МИНИСТЕРСТВО ЗА ЗЕМЈОДЕЛСТВО, ШУМАРСТВО И ВОДОСТОПАНСТВО
УПРАВА ЗА ХИДРОМЕТЕОРОЛОШКИ РАБОТИ

СЦЕНАРИЈА ЗА КЛИМАТСКИ ПРОМЕНИ ЗА МАКЕДОНИЈА

Мр. Александар Каранфиловски

СКОПЈЕ
ДЕКЕМВРИ 2012 ГОДИНА

СОДРЖИНА

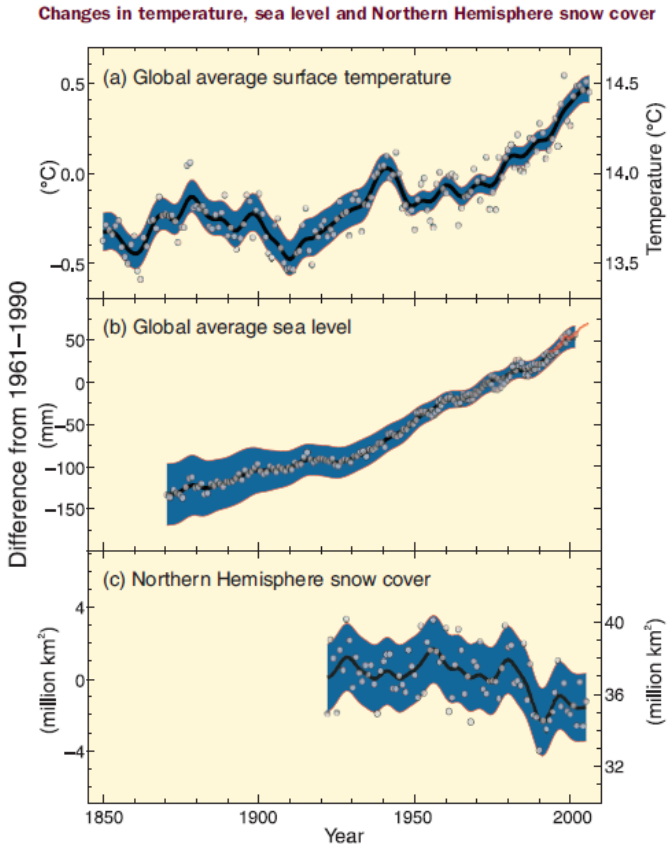
Содржина	2
Вовед	3
Климатски сценарија	4
Изработка на климатски сценарија за Македонија	5
Методологија	6
Резултати	7
Предвидување за промените на температурата	7
Предвидување за промените на врнежите	13
Резиме	20
Споредба со други резултати	21
Споредба меѓу резултатите добиени со MAGICC/SCENGEN v. 5.3 и MAGICC/SCENGEN v. 4.1	21
Споредба со резултати од Виртуелниот центарот за климатски промени на југоисточна Европа (SEEVCC, Србија, Белград)	23
Споредба со резултати од климатски сервис (CSC – Climate Service Center, Germany)	24
За крај	26
Литература	28

ВОВЕД

Согласно дефиницијата на Меѓувладиниот панел за климатски промени (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change) терминот „климатски промени“ опишува промена на состојбата на климата која може статистички да се утврди преку промена на средината и /или променливоста на нејзините карактеристики, а која промена опстојува подолг период, типично декади или и подолго. Ова може да се должи како на природната варијабилност така и на човековите активности. Оваа дефиниција на климатските промени се разликува од онаа во Рамковната конвенција за климатски промени на Обединетите нации (UNFCCC) според која климатските промени се должат само на човековите активности кои директно или индиректно влијаат на составот на глобалната атмосфера и се дополнение на природнита климатски варијабилности набљудувани долж одреден споредлив временски период.

Како и да е, бројни студии и анализи спроведени последниве години посочуваат на фактот дека загревањето на климатскиот систем е недвосмислено и лесно препознатливо во: зголемување на глобалните средни температури на воздухот и океанот, распространетото топење на снежната и ледена покривка и пораст на морското ниво.

Стогодишниот линеарен тренд на зголемување на средната глобална температурата на воздухот (1906 – 2005) од 0.74 [0.56 до 0.92]°C е поголем од соодветниот тренд од 0.6 [0.4 до 0.8]°C (1901-2000) презентиран во Третиот извештај за провцена (TAR), слика 1 . Трендот на загревање за 50 години, меѓу 1956 и 2005 година (0.13 [0.10 до 0.16]°C по декада) е скоро двапати поголем од соодветниот тренд за 100 години, од 1906 до 2005.



Слика 1. Измерени промени во:

(а) глобалната средна температура на воздухот;
(б) глобалното средно ниво на морето проценета со комбинција на стандардни и сателитски мерења, и
(в) снежна покривка на Северната хемисфера за март – април.
Сите разлики се во однос соодветните средни вредности за периодот 1961-1990 година.
Кривите линии ги претставуваат декадните средни вредности а круговите годишните вредности. Засенчените области се интервалите на неодреденост проценети со анализа на реалните податоци . (IPCC, AR4)

Брзината на пораст на средните температури на Арктикот е скоро двапати поголема отколку глобалната средна температура. Копнените области се загреваат побргу од океаните.

Напоредно со загревањето е забележителен и пораст на морското ниво. Во периодот меѓу 1961 и 2003 година морското ниво има среден раст од 1.8 [1.3 до 2.3]мм годишно додека меѓу 1993 и 2003 средниот пораст е 3.1 [2.4 до 3.8]мм годишно.

Сателитските снимки, почнувајќи од 1978 година покажуваат средно годишно намалување на ледената покривка на Арктичкото море од 2.7 [2.1 до 3.3]% за декада и значително намалување во лето од 7.4 [5.0 до 9.8]% за декада. На двете хемисфери има намалување на снежната и ледена покривка на планините и глечерите. Утврдено е намалување на максималната површина со сезонски замрзната почва од околу 7% на Северната хемисфера почнувајќи од 1990 година, со најголемо намалување од околку 15% во пролет. Температурите на врвот на слојот пермафрост (постојано замрзната почва) генерално се зголемени за 1 ^{o}C.

КЛИМАТСКИ СЦЕНАРИЈА

Споменатите и многу други податоци укажуваат на постоење на голема веројатност дека золемувањето на средната температура на воздухот, зголемување на нивото на морето, измена на просторните и временски шеми на ветровите, појавата на интензивни екстра-тропски бури, долготрајни топлотни бранови и слично се должат на влијанието на човековите активности пред сè на зголемување на количината на стаклени гасови во атмосферата.

Ова се поткрепува и со резултатите од бројните математички модели кои се користат за симулирање – предвидување на идната состојба на климата. Иако природните процеси и фактори се премногу сложени за да може доволно добро да се опишат со овие модели, резултатите недвојбено укажуваат на влијанието на стаклениччките гасови кои се продукт на човековите активности на промените на климата. Овие математички модели познати како Глобални циркулациони модели (GCM) или Атмосфера-океан глобални циркулациони модели (AOGCM) опфаќаат генерално две компоненти кои влијаат на промената на климата.

Едната компонента се природните фактори: сончевото зрачење, процесите на кружење на водата во атмосферата, периодичните (дневни, сезонски и годишни) промени на атмосферата и оканите, вулканските ерупции, пустинската прашина и слично. Овие величини и нивните промени се искажуваат преку реално измерени вредности – параметри или со математички функкции.

Втората компонента е присуството на стаклениччките гасови изразено преку: интензитетот на нивно испуштање во атмосферата, нивниот состав, вкупната и парцијална количина. Оваа компонента се опишува со таканаречени „**Емисиони сценарија“.** Овие емисиони сценарија се изработени од страна на IPCC и се опишани во Специјалниот извештај за емисиони сценарија (SRES). Тие опишуваат различни состојби на емисијата и вкупната количина на СГ во периодот до 2100 година и заедно со сценаријата (предвидувањата) за идниот економски, технолошки, демографски и социолошки развој на различни делови од нашава планета претставуваат влезни подататоци за моделите со кои се изработуваат предвидувањата за идната состојба на климата.

Во Четвртиот извештај за процена ((Fourth Assessment Report / AR4)) на IPCC се опишани четрири основни фамилии сценарија кои опишуваат различни насоки на развој на општеството, означени како: A1, A2, B1 и B2. Фамилијата A1 на основа на интензитетот и начинот на употреба на енергенсите се разгранува на три подфамилии: A1FI, A1B, A1T. Од овие фамилии со користење на шест основни математички модели се развиени 40 сценарија кои всушност претставуваат квантификација на квалитативните описи и карактеристики на основните сценарија дефинирани во SRES кои опишуваат различни состојби на емисијата на СГ поврзани со користењето на енергенси, демографски и економски развој на општеството. Моделите кои се користени за развој на сценаријата се:

- Asian Pacific Integrated Model (AIM) from the National Institute of Environmental Studies (NIES) in Japan (Morita et al., 1994).
- Atmospheric Stabilization Framework Model (ASF) from ICF Consulting in the US (Lashof and Tirpak, 1990; Pepper et al., 1998; Sankovski et al., 2000).
- Integrated Model to Assess the Greenhouse Effect (IMAGE) from the National Institute for Public Health and Hygiene (RIVM) in the Netherlands (Alcamo et al., 1998; de Vries et al., 1994, 1999, 2000), used in connection with the Central Planning Bureau (CPB) WorldScan model (de Jong and Zalm, 1991), the Netherlands.
- Multiregional Approach for Resource and Industry Allocation (MARIA) from the Science University of Tokyo in Japan (Mori and Takahashi, 1999; Mori, 2000).
- Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impact (MESSAGE) from the International Institute of Applied Systems Analysis (IIASA) in Austria (Messner and Strubegger, 1995; Riahi and Roehrl, 2000).
- The Mini Climate Assessment Model (MiniCAM) from the Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) in the USA (Edmonds et al., 1994, 1996a, 1996b).

ИЗРАБОТКА НА КЛИМАТСКИ СЦЕНАРИЈА ЗА МАКЕДОНИЈА

Наспроти високото ниво на технолошки развој на човештвото, животот, развојот и опстанокот на општеството какво го знаеме сега во многу зависи од состојбата на атмосферата односно од времето и климата. Земјоделието, сообраќајот, енергетиката, туризмот и слично се многу осетливи на промените на времето и климата. Со цел целисходно прилагодување на општеството кон климатските промени, ублажување од евенуалнте последици и оптимално користење на природните ресурси, денес во голема мера се врши предвидување на идната состојба на климата.

Предвидување на климатските промени во Македонија е спроведно со помош на софтверскиот пакет MAGICC/SCENGEN верзија 5.3. При ова се почитувани основните препораки на IPCC и резултати изнесени во последниот, Четвртиот извештај за процена (Fourth Assessment Report / AR4), и тоа:

- непостоење на едно фаворизирано („најдобро“) сценаријо, односно залагање за употреба на неколку сценарија со што би се добил спектар на веројатни резултати а не единечни вредности,
- употреба на три најверојатни вредности (оптималната и граничните вредности) за климатската сензитивност: 2.0, 3.0 и 4.5 ^{o}C.
- избор на сценарија валидни за просторот кој се набљудува.

