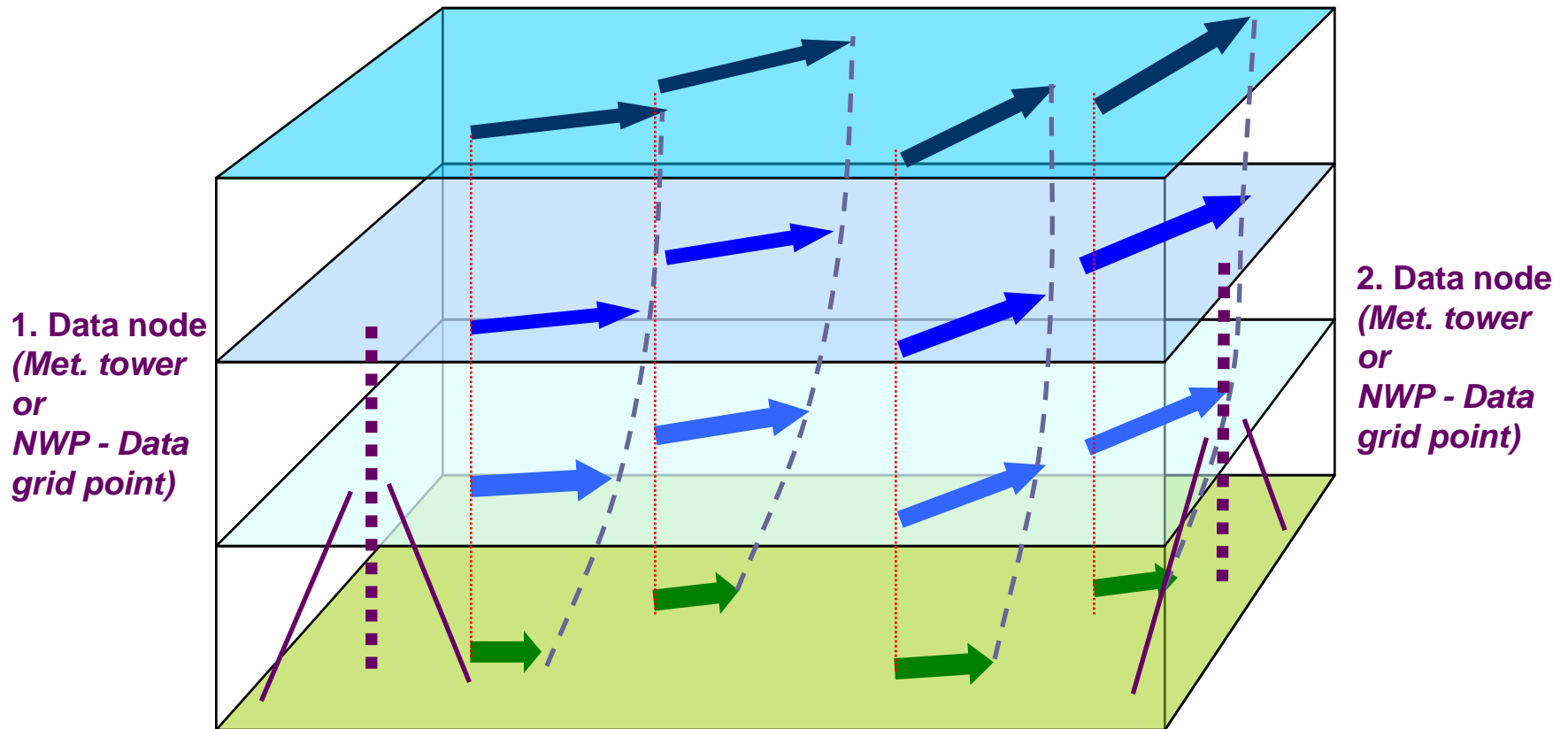
- Meteorological pre-processor
- Several models for atmospheric dispersion and deposition in the near range (historical)

#### Far-range model chain

- MATCH with e.g. HIRLAM/ALADIN/COSMO data
- Germany: concentration fields from DWD

# Near-range model chain: Meteorological Pre-Processor

- *3-dimensional mass-consistent wind vector-field with vertical profile; PG-stability, mixing height, Monin-Obukhov length, friction velocity, precipitation fields, atmospheric resistances (Demokritos, Athen)*

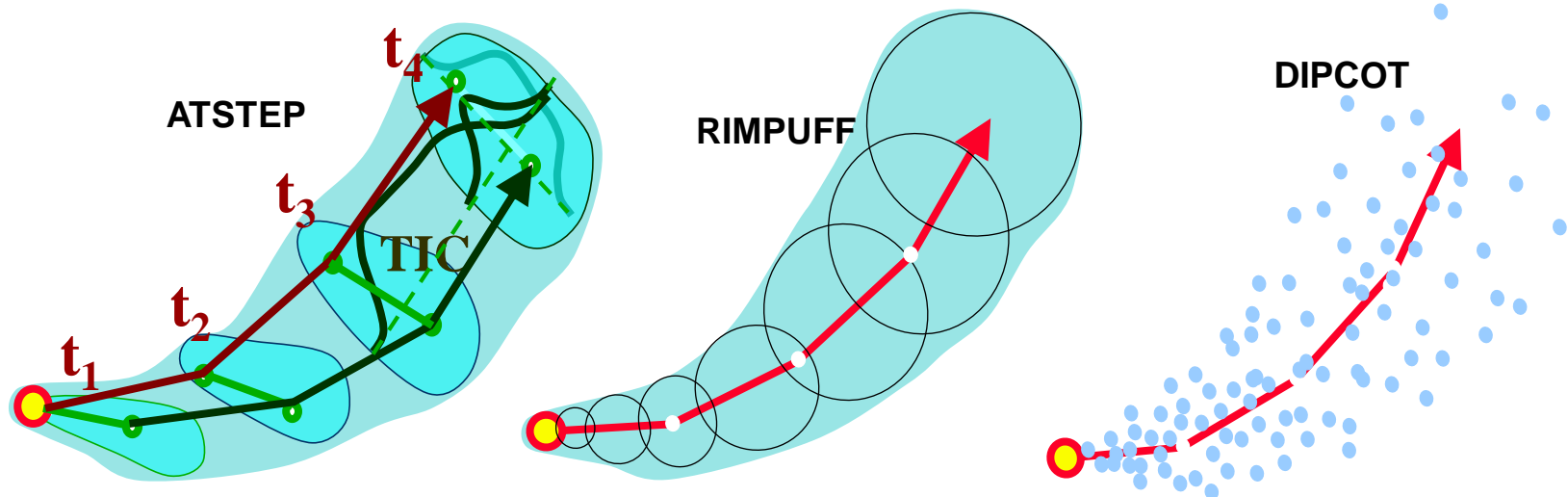


# Near-range ADM models in JRodos

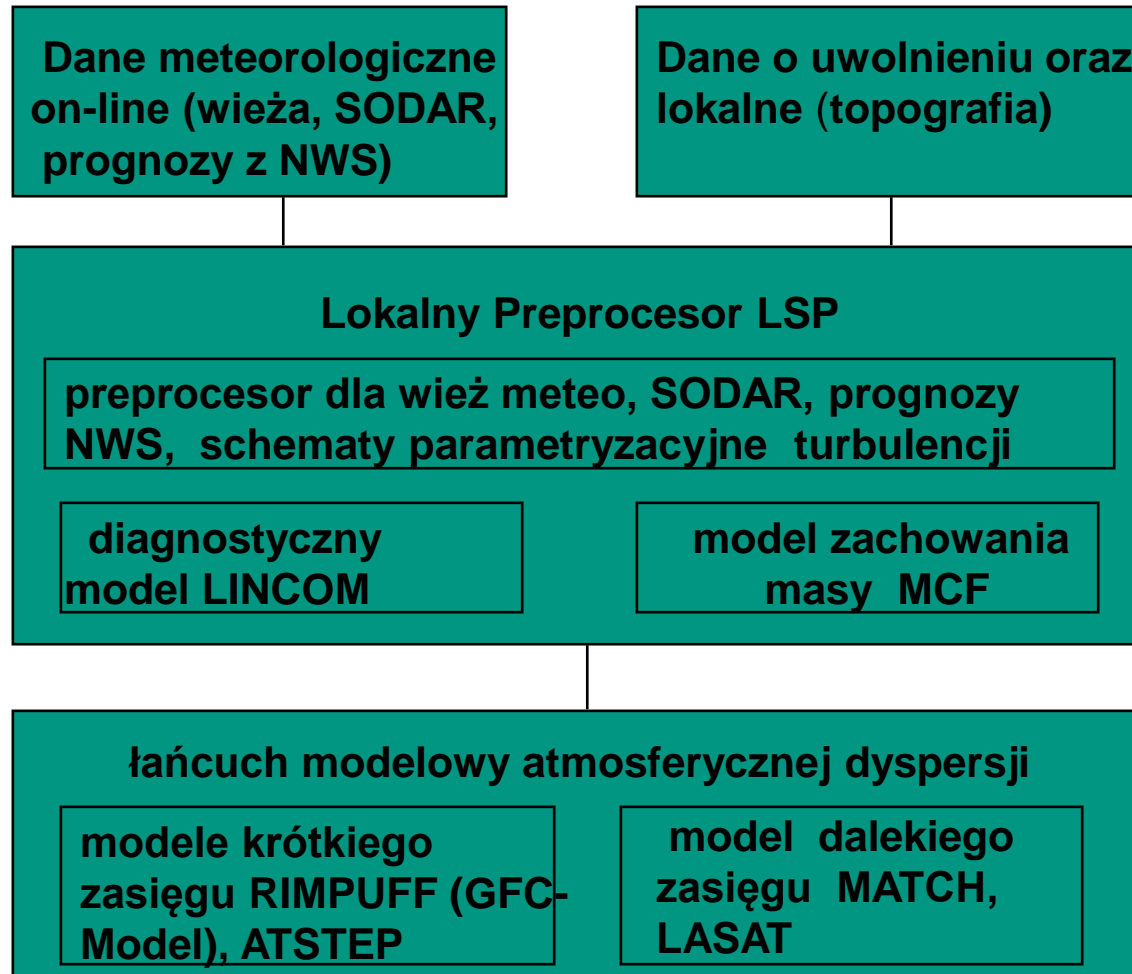
- ATSTEP: Gaussian Puff Model with elongated puffs; Karlsruhe-Jülich and Mol- diffusion parameters (KIT/IKET Karlsruhe)
- RIMPUFF: Gaussian Puff Model; Carruthers diffusion parameters (Risø, Roskilde)

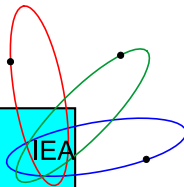
For complex windfields and terrain: Lagrangean Particle Models (LPM)

- DIPCOT: LPM; in JRodos operating as Gaussian kernel version (Demokritos, Athen)
- LASAT: LPM; served as basis for AUSTAL2000, the official reference model of the German TA Luft (in implementation, with fee)



