



ЧИСЛЕНИ СИМУЛАЦИИ С НЕХИДРОСТАТИЧНИЯ REGCM4 - ЧУВСТВИТЕЛНОСТ КЪМ СХЕМИТЕ ЗА ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ НА ФИЗИЧНИТЕ ПРОЦЕСИ

гл. ас. д-р Рилка Вълчева, отдел „Специализирани прогнози“

Национален институт по метеорология и хидрология, бул. „Цариградско шосе“ № 66, София 1784, e-mail: rilka.valcheva@meteo.bg

Въведение

Регионалният климатичен модел RegCM4 е разработен в Международния център за теоретична физика ICTP [1, 2] и е широко разпространен в цял свят. Стандартната версия на модела е с хидростатично динамично ядро, което позволява симулации с хоризонтална резолюция не по-малка от 10 km. С увеличаването на изчислителната мощност и използването на суперкомпютри, научната общност започва да се с регионално моделиране на климата, преминава към все по-високи разделителни способности от порядъка на няколко километра (1-4 km), наречено още моделиране позволяващо конвекция (CP – convection permitting) [3, 4, 2]. Наскоро, динамичното ядро на RegCM4 е надградено с представяне на нехидростатична динамика, базирано на нехидростатичното динамично ядро MM5, което се използва за приложения с много висока разделителна способност [2, 5]. Нехидростатичният RegCM-NH [2] допринася за няколко големи проекта в километров мащаб, като Европейската система за прогнозиране на климата (EUCLIP), Водещите пилотни проучвания върху конвективните явления на координирания регионален климатичен експеримент за намаляване на мащаба (CORDEX FPS) [4] и се използва от голяма научна общност за климатично моделиране по целия свят.

Методология, настройки и данни

Метод: Използвана е еднопосочна техника на двойно влагане, като се използва междинен домейн с 15 km хоризонтална резолюция и вложен домейн с 3 km резолюция.

Модел: RegCM-NH; CP-RegCM-NH

Динамично ядро: Нехидростатично;

Резолюция: 15 km (3km);

Период: 01.12.1999 – 31.12.2000

(15 km); 01. 2000 (3km);

Мрежа: 170 x 128 x 23; (260 x 200 x 41);

ICBC ERA- Interim 0.75°x0.75° (RCM 15);

Схеми:

2 PBL схеми: PBL1 - Holtslag, PBL2 - UW;

3 Микрофизични схеми: SUB, WSM5, NoTo;

4 Конвективни схеми: Td, Em, Gr, KF (RCM15)

2 Схеми за плитка конвекция: Td_Shv, MM5_Shv (RCM3)

Оценка:

Валеж: RegCM - E-OBS (mm/d)

Температура: RegCM - E-OBS (°C)

Налягане: RegCM4 - ERA-Interim (hPa)