МЕТОДОЛОГИЈА

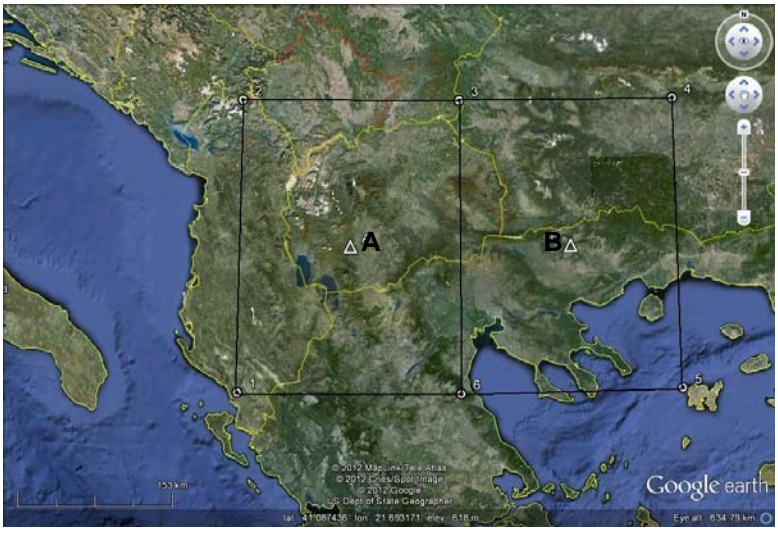
Во работата се користени шест сценарија чии карактеристики го опишуваат актуелното ниво и идниот технолоши, демографски, економски и социолошки развој на Македонија и тоа: A1B-AIM, A1FI-MI, A1T-MES, A2-ASF, B1-IMA и B2-MES.

Процена на промените на температурите и врнежите се прават во споредба со периодот 1961 – 1990 година кој се зема како референтен и почетен. Согласно препораките во софтверот MAGICC/SCENGEN, иако се генерираат сценарија за одредена година, всушност за отстранување на меѓугодишните флуктуации и неодредености, тие податоци претставуваат средна состојба во триесетгодишен период за кој избраната година е централна година. На пример годината 2025 е репрезент на периодот 2011 – 2040 година. При ова при изборот на 2100-та година за генерирање на сценарио, има мала недоследност во однос на претходново. Бидејќи сценаријата дефинирани во SRES ја опишуваат состојбата со емисијата на СГ до 2100 година, резултатите за промената на температурата и врнежите за 2100 година го презентираат периодот 2086 – 2100 година.

Проценатa се прави за четири карактеристични години:

- 2025, централна година за 2011 – 2040,
- 2050, централна година за 2036 – 2065,
- 2075, централна година за 2061 – 2090
- 2100, го претставува периодот 2086 – 2100 година.

На основа на добиените средни глобални промени на температурата за соодветна година со помош на генераторот на сценарија (компонентата SCENGEN) се генерираа сценарија – поточно се пресметани износите на промената на температура и на количината на врнежи за избраните години за Македонија. При пресметувања се користени податоците од 18 модели (од вкупно 20, според Упатството MAGICC/SCENGEN 5.3: USER MANUAL (version 2)) со комплетни резултати подобни за употреба. Генерираните сценарија имаат резолуција од 2.5^{o} x 2.5^{o}, односно точките во кои се пресметани вредностите се една од друга на растојание од 2.5^{o} север-југ и 2.5^{o} исток-запад. Со оглед на географската положба на Македонија (40.85^{o} – 42.37^{o} с.г.ш, 20.47^{o} – 23.03^{o} и.г.д) таа е опфатена со два квадранти (од вкупно 10368 квадранти кои ја опфаќаат целата планета) од генерираните сценарија, едниот со координати (40.0^{o} – 42.5^{o} с.г.ш, 20.0^{o} – 22.5^{o} и.г.д) и вториот со координати (40.0^{o} – 42.5^{o} с.г.ш, 22.5^{o} – 25.0^{o} и.г.д). Резултатите се генерираат за две централни точки: А (41.25 ^{o} с.г.ш , 21.25^{o} и.г.д) и Б (41.25^{o} с.г.ш, 23.75^{o} и.г.д) кои се покажани на слика 2.



Слика 2. Позиција на централните точки А и Б (означени со триаголник) за кои са пресметани промените на температурата и врнежите, во однос на географската положба на Македонија.

Од сликава се гледа дека за најголемиот дел од нашава територија важат податоците генерирани во точка А. Само за крајниот источен дел важат податоците генерирани во точка Б. За четирите карактеристични години, за секоја централна точка, за секоја од трите вредности на климатската сензитивност, за секое од шесте сценарија се генерираат сценарија, се продуцираат вредности за промените на температурата и врнежите за: дванаесет месеци (јануари ... декември), четири сезони (зима - ДЈФ, пролет - МАМ, лето - JJA, есен - СОН) и средна годишна вредност.

Добиените вредности на промените на температурата и врнежита за секоја година се осреднети за трите вредности на климатската сензитивност и за секое сценарио, а вредностите се означени како:

- високи (апсолутни максимални вредности, одговараат на сценариото A1FI-MI),
- средно високи (осреднети максимални вредности),
- средни (осреднети средни вредности за трите вредности на климатската сензитивност, многу блиски на сценариото A1B –AIM),
- средно ниски (осреднети минимални вредности),
- ниски (апсолутни максимални вредности, одговараат на сценариото B1 – IMA).

РЕЗУЛТАТИ

Поради резолуцијата на податоците генерирани со MAGICC/SCENGEN (2.5^o x 2.5^o) пресметувањата се извршени за две централни точки, А и Б. Резултатите се прикажани во следниве табели и графици.

ПРЕДВИДУВАЊЕ ЗА ПРОМЕНИТЕ НА ТЕМПЕРАТУРАТА

Во Табела 1 се прикажани промените на средната температура на воздухот во централната точка А.

Табела 1. Предвидени промени на температурата на воздухот за централна точка А (41.25 ^{o}N, 21.25 ^{o}E) за: 2025, 2050, 2075 и 2100 година, за четрири сезони (ДЈФ – зима, МАМ – пролет, JJA – лето, СОН – есен) и на годишно ниво (Година)

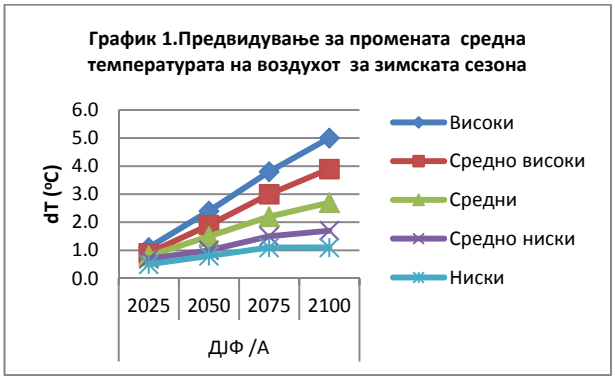
А (41.25 ^{o}N, 21.25 ^{o}E)	ДЈФ /А				МАМ /А				JJA /А				СОН /А				Година /А			
	2025	2050	2075	2100	2025	2050	2075	2100	2025	2050	2075	2100	2025	2050	2075	2100	2025	2050	2075	2100
Високи	1.1	2.4	3.8	5.0	1.4	3.0	4.6	6.2	2.4	4.8	7.9	10.6	1.5	3.0	5.0	6.7	1.6	3.3	5.3	7.1
Средно високи	0.9	1.9	3.0	3.9	1.1	2.4	3.6	4.8	1.9	3.8	6.2	8.2	1.2	2.4	3.9	5.2	1.3	2.6	4.2	5.5
Средни	0.8	1.5	2.2	2.7	1.0	1.8	2.7	3.3	1.7	3.0	4.6	5.8	1.1	1.9	3.0	3.7	1.2	2.0	3.1	3.9
Средно ниски	0.7	1.0	1.5	1.7	0.9	1.3	1.9	2.1	1.6	2.1	3.4	3.9	1.0	1.3	2.2	2.5	1.1	1.4	2.2	2.5
Ниски	0.5	0.8	1.1	1.1	0.7	0.9	1.4	1.4	1.2	1.5	2.4	2.7	0.7	1.0	1.6	1.8	0.8	1.0	1.6	1.7

Очигледно е дека сите ведности се позитивни, што значи дека во периодот 2025 – 2100 година се превидува зголемување на температурите на воздухот. Промените на температурата е дадена подолу. Вредноста пред средната заграда е средната промена а вредностите во заградата се: максималната (апсолутно најголемата) и минималната (апсолутно најмалата) промена.

Генарално резултатите се следниве:

Зимска сезона (декември, јануари, февруари):

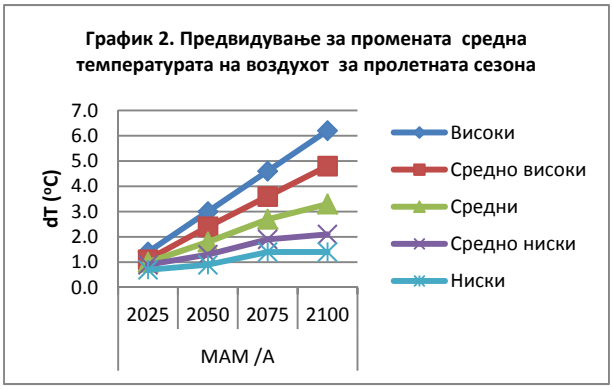
2025 година - промена 0.8 [0.5 – 1.1] °C,
2050 година – промена 1.5 [0.8 – 2.4] °C,
2075 година - промена 2.2 [1.1 – 3.8] °C,
2100 година - промена 2.7 [1.1 – 5.0] °C.
Ова е прикажано на график 1.



Пролетна сезона (март, април, мај):

2025 година - промена 1.0 [0.7 – 1.4] °C,
2050 година - промена 1.8 [0.9 – 3.0] °C,
2075 година - промена 2.7 [1.4 – 4.6] °C,
2100 година - промена 3.3 [1.4 – 6.2] °C.

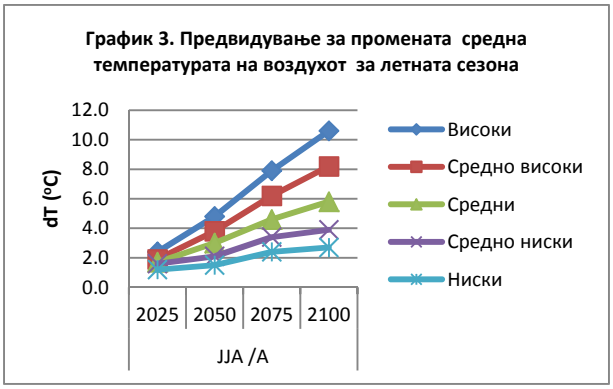
Ова е прикажано на график 2.



Летна сезона (јуни, јули, август):

2025 година - промена 1.7 [1.2 – 2.4] °C,
2050 година - промена 3.0 [1.5 – 4.8] °C,
2075 година - промена 4.6 [2.4 – 7.9] °C,
2100 година - промена 5.8 [2.7 – 10.6] °C.

