

METEOROLOGINIŲ SĄLYGŲ MODELIAVIMAS NAUJOS KARTOS HARMONIE MODELIU, VERTINANT RADIOAKTYVIŲ MEDŽIAGŲ SKLAIDĄ AVARIJŲ METU

Rimvydas Jasinskas¹, Arūnas Maršalka¹, Juozas Šulskus¹, Mindaugas Mačernis¹, Vida Augulienė²,
Martynas Kazlauskas², Eglė Lunytė¹

¹Vilniaus universiteto Fizikos fakultetas, ²Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba

Santrauka

Tyrimo tikslas – sukurti sistemą, leidžiančią įvertinti radioaktyvaus debesies sklidimo kelią įvykus branduolinei avarijai. **Medžiaga ir metodai.** Darbe naudojamas naujos kartos HARMONIE meteorologinis modelis, leidžiantis prognozuoti labai greitai besikeičiančius meteorologinius reiškinius, bei Saulėtekio slėnio superkompiuteris Vilniaus universiteto Fizikos fakultete.

Rezultatai. Radioaktyvaus debesies sklidimo kelią tiksliausiai galima nusakyti atliekant matavimus, tačiau tai atlikti reikia labai daug tiek materialinių, tiek finansinių resursų. Kitas gana tikslus sklaidos vertinimo būtas – modeliavimas. Tačiau modeliuojant labai svarbu turėti kuo tikslesnius modelio įvesties duomenis, o tam labai svarbu įvertinti meteorologines sąlygas. Norėdami perspektyvoje pasakyti apie radioaktyvaus debesies elgseną, turėtume keliomis valandomis į priekį žinoti, kaip kis meteorologinės sąlygos (atmosferos stabilumas, vėjo greitis ir kryptis, temperatūra, slėgis ir t. t.). Todėl šiuo metu Lietuvos hidrometeorologinė tarnyba ir Vilniaus universiteto Fizikos fakultetas, panaudodami Saulėtekio slėnio superkompiuterį, diegia ir bando tokią sistemą. Gauti pirmi temperatūrinį gradientą įvertinantys rezultatai, pasiūlyta radioaktyvaus debesies sklaidos vertinimo schema.

Išvados. Atlikus preliminarūs skaičiavimus, matyti, kad temperatūrinių gradientinių laukų skaičiavimui naudojant naujos kartos HARMONIE modelį gaunami tikslesni rezultatai turės esminės įtakos tikslesnei radioaktyvaus debesies sklidimo trajektorijai nusakyti.

Reikšminiai žodžiai: modeliavimas, radioaktyvi tarša, avarijos, superkompiuteris.

ĮVADAS

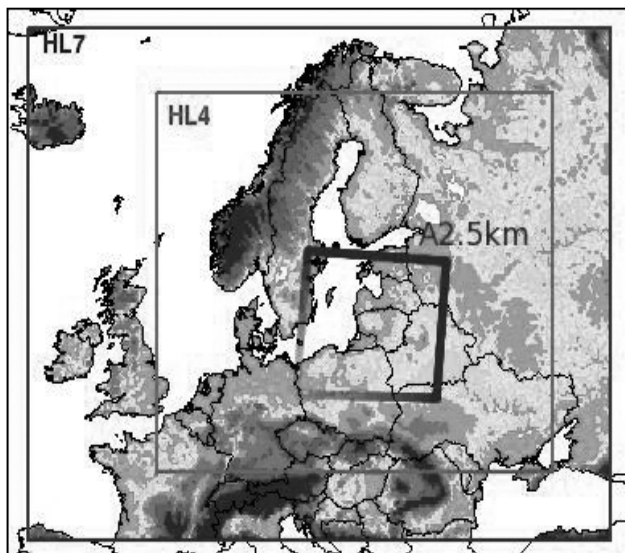
Branduolinių elektrinių reaktoriuose susidaro labai platus spektras įvairių radioaktyvių medžiagų. Kai kurios iš jų išlieka grėsmingos ilgus tūkstantmečius, kai kurių skilimo pusperiodis žymiai trumpesnis. Nors dabartinėse branduolinėse elektrinėse montuojamos įvairios saugumą užtikrinančios sistemos, tačiau pasitaiko atvejų, kai iš reaktorių radioaktyvios medžiagos patenka į atmosferą ir neigiamai veikia aplinką bei žmones. Radioaktyvių medžiagų poveikio žmonėms ir aplinkai rezultatas priklauso nuo radioaktyvių medžiagų tipo, gauto radiacijos kiekio bei apšvitimo laiko, meteorologinės situacijos ir prevencinių priemonių veiksmingumo. Yra išplėta strategija, kaip sušvelninti branduolinių avarijų neigiamą įtaką