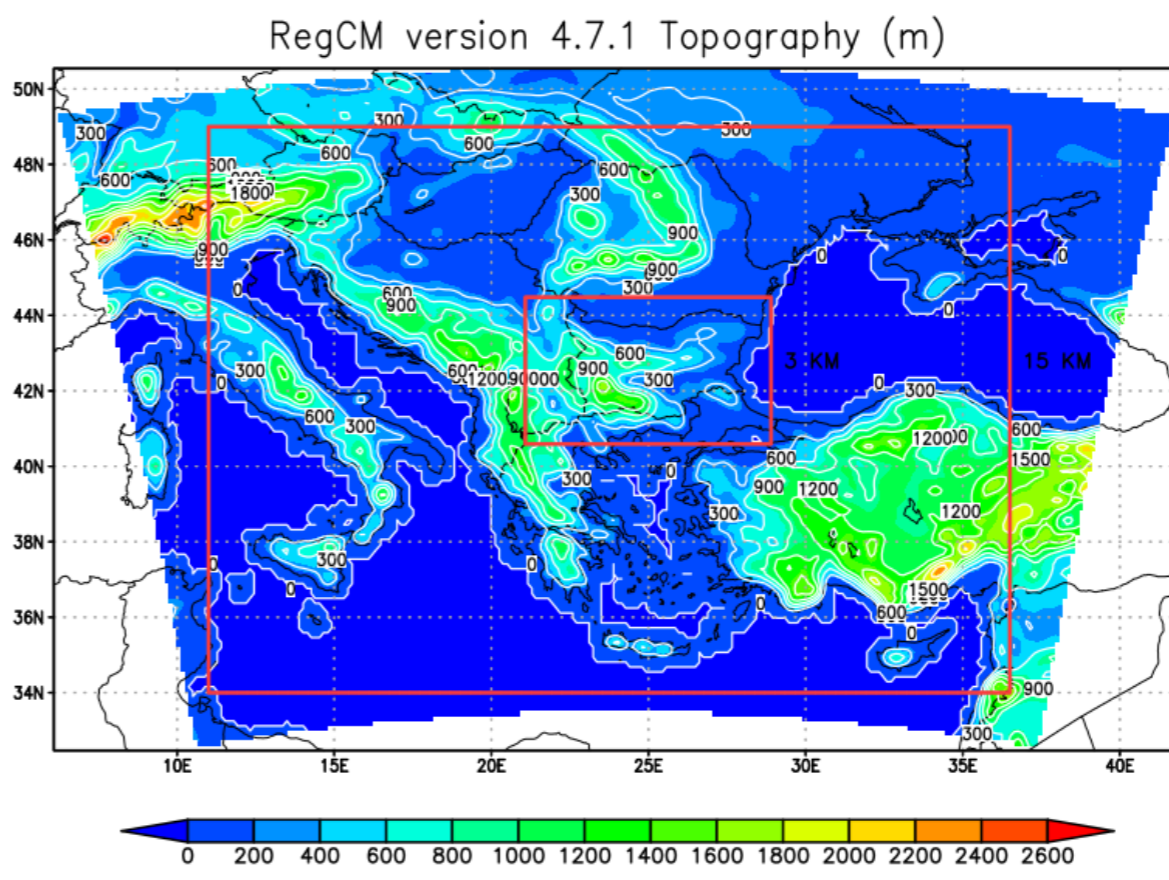
Облачност: RegCM4 - MVIRI/SEVIRI (%)

Преглед на работата

Целта на това изследване е да представи предварителни резултати от тестването на новото нехидростатично динамично ядро на регионалния климатичен модел RegCM-4.7.1, чрез вариране на различни параметризационни схеми за територията на България.

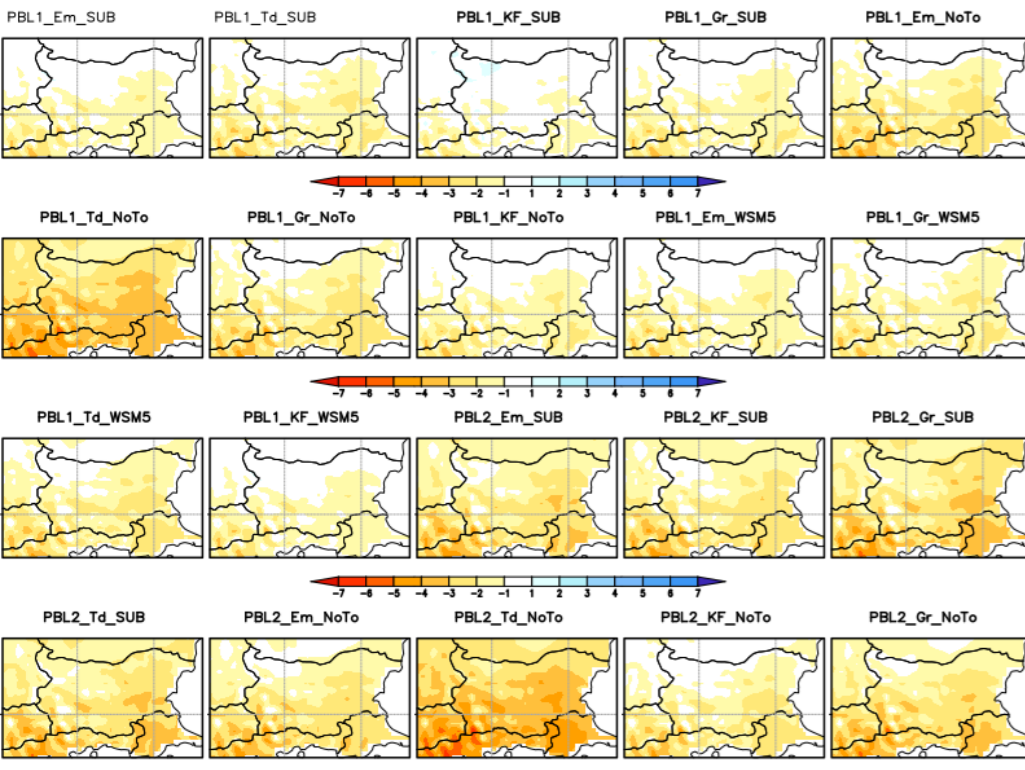
Извършени са 20 тестови симулации с разделителна способност на модела от 15 km (с параметризирана конвекция, RegCM-NH) и 12 тестови симулации с разделителна способност на модела от 3 km (позволяващи конвекция, CP-RegCM-NH). Резултатите са представени за няколко изходни параметъра (валежи, температура, приземно налягане и облачно покритие). Резултатите се сравняват с данни от наблюдения E-OBS, сателитни наблюдения Meteosat MVIRI/SEVIRI и реанализи ERA-Interim.

