

РАЗВИТИЕ И УСТАНОВЯВАНЕ НА ТЕНДЕНЦИИ В ТЕМПЕРАТУРНИТЕ ПРОМЕНИ НА АТМОСФЕРАТА В РАЙОНА НА ГРАД СТАРА ЗАГОРА

**Веселин Ташев¹, Ролф Вернер¹, Ангел Манев¹, Димитър Вълев¹,
Мариана Горанова², Ана Шишкова³**

¹Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките

²Технически университет София, Факултет по компютърни системи и управление

³НИМХ – Филиал Пловдив, България

e-mail: veselinlt@abv.bg;

Ключови думи: Температура на въздуха, слънчева енергия, метеорологични измервания.

Резюме: Развитието и установяването на тенденции в температурните промени на атмосферата в района на град Стара Загора са проследени за последните 8 години от 2011 г. насам. За да се проследи изменението на температурата се използват данните, получени от сензорите на автоматичната метеорологична станция Vantage Pro 2 Plus. Целта на изследването е да се провери доколко голяма е повторемостта на температурните стойности през различните периоди и дали има локално затопляне. Събраните данни от сензорите са обработени, осреднени и подредени по часове, дни, месеци и години. Получените резултати са оформени в графичен и табличен вид. В настоящата разработка се изследва температурната динамиката без да се има в предвид приноса на отделните фактори за загряване и охлаждане на атмосферата.

DEVELOPMENT AND ESTABLISHMENT OF TRENDS IN THE TEMPERATURE CHANGES OF THE ATMOSPHERE IN THE REGION OF STARA ZAGORA

**Veselin Tashev¹, Rolf Werner¹, Angel Manev¹, Dimitar Valev¹,
Mariana Goranova², Ana Shishkova**

¹Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences

²Technical University Sofia, Faculty of Computer Systems and Control

³NIMH – Plovdiv Department, Bulgaria

e-mail: veselilt@abv.bg

Keywords: Air Temperature, solar energy, measurement of meteorological parameters

Abstract : The development and establishment of trends in the temperature changes of the atmosphere in the region of Stara Zagora have been followed for the last 7 years since 2011. To trace the climate temperature use data obtained from sensors of the automatic meteorological Vantage station Pro 2 Plus. The purpose of the study is to check the extent to which the repeatability of temperature values during different periods and whether there is local warming. The data collected by the sensors is processed, average and ordered by hours, days, months and years. The resulting results are shaped in graphical and tabular form. The current development explores the temperature dynamics without taking into account the contribution of the individual factors for heating and cooling the atmosphere.

1. Въведение

Когато количеството топлина, което загрява въздуха е по-голямо от количеството топлина, което охлажда въздуха, температурата на атмосферата се покачва и обратно. Топлината, която загрява въздуха зависи от температурата на земната повърхност и от погълнатата слънчева радиация. Топлината, която охлажда въздуха зависи от адиабатното изстиване, излъчване на топлина и предаване на топлина при контакт с по-студена повърхност. Съвременните методи за измерване на температура изискват отчитането да става на колкото може по-кратки периоди. След това тези измервания се осредняват за по-дълги периоди.

Поради тази причина измерванията са извършени на всеки 15 минути. Натрупаните и обработени данни за 8 години са в размер на около 280 000 записа.

2. Теория и изследване на температурната динамика

Известно е, че слънчевата радиация и температурата на земната повърхност са по-високи през летните месеци отколкото през зимните. Това се отнася и за дневните периоди. Слънчевата радиация и температурата на земната повърхност са по-високи през дневния период отколкото през през нощния. Логично е да се очаква, че именно тези фактори ще определят динамиката на температурата на атмосферата през съответните периоди. В този смисъл са проследени промените на температурата в дневни, месечни и годишни цикли.

Както отбелязохме, температурата на атмосферата зависи от действителното количество топлина погълната от въздуха. Действителното количество топлина се определя като разлика между топлината, която нагрява въздуха и топлината, която охлажда въздуха.

2.1. Основните фактори за предаване на топлината от почвата на въздуха са:

- Топлинната конвекция представлява термически обусловен вертикален обмен на въздуха. В досег с нагрятата повърхност на земята, въздухът се затопля, става по-лек и се издига нагоре. На негово място странично идва нов по-тежък и по-хладен въздух, който също се нагрява и т.н.