žmonėms [1]. Tai pirmiausia slėpimasis tam skirtose vietose, evakuacija, radioaktyvių medžiagų nukenksminimas ir stabilių jodo preparatų naudojimas. Pastaroji procedūra yra ypač svarbi, nes, įvykus avarijai, į atmosferą patenka labai daug radioaktyvių jodo izotopų, kurie kaupiasi mūsų skydliaukėje. Kaip parodė Černobylio avarijos pasekmių studijos, daugelis arti avarijos vietos ir radioaktyvaus debesies sklidimo trajektorijoje buvusių žmonių, o ypač vaikai, vėliau susirgo skydliaukės vėžiu. Pasaulinės sveikatos organizacijos duomenimis, susirgti skydliaukės vėžiu 18–40 metų amžiaus žmonėms tikimybė yra gana maža, o turintiems daugiau nei 40 metų amžiaus ji beveik lygi nuliui, maži vaikai ypač jautrūs radioaktyviems jodo izotopams [1].

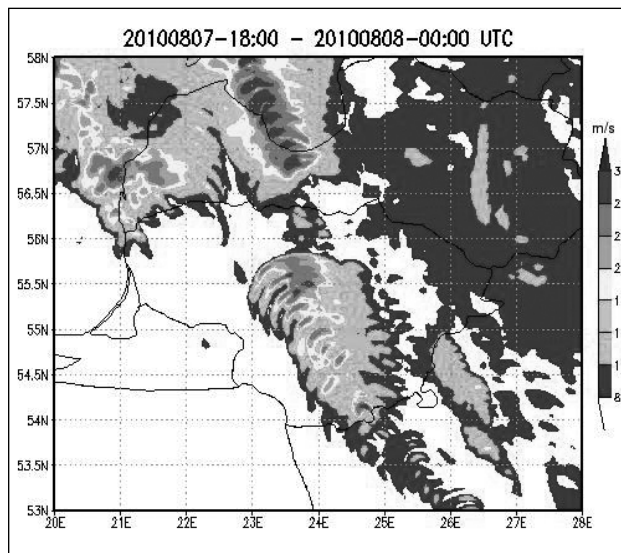
TYRIMO OBJEKTAS IR METODAI

Norint laiku imtis prevencinių priemonių, būtina kuo tiksliau įvertinti ir prognozuoti radioaktyvaus debesies sklidimo greitį, kryptį bei radioaktyvių teršalų koncentracijas. Tai galima atlikti pasinaudojant skaitmeniniu tiek teršalų, tiek meteorologinių sąlygų modeliavimu.

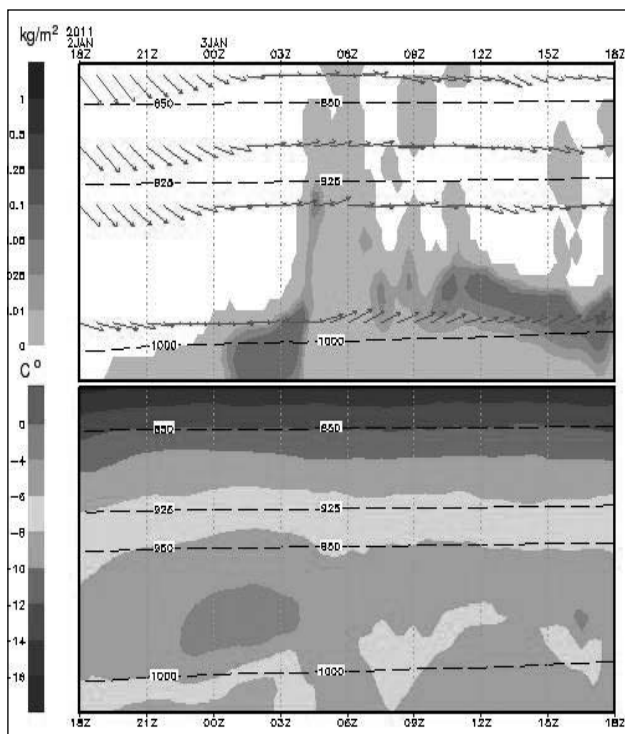
Adresas susirašinėti: Arūnas Maršalka,
Vilniaus universiteto Fizikos fakultetas,
Saulėtekio al. 9, III korp., 10222 Vilnius.
El. p. arunas.marsalka@ff.vu.lt