Всички симулации са извършени на суперкомпютъра **Discoverer**, разположен на територията на София Тех Парк в София <https://sofiotech.bg/bg/petascale-supercomputer>.

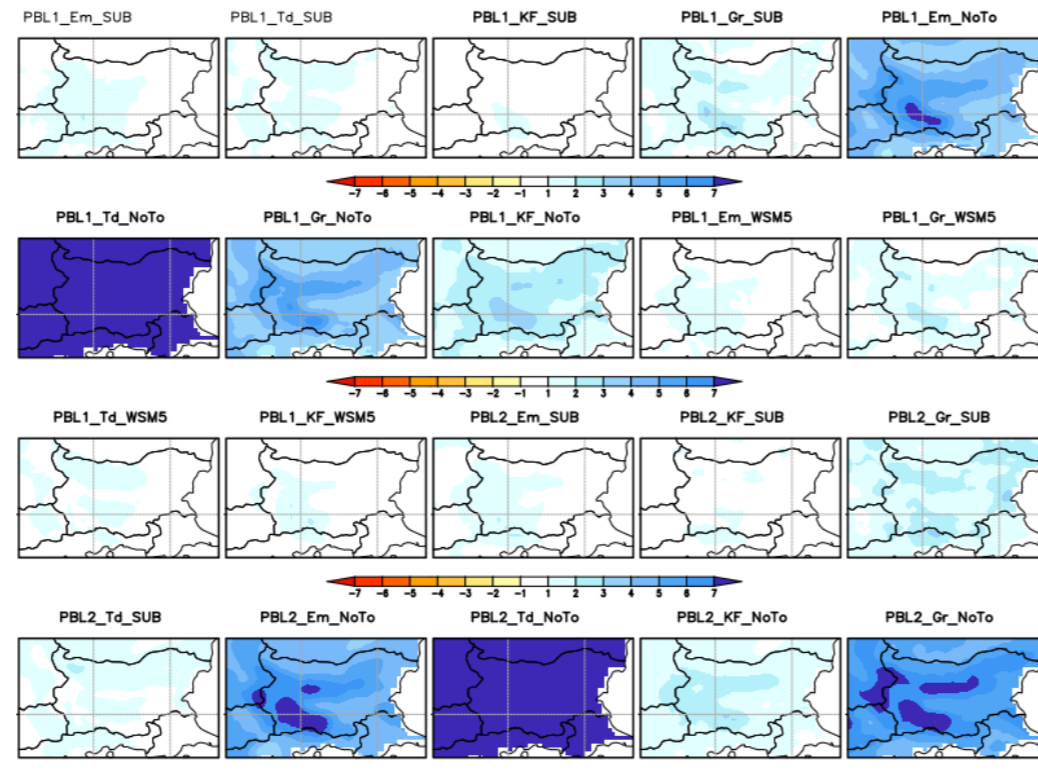


Фиг. 1. Област на изследване: междинна област с 15 km хоризонтална резолюция (6.08 °E – 41.96 °E, 32.47 °N – 50.54 °N) и вложена област с 3 km резолюция (19.91 °E – 30.09 °E, 39.76 °N – 45.32 °N) след отстраняване буферната зона от 15 и 30 точки, съответно (червените линии).