- Топлинната адвекция представлява хоризонтално движение на въздушни маси, при което в нашите географски ширини става пренос на топлина от субтропика.

- Турбулентността представлява безпорядъчни вихрови движения на въздуха в различни посоки вътре в общото въздушно течение. В зависимост от поражащите я причини тя бива динамична и термична:

- Динамичната турбулентност възниква от триенето на въздуха със земната повърхност и от обтичането на въздушния поток по неравностите (дървета, храсти, хълмове, сгради и др.). Тя е по-силно изразена в пресечени местности.

- Термичната турбулентност възниква от нееднородното нагряване на отделни места от повърхността – различия в цвета и влажността на почвата, различия в изложението и т.н. При това се проявява температурна нееднородност на въздуха – над по-нагreti повърхности той се издига по-високо и обратно. По този начин в непосредствена близост възникват възходящи и низходящи въздушни струи, които предизвикват характерно трептене на въздуха (забелязват се при слънчево време над асфалтови пътища, угари и т.н.).

- Излъчването на земната повърхност също допринася за нагряването на въздуха. Атмосферата е слабо прозрачна за дълговълновата радиация и поглъща значителна част от нея.

- Изпарението и по-точно водните пари, които попадат в атмосферата, също са източник на скрита топлина, която се освобождава при кондензацията на водните пари и отива за нагряване на въздуха

Изстиването на въздуха става по няколко причини.

2.2. Основните фактори за отнемане на топлината от въздуха са:

- Адиабатното изстиване е основна причина. С издигане на въздуха на височина той попада в условия на по-ниско атмосферно налягане и се разширява. Разширяването на въздуха става за сметка на съдържащата се в него топлинна енергия.

- Други, по-маловажни, причини са:

- Излъчване на топлина;

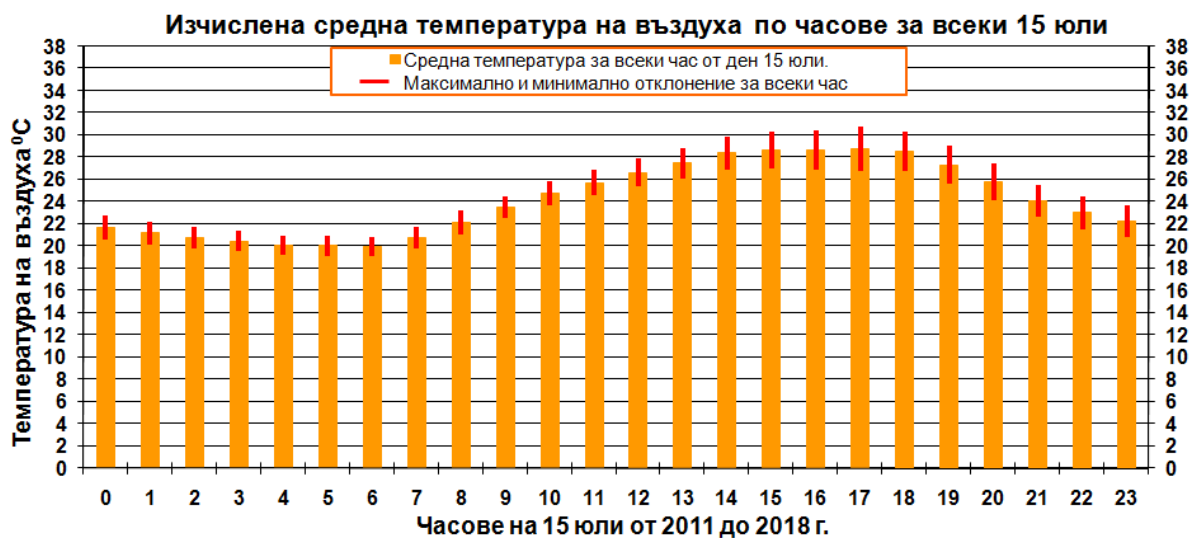
- Предаване на топлина при съприкосновение с по-студена повърхност.

3. Изследване на часовия и дневния ход на температурата

На фиг. 1 са показани с жълти ленти средните стойности на температурата на атмосферата за всеки час, а с червени линии минималните и максимални отклонения от тези стойности. Те са измерени за всеки час на всеки 15 юли в продължение на 8 години. Средата на месец юли, т. е. 15 юли е избран, защото статистически температурите са най-високи.