# Łańcuch modelowy obliczeń dyspersji atmosferycznej systemu RODOS

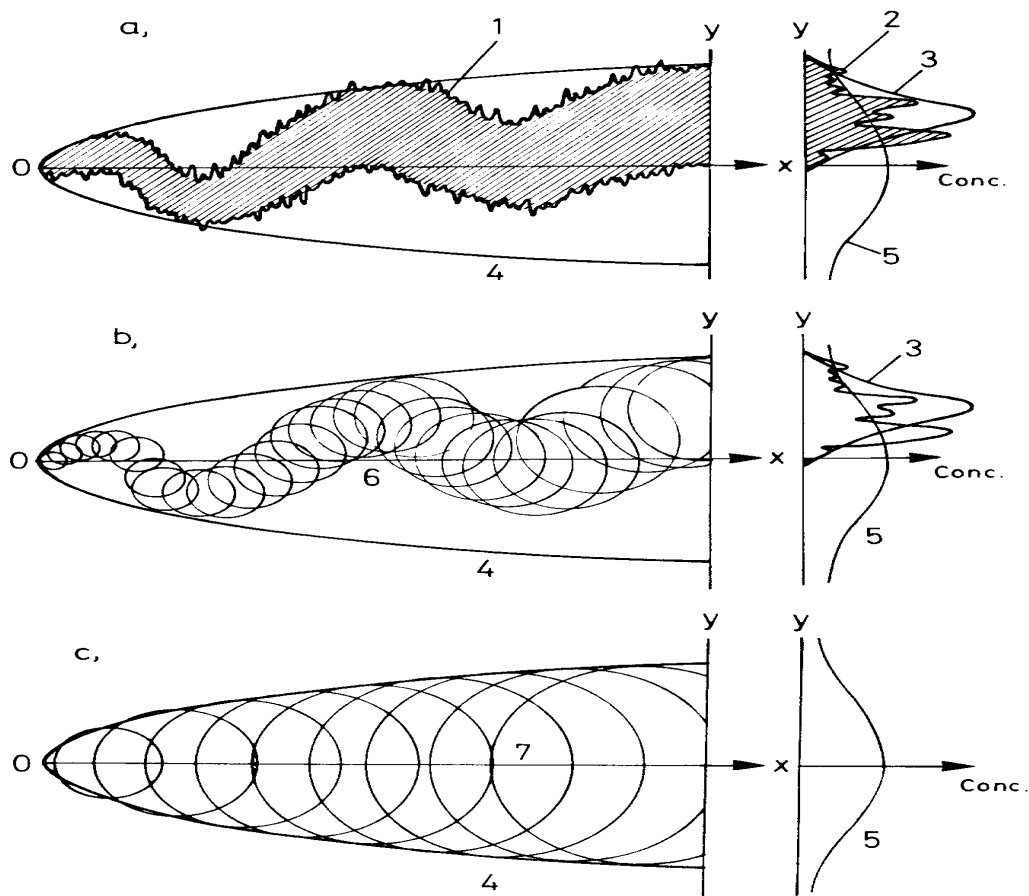




# Sprzężenie systemu RODOS z danymi meteorologicznymi

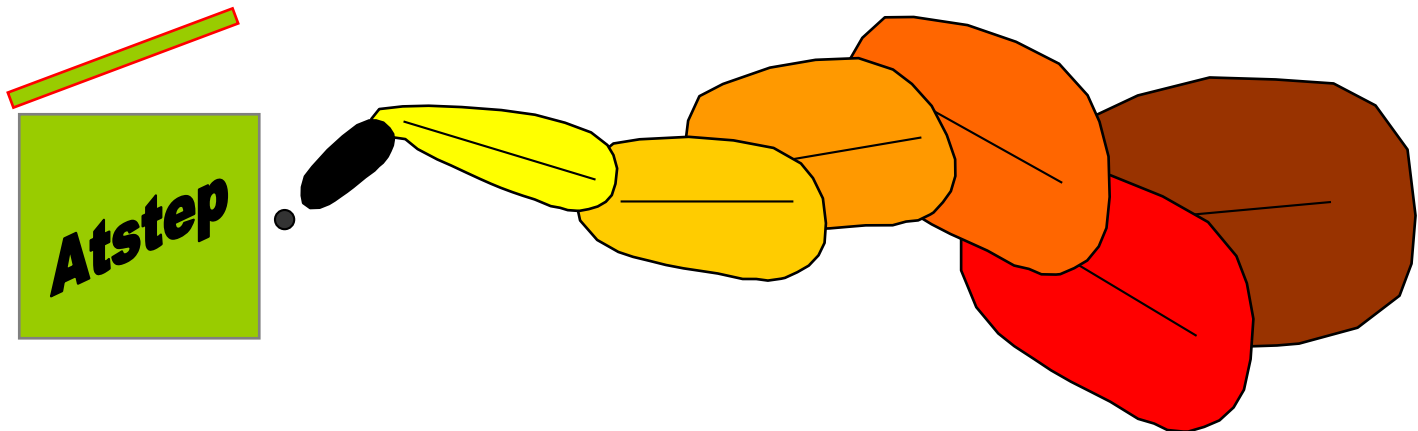
- **Wieża meteorologiczna:**
  - pomiary kierunku i prędkości wiatru, opady, temperatura, co 10 min na różnych wysokościach
- **Prognozy meteorologiczne (typowe podejście)**
  - 1 godz - dane prognostyczne na 48 godz, 4 razy dziennie, siatka 4 km x 4 km, powierzchnia 200 km x 200 km, dla wybranych miejsc w Europie
  - 3 godz - dane prognostyczne na 72 godz, 2/4 razy dziennie, siatka 16 km x 16 km, cała Europa
  - Dostosowanie wielkości siatek i częstości prognoz do potrzeb i możliwości narodowych systemów prognozowania pogody

# Model transportu w RIMPUFF - aproksymacja kłębami Gaussa



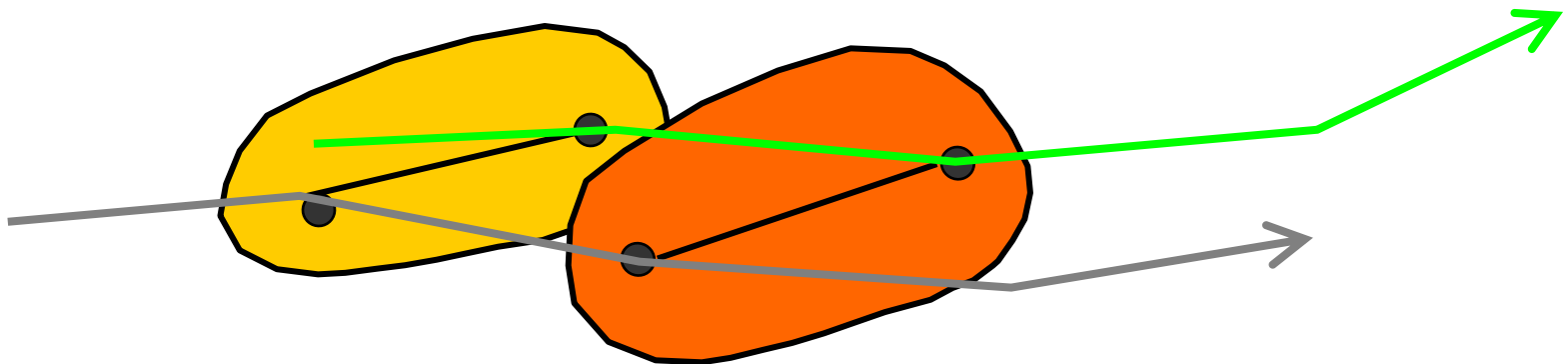
## ATSTEP = Model Wydłużonego Kłębu

- *Kłęby zintegrowane w czasie zamiast kłębów chwilowych* (czas integracji wynosi 10 min w trybie diagnozy i 30 min w trybie prognozy)
- Całe uwolnienie jest zastępowane przez *mniejszą liczbę dłuższych kłębów*
- Skrócony czas obliczeń!

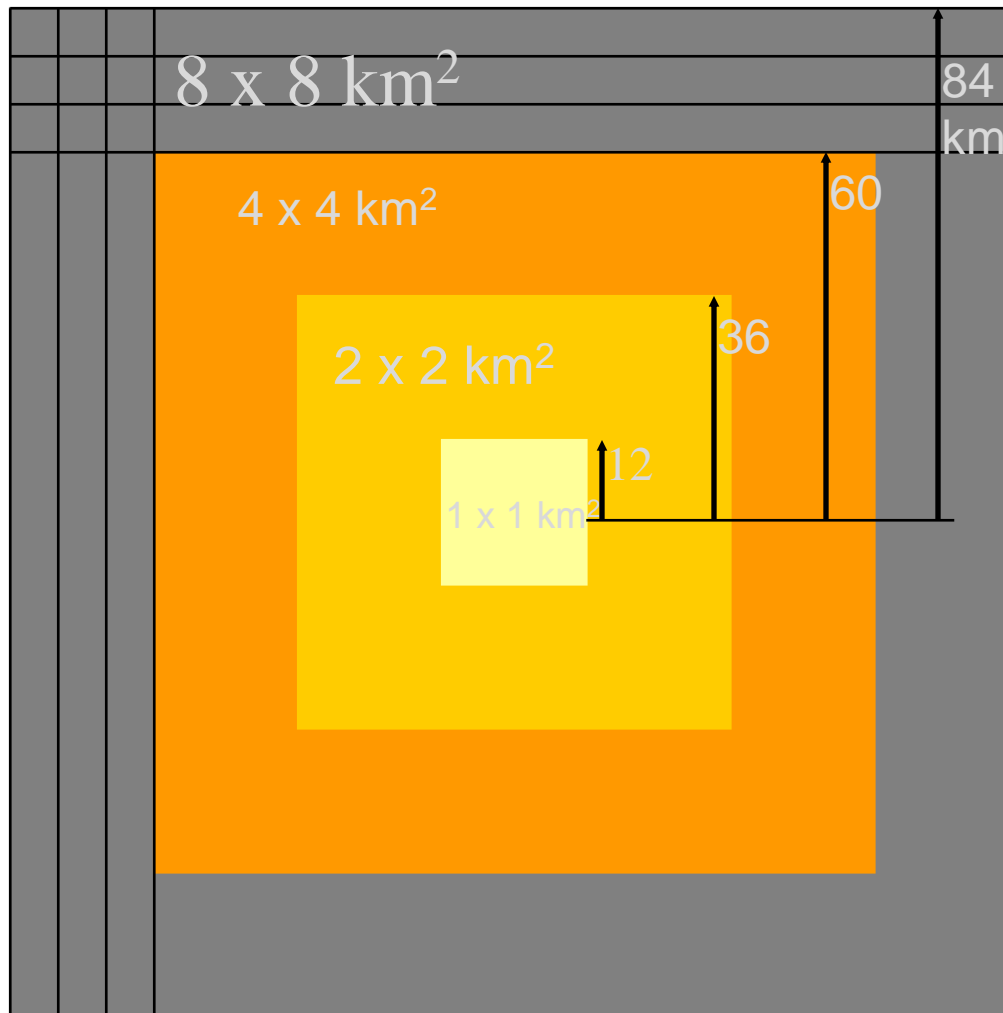


## Trajektorie ATSTEP

- Każdy wydłużony obłok przechodzi przez niejednorodne i zmienne dwuwymiarowe pole wiatru, podane w LSMC, wzdłuż 2 trajektorii przechodzących przez przód i tył kłębu.

