



***Salmonella* spp. и влиянието на климатичните промени в появата и разпространението ѝ**

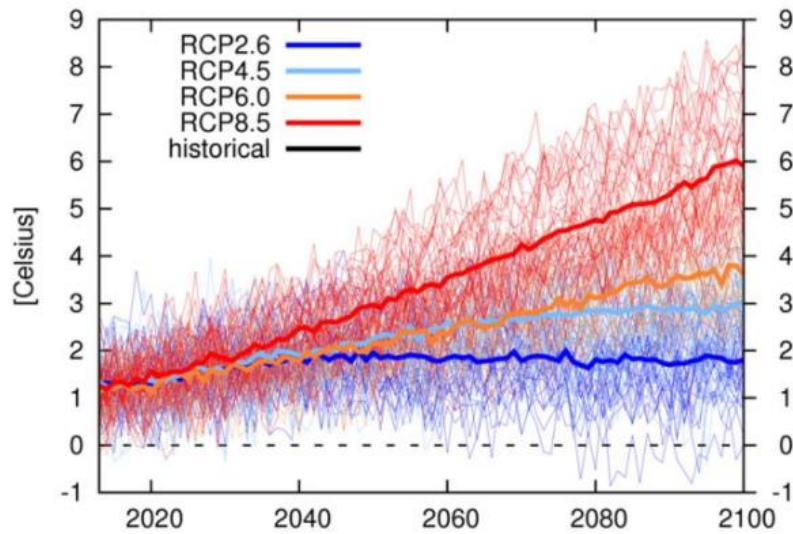
Научен обзор

През идващите десетилетия агрохранителната верига ще бъде изправена пред сериозни предизвикателства, от една страна - търсенето на устойчиво производство и обезпечаване на продоволствената сигурност, а от друга страна – климатичните промени и повишаването на температурите и валежите, придружена от повишаване на природните катаклизми. Едно от най-важните последствия от климатичните промени е влиянието върху селското стопанство. Очаква се намаляване на реколтата, повишаване на цените на храните и намаляване на продоволствената обезпеченост. По данни на Междуправителствения панел за климатичните промени, недохранването е възможно да се увеличи с 20% до 2050 г. Екстремното време, високите температури, наводненията, сушите и покачването на нивата на моретата и океаните, свързани с промяната в климата, заплашват достъпа на хората до храни в дългосрочен план, което влошава и здравния статус на популацията и увеличава риска от възникване на инфекции, причинени от постоянно разпространяващите се патогенни причинители. Негативното влияние на климатичните промени върху селското стопанство се прогнозира, че може да доведе до недохранване и глад на около 600 млн. души до 2080 г.

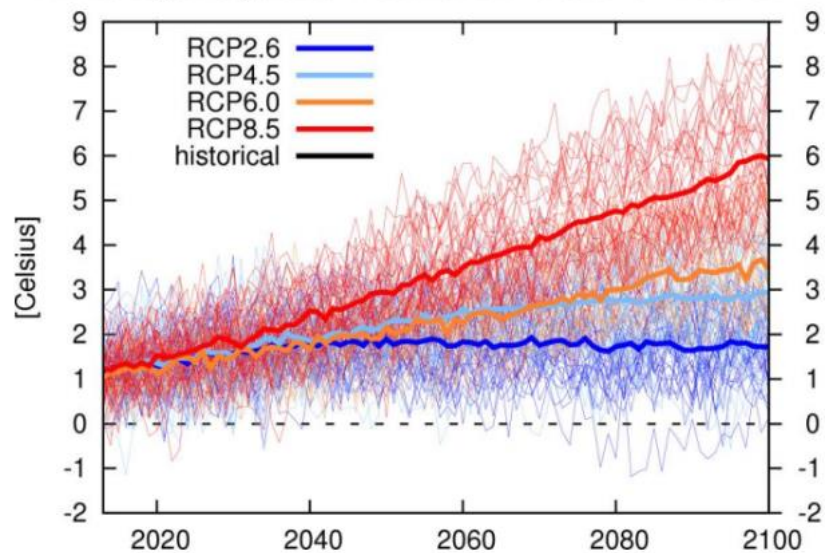
По данни на Мирна Матов, част от авторския екип на Климатека, докторант по метеорология към катедра „Метеорология и геофизика“ във Физически факултет на Софийски университет, България е разположена в един от регионите, който е особено уязвим към изменението на климата (главно чрез повишаване на температурата и интензивни валежи) и към нарастващата честота на екстремни събития, свързани с изменението на климата, като суши и наводнения. За целите на този анализ са осъществени компютърни симулации за очакваните промени на температурите по четирите RCP-сценария (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6 и RCP 8.5) на IPCC AR5 (2013/2014) до края на века. Графиките отразяват очакваните промени във времето на средногодишната температура за периода 2013 – 2100 г., като аномалии спрямо референтния период 1961 – 1990 г. Използвани са модели от проекта CMIP5 (Coupled model intercomparison project phase five). В зависимост от използвания сценарий (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6, RCP 8.5) се очаква стойностите на средногодишната температура за България да са по-високи с 1°C до 7°C в сравнение с тези през базисния период (1961 – 1990 г.). Най-лошият сценарий с най-големи промени (повишение с от 5°C до 7°C) е RCP 8.5. Според оптимистичния сценарий RCP 2.6 повишаването на температурата до края на века няма да е с повече от 2°C. По сценариите RCP 4.5 и