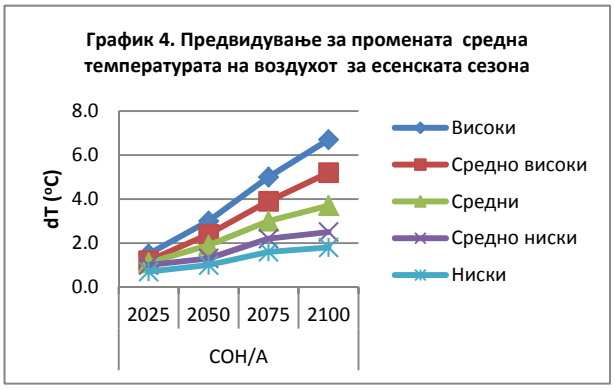
Ова е прикажано на график 3.



Есенска сезона (септември, октомври, ноември):

2025 година - промена 1.1 [0.7 – 1.5] °C,
2050 година - промена 1.9 [1.0 – 3.0] °C,
2075 година - промена 3.0 [1.6 – 5.0] °C,
2100 година - промена 3.7 [1.8 – 6.7] °C.

Ова е прикажано на график 4.



На годишно ниво:

2025 година - промена 1.2 [0.8 – 1.6] °C,
2050 година - промена 2.0 [1.0 – 3.3] °C,
2075 година - промена 3.1 [1.6 – 5.3] °C,
2100 година - промена 3.9 [1.7 – 7.1] °C.
.
Ова е прикажано на график 5.

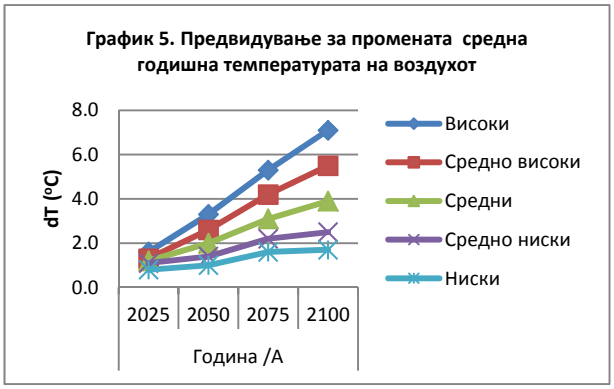


График 5. Предвидување за промената средна годишна температурата на воздухот

Податоците укажуваат на пораст на температурата во целиот период 2025 – 2100 година. Овие промени се најголеми во летниот период. Кај промените означени како „Високи“ и „Средно високи“ градиентот на пораст со тек на времето (од 2025-та кон 2100-та) е најголем. Промените означени како „Ниски“ се одвиваат поумерено.

Менувањето на предвидените средни месечни промени на температурата на воздухот за централна точка А, по месеци, за секоја избрана година и за висок, среден и низок интензитет на промени е прикажано на График 6, График 7 и График 8.

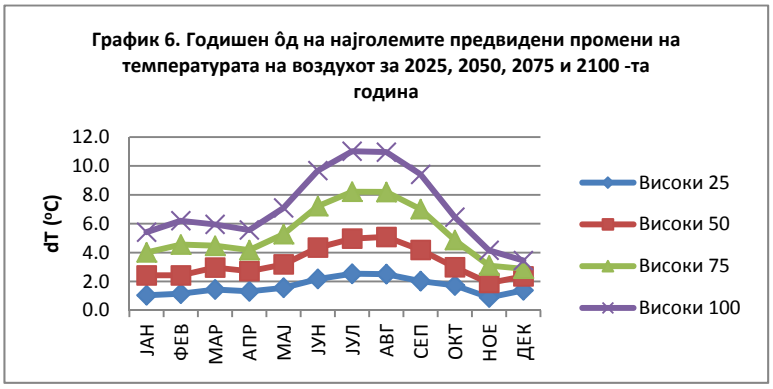


График 6. Годишен ôд на најголемите предвидени промени на температурата на воздухот за 2025, 2050, 2075 и 2100 -та година

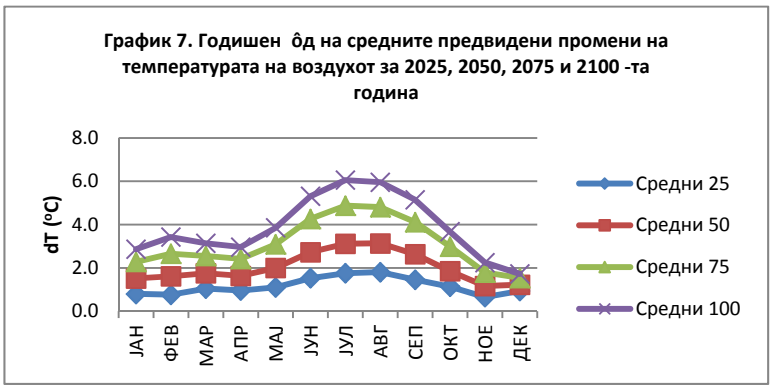


График 7. Годишен ôд на средните предвидени промени на температурата на воздухот за 2025, 2050, 2075 и 2100 -та година

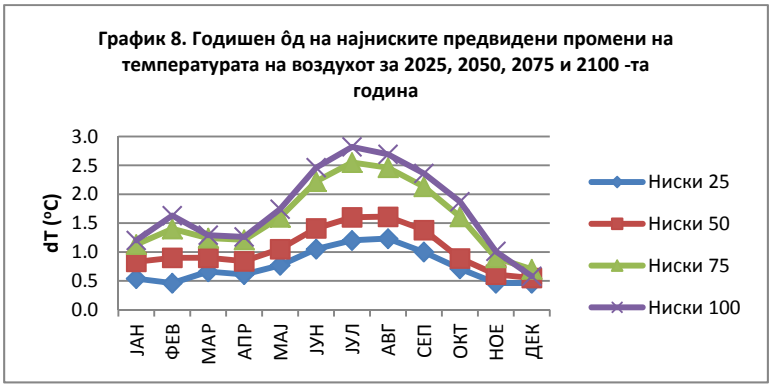


График 8. Годишен ôд на најниските предвидени промени на температурата на воздухот за 2025, 2050, 2075 и 2100 -та година

Од графиците е забележливо следново:

- за сите избрани години, сите промени на температурата се позитивни, односно постои пораст на средните месечни температури,
- интензитетот на промените е најголем во топлиот дел од годината (мај-октомври), тогаш се јавува значителна разлика меѓу температурите меѓу соседните месеци,
- во ладниот дел од годината (ноември – април), меѓумесечната промена на температурата е поумерена,
- во јули има примарен а во февруари има секундарен, скоро два пати помал, максимум на промените,
- во април има примарен а во декември секундарен , скоро двапати помал, минимум на промените,
- поголемите предвидени промени на температурата во февруари во однос на промените во март и април укажуваат на можноста на приближување и изедначување на средните месечни температури во овој период.

На График 9, График 10 и График 11 се прикажани предвидените промени на температурата на воздухот за централна точка А по сезони (квартали).

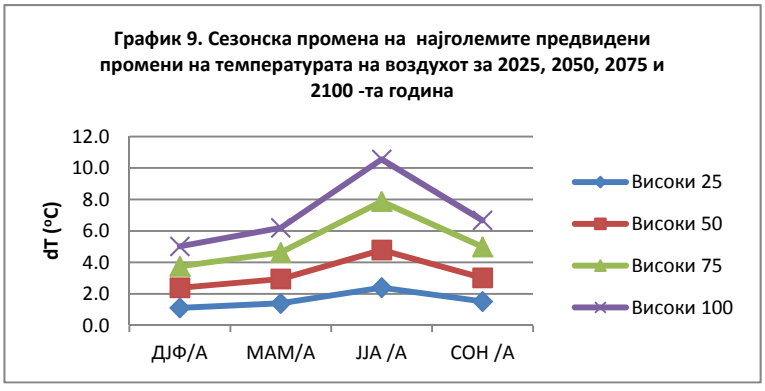


График 9. Сезонска промена на најголемите предвидени промени на температурата на воздухот за 2025, 2050, 2075 и 2100 -та година

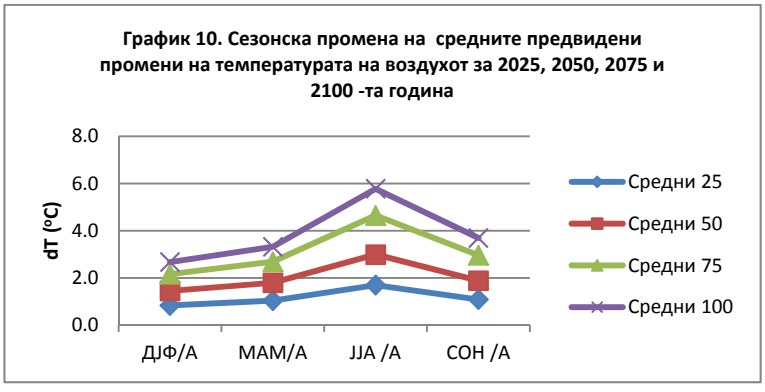
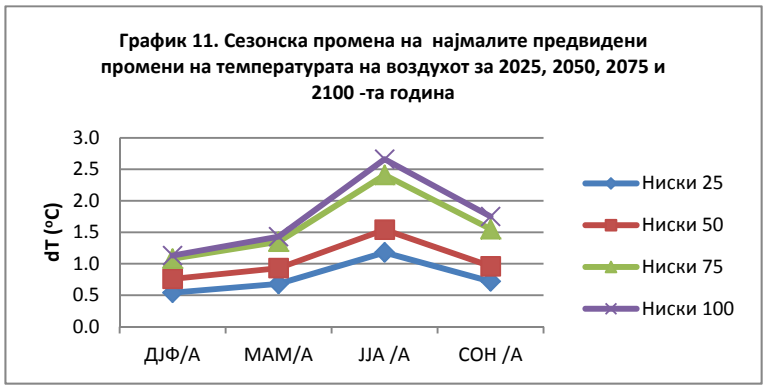


График 10. Сезонска промена на средните предвидени промени на температурата на воздухот за 2025, 2050, 2075 и 2100 -та година



Како и кај месечните промени, и кај сезонските (квартални) промени се гледа:

- зголемување на промената на температурата, односно зголемување на средната сезонска температура,
- за сите години (2025 – 2100) и интензитет на промени (високо, средни ниски) постои максимално зголемување во летната сезона (јуни, јули, август),
- во летната сезона зголемувањето на температурата ќе биде многу поголемо и побрзо одколку во другите сезони,
- во есен и зима порастот би бил помал а промените поумерени.

Од претоходново следува дека:

- веројатно е во периодот 2025 – 2100 година да има континуиран пораст на температурата,
- споредено со периодот 1961-1990 година, предвидените промени се најинтензивни во топлиот дел од годината. Летата би биле сè потопли а порастот на температурата поизразен. Се предвидува пораст и на температурите на воздухот во ладниот дел од годината но со помал интензитет.
- на преминот од зима во пролет веројатно е приближување и изедначување на средните месечни температури во овој период.

Во следнава табела, Табела 2, се прикажани предвидувањата за промените на средната температура на воздухот во централната точка Б.