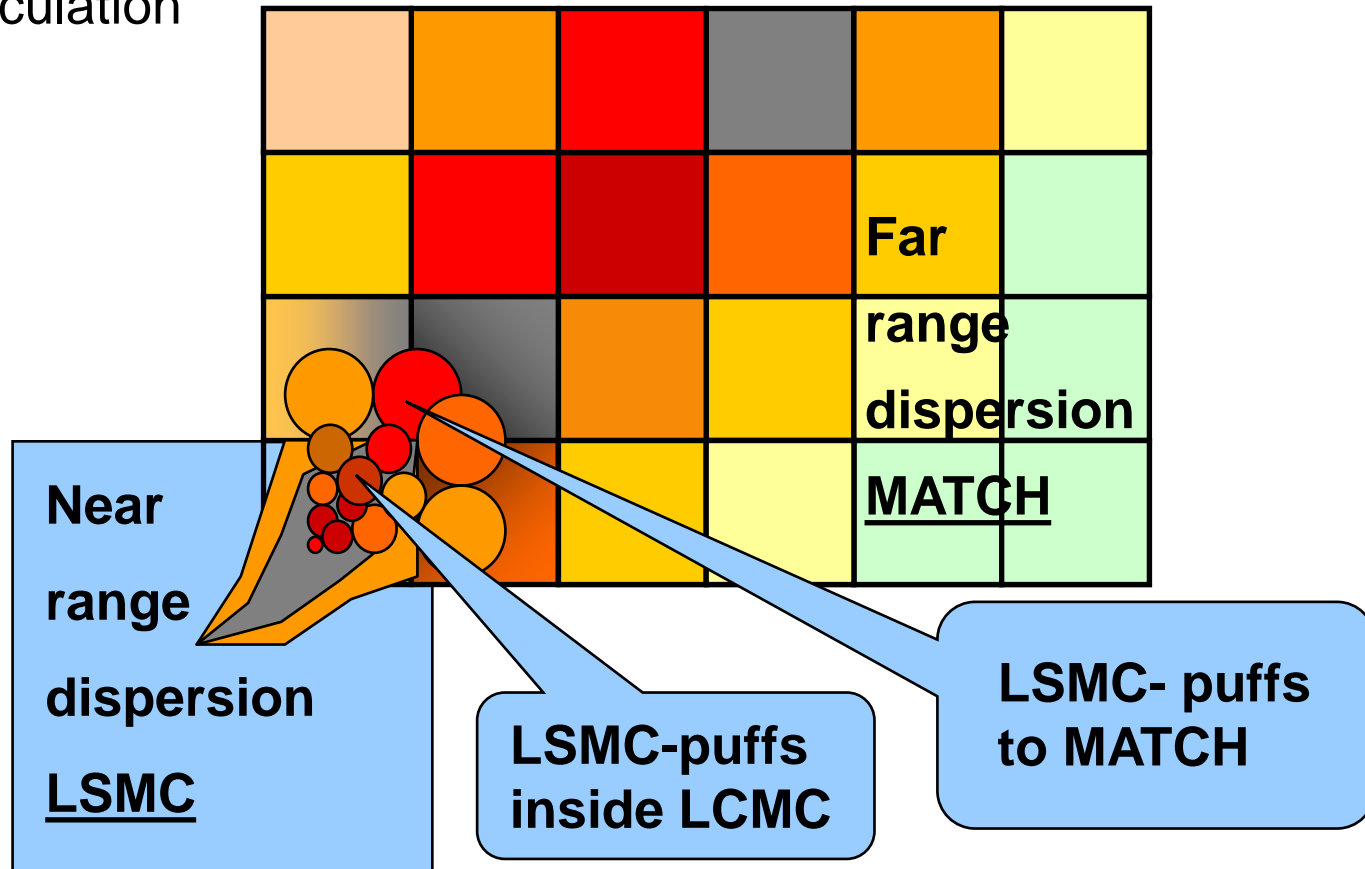


# Niejednorodna siatka obliczeniowa



# JRodos default far-range ADM model: MATCH

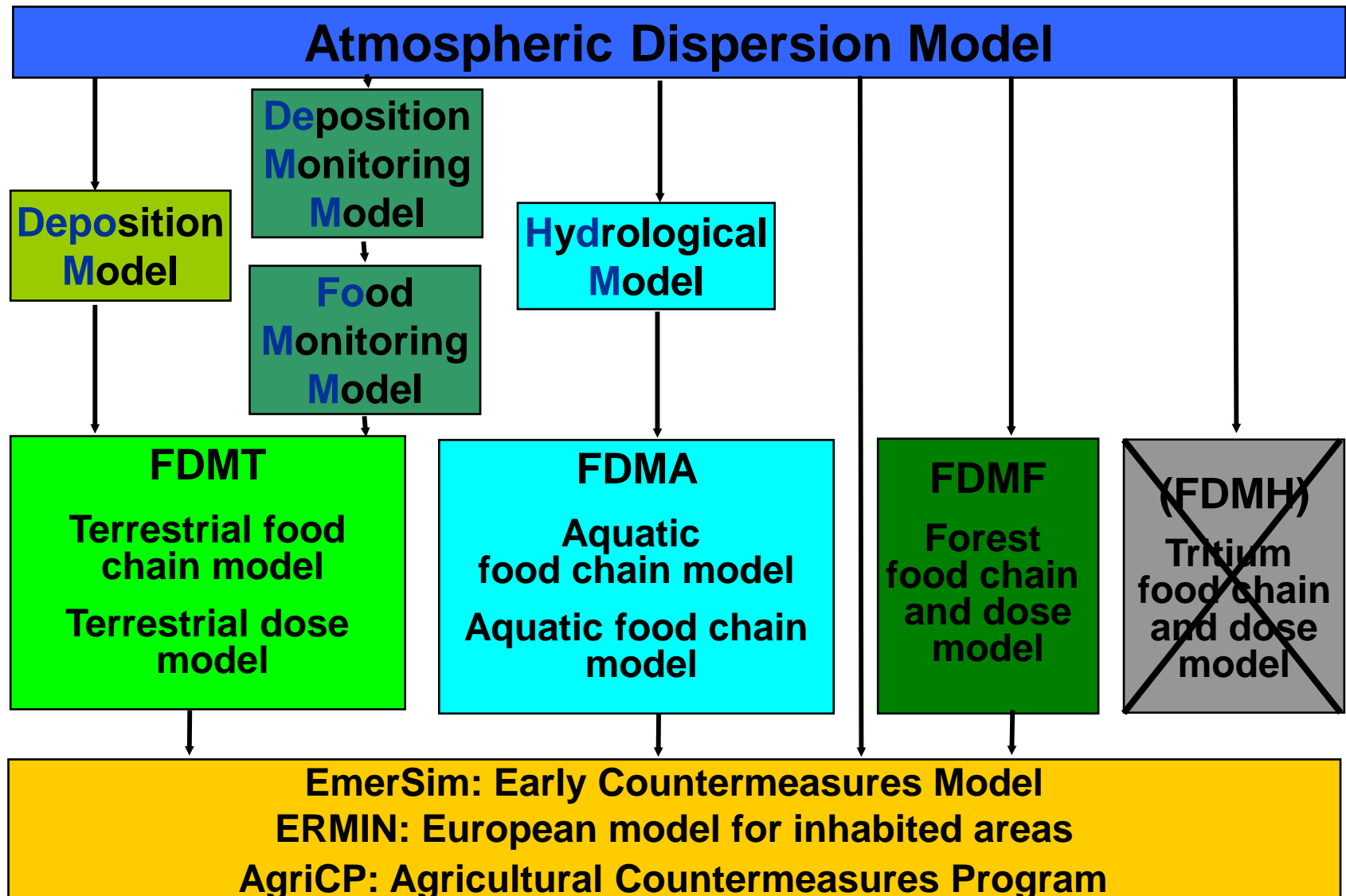
- Stand-alone MATCH
- LSMC-MATCH with coupling to the results of a near-range dispersion calculation

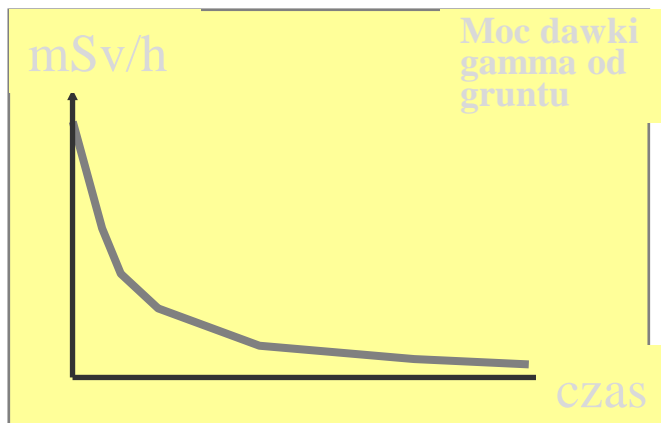
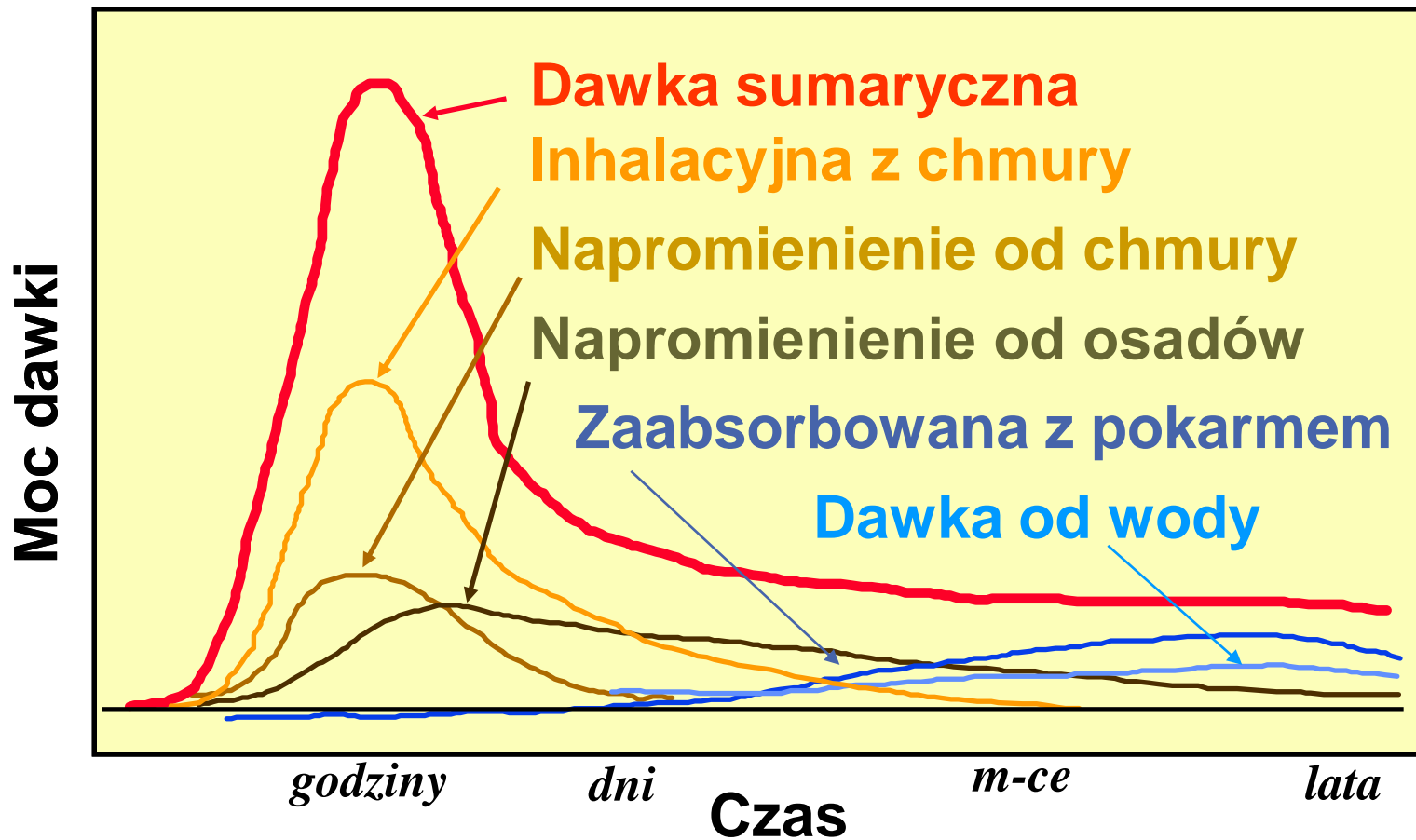