На тази графика ясно се вижда, че средните температури са най-високи от 15 до 18 часа с максимална динамика, а най-ниска от 4 до 6 часа с минимална динамика. Следователно – когато температурата е най-висока, тогава и промяната в нейните стойности е най-голяма. Обратно - когато температурата е най-ниска, тогава и промяната в нейните стойности е най-малка.

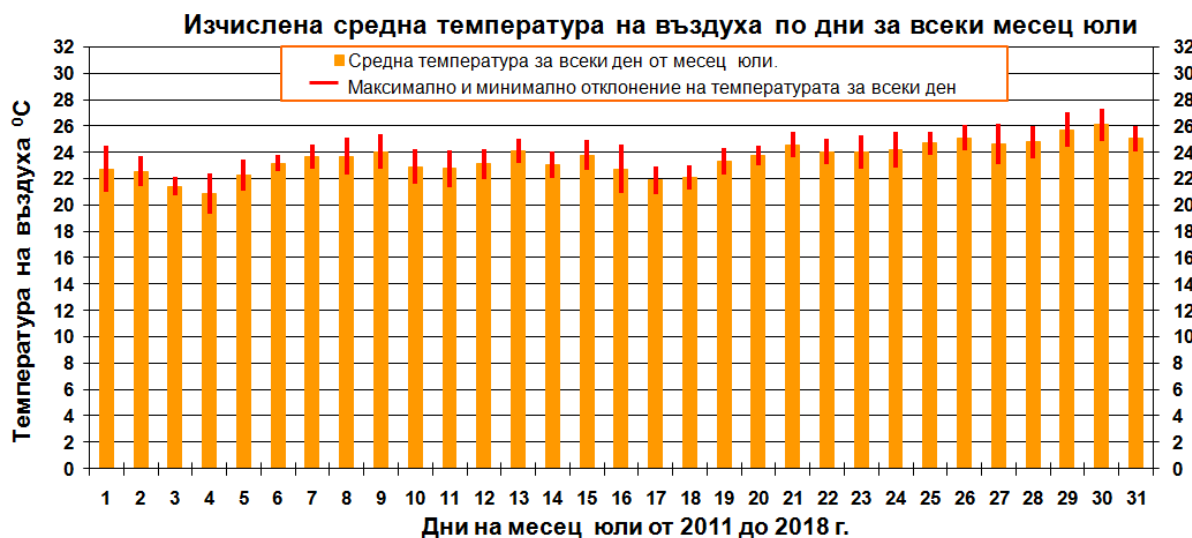
В същото време слънчевата радиация е най-висока от 11 до 14 часа, а през нощта е практически нула. Това фазово отместване от 4–5 часа между двата екстремума се дължи на времето необходимо на слънцето да загрее земята, а тя от своя страна въздуха. С този факт се потвърждава теорията, че земята е основния фактор за загряване на атмосферата, а слънчевата радиация вторичен.



Фиг. 1. Средна температура измерена за всеки час на 15 юли 2011–2018 г.

В обществото, обаче съществува мнение, че температурите са най-високи по обяд между 12 и 15 часа. Това мнение е погрешно и хората, които имат здравословни проблеми трябва да се съобразят с научните изследвания.

На фиг. 2 са показани с жълти ленти средните стойности на температурата за всеки ден от месеците юли в продължение на 8 години, т.е. на 1 юли 2011 г., 2 юли 2012 г. и т.н. температурните отклонения от средната стойност са означени с червени линии.