Табела 2. . Предвидени промени на температурата на воздухот за централна точка Б (41.25 °N, 23.75 °E) за: 2025, 2050, 2075 и 2100 година, за четрири сезони (ДЈФ – зима, МАМ – пролет, ЈЈА – лето, СОН – есен) и на годишно ниво (Година)

В (41.25 °N, 23.75 °E)	ДЈФ /Б				МАМ /Б				ЈЈА /Б				СОН/Б				Година /Б			
	2025	2050	2075	2100	2025	2050	2075	2100	2025	2050	2075	2100	2025	2050	2075	2100	2025	2050	2075	2100
Високи	1.1	2.4	3.7	5.0	1.5	3.1	4.8	6.5	2.5	4.8	8.0	10.7	1.5	3.0	4.9	6.5	1.6	3.3	5.4	7.2
Средно високи	0.9	1.9	2.9	3.9	1.2	2.4	3.8	5.0	2.0	3.8	6.3	8.3	1.2	2.4	3.9	5.1	1.3	2.6	4.2	5.6
Средни	0.8	1.4	2.2	2.7	1.1	1.9	2.8	3.5	1.7	3.0	4.7	5.9	1.1	1.8	2.9	3.6	1.2	2.0	3.1	3.9
Средно ниски	0.7	1.0	1.5	1.7	0.9	1.3	2.0	2.2	1.6	2.1	3.4	4.0	0.9	1.3	2.1	2.5	1.1	1.4	2.3	2.6
Ниски	0.6	0.8	1.1	1.2	0.7	1.0	1.4	1.5	1.2	1.6	2.5	2.7	0.7	0.9	1.5	1.7	0.8	0.9	1.6	1.8

Претходно е споменато дека резултатите во централната точка Б ја опишуваат промента на температурата на воздухот и врнежите во крајниот источен дел од Македонија. Анализата направена за резултатите од точка А важи и за резултатите во точка Б, со исклучок на мала разлика во вредностите на промените

Интервалите на промена на температурите, за секоја година и за секоја сезона и на годишно ниво се следниве:

Зимска сезона (декември, јануари, февруари):

- 2025 година - промена 0.8 [0.6 – 1.1] ^{o}C,
- 2050 година - промена 1.4 [0.8 – 2.4] ^{o}C,
- 2075 година - промена 2.2 [1.1 – 3.7] ^{o}C,
- 2100 година - промена 2.7 [1.2 – 5.0] ^{o}C.

Пролетна сезона (март, април, мај):

- 2025 година - промена 1.1 [0.7 – 1.5] ^{o}C,
- 2050 година - промена 1.9 [1.0 – 3.1] ^{o}C,
- 2075 година - промена 2.8 [1.4 – 4.8] ^{o}C,
- 2100 година - промена 3.5 [1.5 – 6.5] ^{o}C.

Летна сезона (јуни, јули, август):

- 2025 година - промена 1.7 [1.2 – 2.5] ^{o}C,
- 2050 година - промена 3.0 [1.6 – 4.8] ^{o}C,
- 2075 година - промена 4.7 [2.5 – 8.0] ^{o}C,
- 2100 година - промена 5.9 [2.7 – 10.7] ^{o}C.

Есенска сезона (септември, октомври, ноември):

- 2025 година - промена 1.1 [0.7 – 1.5] ^{o}C,
- 2050 година - промена 1.8 [0.9 – 3.0] ^{o}C,
- 2075 година - промена 2.9 [1.5 – 4.9] ^{o}C,
- 2100 година - промена 3.6 [1.7 – 6.5] ^{o}C.

Годишно ниво:

- 2025 година - промена 1.2 [0.8 – 1.6] ^{o}C,
- 2050 година - промена 2.0 [0.9 – 3.3] ^{o}C,
- 2075 година - промена 3.1 [1.6 – 5.4] ^{o}C,
- 2100 година - промена 3.9 [1.8 – 7.2] ^{o}C.

Во Табела 3 се прикажани разликите меѓу предвидените промени на температурата во точка А и точка Б. Се гледа дека во пролет (MAM) и лето (JJA) разликата меѓу промените на температурата пресметани во точка А и точка Б е негативна, Тоа значи дека може да се очекува во пролет и лето промените на температурите а со тоа и самите средни сезонски температури на воздухот во источниот дел на Македонија да бидат поголеми во однос на останатиот дел од Македонија. Ова разлика е во интервалот од -0.1 ^{o}C до – 0.3 ^{o}C. Ова важи и за средно годишните промени на температурата, со вредост -0.1 ^{o}C.

Во зимската (ДЈФ) и есенска сезона (СОН), разликите се позитивни (освен за најниските промени), што значи дека во делот од просторот чии репрезент е централната

точка А - централните и западни делови од Македонија промените на температурата ќе бидат поголеми и може да се очекуваат зими со повисоки температури на воздухот во однос на крајниот источен дел. Разликата е во интервал од 0.1 ^{o}C до 0.2 ^{o}C.

Табела 3. Разлика меѓу предвидените промени на температурата на воздухот пресметани во централната точка А и централната точка Б.

dT(А) -dT(Б) (^{o}C)	Година	Високи	Средно високи	Средни	Средно ниски	Ниски
ДЈФ	2025	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
	2050	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
	2075	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
	2100	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
МАМ	2025	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0
	2050	-0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.1
	2075	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	0.0
	2100	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1
ЈЈА	2025	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0
	2050	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
	2075	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	-0.1
	2100	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0
СОН	2025	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
	2050	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
	2075	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1
	2100	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1
Средна годишна	2025	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	2050	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
	2075	-0.1	0.0	0.0	-0.1	0.0
	2100	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1

Овие разлики меѓу предвидените промени на температурата на воздухот во централните точки А и Б иако мали, во целост се движат во интервал од -0.3 ^{o}C до 0.2 ^{o}C, повеќе укажуваат на влијанието на локалната географската положба врз климатските услови и промени одколку на нивниот интензитет. Сепак овие разлики не се драматични и генерално не повлекуваат мерки и активност за прилагодување и ублажување на климатските промени поврзани со промените (порастот) на средните температури на воздухот во наредниот период кои би биле значително различни во деловите од Македонија претставени со двете споменати точки. Односно за целата територија на Македонија со голема сигурност би можеле да се користат и само резултатите генерирани во централната точка А, која е репрезент на скоро три четвртини од територијата на Македонија.

ПРЕДВИДУВАЊА ЗА ПРОМЕНИТЕ НА ВРНЕЖИТЕ

Во Табела 4 се прикажани предвидувањата за промените на количините врнежи пресметани во централната точка А.

Табела 4. Предвидени промени на количините врнежи (%) за централна точка А (41.25 °N, 21.25 °E) за: 2025, 2050, 2075 и 2100 година, за четрири сезони (ДЈФ – зима, МАМ – пролет, ЈЈА – лето, СОН –есен) и на годишно ниво (Година).

А (41.25 °N, 21.25 °E)	ДЈФ /А				МАМ /А				ЈЈА /А				СОН/А				Година /А			
	2025	2050	2075	2100	2025	2050	2075	2100	2025	2050	2075	2100	2025	2050	2075	2100	2025	2050	2075	2100
Ниски	-1	-3	-2	-1	-2	-5	-7	-9	-4	-12	-29	-36	-1	-5	-8	-9	-2	-6	-8	-8
Средно ниски	-1	-4	-3	-2	-2	-6	-10	-12	-6	-15	-38	-47	-1	-7	-10	-13	-3	-8	-10	-12
Средни	-3	-6	-7	-9	-3	-8	-13	-17	-13	-25	-46	-57	-2	-9	-14	-20	-4	-10	-15	-19
Средно високи	-4	-8	-11	-16	-4	-9	-17	-23	-20	-38	-54	-66	-4	-11	-21	-27	-5	-11	-21	-27
Високи	-5	-10	-14	-20	-5	-12	-21	-29	-25	-48	-68	-80	-5	-14	-25	-34	-6	-14	-25	-33

Се забележува е дека сите вредности се негативни, што значи дека во периодот 2025 – 2100 година се превидува намалување на количините врнежи. Вредноста пред средната заграда е средната промена а вредностите во заградата се: максималната (апсолутно најголемата) и минималната (апсолутно најмалата) промена.

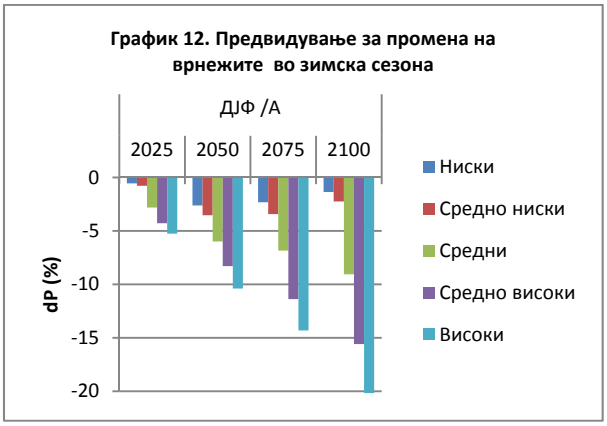
Резултатите се следниве:

Зимска сезона (декември, јануари, февруари):

2025 година - намалување -3 [-1 / -5] %,
2050 година - намалување -6 [-3 / -10] %,
2075 година - намалување -7 [-2 /-14]%,
2100 година - намалување -9 [-1 / -20] %.

Ова е прикажано на график 12.

График 12. Предвидување за промена на врнежите во зимска сезона

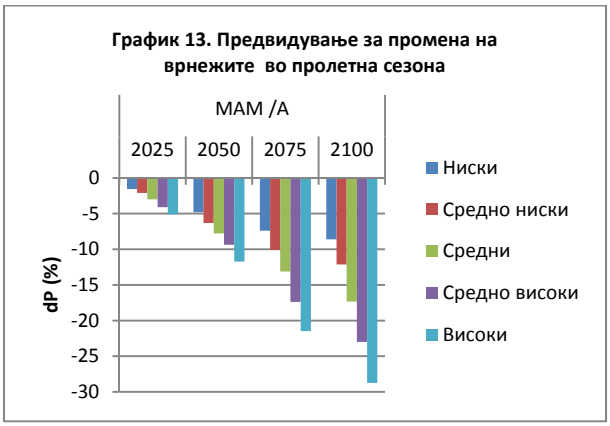


Пролетна сезона (март, април, мај):

2025 година - намалување -3 [-2 / -5] %,
2050 година - намалување -8 [-5 / -12] %,
2075 година - намалување -13 [-7 /-21]%,
2100 година - намалување -17 [-9 / -29] %.

Ова е прикажано на график 13.

График 13. Предвидување за промена на врнежите во пролетна сезона

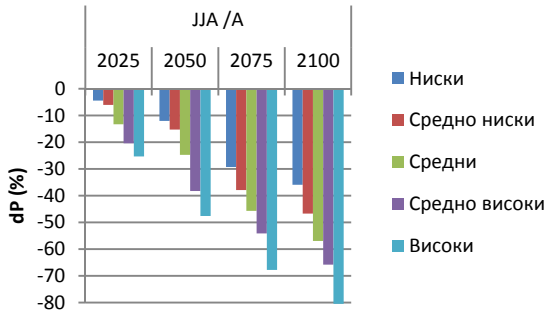


Летна сезона (јуни, јули, август):

2025 година - намалување -13 [-4 / -25] %,
2050 година - намалување -25 [-12 / -48] %,
2075 година - намалување -46 [-29 /-68]%,
2100 година - намалување -57 [-36 / -80] %.