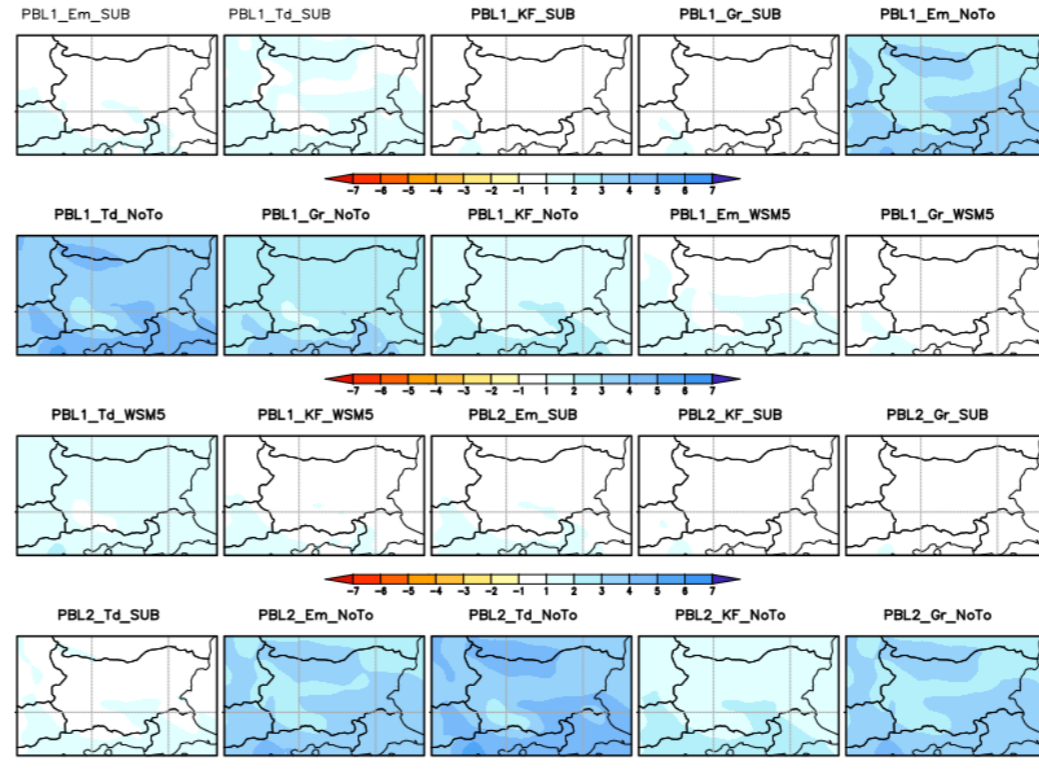
Резултати: RegCM-NH (15 km)



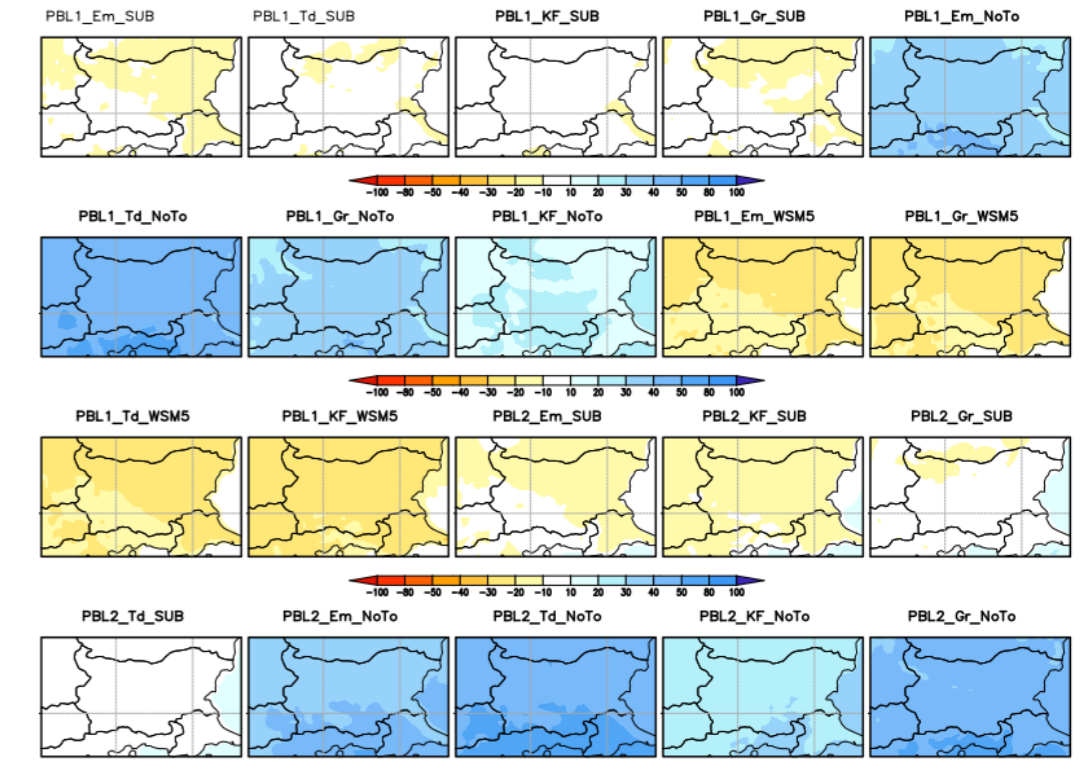
Фиг. 2. Пространствени карти на средните годишни отклонения на температурата (°C) от симулации (RegCM-NH, 15 km) и наблюдения (E-OBS, 0.1° x 0.1°) за различните конфигурации.