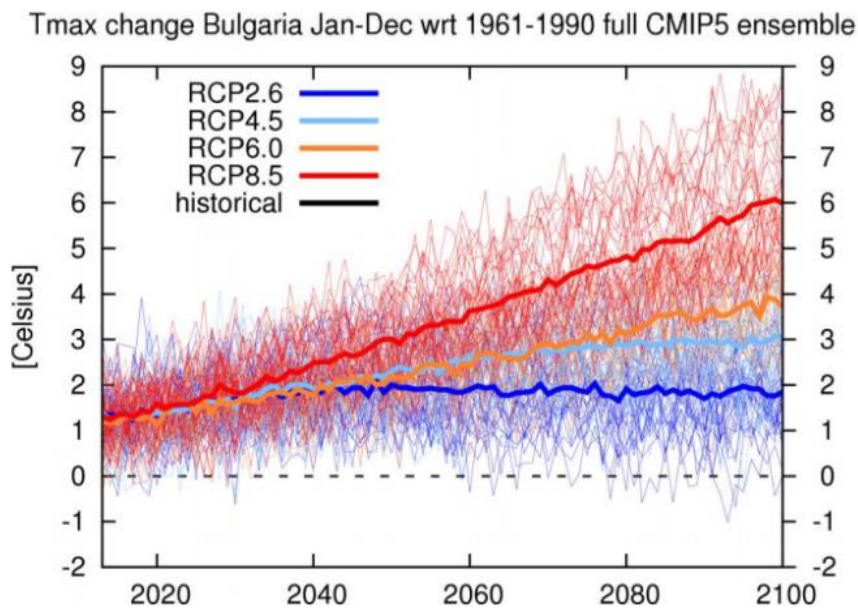
RCP 6 очакваното повишение на средногодишната температурата през 2081 – 2100 г. ще е с около 3 – 4°C.

Temperature change Bulgaria Jan-Dec wrt 1961-1990 full CMIP5 ensemble



Tmin change Bulgaria Jan-Dec wrt 1961-1990 full CMIP5 ensemble

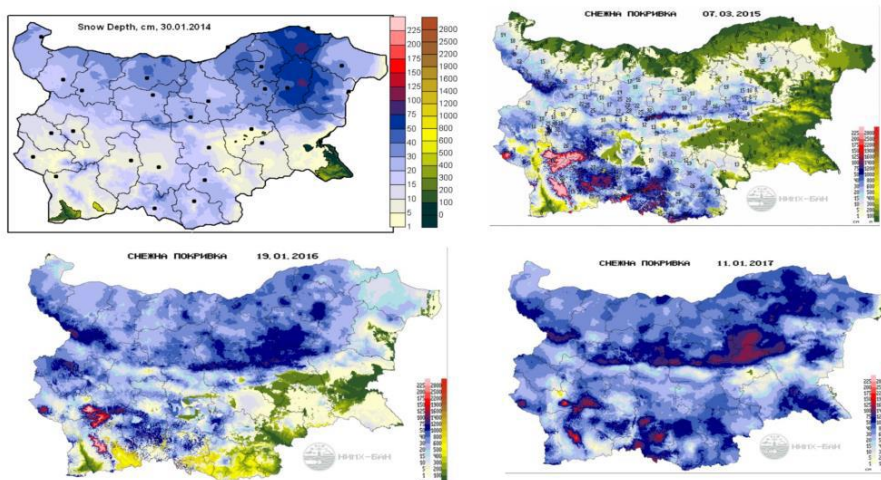




Графиките ясно показват, че **средната температура ще се повиши до края на века** и по четирите сценария, но в зависимост от различни фактори, стойностите на нарастване на температурата ще са различни. Тъй като компонентите на климатичната система са свързани и си въздействат, увеличаването на средната температура **ще доведе до промени и при другите метеорологични елементи като валежите, вятъра, атмосферното налягане**. Всичко това би повлияло качеството на живот, върху водните запаси, здравето и селското стопанство, върху биоразнообразието и други.