# Wyniki podsystemu analiz ASY

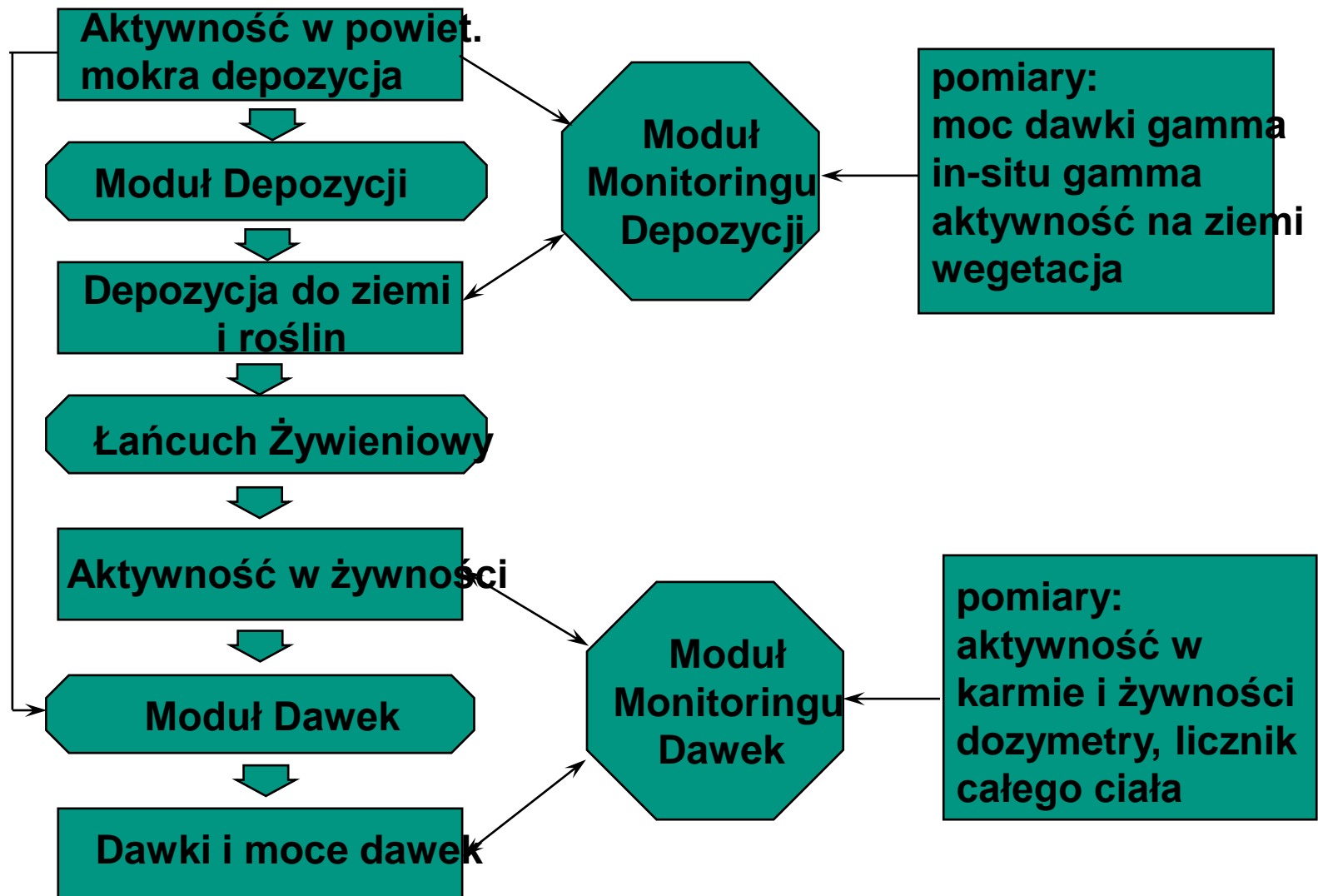
- pola wiatru i opadów
- trajektorie wiatru
- stężenie aktywności (chwilowe, scałkowane po czasie) w powietrzu blisko ziemi, na powierzchni ziemi, w żywności i karmie
- moce dawek (od chmury, od ziemi i całkowita)
- Tryb diagnostyczny (co 10 min):
  - dawki indywidualne dla dorosłych i dzieci (dawki efektywne, szpik kostny, tarczyca, płuca, macica, skóra) od chmury, ziemi, inhalacji (dawki przyjęte) całkowite
- Tryb prognostyczny (co 30 min):
  - co 0.5 godz dawki indywidualne dla dorosłych i dzieci (dla magazynowania i późniejszego przetwarzania)

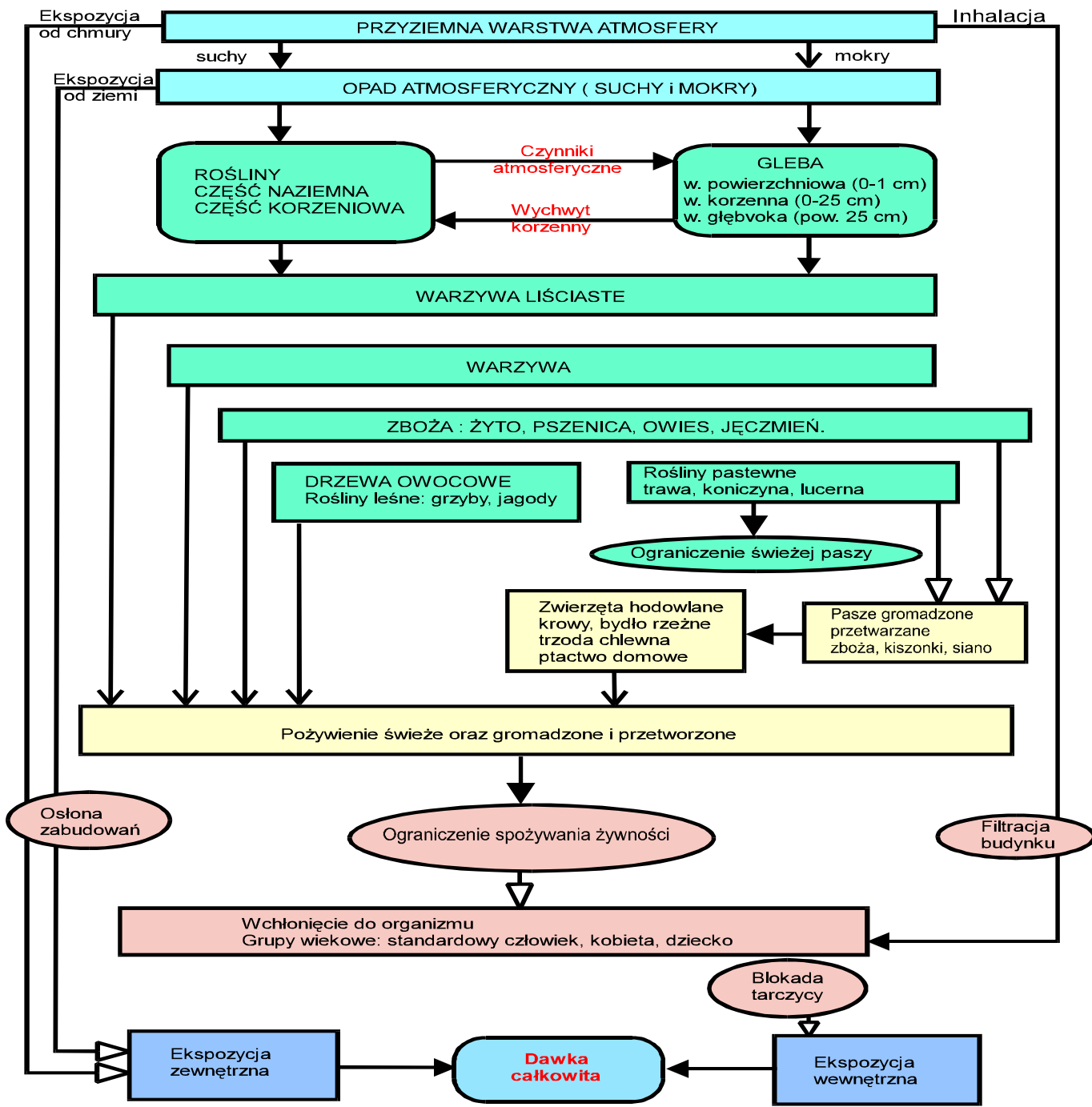
(Level 2) Up-to-date simulation of radiological situation:  
**Radio-ecological and dose models in JRodos**





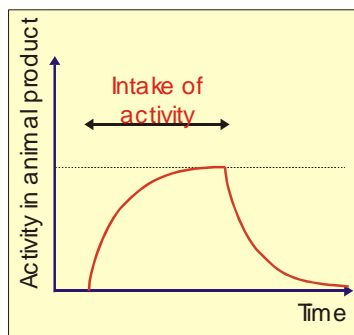
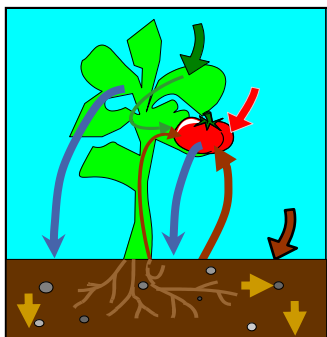
# Struktura i Oddziaływanie Modułów Łańcucha Żywnieniowego i Dawek (Asymilacja Danych)