Ова е прикажано на график 14.

График 14. Предвидување за промена на врнежите во летна сезона

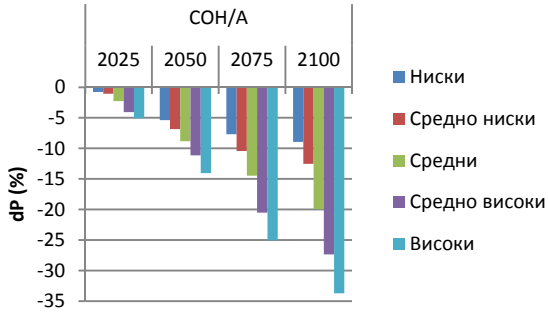


Есенска сезона (септември, октомври, ноември):

2025 година - намалување -2 [-1 / -5] %,
2050 година - намалување -9 [-5 / -14] %,
2075 година - намалување -14 [-8 /-25]%,
2100 година - намалување -20 [-9 / -34] %.

Ова е прикажано на график 15.

График 15. Предвидување за промена на врнежите во есенска сезона

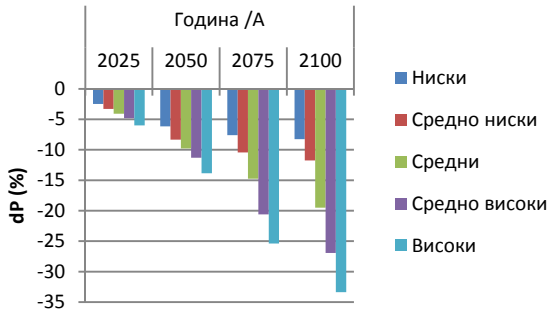


На годишно ниво:

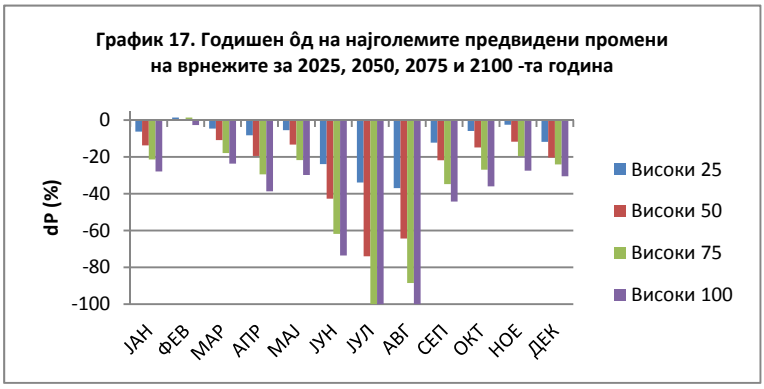
2025 година - промена -4 [-2 / -6] %,
2050 година - промена -10 [-6 / -14] %,
2075 година - промена -15 [-8 /-25]%,
2100 година - промена -19 [-8 / -33] %.

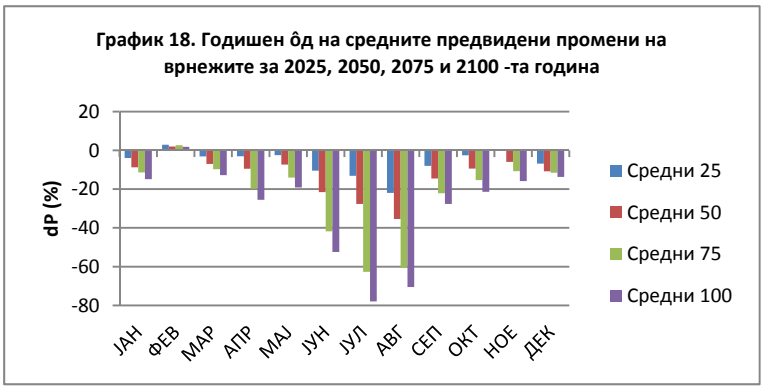
Ова е прикажано на график 16.

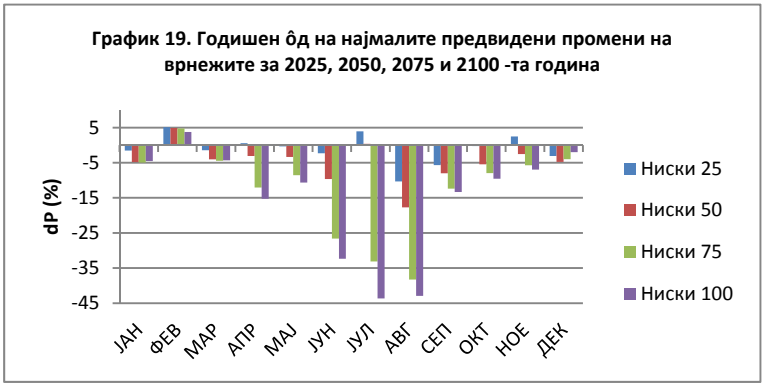
График 16.Предвидување за промена на врнежите на годишно ниво



Во сите сезони и на годишо ниво постои намалување на количините врнежи, со максимум во летната сезона. Менувањето на предвидените средни месечни промени на количините на врнежи за централна точка А, по месеци, за секоја избрана година и за висок, среден и низок интензитет на промени е прикажан на График 17, График 18 и График 19.



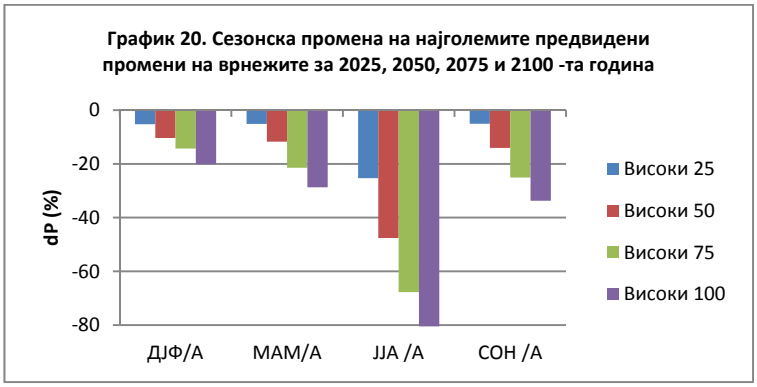




Од графиците се забележува следново:

- за сите избрани години, генерално сите промени на врнежите се негативни, односно постои намалување на средните суми врнежи,
- кај ниските промени (График 19) постои зголемување на врнежите во февруари за сите години (до 5 %), во април за 2025 година, во јули и ноември за 2025 година,
- кај средните има мал (до 3%) пораст за сите години во февруари за 2025 година,
- кај високите промени има сосема мал пораст (1%) во февруари за 2025 година,
- интензитетот на промените е најголем во топлиот дел од годината па во јули и август може да достигне до 100 %, па веројатно е во овие месеци воопшто да нема врнежи,
- во ладниот дел од годината се предвидуваат намалувања до 40% од средните месечни количини.

На следниве графици се прикажани предвидените промени на количините врнежи за централна точка А по сезони (квартали).



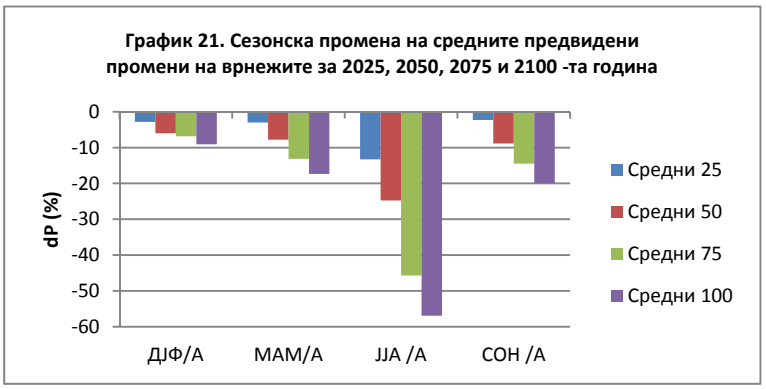


График 21. Сезонска промена на средните предвидени промени на врнежите за 2025, 2050, 2075 и 2100 -та година

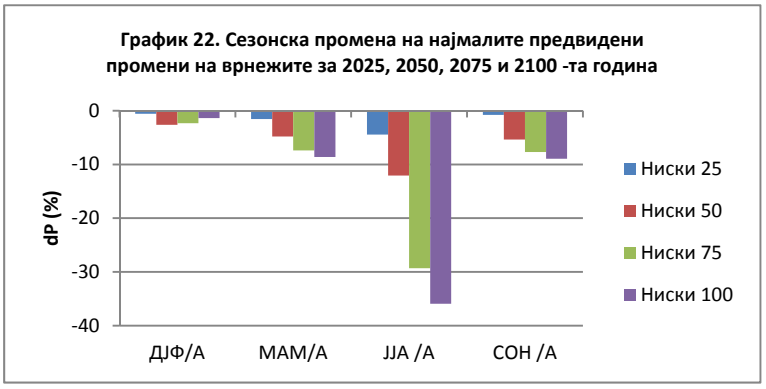


График 22. Сезонска промена на најмалите предвидени промени на врнежите за 2025, 2050, 2075 и 2100 -та година

Слично на месечните промени, и кај сезонските (квартални) промени се гледа:

- намалување на средната количина врнежи,
- за сите години (2025 – 2100) и интензитет на промени (високо, средни ниски) постои максимално намалување на врнежите во летната сезона (јуни, јули, август),
- во летната сезона намалувањето на врнежите ќе биде многу поголемо и побрзо одколку во другите сезони,
- во ладниот дел од годината намалувањата се поумерени.

Од претоходново следува дека:

- веројатно е во периодот 2025 – 2100 година да има континуирано намалување количините врнежи,
- предвидените промени се најинтензивни во топлиот дел од годината, па летата би биле сè посуви и веројатно е некои летни месеци (јули, август) да бидат без врнежи. Попатно кажано – и во претходниот период за кој постојат податоци имало месеци без врнежи.
- веројатно е намалувањата на врнежите во ладниот дел но со помал интензитет.

Во следнава табела, се прикажани предвидувањата за промените на количините врнежи во централната точка Б.

Табела 5. Предвидени промени на количините врнежи (%) за централна точка Б (41.25 °N, 23.75 °E) за: 2025, 2050, 2075 и 2100 година, за четрири сезони (ДЈФ – зима, МАМ – пролет, ЈЈА – лето, СОН –есен) и на годишно ниво (Година).