Фиг. 3. Пространствени карти на средните годишни отклонения на валежите (mm/d) от симулации (RegCM-NH, 15 km) и наблюдения (E-OBS, 0.1° x 0.1°) за различните конфигурации.



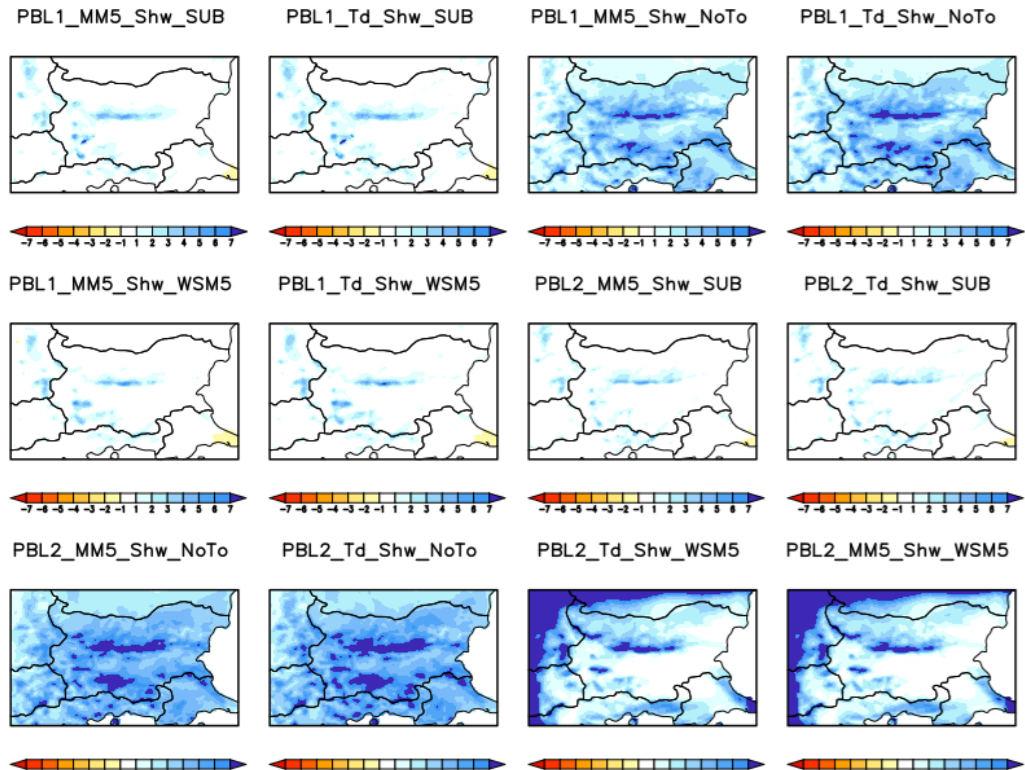
Фиг. 4. Пространствени карти на годишните средни отклонения на приземното налягане (hPa) от симулации (RegCM-NH, 15 km) и наблюдения (ERA-Interim) за различните конфигурации.