# Processes of food contamination and their modelling in FDMT

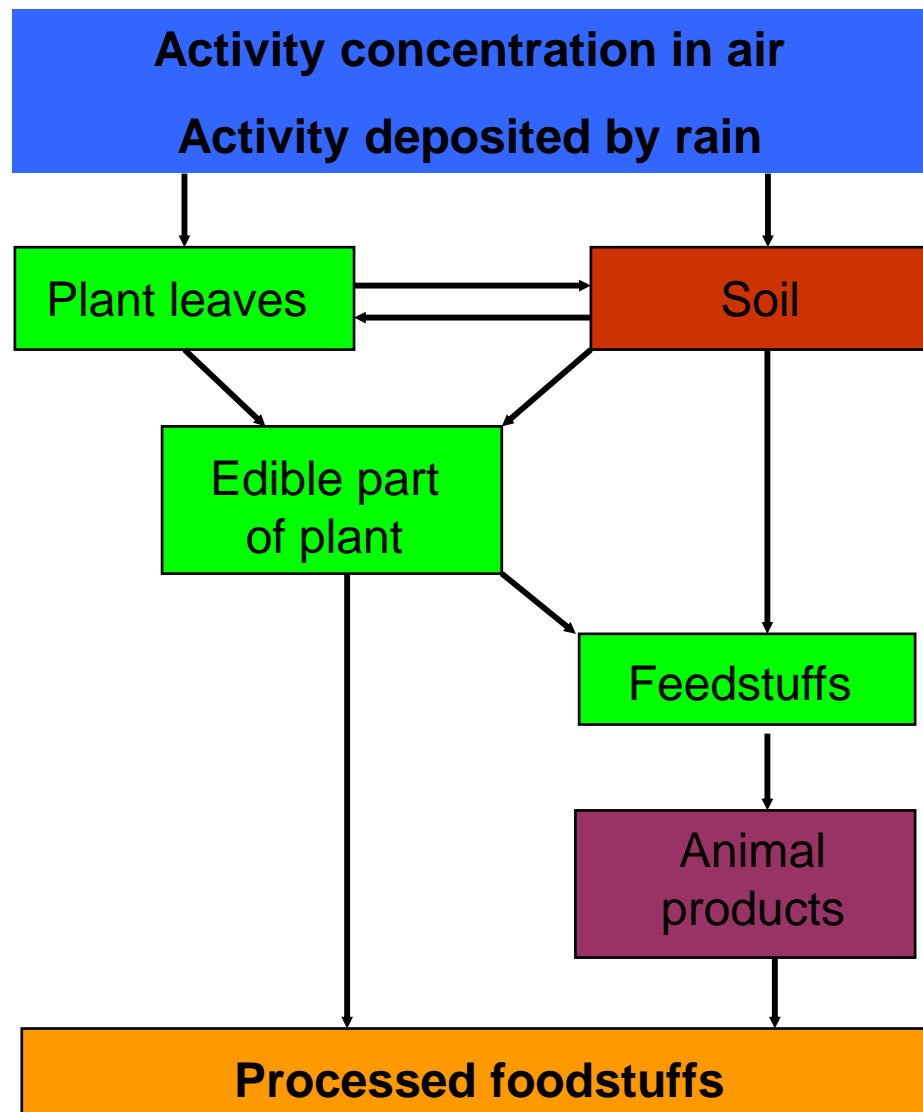
## Deposition

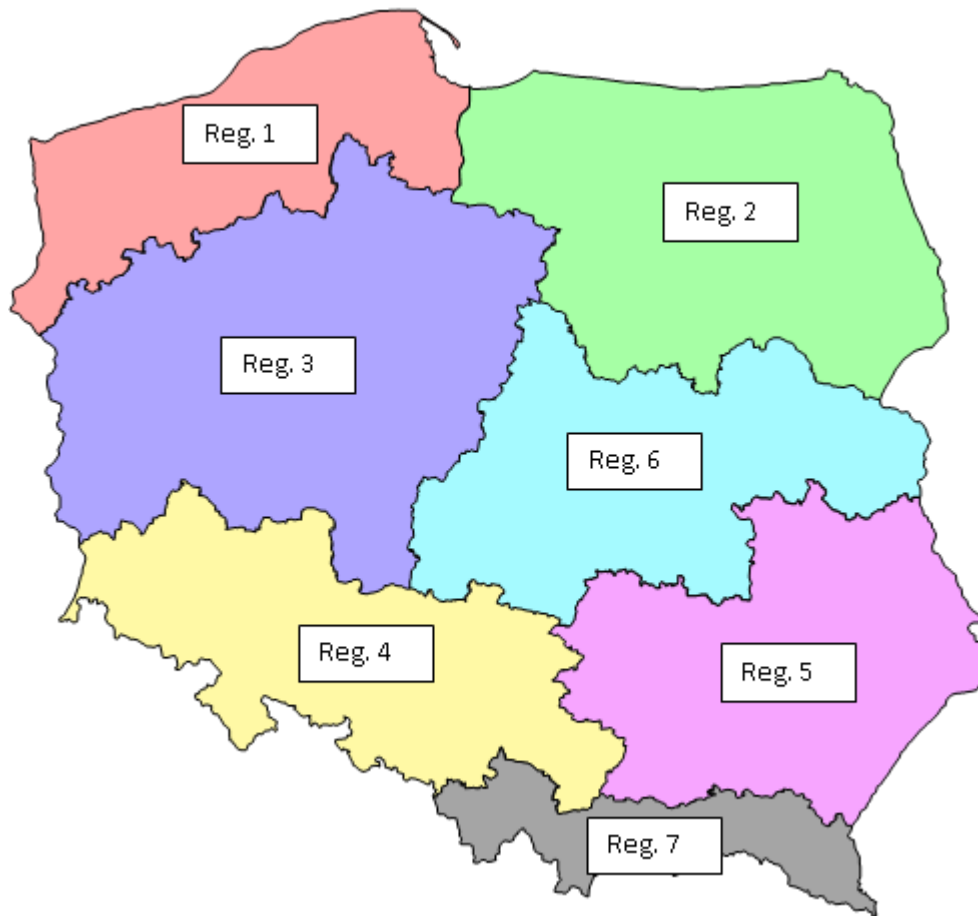


## Plant contamination

## Animal products' contamination

## Processing Storage Culinary preparation





## Regiony radioekologiczne w Polsce

| Parameter                                      | Macro-regions |      |      |      |      |      |      |
|--|---------------|------|------|------|------|------|------|
|  | 1             | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
| Mean soil bonitation index                     | 0.80          | 0.68 | 0.84 | 0.83 | 0.91 | 0.67 | 0.88 |
| Mean annual precipitation [mm]                 | 540           | 572  | 500  | 566  | 550  | 515  | 620  |
| Mean annual temperature [°C]                   | 9.5           | 7.9  | 9.5  | 9.0  | 8.5  | 9.0  | 8.6  |
| Mean annual length of vegetation period [days] | 298           | 271  | 293  | 291  | 275  | 286  | 276  |

# Żywność rozważana w modelu łańcucha żywieniowego

## Produkty mleczne

- mleko krowie
- skondensowane mleko
- śmietana
- masło
- ser
- mleko kozie
- mleko owcze

## Mięso i inne produkty

- zwierzęce
- wołowina
- cielęcina
- wieprzowina
- jagnię
- sarna
- drób

## Produkty roślinne

- pszenica
- pszenica ozima
- żyto
- owies
- ziemniaki
- liściaste warzywa
- warzywa korzeniowe
- pozostałe warzywa
- owoce
- owoce jagodowe

## Napoje

- woda pitna
- piwo

# **Przeciwdziałania dla produktów warzywnych rozważanych w RODOSie**

- 1. Zakaz spożywania**
- 2. Zniszczenie**
- 3. Przetworzenie**
- 4. Magazynowanie**
- 5. Melioracja obszaru agrarnego**
- 6. Zmiana upraw**
- 7. Zmiana pokrycia terenu**
- 8. Dekontaminacja obszaru agrarnego**

# **Przeciwdziałania dla produktów mięsnych i mlecznych rozważane w RODOSie**

- 1. Zakaz spożywania**
- 2. Zniszczenie**
- 3. Przetwarzanie**
- 4. Magazynowanie**
- 5. Usunięcie skażonej żywności z diety**
- 6. Zmniejszenie udziału skażonej żywności w diecie**
- 7. Dodanie sorbentów do pokarmów**
- 8. Zmiana diety zwierząt**
- 9. Zmiana pokrycia terenu**
- 10. Dekontaminacja obszaru agrarnego**

# Strategie dekontaminacji skażonego obszaru

- Głębokie zaoranie.
- Usunięcie roślin i krzewów.
- Ścięcie trawy.
- Czyszczenie dróg.
- Zwyczajne zaoranie.
- Usunięcie gleby.
- Podwójne przekopanie.
- Obrócenie ziemi.
- Zmycie dróg wodą.
- Usunięcie pyłu z dróg.
- Piaskowanie ścian.
- Czyszczenie dachów.
- Usunięcie pyłów w domach.
- Usunięcie koron drzew i krzewów

# Wyniki podsystemu CSY

- dawki interwencyjne
- dawki indywidualne dorosłych i dzieci (1d, 7d, 14d, 30 d, 0.5 roku, 1 rok, 50 lat)
- dla każdej ścieżki narażenia i dla sumy; dawki zależne od lokalnego czasu / moce dawek od ziemi)
- rozkład częstości dawek indywidualnych w populacji
- dawki kolektywne
- liczba efektów zdrowotnych (śmiertelność, zachorowalność; deterministyczna and stochastyczna)
- koszty finansowe efektów zdrowotnych i przeciwdziałań

# Kryteria ewaluacji przeciwdziałań

## Dawki uniknięte

- obszary stosowania przeciwdziałań
- liczba osób zagrożonych
- koszty finansowe
- początek i koniec okresu stosowalności

# Hydrological model chain HDM

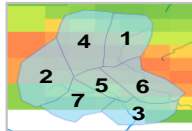
Watershed  
runoff/pollution wash-off



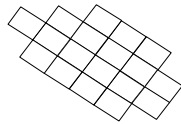
2D - Model  
Water and sediment  
transport in rivers



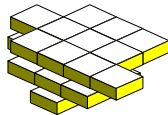
Compartment model  
Radionuclide transport in  
water and fish



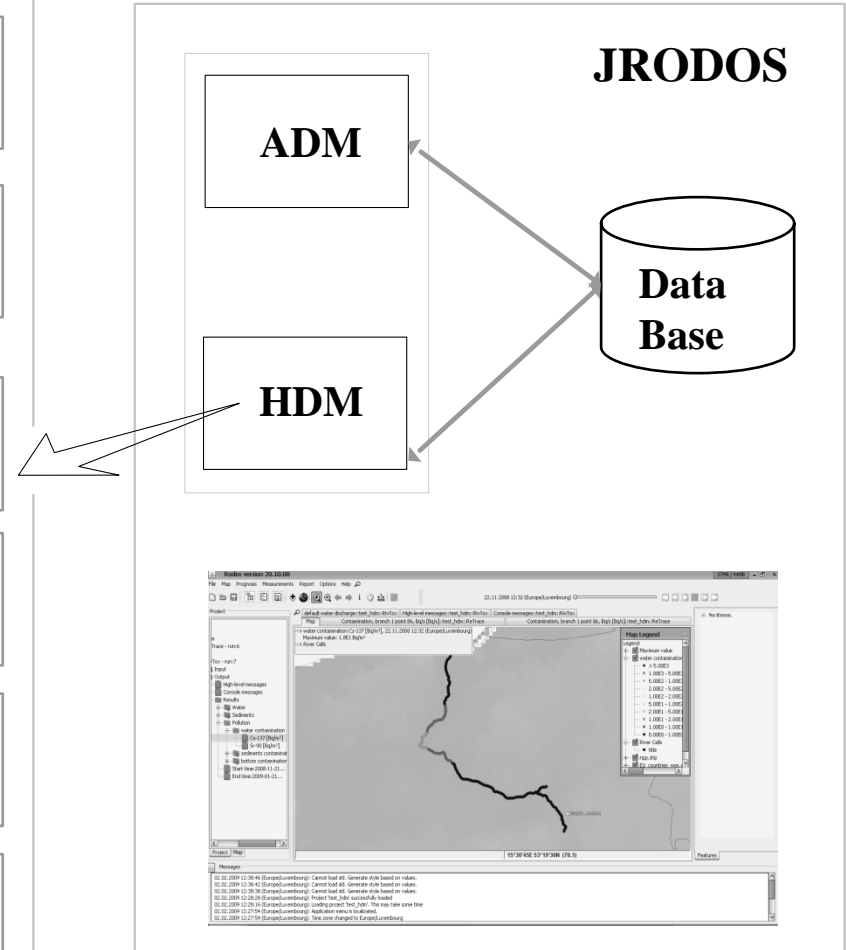
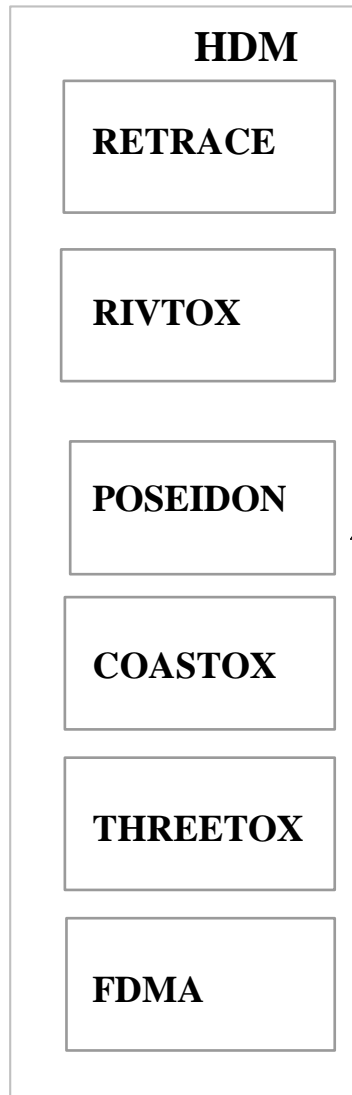
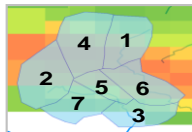
2D - Model  
Radionuclide transport in in  
shallow reservoirs, lakes,  
coastal waters