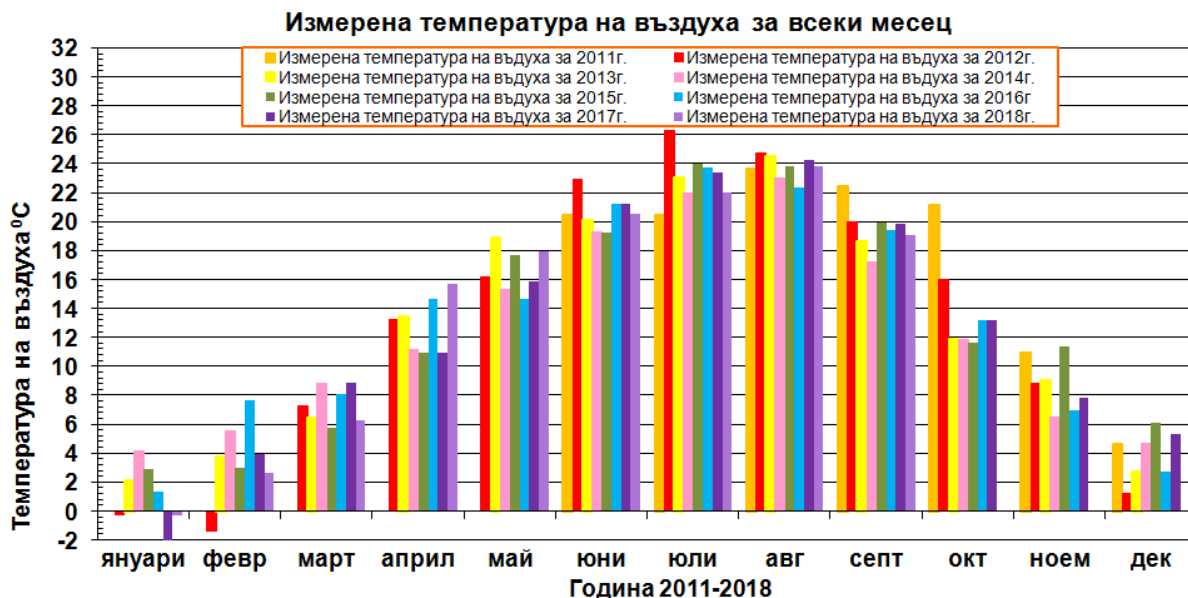
Фиг. 2. Средна температура измерена за всеки ден от юли от 2011 до 2018 г.

На тази графика ясно се вижда, че динамичните промени са много по-малки от тези за всеки час, тъй като се получава усредняване в рамките на всеки един ден. Освен това наблюдаваме, че максимумите и минимумите на средните температури имат статистически порядък. Това се дължи на прякото и непряко въздействие на слънчевата радиация, която пък зависи от наличието на прах, влага, газови съставки и други компоненти в състава на атмосферата. Към казаното дотук трябва да се добави и факта, че фазовото отместване

между максимумите и минимумите съответно на слънчевата радиация и температурата са минимални. От това пък следва, че средните дневни стойности на температурата в значителна степен зависят от слънчевата радиация и само косвенно от температурата на земята.

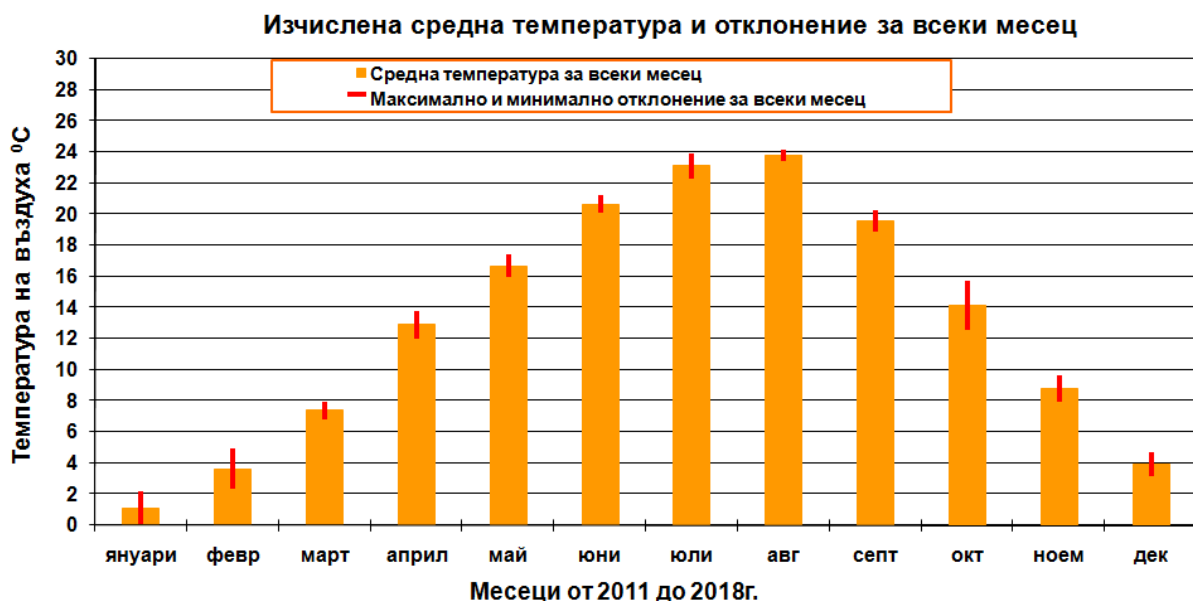
4. Изследване на месечния ход на температурата

На фиг. 3 са показани измерените температури за всеки едноименен месец от 2011 до 2018 г.