Б (41.25 °N, 23.75 °E)	ДЈФ /Б				МАМ /Б				ЈЈА /Б				СОН/Б				Година /Б			
	2025	2050	2075	2100	2025	2050	2075	2100	2025	2050	2075	2100	2025	2050	2075	2100	2025	2050	2075	2100
Ниски	-1	-2	-2	-1	-2	-5	-8	-9	-6	-14	-32	-39	0	-5	-8	-10	-3	-6	-8	-9
Средно ниски	-1	-3	-3	-2	-3	-7	-11	-12	-9	-18	-42	-51	-1	-6	-11	-14	-4	-9	-11	-12
Средни	-3	-6	-6	-8	-4	-8	-14	-17	-16	-28	-50	-61	-2	-9	-15	-20	-4	-10	-15	-20
Средно високи	-4	-8	-11	-14	-4	-10	-18	-24	-25	-42	-59	-71	-4	-11	-21	-28	-5	-12	-21	-28
Високи	-5	-10	-13	-19	-6	-12	-22	-30	-30	-53	-74	-87	-5	-14	-26	-35	-6	-14	-26	-34

Резултатите во централната точка Б ја опишуваат промента на количините врнежи во крајниот источен дел од Македонија. Анализата направена за резултатите од точка А

важи и за резултатите во точка Б, со исклучок на мала разлика во вредностите на промените

Интервалите на промена на количините врнежи, за секоја година по сезони и на годишно ниво се дадени подолу:

Зимска сезона (декември, јануари, февруари):

- 2025 година - намалување -3 [-1 / -5]%,
- 2050 година - намалување -6 [-2 / -10]%,
- 2075 година - намалување -6 [-2 /-13]%,
- 2100 година - намалување -8 [-1 / -19]%.

Пролетна сезона (март, април, мај):

- 2025 година - намалување -4 [-2 / -6]%,
- 2050 година - намалување -8 [-5 / -12]%,
- 2075 година - намалување -14 [-8 /-22]%,
- 2100 година - намалување -17 [-9 / -30]%.

Летна сезона (јуни, јули, август):

- 2025 година - намалување -16 [-6 / -30]%,
- 2050 година - намалување -28 [-14 / -53]%,
- 2075 година - намалување -50 [-32 /-74]%,
- 2100 година - намалување -61 [-39 / -87]%.

Есенска сезона (септември, октомври, ноември):

- 2025 година - намалување -2 [0 / -5]%,
- 2050 година - намалување -9 [-5 / -14]%,
- 2075 година - намалување -15 [-8 / -26]%,
- 2100 година - намалување -20 [-10 / -35]%.

Годишно ниво:

- 2025 година - намалување -4 [-3 / -6]%,
- 2050 година - намалување -10 [-6 / -14]%,
- 2075 година - намалување -15 [-8 / -26]%,
- 2100 година - намалување -20 [-9 / -34]%.

Во Табела 6 се прикажани разликите меѓу предвидените промени на количината врнежи во точка А и точка Б.

Може да се забележи следново:

Во зима (ДЈФ) за ниски и средно ниски промени не постои разлика во промените но за средни, средно високи и високи промени разликите меѓу промените на врнежите се позитивно. Иако овие разлики се мали (до 1 %) ова е индикатор дека е веројатно да во деловите од територијата на Македонија чии репрезент е точка А, има поголемо намалување на врнежите одколку во крајниот источен дел.

Во останатиот дел од година, разликата меѓу промените во точка А и точка Б се негативни, меѓу -1% до -6%. Ова е индикатор дека во потоплиот дел од годината особено

во лето (JJA) во источните делови од Македонија намалувањето на врнежите е поголемо односно има побрзо намалување на врнежите во однос на останатиот дел.

На годишно ниво постои само негативна разлика и тоа за средно високите и високите промени за 2050, 2075 и 2100 година.

Табела 6. Разлика меѓу предвидените промени на количините врнежи пресметани во централната точка А и централната точка Б.

dP(A) -dP(Б) (%)	Година	Ниски	Средно ниски	Средни	Средно високи	Високи
ДЈФ	2025	0	0	0	0	0
	2050	0	0	0	1	1
	2075	0	0	0	1	1
	2100	0	0	1	1	1
МАМ	2025	-1	-1	-1	0	0
	2050	0	0	-1	0	-1
	2075	0	0	-1	-1	-1
	2100	0	0	0	-1	-1
ЈЈА	2025	-2	-3	-3	-4	-5
	2050	-2	-3	-3	-4	-5
	2075	-3	-4	-5	-5	-6
	2100	-4	-4	-4	-5	-6
СОН	2025	0	0	0	0	0
	2050	1	1	0	0	0
	2075	0	0	-1	-1	-1
	2100	-1	-1	0	-1	-1
Средна годишна	2025	0	0	0	0	0
	2050	0	0	0	0	-1
	2075	0	0	0	-1	-1
	2100	0	0	0	-1	-1

Она кажано за разликите меѓу добиените податоци за точките А и Б за температурата важи и за предвидените промени на врнежите. Овие разлики меѓу предвидените промени на врнежите во централните точки А и Б иако мали, во целост се движат во интервал од -1 % до 6 %, повеќе укажуваат на влијанието на локалната географската положба врз климатските услови и промени одколку на нивниот интензитет. Сепак овие разлики не се драматични и генерално не повлекуваат мерки и активност за прилагодување и ублажување на климатските промени поврзани со промените / порастот на средните температури на воздухот во наредниот период кои би биле значително различни во деловите од Македонија претставени со двете споменати точки. Односно за целата територија на Македонија со голема сигурност би можеле да се користат и само резултатите генерирани во централната точка А, која е репрезент на скоро три четвртини од територијата на Македонија.

РЕЗИМЕ

Презентираните резултати се добиени со користење на софтверскиот пакет MAGICC/SCENGEN v. 5.3. Од понудените можности како индикатор за промените на климата во периодот 2025-та – 2100-та година се избрани промените на средните температури и количини врнежи. При работата се користени препораките на ИПЦЦ во однос на изборот на климатски сценарија и климатската сензитивност. Резолуцијата на податоците генерирани со генераторот на сценарија е 2.5^{o} x 2.5^{o}, па за територијата на Македонија се генерираат податоци во две точки.

Генерално, за избраните карактеристични години во однос на температурата на воздухот и врнежите состојбата е следна:

- Во цел период 2025 – 2100 постојат позитивни промени односно веројатен е пораст на температурата.
- Порастот на температурата е најинтензивен и значителен во летниот дел од годината односно веројатно е летата да стануваат сè потопли.
- Веројатно е во пролет и лето промените на температурите а со тоа и самите средни сезонски температури на воздухот во источниот дел на Македонија да бидат поголеми во однос на останатиот дел од Македонија.
- Пости континуирано намалување на врнежите. На сезонско и годишно ниво воочливи се најголеми промени во топлиот дел од годината. На месечно ниво веројатно е во јули и август целосно отсуство на врнежи, а во февруари минимално зголемување во однос на средните вредности но тоа зголемување на годишно ниво не се забележува.
- Во топлиот дел од годината промените на врнежите во источните делови е поизразита во однос на остатокот од Македонија.
- Разликите меѓу промените на температурата и врнежите пресметани во централните точки А и Б, како што е покажано погоре се блиски. За температурата овие разлики се во интервал од -0.3 ^{o}C до 0.2 ^{o}C, и вариратат по сезони и години. Слично, кај врнежите разликите во промените се во интервал од -6% до 1%. Овие разлики не се драстични, напротив тие се мали и битно не би влијаеле при донесување на одлуки поврзани со прилагодувањеи кон климатските промени и ублажување на последиците од нив. Тие треба да се гледаат како индикатор за влијанието на географската положба на големината на климатските промени. Поради ова заа целата територија на Македонија со голема сигурност би можеле да се користат и само резултатите генерирани во централната точка А, која е репрезент на скоро три четвртини од територијата на Македонија.
- Со оглед на методологијата на работа - осреднување на резултати од шест основни сценарија, изнесениве резултати треба да се земат ориентационо. Значењето и влијанието на апсолутните износи на промените на температурата и врнежите и на разликите меѓу промените зависи од макро и микро локацијата на даден простор кој би се разгледувал.
- За подетално објаснување на промените на температурата врнежите и на други метеоролошки параметри (сончево зрачење, ветар, испарување...) и за целосно сфаќање на суштината на добиените резултати потребна е подетална анализа и употреба на математички модели, пред сè Регионални климатски модели (RCM), што е врзано со градење и јакнење на одржливи капацитети во смисла на квалитетна хардверска, софтверска и персонална логистика.

- Климатските промени, овде претставени со промената на температурата на воздухот и врнежите се одвиваат постепено, а резултатите се забележливи на подолг временски период. Употребата на матаматичките модели, глобални (GCM) и регионални (GCM) кои секојдневно се надградуваат со вклучување на новите сознанија за атмосферата и климата и нивната поврзаност со влијанието на човекот, овозможуваат постојано да се подобруваат предвидувањата за идната состојба на климата. Ова ќе придонесе до подобрување на квалитетот на мерките и одлуките поврзани со прилагодување кон климатските промени и ублажување на негативните ефекти од тие промени.

СПОРЕДБА СО ДРУГИ РЕЗУЛТАТИ

Подолу е прикажана споредба на резултатите за промената на температурата и врнежите за територијата на Македонија опишани претходно со резултати добиени порано и со други алати.

СПОРЕДБА МЕЃУ РЕЗУЛТАТИТЕ ДОБИЕНИ СО MAGICC/SCENGEN v. 5.3 И MAGICC/SCENGEN v. 4.1.

Во 2006 година Др. Клемен Бергант има изработено сценарија за климатските промени во Македонија. Во работата меѓу другото е е користен MAGICC/SCENGEN v. 4.1. Со него се генерирани податоци за промените во точка со координати 41.5^{o} с.гш. и 21.5^{o} и.г.д.

Разликата меѓу резултатите за средните промени на средната годишна температура добиени во овие два случаи е прикажана во Табела 7 и на график 23.

Табела 7. Разлика меѓу предвидените промени на средната годишна температура добиени со MAGICC/SCENGEN v. 5.3 (2012) и Клемен Б. (2006). Разликата е претставена како апсоултна и во проценти

Средни промени	Година	M/S v. 5.3, /2012 dT(°C)	Klemen B., /2006 dT(°C)	Апсолутна разлика dT(°C)	Релатинва разлика (%)
Година /точка А	2025	1.2	1	0.2	17
	2050	2	1.9	0.1	5
	2075	3.1	2.9	0.2	6
	2100	3.9	3.8	0.1	3

Предвидените промени на температурата се прикажани на левата ордината а разликите меѓу предвидувањата во двата случаи се прикажани на десната ордината и се изразени во проценти. Апсолутните разлики се во инервалот 0.1 °C до 0.2 °C во целиот период 2025 -2100 година. Новите резултати, на средно годишно ниво предвидуваат поголеми промени околку старите. Но ако овие разлики се прикажат процентуално, се забележува намалување на разликите како се оди кон 2100 година, од 17 % во 2025 до 3% во 2100 година.