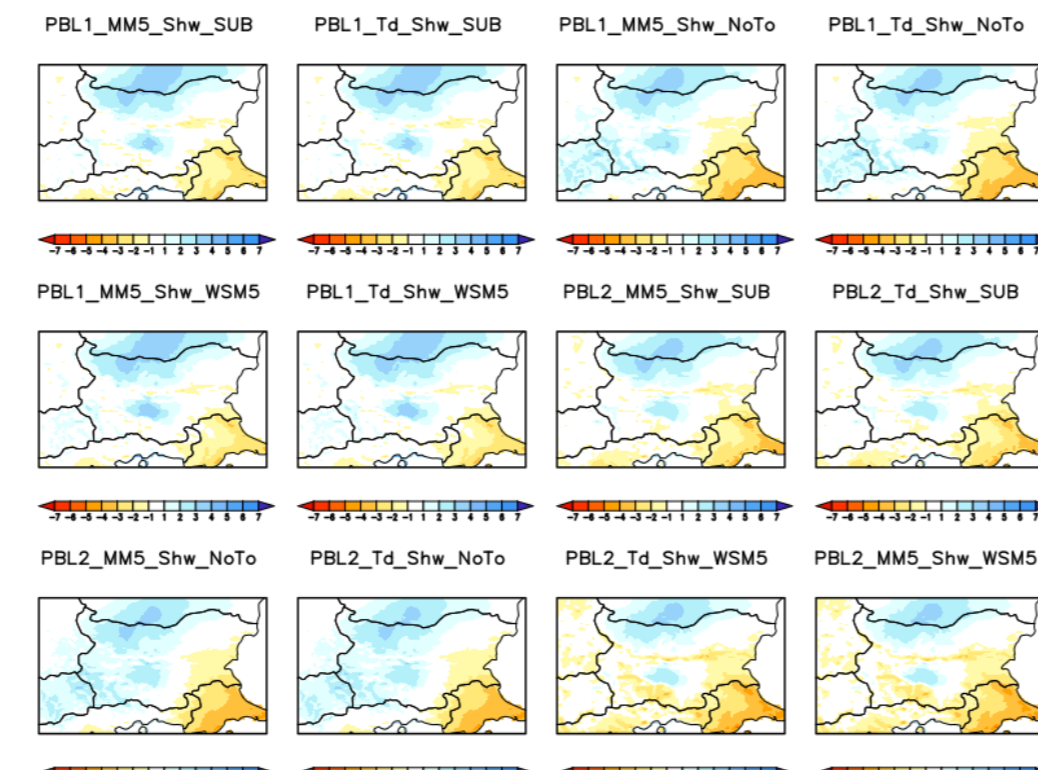
Фиг. 5. Пространствени карти на средните годишни отклонения на облачното покритие (%) от симулации (RegCM-NH, 15 km) и наблюдения (MVIRI/SEVIRI, 0.05° x 0.05°) за различните конфигурации.

RegCM-NH подценява температурата при всички конфигурации, като схемите за влага SUB и WSM5 показват относително по-малки отклонения при температурата (Фиг. 2). Моделът надценява валежите във всички конфигурации, като най-големи положителни отклонения се наблюдават при схемите PBL1_Td_NoTo и PBL2_Td_NoTo (Фиг. 3). Положителни отклонения при средното приземно налягане (hPa) при схема за влага NoTo (Фиг. 4). Положително отклонение при облачното покритие във всички комбинации със схемата NoTo с около 35-45% и отрицателно при симулациите със схема WSM5, с около 20-25%. PBL1_KF_SUB и PBL2_Td_SUB дават относително по-малки отклонения при симулиране на облачното покритие (Фиг. 5). Най-добри резултати за четирите параметъра са представени от схемите PBL1_KF_SUB, средните отклоненията са както следва: 0.3 mm/d за валежите, -0.4 °C за температурата, -6% за облачното покритие и 0.4 hPa за приземното налягане.