1 pav. Lietuvoje naudojamų skaitmeninių orų modeliavimo sistemų HIRLAM (HL7, HL4) ir HARMONIE (A 2,5 km) operatyvinės skaičiavimo teritorijos



2 pav. HARMONIE maksimalių vėjo gūsių prognozė 2010 m. rugpjūčio 7 d. (18 UTC) – 2010 m. rugpjūčio 8 d. (00 UTC)

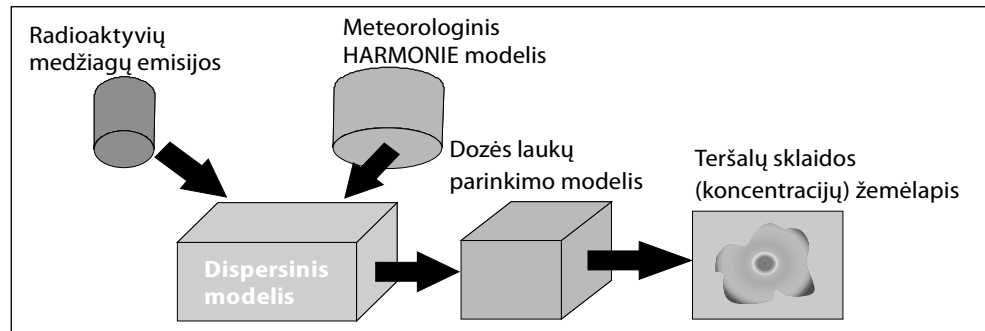


3 pav. HARMONIE modelio žemutinių atmosferos sluoksnių debesų kondensato (viršutinis grafikas) ir temperatūros profilio (apatinis grafikas) prognozės 2011 m. sausio 2–3 dienoms žemutiniuose atmosferos sluoksniuose viename gardelės taške pavyzdys

Šiuo metu egzistuoja gana daug radioaktyvių teršalų sklaidos modelių, kurie sėkmingai naudojami vertinant radioaktyvių medžiagų debesies sklaidimą, iškritų kiekį ir radioaktyvių medžiagų koncentracijas. Tačiau yra žinoma, kad susidariusi radioaktyvių

medžiagų koncentracija labai priklauso nuo meteorologinių sąlygų: vėjo greičio, atmosferos stabilumo, temperatūros, vertikalio oro srautų judėjimo atmosferoje. Esant pastoviam radioaktyvių medžiagų emisijos intensyvumui bet kintant meteorologinėms sąlygoms, teršalų koncentracija atskirose vietose gali pakisti iki dešimties kartų. Vienas iš svarbiausių veiksnių, veikiantis radioaktyvių teršalų sklaidą, yra vertikalus temperatūros gradientas. Jį gana didelėse teritorijose galima prognozuoti naudojant skaitmeninius meteorologinius modelius.

Šiuo metu pagrindinė Lietuvoje naudojama skaitmeninio orų modeliavimo sistema yra HIRLAM (*High Resolution Limited Area Model*). Ji Lietuvos hidrometeorologijos tarnyboje veikia nuo 2006 metų. Natūraliai plečiantis globalinių skaitmeninių modelių galimybės, didėjant prieinamų kompiuterinių resursų kiekiui bei augant detalesnės meteorologinės informacijos poreikiui, HIRLAM modelio teikiamų sinoptinio mastelio (5–15 km horizontalios rezoliucijos) galimybių šiam poreikiui patenkinti nepakanka. Todėl Lietuvoje kartu su HIRLAM sinoptiniu masteliu pradėta naudoti *mezo-aio* (horizontali rezoliucija ~0,5–15 km.) skaitmeninė orų modeliavimo sistema HARMONIE. HARMONIE (*Hirlam-Alladin Research towards Mesoscale Operational NWP In Europe*) skaitmeninių orų modeliavimo sistemą kuria ir plėtoja HIRLAM (9 šalys) ir ALLADIN (12 šalių) meteorologijos institutai bei tarnybų konsorciumai. HARMONIE sistema gali būti naudojama modeliuojant orų sąlygas virš norimos teritorijos itin aušta skiriamąja



4 pav. Radioaktyvios taršos vertinimo sistema

geba, naudojant nuo 5 km iki 500 m mastelį. Pagrindinė HARMONIE sistemos paskirtis yra orų sąlygų modeliavimas realiu laiku bei moksliniai tiriamieji skaičiavimai [2]. Atsižvelgiant į poreikį, orų prognozės gali būti kuriamos tiek šalių, tiek atskirų miestų rajonų ar specifinių regionų, tokių kaip dideli vandens telkiniai, masteliu. Orų sąlygų kaita gali būti teikiama iki 1 min. laiko intervalais, nors šiuo metu HARMONIE naudojami laiko intervalai – 1 val. žemesnės skiriamosios gebos ir 15 min. aukštesnės skiriamosios gebos meteorologiniams laukams skaičiuoti.