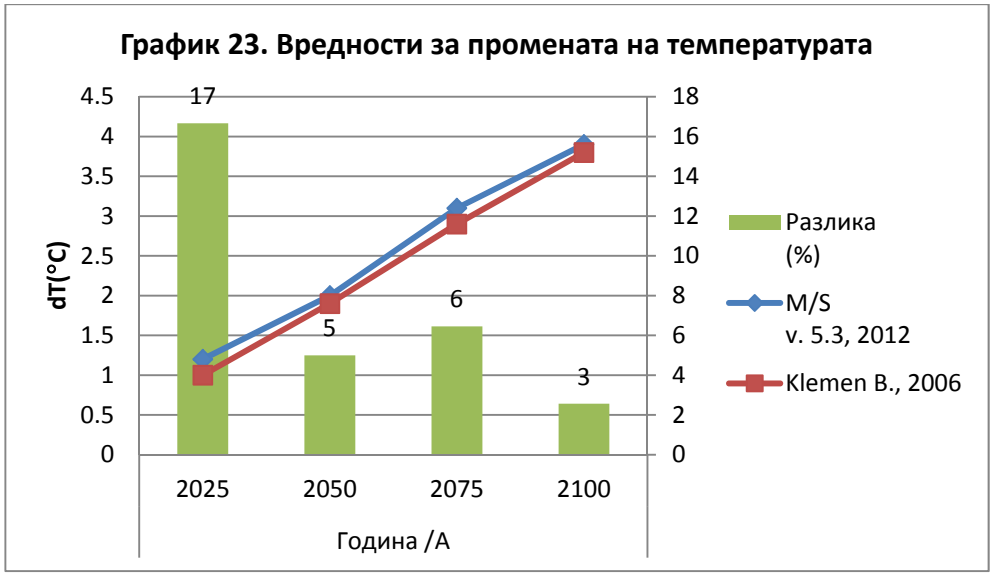


График 23. Споредба на средните промените на средната годишна температурата на воздухот добиени во овој труд со MAGICC/SCENGEN v. 5.3 (2012) и резултатите од Берган К., (2006). Разликата е изразена во % во

Во Табела 8 и на График 24 се прикажани разликите меѓу средните предвидени количини врнежи добиени со двете анализи. Двете анализи покажуваат намалување на врнежите, со тоа што новите предвидувања даваат поголеми и поинтензивни промени / намалувања. Се гледа пораст на апсолутната разлика како се оди кон 2100 година, од -1 % во 2025 до -6 % во 2100 година.

Табела 8. Разлика меѓу предвидените промени на средната годишни врнежи добиени со MAGICC/SCENGEN v. 5.3 (2012) и Клемен Б. (2006). Разликата е претставена како апсоултна и во проценти

Средни промени	Година	M/S v. 5.3 /2012 (%)	Klemen B., /2006 (%)	Апсолутна разлика
Година /точка А	2025	-4	-3	-1
	2050	-10	-5	-5
	2075	-15	-8	-7
	2100	-19	-13	-6

На Графикот 24 на левата ордината се претставени предвидените промени на врнежите во проценти. На десната ордината се нанесени апсолутните разлики меѓу новите и старите резултати. Забележливи се зголемувањата на апсолутните вредности на разликите.

Основна причина за постоење на разлики во резултатите е разликата во верзиите на употребениот софтвер. Во претходната, верзија 4.1 се користат продуктите од 4 модели а резолуцијата на добиените резултати е 5^o x 5^o. Во верзијата 5.3 се користат продуктите од 18 модели а резолуцијата на добиените резултати е 2.5^o x 2.5^o.

Во новата анализа се користени новите вредности за климатаската сензитивност дадени во Четвртиот извештај за процена ((Fourth Assessment Report / AR4)) на IPCC.

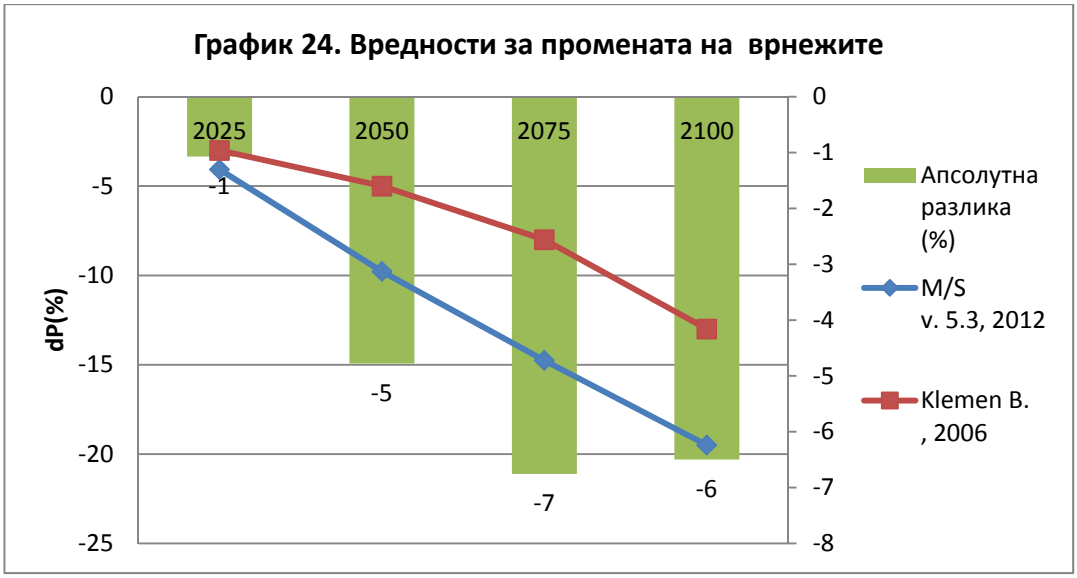


График 24. Споредба на промените на врнежите добиени во овој труд со MAGICC/SCENGEN v. 5.3 (2012) и резултатите од Клемен Б. (2006).

СПОРЕДБА СО РЕЗУЛТАТИ ОД ВИРТУЕЛНИОТ ЦЕНТАРОТ ЗА КЛИМАТСКИ ПРОМЕНИ НА ЈУГОИСТОЧНА ЕВРОПА (SEEVCC, Србија, Белград)

Виртуелниот центар (SEEVCC) има објавено резултати за предвидувањето на климатските промени добиени со употреба на регионален климатски модел. Моделот е со резолуција 0.25^{o} а се користени три климатски сценарија.

Сценариото A1B е употребено за предвидување на промените на температурата и врнежите за периодот 2001 – 2030 година. Територијата на Македонија е опфатена со две вредности.

Според SEEVCC, во источниот дел од Македонија промените на средногодишната температура е во интервал од 0.8 ^{o}C до 0.9 ^{o}C а во западниот интервал од 0.9 до 1.0 ^{o}C. Според MAGICC/SCENGEN v. 5.3 за 2025 година, за цела територија на Македонија средногодишната промена е 1.2 ^{o}C, во веројатен интервал од 0.8 ^{o}C до 1.6 ^{o}C.

Промените на врнежите на годишно ниво, според SEEVCC се движат во интервалот од 5 % во источните делови, до -5 % во западните. Според MAGICC/SCENGEN v. 5.3 за целата територија промените се -4 %, во веројатен интервал од -2% до -6%..

Сценариото A1B е употребено и за предвидување на промените на температурата и врнежите за периодот 2071 – 2100 година. Промените на средногодишните температурите се движат во во интервал 2.4 ^{o}C до 2.6 ^{o}C. Според MAGICC/SCENGEN v. 5.3 овие промени се движат околу 3.9 ^{o}C, во веројатен интервал од 1.7 ^{o}C до 7.2 ^{o}C за цела територија.

Промените на врнежите, според SEEVCC се во интервал од 0 до 5% на исток и од -5% до -30% на запад. Според MAGICC/SCENGEN v. 5.3 во источните делови промените се -20%, во веројатен интервал од -9% до -34% а на запад -19%, во веројатен интервал од -8% до -33%.

Споредбата укажува на слични резултати во перодот до 2025 / 2030 година. За периодот кој ја опфаќа 2100-та година постојат поголеми разлики.

Сценариото А2 е искористено за предвидување за периодот 2071 – 2100 година. Во источните делови на Македонија промените на температурата, на годишно ниво, се во интервалот од 3.4 ^{o}C до 3.6 ^{o}C на исток, до 3.6 ^{o}C до 3.8 ^{o}C на запад. Според MAGICC/SCENGEN v. 5.3 овие промени се движат околу 3.9 ^{o}C, во веројатен интервал од 1.7 ^{o}C до 7.2 ^{o}C за цела територија. Се забележува голема блискост на добиените резултати.

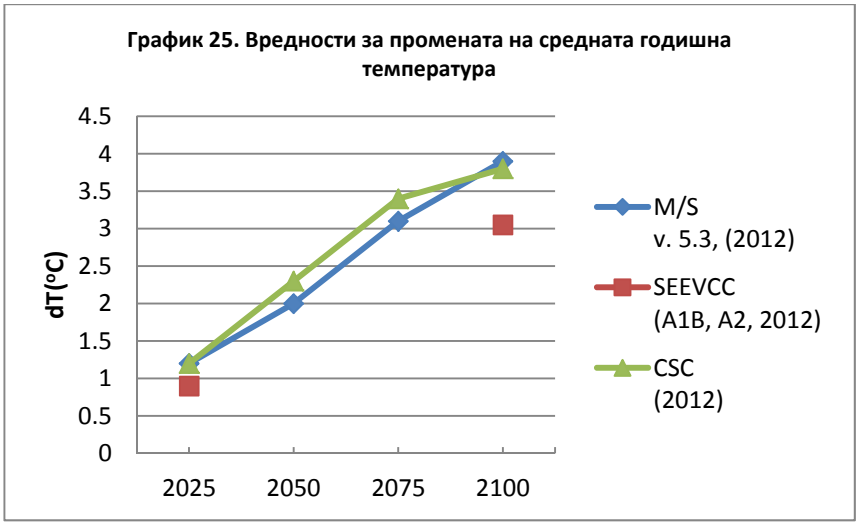
Промените на врнежите, на годишно ниво, според SEEVCC се во рамките од 0 % до -5 % на исток, до -5 % до -15 % на запад. Според MAGICC/SCENGEN v. 5.3 во источните делови промените се -20 %, во веројатен интервал од -9 % до -34 % а на запад -19 %, во веројатен интервал од -8 % до -33 %. Во однос на промените на врнежите постои делумно совпаѓање.

СПОРЕДБА СО РЕЗУЛТАТИ ОД КЛИМАТСКИ СЕРВИС (CSC – Climate Service Center, Germany)

Според јавно објавените резултати од CSC со употреба на регионален климатски модел и сценариото А1В, за една централна точка, промената на средно годишната температура во 2100-та година би изнесувала 3.8 ^{o}C со веројатен интервал од 2.3 ^{o}C до 6.3 ^{o}C. Според MAGICC/SCENGEN v. 5.3 овие промени се движат околу 3.9 ^{o}C, во веројатен интервал од 1.7 ^{o}C до 7.2 ^{o}C за цела територија. Се забележува голема блискост на добиените резултати.

Намалувањето на средните годишни врнежи е -12 % со со веројатен интервал од -7 % до -28 %. Според MAGICC/SCENGEN v. 5.3 во источните делови промените се во веројатен интервал -20 % во веројатен интервал од -9 % до -34 % а на запад -19 % во веројатен интервал од -8 % до -33 %. Се забележува одредена блискост на добиените резултати.

На График 25 се прикажани предвидените промени на средната годишна температура во периодот 2025 -2100 година, според MAGICC/SCENGEN v.5.3, SEEVCC и CSC.



.

График 25. Споредба на промените на средната годишна температурата на воздухот добиени во овој труд со MAGICC/SCENGEN v.5.3, SEEVCC и CSC

Бидејќи SEEVCC има резултата само за периодот 2001 – 2030 година и за 2071– 2100 година, точките не се поврзани со линија. Во трите случаи се гледа тренд на пораст на температурите.

При споредба на резултатите добиени од MAGICC/SCENGEN v. 5.3 и оние од регионални климатски модели во одредени ситуации се гледа различен степен на согасување.