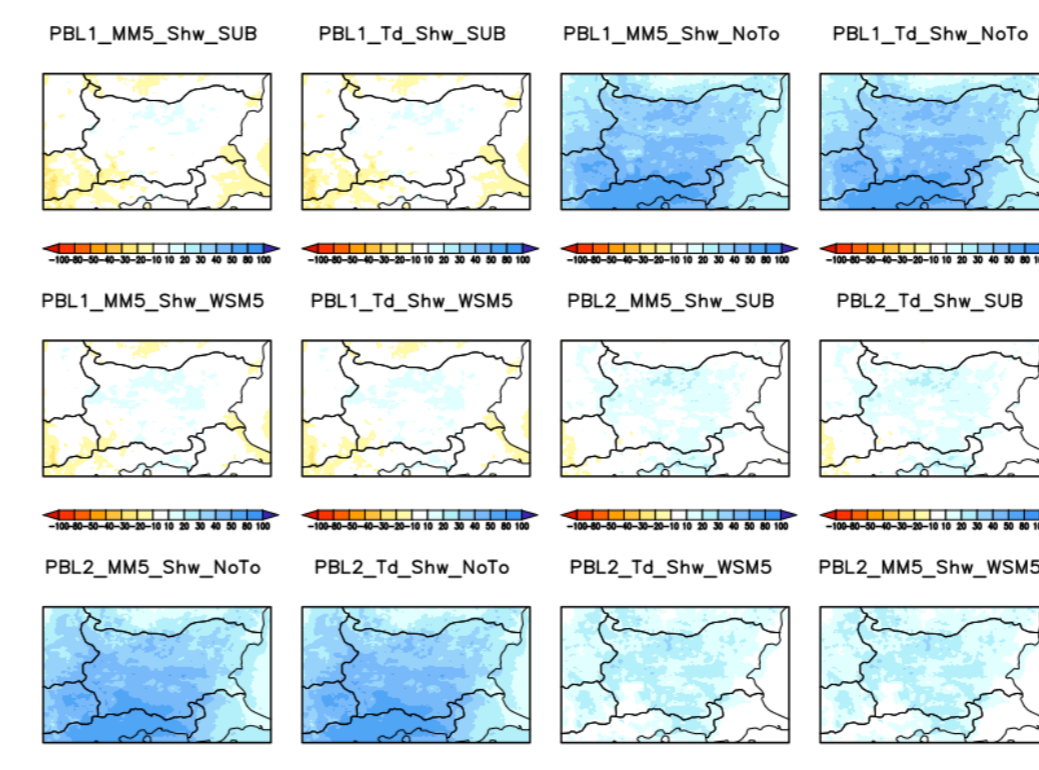
Резултати: CP-RegCM-NH (3 km)



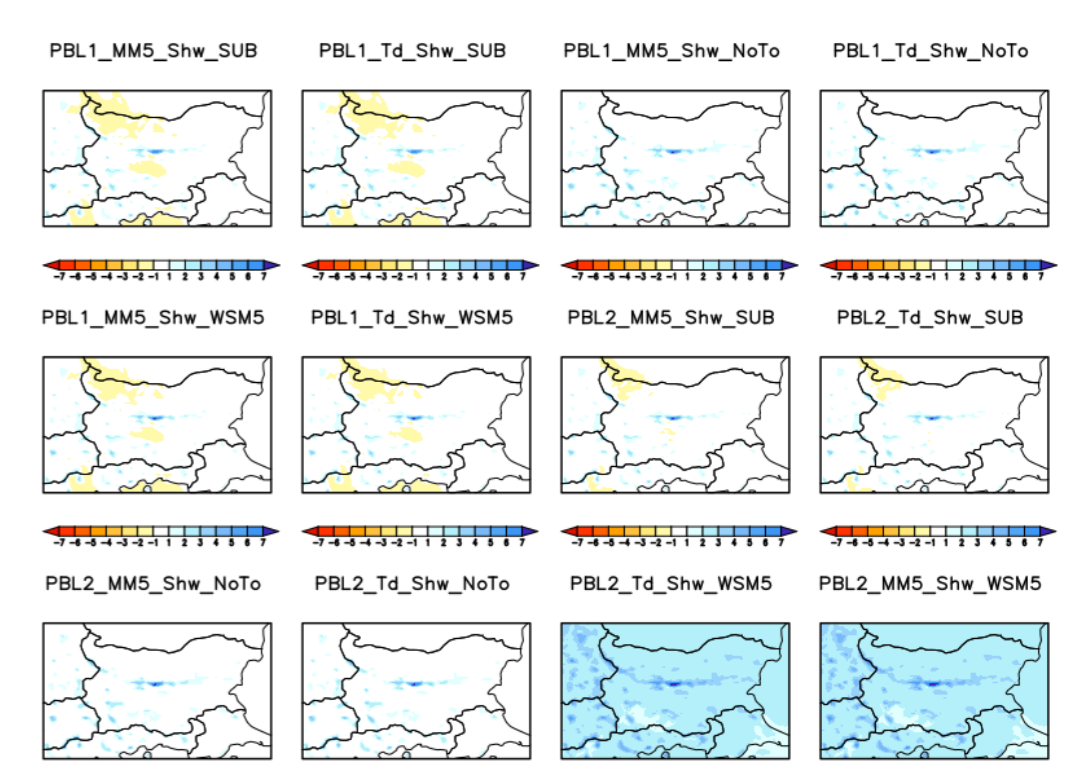
Фиг. 6. Пространствени карти на средните отклонения на валежите (mm/d) от симулации (CP-RegCM-NH, 3 km) и наблюдения (E-OBS, 0.1° x 0.1°) за различните конфигурации.