Фиг. 3. Средно измерените температури за всеки едноименен месец от 2011 до 2018 г.

За всяка година лентите са оцветени с различен цвят. От графиката се вижда, че най-високи са температурите през месец юли и август, а най-ниски през месеците януари и февруари. Тук основна роля вече играе количеството на слънчева радиация и съвсем малко земната повърхност. В този случай динамиката на температурата е по-малка от дневната и се дължи на инертността, която внася земната повърхност. С по-голяма динамика се отличават месеците октомври, и февруари, а с по-малка месеците август и септември на фиг. 3.

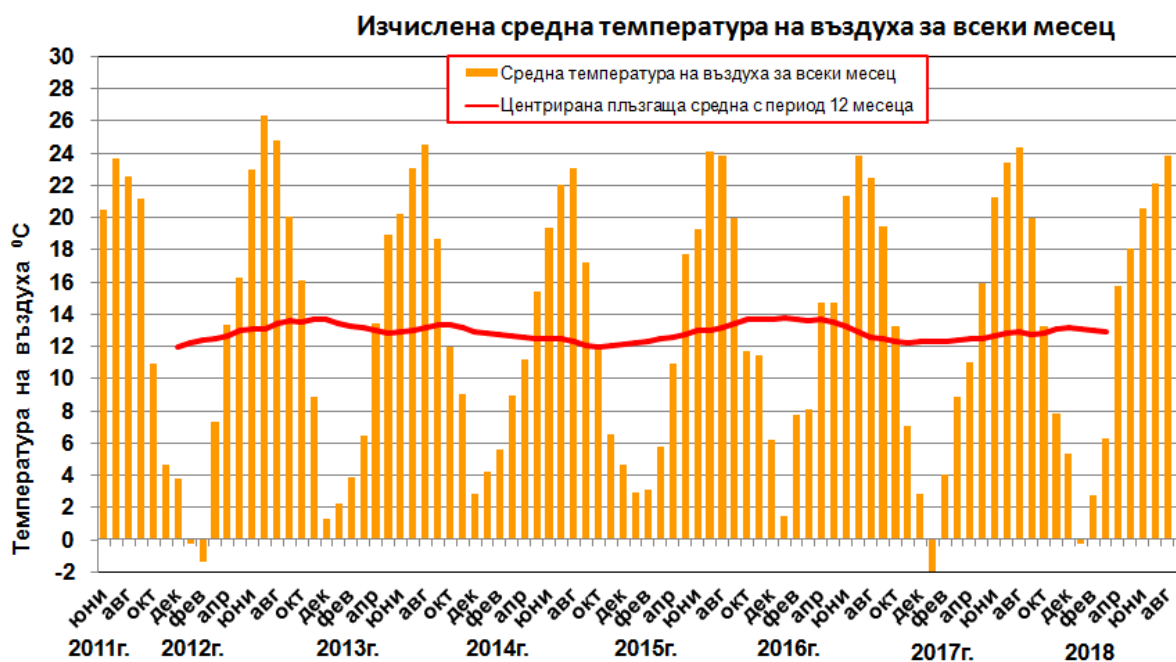


Фиг. 4. Средно изчислена температура за всеки месец

На фиг. 4 са показани с жълти ленти изчислените средни стойности на температурата за всеки едноименен месец в продължение на 8 години. Температурните отклонения от средната стойност са означени с червени линии. Тук още по-ясно се вижда динамиката на температурата за една астрономическа година.

Най-малки са отклоненията през месеците март и август през осемте години, а най-големи през месеците февруари и октомври. Данните за слънчева радиация показват, че има известни отклонения в динамиката между месеците с най – ниска и месеците с най-висока температура. Следователно съществуват и други фактори, които оказват влияние върху температурата на въздуха. Определено може да се каже, че тези фактори са същите както при слънчевата радиация, но има и други за които може да се обобщи, че са свързани с движението на въздуха, както споменахме в теоретичната част.

На фиг. 5 са показани центрирана математическа средна със средна стойност на температурата във вид на червена линия, както и средно месечната температура с жълти ленти.