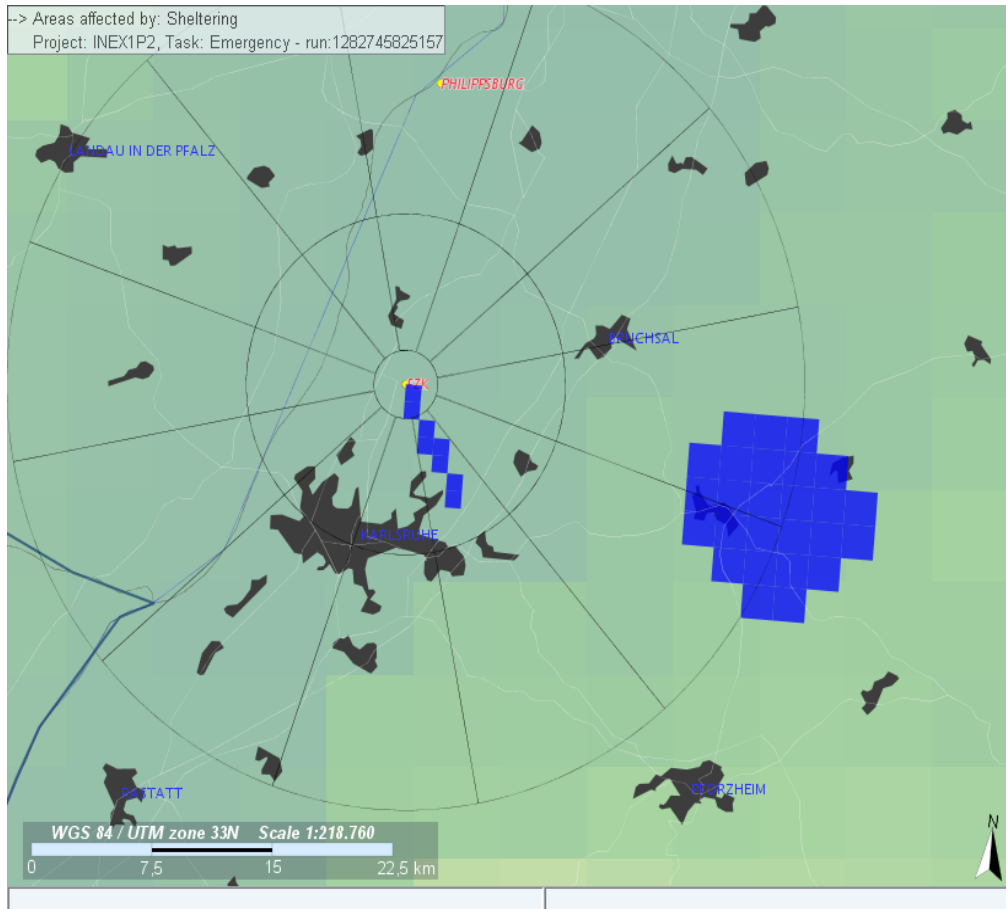
3D - Model  
Radionuclide transport in  
complex water bodies



Aquatic food chains



# (Level 3) Extent and duration of early and late actions, and their consequences

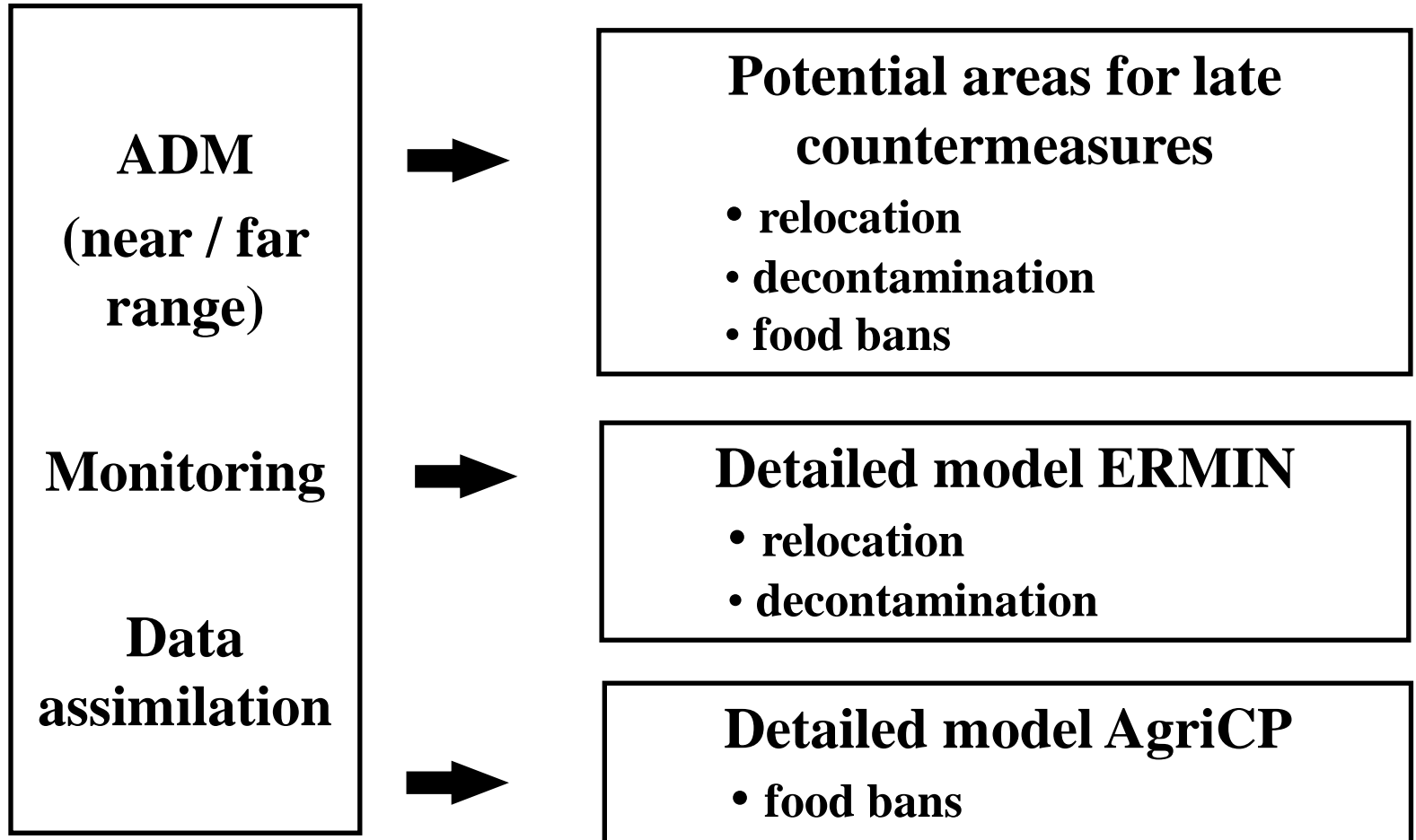


## ■ Simulation models for

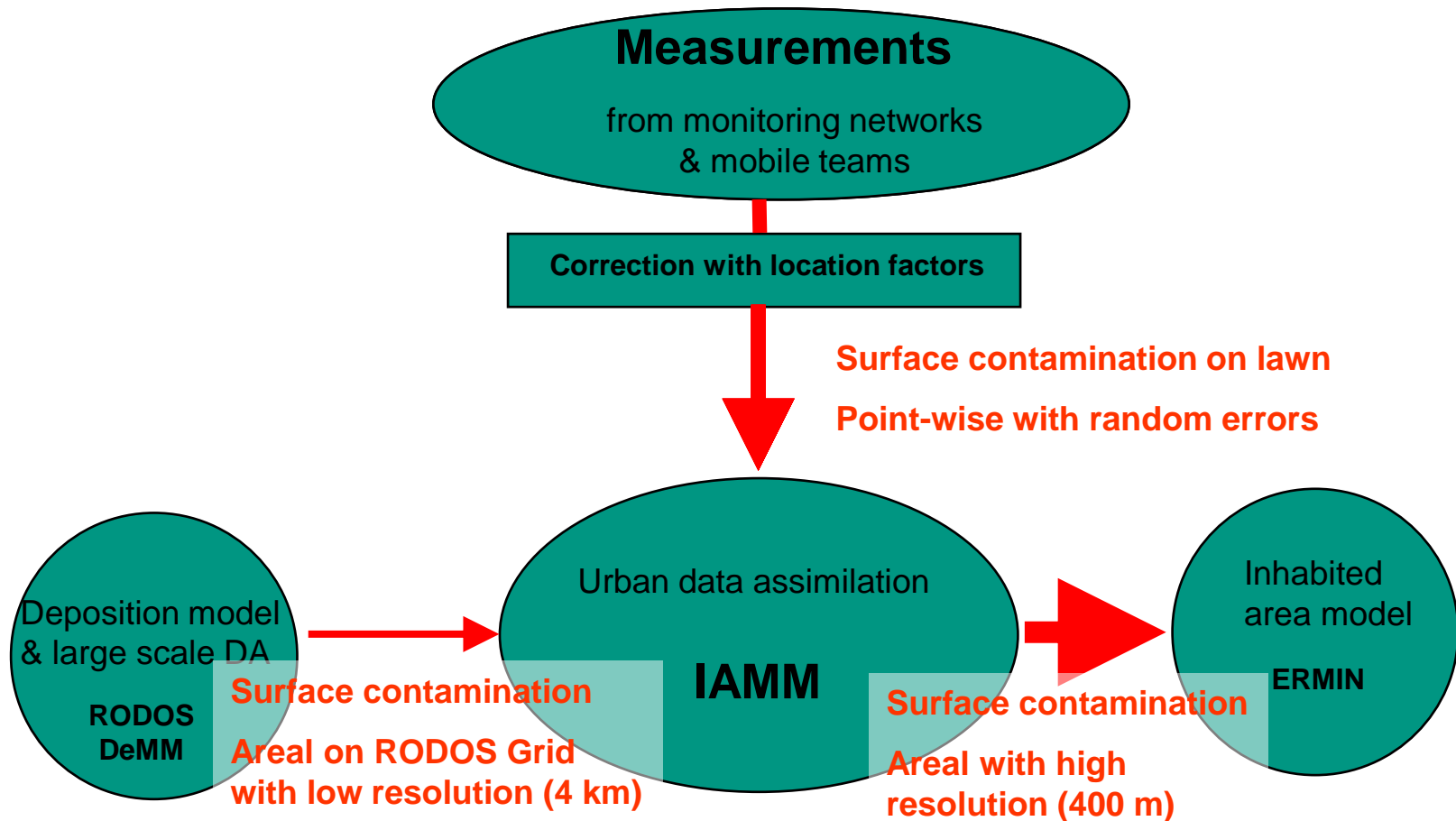
- Early countermeasures (sheltering, evacuation, iodine tablets) (**EmerSim**)
- Countermeasures in urban areas (**ERMIN**)
- Countermeasures in agricultural areas (**AGRICP**)