Фиг. 7. Пространствени карти на средните отклонения на температурата на 2 m (°C) от симулации (CP-RegCM-NH, 3 km) и наблюдения (E-OBS, 0.1° x 0.1°) за различните конфигурации.



Фиг. 8. Пространствени карти на отклоненията на средното общо покритие на облачността (%) от симулации (CP-RegCM-NH, 3 km) и наблюдения (MVIRI/SEVIRI, 0.05° x 0.05°) за различните конфигурации.



Фиг. 9. Пространствени карти на средните отклонения на приземното налягане (hPa) от симулации (CP-RegCM-NH, 3 km) и наблюдения (ERA-Interim) за различните конфигурации.

Симулациите със схема за влага SUB и комбинациите със схеми PBL1 и WSM5 показват по-малки отклонения при валежите (Фиг. 6). Най-големите положителни отклонения при валежите показват симулации със схеми PBL2_WSM5, PBL2_NoTo и PBL1_NoTo. Всички тестови симулации надценяват температурата в северната част на областта и я подценяват в югоизточните части (Фиг. 7). NoTo дава най-големи положителни отклонения при облачното покритие, с около 35% (Фиг. 8). Комбинациите със схеми PBL2 и WSM5 показват най-големите положителни отклонения при средното приземно налягане (Фиг. 9). Най-добри резултати при симулиране на четирите параметъра показват комбинациите PBL1_SUB и PBL1_WSM5, средните отклонения са както следва: 0,4 mm/d за валежите, 0,4 °C за температурата, -0,3% за облачното покритие и -0,4 hPa за приземното налягане.

Литература

- [1] Giorgi F. et al., RegCM4: model description and preliminary tests over multiple CORDEX domains. *Clim Res* 52:7–29, 2012
- [2] Coppola, E. et al., Non-Hydrostatic RegCM4 (RegCM4-NH): model description and case studies over multiple domains, *Geosci. Model Dev.*, 14, 7705–7723, <https://doi.org/10.5194/gmd-14-7705-2021>, 2021.
- [3] Prein, A. F. et al., A review on regional convection-permitting climate modeling: demonstrations, prospects, and challenges, *Rev. Geophys.*, 53, 323–361, 2015.
- [4] Coppola E et al., A first-of-its-kind multi-model convection permitting ensemble for investigating convective phenomena over Europe and the Mediterranean. *Clim Dyn* 55:3–34. <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4521-8>, 2018.
- [5] Giorgi, F. et al., ictp-esp/RegCM: Paper Release, Zenodo[code], <https://doi.org/10.5281/zenodo.4603556>, 2021.

Благодарности

This research was funded by the Bulgarian National Science Fund through contract № KP-06-M57/3-16.11.2021. We acknowledge Discoverer PetaSC and EuroHPC JU for awarding this project access to Discoverer supercomputer resources. We acknowledge the E-OBS dataset from the EU-FP6 project UERRA (<https://www.uerra.eu>) and the Copernicus Climate Change Service, and the data providers in the ECA&D project (<https://www.ecad.eu>). The Global atmospheric reanalysis were provided by the ECMWF. RegCM4 was distributed from the ICTP. Data from EUMETSAT's Satellite Application Facility on Climate Monitoring (CM SAF) was used in this study.

Заклучение

Нехидростатичният RegCM4.7.1 е чувствителен към избора на различните схеми параметризиращи физичните процеси. RegCM-NH надценява валежите и подценяват температурата при всички конфигурации. Най-големи отклонения при валежите и приземното налягане се наблюдават в симулации със схемата за влага NoTo. Най-малки отклонения за четирите параметъра показват симулациите с комбинация от схеми PBL1_KF_SUB.

Симулациите със CP-RegCM-NH и схеми за плитка конвекция MM5 и Td показват сходни резултати. Комбинациите от схеми PBL2_WSM5 и схема NoTo показват най-големи отклонения при всички метеорологични параметри. Големи положителни отклонения при валежа показват симулации със схеми PBL2_WSM5, PBL2_NoTo и PBL1_NoTo. Най-малки отклонения за четирите параметъра показват симулациите с комбинации PBL1_WSM5 и PBL1_SUB.