Фиг. 5. Центрирана плъзгаща средна с период от 12 месеца в продължение на 7 години

Математическата средна е с период от 12 месеца съответства на една година в продължение на 8 години. От графиката се вижда, че стойността на математическата средна е почти постоянна, защото промяната и е около от 2 °C. Динамиката на годишната средна стойност или математическата средна е много по-малка от месечната и не се наблюдава ясно изразена тенденция за повишение или понижение на температурата. Разбира се това твърдение не може да бъде категорично, защото става въпрос за твърде кратък период от време.

Въпреки, че измерените температури през едноименните месеци си приличат много, има и някои изключения. Например само месеците януари и февруари 2012 година и месец януари 2017 година имат отрицателна средна температура видно както от фиг. 5 така и от таблица 1.

В таблица 1 са показани измерените и изчислени средни стойности за всички месеци в периода от юни 2011г. до септември 2018 г. В графа “Максимална разлика” е изчислена разликата между максималната и минималната стойност на температурата за едноименните месеци на този период. Най-големи разлики в температурата на едноименните месеци е през месец февруари 9,05 °C и октомври 9,51 °C. Тези разлики имат статистически характер. Същото може да се отбележи и за минималните разлики в температурата. Например за месец август е 2,35 °C, а през месец март 3,11° C. В същото време годишното отклонение, както отбелязахме е около 2 °C Следователно средно годишните отклонения са значително по-малки от средно месечните на едноименните месеци. Движещата се средна нарочно е избрана с период 12 месеца за да съответства на период от една година. Въпреки, че температурата варира в

диапазон от 2° С в рамките на 8 години, то от графиката на фиг.5 се вижда, че от година до следващата година разликата е не повече от 0.5 °С.

Както от графиката на фиг. 4 така и от таблица 1 ясно се вижда месечния ход на температурата на въздуха. Най-висока е температурата през месец август със средна стойност 23.79 °С, а най-ниска през месец януари със средна стойност 1.10 °С.

От таблица 1 се вижда, че месечните стандартни отклонения на температурата се колебаят от 0,73 °С за месец август до 3,18 °С за месец октомври. Не се наблюдава никаква зависимост на стандартното отклонение от сезона, както е например при слънчевото греене. Основната причина за това е инертността на земята, защото въздуха се нагрява предимно от земята и това е главния фактор, който определя температурата на въздуха. Следователно земята оказва усреднително действие на температурата на въздуха за по-дългосрочните периоди, а за краткосрочни тя е фактора, който определя моментната температура. Освен земята, обаче съществуват и други факторите, които влияят на нагряването на въздуха и имат случаен характер. С течение на времето за по-дълги периоди те взаимно се компенсират и осредняват.

Табл. 1. Разпределение на температурата на въздуха по едноименни месеци

Месец	Яни	Фев	Март	Апр	Май	Юни	Юли	Авг	Септ	Окт	Ноем	Дек
Стойности												
2011 г. [°C]						20.48	20.48	23.67	22.49	21.17	10.94	4.64
2012г. [°C]	-0.25	-1.36	7.30	13.29	16.23	22.91	26.29	24.76	20.04	16.05	8.83	1.28
2013г. [°C]	2.17	3.82	6.45	13.44	18.93	20.17	23.03	24.50	18.68	11.96	9.05	2.78
2014г. [°C]	4.22	5.59	8.89	11.19	15.37	19.31	21.98	23.00	17.22	11.91	6.54	4.66
2015г. [°C]	2.90	3.04	5.77	10.93	17.67	19.26	24.06	23.82	19.92	11.66	11.39	6.16
2016г. [°C]	1.41	7.70	8.10	14.71	14.71	21.28	23.79	22.41	19.42	13.21	7.01	2.79
2017г. [°C]	-2,54	4	8,88	10,96	15,93	21,24	23,41	24,32	19,00	13,26	7,84	5,34
2018г. [°C]	-0,25	2,71	6,28	15,76	18,00	20,54	20,05	23,82	19,07			
Средна стойност [°C]	1,10	3,64	7,38	12,90	16,70	20,65	23,14	23,79	19,59	14,17	8,80	3,95
Максимална разлика [°C]	6,76	9,05	3,12	4,83	4,21	3,65	5,80	2,35	5,27	9,52	4,84	4,88
Стандартно Отклонен. [°C]	2,11	2,58	1,18	1,79	1,42	1,11	1,61	0,73	1,40	3,18	1,71	1,59
Относителен спад [%]	192,20	70,87	15,98	13,89	8,51	5,34	6,97	3,07	7,15	22,41	19,47	40,17