Како основна причина за разликите во резултатите секако е принципиелно различниот начин на пресметувањето на промените. SEEVCC и CSC користат регионален математички модел и едно климатско сценарио за секоја пресметка. Во MAGICC/SCENGEN се користат готови резултати од 18 модели а конечните резултати се добиени со осреднување. Исто така се почитува и основната препорака на IPCC дека во овој момент не постои климатско сценарио кое може да се фаворизира и препорачува примена на принципот на ансамбал методи и осреднување на резултатите. Значењето на оваа препорака може да се види на следниве графици.

График 26. Среднагодишна промена на температурата за клим. сенз. 2.0 °C

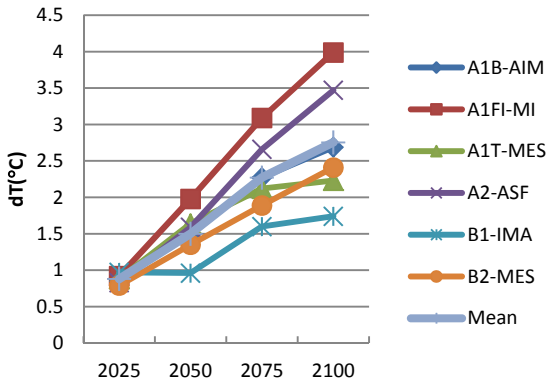


График 27. Среднагодишна промена на температурата за клим. сенз. 3.0 °C

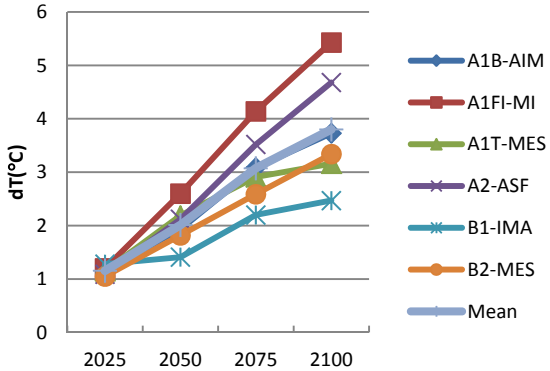


График 29. Среднагодишна промена на врнежите за клим. сенз. 2.0 °C

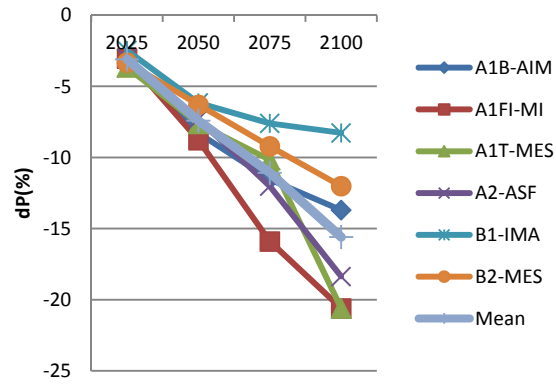
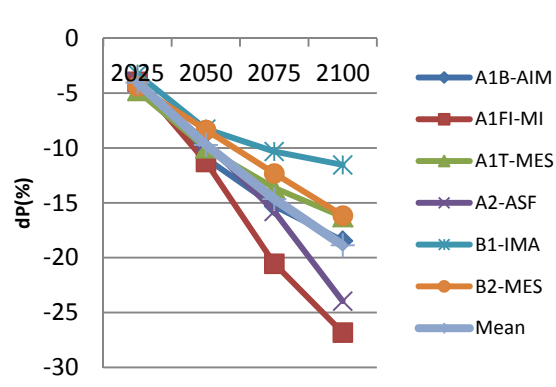
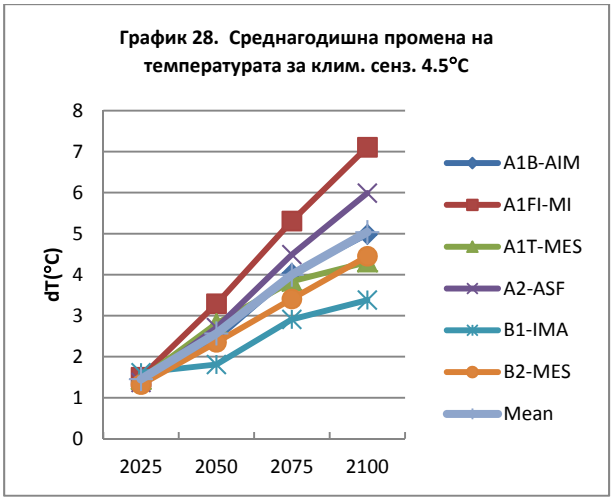
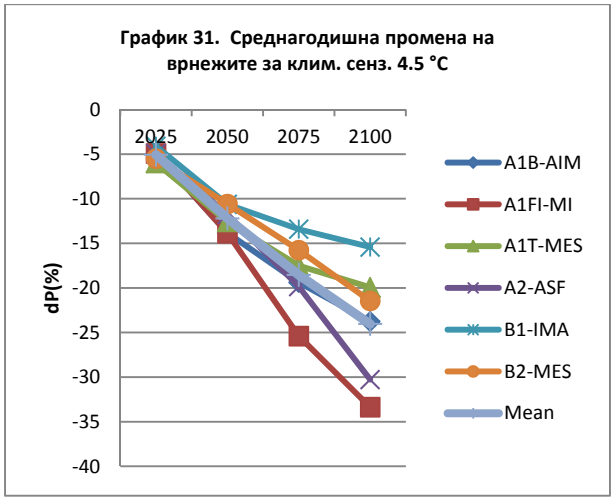


График 30. Среднагодишна промена на врнежите за клим. сенз. 3.0 °C







На График 26, График 27 и График 28 се прикажани промените на средно годишната температура, а на График 29, График 30 и График 31 промените на средно годишните врнежи, за сите шест сценарија (A1B-AIM, A1FI-MI, A1T-MES, A2-ASF, B1-IMA, B2-MES) и средната вредност (на графиците со најдебела линија), за трите препорачани вредности на климатската сензитивност: 2.0 ^{o}C, 3.0 ^{o}C и 4.5 ^{o}C. Климатската сензитивност е мерка за влијанието на промента на температурата на климатскиот систем и претставува рамнотежна промена на глобалната средна приземна температура на воздухот, што одговара на одржливо удвојување на атмосферскиот јагероден диоксид (CO_2). Од графиците е воочлива разликата меѓу резултатите добиени за различни сценарија и големина на климатската сензитивност што ја појаснува препораката на IPCC за употреба на ансамбал сценарија и непостоење на едно „најдобро“ сценарио.

ЗА КРАЈ

Со овој материјал се презентирани податоци во обид да се предвидат промените на климата во Македонија во периодот 2025 - 2100-та година. Презентираните резултати, во вид на предвидени промени на температурата на воздухот и врнежите се произведени со математички алатки кои во себе ги содржат најновите знаења за атмосферата, климата и факторите, природни и антропогени, кои влијаат на нивните промени. Сепак нивото на знаења сè уште не се доволни за да може во целост да се опише природата и процесите кои се одвиваат во неа. Затоа и презентираните резултати не треба да сегледаат како финални и апсолутно точни. Промената и надополнувањата на човековите познавања за атмосферата, времето и климата, за влијанието на човековите активности врз природата, за текот на природните промени на природата, ќе предизвикуваат постојани подобрувања на резултатите за идната состојба на климата.

Поаѓајќи од ова, овие резултати треба да се третираат како ориентациони и приближни но сепак како јасен патоказ за патот по кој треба да се оди - развој на општество одржливо во секој поглед. Општество кое природата, во секој нејзин дел, ќе ја третира како рамноправен партнер, составен и неизоставен дел од своето опстојување а не само како извор, реално конечен, за свој опстанок.

Секако овие резултати треба да служат за припрема на општеството, во сите негови сегменти, за прилагодување кон климатските промени кои претстојат и ублажување на последиците од негативните влијанија на овие промени врз општеството.

Во анализава се презентирани резултати добиени со апликацијата MAGICC/SCENGEN со која врз основа на пресметана средна глобална температура на воздухот, со користење на резултати од 20 глобални циркулациони модели (GCM) се врши сведување на промените на глобално на локално ниво. Конечните резултати презентирани овде се добиени со осреднување.

Предност на овој софтвер е релативно брзо добивање на резултати со релативно мали компјутерски ресурсии. Недостаток е тоа што освен на некои глобални параметри, како климатската сензитивност, не е можно варирање на локалните параметрите а уште поважно - ниту добивање на резултати на мал простор или во една точка .

Надминување на овие недостатоци е можно со употреба на регионалните климатски модели (RCM). Тоа се математички модели во кои факторите кои влијаат на климата и нејзината промена се опишани математички, а бараат располагање со големи компутерски (хардверски и софтверски) ресурси. Но основната предност е тоа што тие овозможуваат добивање на подетални резултати и во време и во простор. Иако превидувањата на климатските промени на подолг временски период не е активност која се спроведува постојано, со помош на РКМ можат да се добијат сезонски прогнози, односно прогноза на состојбата на времето и климата за неколку месеци и сезони напред. Така на пример, Виртуелниот центарот за климатски промени на југоисточна Европа (SEEVCC, Србија, Белград) на шеснаесетиот ден од секој месец стартува РКМ кој произведува долгорочна прогноза со траење од 7 месци (~215 дена) и просторна резолуција од 35 километри. Како резултат се добиваат: средни температури на воздухот на 2 м, количини врнежи, температурни отстапувања (аномалии) и отстапувања на врнежите од средните триесетгодишни вредности (нормали) за период 1961 – 1990 година, за единечни месеци и за три месеци (сезона). Овие долгорочни прогнози овозможуваат превземање на активности за прилагодување и ублажување на последиците од нестандардните промени на климата во периодот кој непоседно следува.

Со оглед на претходново, со оглед на големината на територијата на Македонија јасно е дека употребата на Глобалните циркулациони модели (GCM) и методите кои ги користат нивните резултати со просторна резолуција од редот неколку стотици километри не е можно добивање на детални информации на локално ниво. Добивање на такви резултати е можно со употреба на Регионални климатски модели (RCM) пред сè за генерирање на сезонски прогнози за пооделни региони од Македонија кои имаат свои климатски особености. Развој и употреба на ваков РКМ кај нас во Македонија, со преточување на овие локалните климатски особености би овозможило постојано подобрување на точноста на резултатите од предвидувањта. Со тоа јасно и Хидрометеоролошката служба на Македонија би си ја потврдила својата улога во целокупниот спектар од мерки за прилагодување кон климатските промени и ублажување на последиците од истите, како на глобално така и на локално ниво.

Благодарност:

Му благодарам на господин Tom M.L. Wigley, National Center for Atmospheric Research, Bulder, Colorado, USA, за неколку круцијални објаснувања за принципите на работа на MAGICC/SCENGEN.

Литература:

IPCC – извештаи и технички документи (http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres)

MAGICC/SCENGEN v.5.3: USER MANUAL (version 2))

Берган К. Сценарија за климатски промени за Македонија, 2006

Climate fact sheet – Climate Service Center, 2012, Germany

Climate projections, SEEVCCC, Srbija (http://www.seevccc.rs)