Lietuvoje HARMONIE sistema operatyviniams skaičiavimams naudojama nuo 2011 m. Sistema įdiegta Lietuvos hidrometeorologinės tarnybos skaičiavimo centre ir Nacionalinio fizinių ir technologijos mokslų centro 1000 branduolių aukšto našumo superkompiuteryje Vilniaus universiteto Fizikos fakultete. Skaičiavimai atliekami 4 kartus per parą 2,5 km skiriamąja geba (1 pav.), naudojant Europos vidutinės trukmės prognozių centro globalaus modelio skaitmeninius laukus.

REZULTATAI

Planuojama, kad iki 2015 m., bendradarbiaujant Vilniaus universitetui ir Lietuvos hidrometeorologijos tarnybai bei panaudojant Saulėtekio slėnio Nacionalinio fizinių ir technologijos mokslų centro aukšto našumo superkompiuterį Vilniaus universiteto Fizikos fakultete [3], HARMONIE sistema sėkmingai pakeis iki šiol naudojamą HIRLAM skaitmeninę modeliavimo sistemą. Tai turėtų pagerinti prognozių rezultatus tiek prognozių trukmės, tiek prognozių kokybinių rodiklių pasitvirtinimo požiūriu.

HARMONIE modelio sukuriama naujų galimybių, prognozuojant ypač greitus atmosferos reiškinius, pavyzdys yra 2010 m. rugpjūčio 8 d. naktį Lietuvą nuniokojusio škvalo, kurio metu buvo padaryta itin didelė žala daliai šalies infrastruktūros, simuliacija, gauta panaudojant Nacionalinio fizinių ir

technologijos mokslų centro aukšto našumo superkompiuterį Vilniaus universiteto Fizikos fakultete [3] (2 pav.).

Be operatyvinių orų prognozių, HARMONIE rezultatai gali būti naudojami kituose prognozės modeliuose ir prognozavimo sistemose, kurios paremtos atmosferos laukų įtaka. Tai – meteorologinės prognozės kelių dangos būklei vertinti, oro uosto pakilimo takų apledėjimo prognozės. HARMONIE duomenys yra naudojami ir ilgalaikėms klimatologinėms simuliacijoms, skirtoms prisitaikyti prie klimato kaitos tam tikruose regionuose (IMPACT projektas, http://www.knmi.nl/samenw/impact/documentatie/TOR_Impact.pdf), aukštos rezoliucijos vėjo resursų atlasams, skirtiems vėjo jėgainių statytojams, sudaryti (<http://www.tuuliatlas.fi/en/index.html>) bei oro užterštumo skaičiavimai – tiek regioniniu, tiek lokaliu masteliu.

REZULTATŲ APTARIMAS

Temperatūrinių inversijų susidarymas turi didelę įtaką vertikaliam oro masių ir joje esančių teršalų judėjimui ir maišymuisi. Susidarius inversiniams sluoksniams, labai pasunkėja konvecinis oro srautų judėjimas ir tampa beveik neįmanoma radioaktyvių medžiagų, patekusių į atmosferą, vertikali sklaida. Todėl, norint kuo tiksliau prognozuoti radioaktyvaus debesies sklaidimo trajektorijas bei teršalų koncentracijų pasiskirstymą priežemio ir kituose aukščiuose, labai svarbu iš anksto numatyti inversijų susidarymo galimybes. Oro ar bet kurių ore esančių dalelių vertikalus judėjimas priklausys nuo atmosferos stratifikacijos: susidarius nestabiliai stratifikacijai, vyks intensyvi sklaida ir teršalai negalės kauptis, dėl to susidarys nedidelė teršalų koncentracija. Ir atvirkščiai, esant stabiliai atmosferos būsenai, kai vertikalus temperatūros gradientas mažesnis už adiabatinių temperatūros gradientą, teršalai kauptis, o radioaktyvių medžiagų koncentracija didės. Todėl labai svarbu