■ *Limited simulation of health effects and economic consequences*

# JRodos structure late phase



# Interaction between inhabited area model ERMIN and data assimilation tool IAMM



## **JRodos late phase models: Inhabited area model ERMIN**

- ERMIN is a European model to investigate the effect of countermeasure option in inhabited areas that has been developed in the frame of the EURANOS project
- It is a dynamic model that calculates the deposition to individual surfaces and the behaviour of the radionuclides in the environment (not only a set of pre-calculated library data)
- Seven different environments are considered in ERMIN

## **JRodos late phase models:**

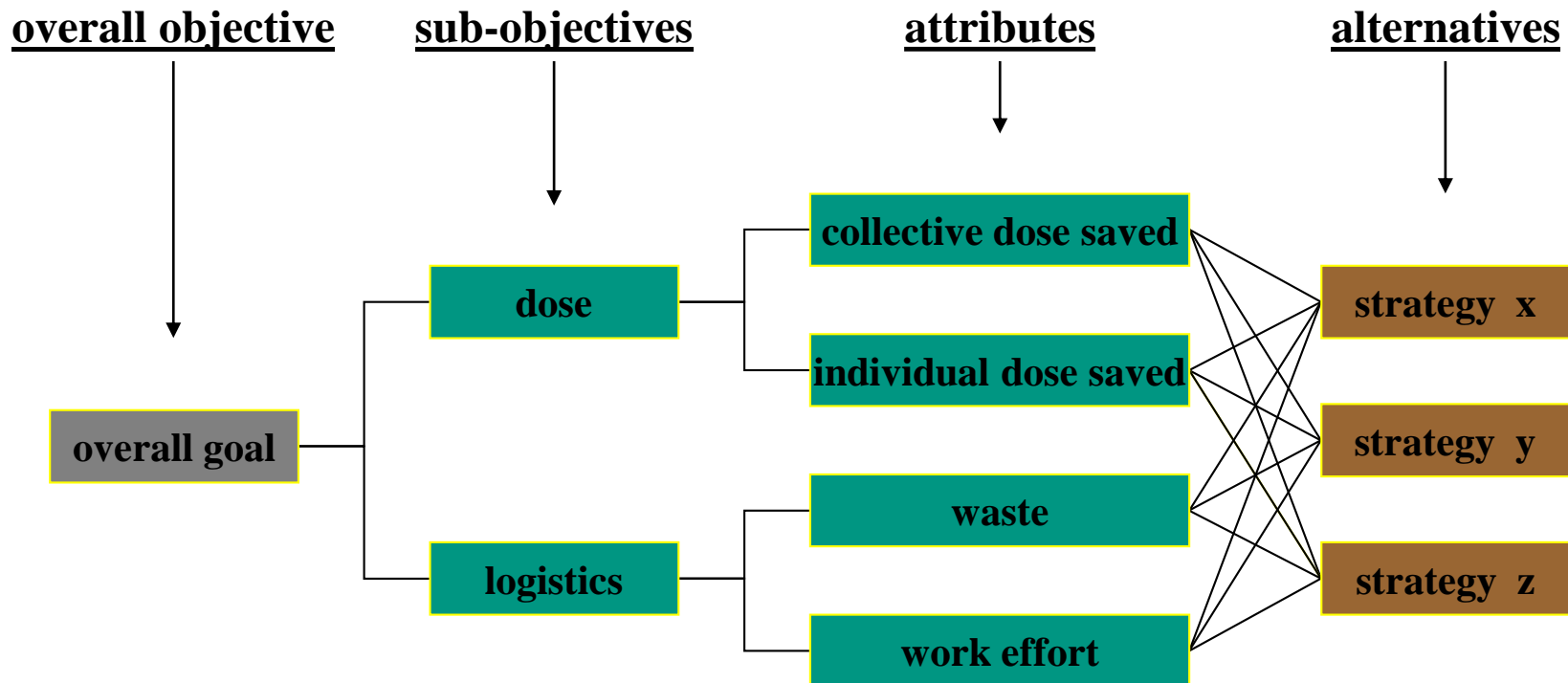
### **Agricultural Countermeasures Program (AgriCP)**

- AgriCP combines dynamic food chain calculations and countermeasure simulations in one model
- AgriCP has been developed as part of the EURANOS Project and considers approaches from the European handbook on food production systems
- The calculation of countermeasures inside the food chain modelling allows to consider complex strategies in a physical correct manor

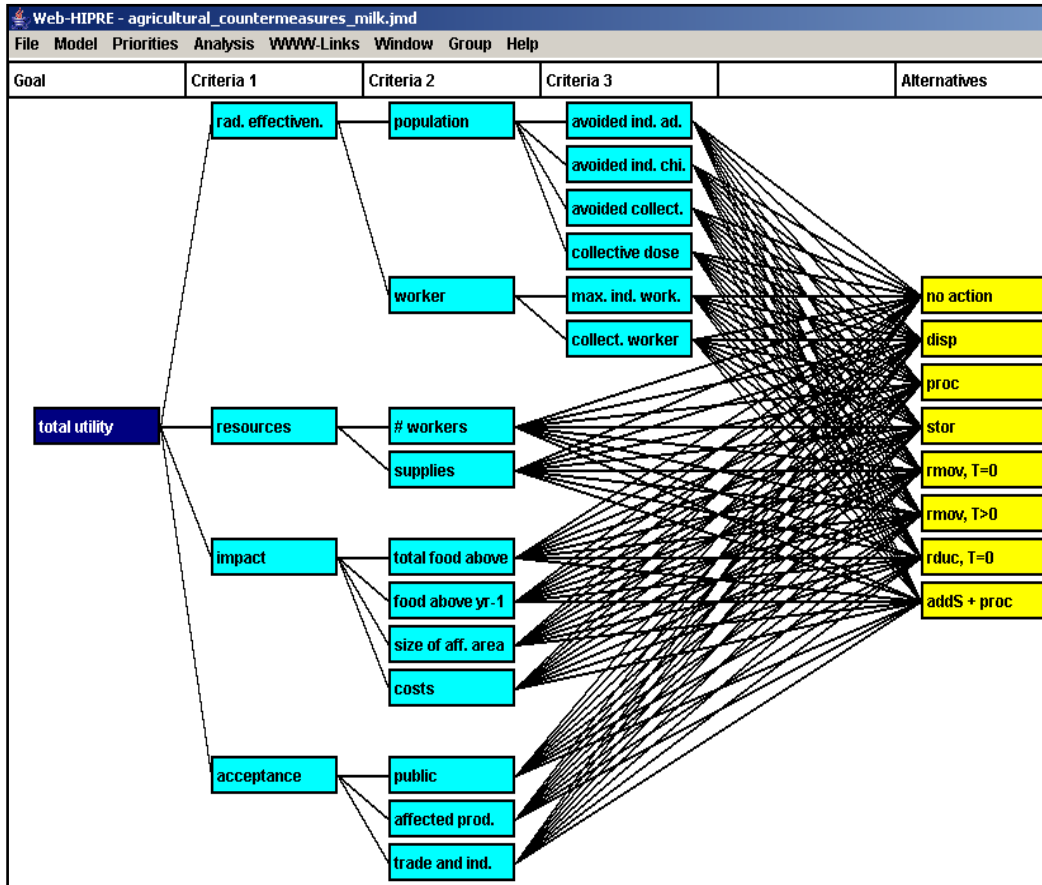
# Information Level 4 in JRodos

## Evaluation and ranking of optional countermeasure strategies

- Elucidation of problem structure by hierarchical decision criteria modelling
- Balancing of benefits and disadvantages by accounting for constraints (feasibility, public acceptability...), preferences of decision makers, and socio-psychological and political aspects