В последния ред на таблицата е изчислен относителния спад. За студения месец януари той е 192,20 %, а за топлия месец август само 3,07 %. Тази значителна стойност на относителния спад за януари се дължи не на промяната в температурата, а на ниската стойност на средната температура. Средната стойност на температурата за месец януари е 1,10 °С, а за месец август 23,79 °С. В този смисъл величината „Относителен спад“ не ни носи информации за промяната на температурата, която е предмет на това изчисление. Това се дължи на спецификата на целзиевата скала, която има освен положителни така и отрицателни величини.

Друг интересен извод, който може да се направи е, че измерената средно годишна температура за период от осем години е почти една и съща. Резултатите от тези разчети са дадени в табл. 2.

Табл. 2. Разпределение на температурата на въздуха по години

Години	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Средна температур [°C]	13,80	12,95	12,91	12,49	13,05	13,05	12,64	12,91

Изчислената средна годишна температура от тази таблица е 12,97 °C. Максималната разлика $T_{разл}$ е между 13,80 °C за 2011 г. и 12,49 °C за 2014 г. и е равна на:

$$(1) \quad T_{разл} = 13.80 - 12.49 = 1.31^{\circ}\text{C} ,$$

В проценти:

$$(2) \quad T_{разл} \% = \frac{1.31}{12.97} = 10.10\% ,$$

където: 12,97 °C е средно годишна температура
1,31 °C е максималната разлика.

От друга страна, ако направим същите изчисления за месечните отклонения с данни за месец юли (таблица 1), където стандартното отклонение е средно голямо ще получим следните резултати:

$$(3) \quad T_{разл} \% = \frac{5.8}{23.14} = 34.6\% ,$$

където: 23,14 °C е средната стойност за месец юли
5,8 °C е максималното отклонение за месец юли

От сравнение на резултатите във формула (2) и формула (3) се вижда, че месечните отклонения са по-големи от годишните. От по-горе в текста също установихме, че месечните отклонения са по-големи от годишните. Следователно отново се налага извода, че колкото е по-голям периода на усредняване, толкова разликите и прогнозите са по-точни.

От фиг. 5 виждаме, че средната стойност на центрираната движеща средна е 13 °C. С данни от таблица 2 изчислихме, че годишната средна стойност на температурата е 12,97 °C. Тъй като тези 2 числа са много близки се налага извода, че центрираната движеща средна върху месечните данни може успешно да се използва за намиране на средните годишни стойности на температурата.

5. Заключение

От теоретична гледна точка споменахме много фактори, които оказват съществено влияние върху загряването и охлаждане въздуха, респективно върху неговата температурата. От направените изследвания се оказа, че средната температура на атмосферата при краткосрочните периоди, като часове и дни зависи повече от температурата на земята отколкото от слънчевата радиация. При дългосрочните, като месец и година по-силно влияние оказва слънчевата радиация отколкото температурата на земята. Това се дължи на факта, че слънчевата радиация загрява първо земята, а тя от своя страна атмосферата. Другия важен извод е, че средната годишна температура се променя много слабо и не се наблюдава тенденция за трайно повишение или понижение.

Натрупаната база данни е все още сравнително малка за да се направят категорични научни заключения, но се надяваме, че бъдещите изследвания ще потвърдят направените в този доклад първоначални констатации. Резултатите от това изследване могат да послужат като важен ориентир, за да се изчисли предварително очакваната температура в дългосрочен план за определен географски регион, както и очакваните температурни промени.

Литература:

1. Davis Instruments Corp. *Vantage Pro2 Plus*. Reference. Guide.
2. Събев, Л., Св. Станев. 1963, Климатичните райони на България и техния климат, Земиздат, София.
3. Димитров, Д., 1979. Климатология на България, Наука и изкуство, София.
4. Лингова, С., 1981. Радиационен и светлинен режим на България, Изд. на БАН, София.
5. Векилска, Б., 2004. Обща климатология, Унив. изд., София.
6. Велев, Ст., 1990. Климатът на България, Народна просвета, София.
7. Такучев, Н. 2003. Климатология, Хидрология и Агрометеорология, Изд. "Шибилев" Ст. Загора.