įvertinti atmosferos stabilumą. Pasaulyje stabilumui įvertinti naudojami keli būdai: tai aplinkos temperatūros pokyčio nuo aukščio ir adiabatinės temperatūros pokyčio nuo aukščio gradientų palyginimas, empirinis metodas, kai stabilumas nustatomas pagal debesuotumą ir priežemio vėjo greitį, stabilumo klasės nustatomos pagal Ričardsono (*Richardson*) skaičių bei pagal Monino ir Obuchovo mastelinį daugiklį L , kuriuo naudojamos ir mes bei kuris yra labiausiai paplitęs pasaulyje:

$$L = \frac{\bar{T}v^3 \rho c_p}{kgH},$$

čia ρ – oro tankis; c_p – šilumos talpa; \bar{T} – vidutinė paviršiaus sluoksnio temperatūra; H – tikrosios šilumos (konvencinio ir turbulencinio maišymosi) srautas; k – von Karmano konstanta.

Radioaktyvių medžiagų sklaidos modeliavimą galima visiškai automatizuoti, įvedant tik radioaktyvių medžiagų emisijos veiksnius. Meteorologinis modelis

leis pateikti reikalingus meteorologinius laukus, tokius kaip temperatūros gradientai, maišymosi sluoksnio aukštis, vėjo greitis ir kt., o taikant dispersinį modelį bus galima apskaičiuoti teršalų koncentracijas. Automatizuota taršos radioaktyviomis medžiagomis vertinimo sistema pateikiama 4 pav.

APIBENDRINIMAS

Atlikus preliminarinius temperatūrinių gradientinių laukų skaičiavimus panaudojant naujos kartos HARMONIE modelį bei naujas Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto superkompiuterio galimybes matyti, kad galima gauti rezultatus, kurie leidžia tiksliau nusakyti radioaktyvaus debesies sklaidimo trajektoriją. Reikia tęsti šiuos darbus ir sukurti visiškai automatizuotą radioaktyvių medžiagų sklaidos vertinimo sistemą.

Straipsnis gautas 2012-06-07, priimtas 2012-06-29

Literatūra

1. Kok-Palma Y, Leenders M, Meulenbelt J. Dutch distribution zones of stable iodine tablets based on atmospheric dispersion modelling of accidental releases from nuclear power plants. *Radiation Protection Dosimetry*. 2010;140(3):234-241.
2. http://hirlam.org/index.php?option=com_content&view=article&id=65&Itemid=102.
3. <http://supercomputing.ff.vu.lt/>.

Modeling of meteorological conditions by the new generation *HARMONIE* model for evaluation of scattering of radioactive materials during possible accidents

Rimvydas Jasinskas¹, Arūnas Maršalka¹, Juozas Šulskus¹, Mindaugas Mačernis¹, Vida Augulienė², Martynas Kazlauskas², Eglė Lunytė¹

¹Vilnius University, Physics Faculty, ²Lithuanian Hydrometeorology Service

Summary

The aim of the work – to create the system which will allow to evaluate the way of travelling of radioactive cloud after possible nuclear accident.

Material and methods. The new generation meteorological model „Harmonie“ and the Saulėtekis valley super-computer at Vilnius university Physics faculty were used for that purpose.

Results. The most exact way for determination of the propagation trajectory of radioactive cloud is measurement. But this way requires huge material and financial resources. Another quite accurate way of evaluation is modeling. In that case it is essential to have as much as possible precise input data for the model. The evaluation of meteorological conditions plays the essential role here. In order to determine the behavior of radioactive cloud the knowledge of meteorological conditions (stability of atmosphere, the speed and direction of the wind, temperature, pressure...) at least several hours in advance is necessary. For this purpose Lithuanian hydrometeorological service and Faculty of Physics Vilnius university implement an evaluate such

system. First results of evaluation of temperature gradient are achieved and the scheme for evaluation of the propagation of radioactive cloud is proposed.

Conclusions. Preliminary calculations show that new generation model HARMONIE gives more precise results for temperature gradients fields what will have the essential influence on determination of more detailed trajectory of radioactive cloud.

Keywords: modeling, supercomputing, dispersion of radioactive materials, accident.

Correspondence to Arūnas Maršalka,
Vilnius University, Faculty of Physics,
Saulėtekio 9, III korp., LT-10222 Vilnius, Lithuania.
E-mail: arunas.marsalka@ff.vu.lt

Received 7 June 2012, accepted 29 June 2012