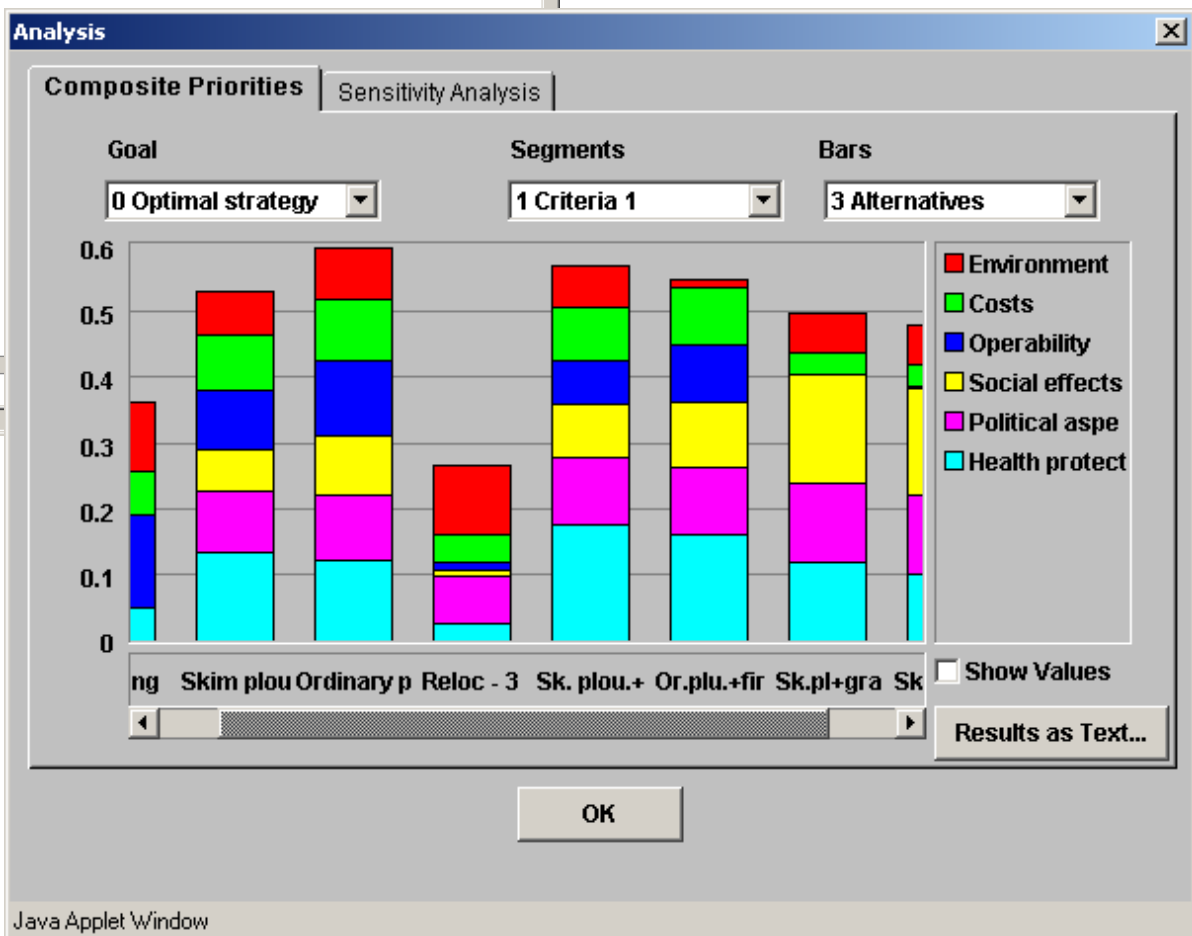
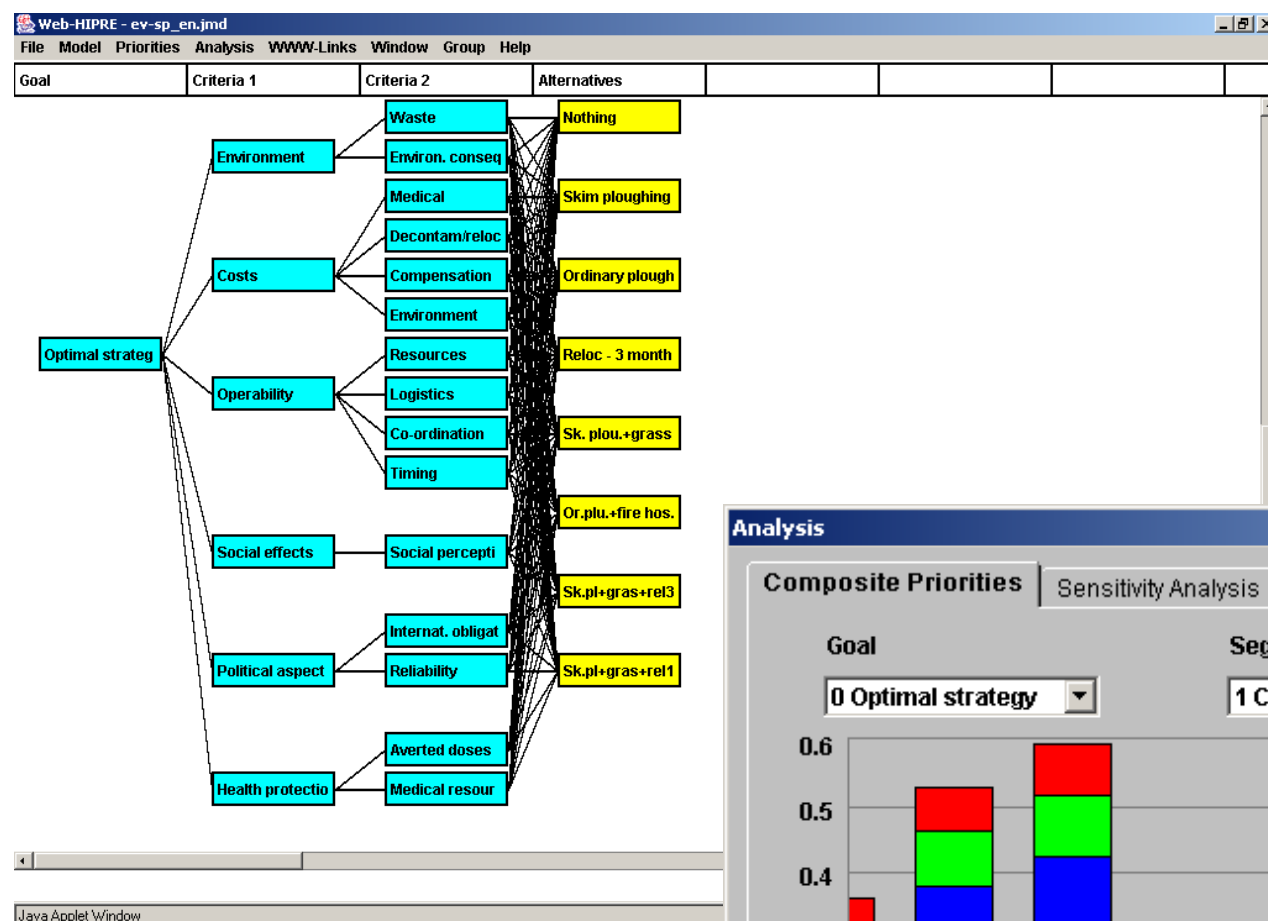


# Example: Decision tree for milk countermeasures



## Legend:

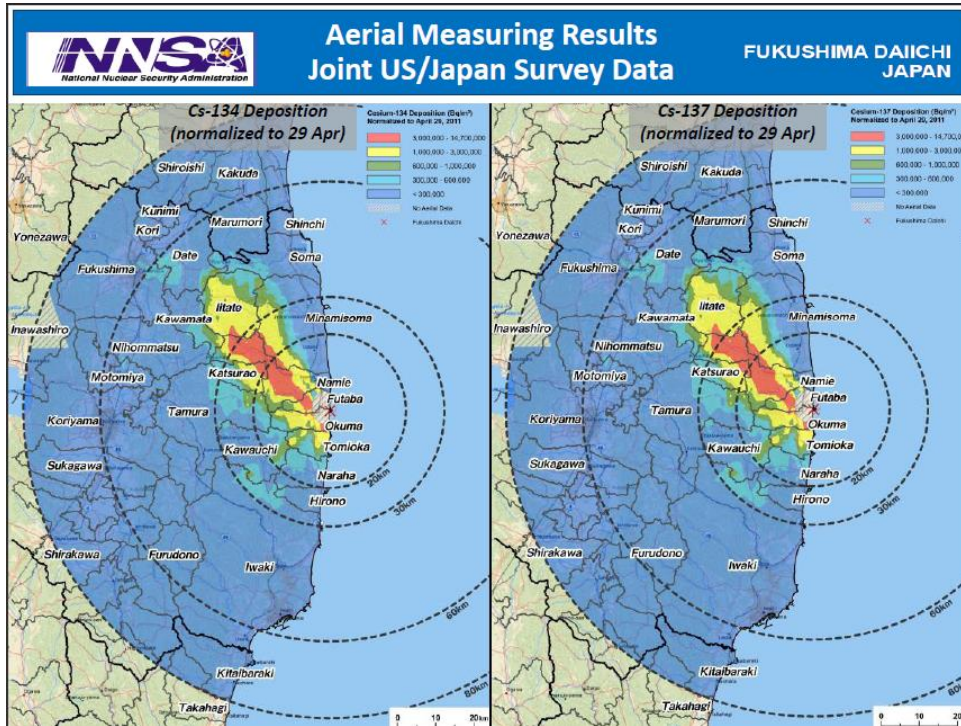
- no action:* no action
- disp:* disposal (of produced milk)
- proc:* processing (of milk)
- stor:* storage
- rmov, T=0:* removal of cows from contaminated feed at time T=0, feeding with uncontaminated feed
- rmov, T>0:* removal of cows from contaminated feed at time T>0, feeding with uncontaminated feed
- rduc, T=0:* animals get uncontaminated / less contaminated feed
- addS+proc:* adding of concentrates to the food to reduce the activity concentration (of milk and meat) and subsequent processing



Java Applet Window

Java Applet Window

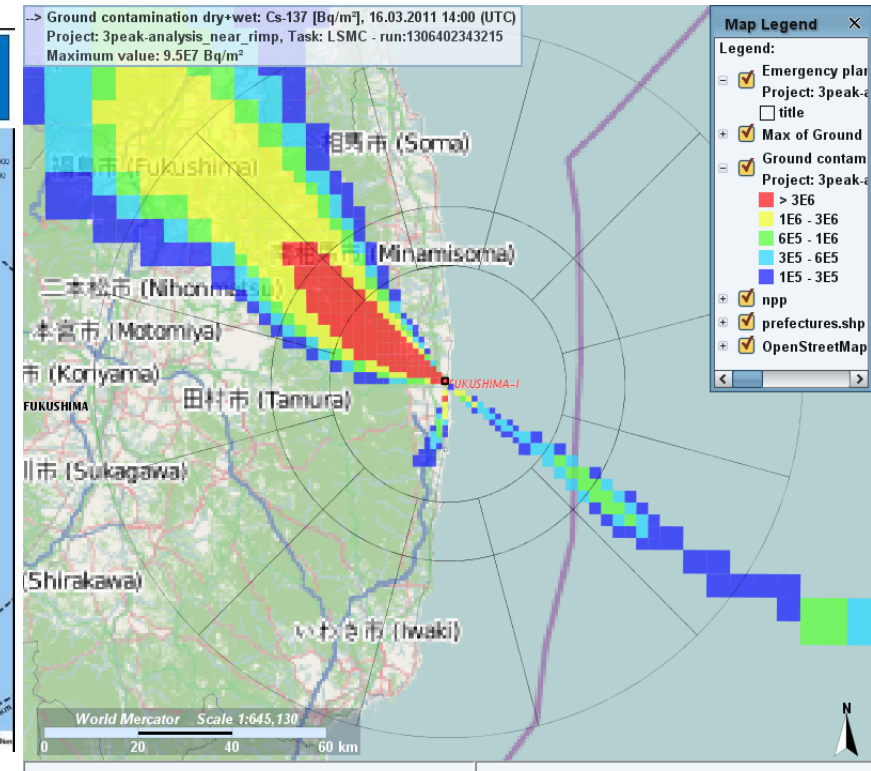
# JRodos and Fukushima - Calculation and measurements



Ground contamination of cesium 134 and 137 in Bq/m<sup>2</sup> (American and Japanese measurements), normalized to end of April (red more than 3 Million Bq/m<sup>2</sup>)

Source: U.S. Department of Energy

<http://energy.gov/news/10194.htm>

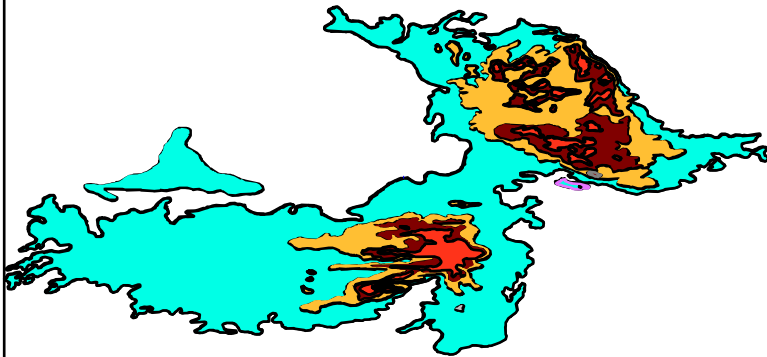


Ground contamination of cesium 137  
From JRodos calculation

Source term: ~ 1.0E16 Bq Cs-137

# Prognoza w stosunku do rzeczywistości

Opad Czernobylski



Typowe rezultaty modeli prognostycznych