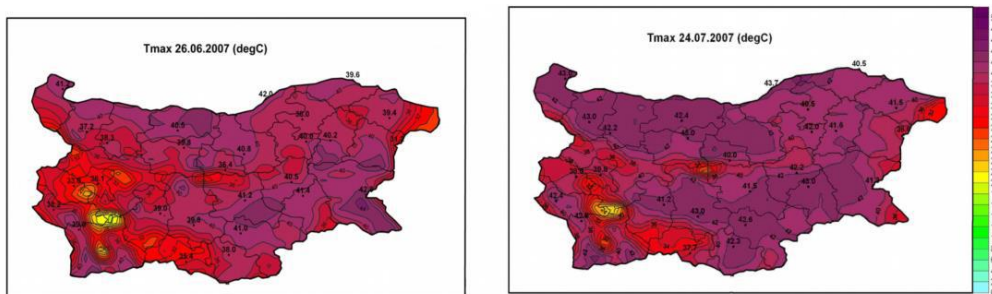
Проучване от Националния център по метеорология и хидрология от екип Илиан Господинов и Анна Ценкова-Братоева на тема *“Potential health related risk reduction based on objective thermal stress assessment with felt temperature model at the Bulgarian weather service. Recent evolution of the human thermal comfort conditions in Bulgaria in the context of climate change”* – показва **примерен изглед на карти за студов стрес за 2017 г.**

Example for cold stress – Jan 2017



или карти на шок топлинен стрес за 2007 г., като пример за екстремни температурни климатични флуктоации:

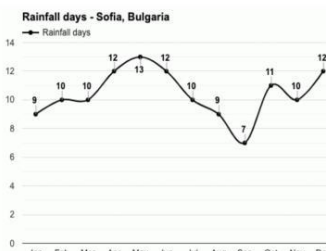
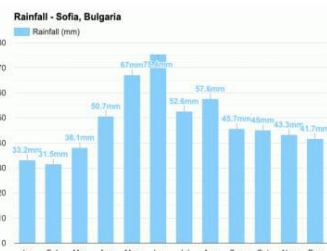
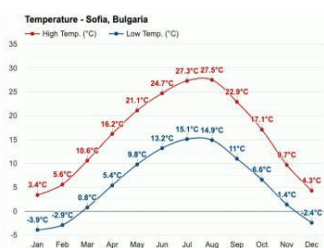
Example of hot stress – summer 2007



Year	Month	Day	Hour	Ta	RH	N	Wind	Tmrt	PTIm	CLO1m	WC1m	Ts	rad_s	rad_l
2007	7	24	0	24.4	51	0	0	14.7	20.5	0.5	-99.9	20.4	0	360.7
2007	7	24	3	23	52	0	0	13.3	19.1	0.5	-99.9	19.1	0	353.1
2007	7	24	6	30.9	37	0	0	48.6	33.6	0.5	-99.9	37.4	398.1	394
2007	7	24	9	38.3	24	0	1	66.9	37.7	0.5	-99.9	49.9	794	433.5
2007	7	24	12	41	18	0	2	67.9	37.9	0.5	-99.9	50.7	788.5	446.3
2007	7	24	15	42	16	0	1	55.5	34.7	0.5	-99.9	45.8	385.1	450.6
2007	7	24	18	36.2	23	0	1	25.8	28.3	0.5	-99.9	31.7	0	419.4
2007	7	24	21	34.8	22	0	3	25	27.6	0.5	-99.9	31.9	0	409.2

Съгласно доклад и проучване на *Denkstatt*, флуктоациите в климата в София изглеждат по следният начин:

The basics:



Current trends (meteo records):

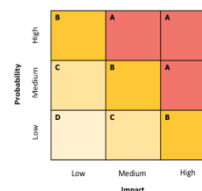
- ⬆️ ↑ average temperatures by 0.23°C/decade
 - ⬆️ ↑ % hot days by 6.75%/decade (hot nights 8.58%/decade)
 - ⬆️ ↓ % cold nights by -3.74%/decade
 - ⬆️ ↑ annual rainfall sum by 15.28 mm/decade
 - ⬆️ ↑ daily rainfall intensity by 0.28 (mm/day)/decade
 - ⬆️ ↓ wet days by -1.45 days/decade
- ↑ - increase
↓ - decrease

Bold=Statistically significant

Risks with relevance to health

Health sector risks			
Risk	Probability	Impact	Reaction
Increased heat-related mortality	3	3	A
Increased risk of cardiovascular diseases	3	3	A
Exacerbation of allergies due to prolonged growing season	3	2	A

- Vulnerable groups (Vision for Sofia data):**
- ⬆️ <15 y.o. = 14.2%
 - ⬆️ >65 y.o. = 17.0%
 - ⬆️ Poverty/exclusion = 30.1%
- Also:**
- ⬆️ Pre-existing conditions
 - ⬆️ Access to health services



A – priority for addressing
B – monitor and revise

Представените рискове в таблицата са: **повишена смъртност**, свързана с горещите вълни, **повишен риск от сърдечносъдови заболявания** и **изостряне на алергиите** поради удължаването на вегетационния период; **уязвимите групи от населението са определени като тези под 15-годишна възраст и тези над 65-годишна възраст.**

При изчисление на тенденциите за бъдещия климат на София и настоящите и бъдещи климатични промени за Столична община, оценката е базирана на набор от климатични индекси, за които се изчислява отклонението от базовия период (1971 – 2000 г.) за средата (2046 – 2065 г.) и края на века (2081 – 2099 г.). За прогнозиране са използвани два климатични сценария – умерен, предполагащ затопляне с 2.4° C до края на века и екстремн, предполагащ 4.9° C затопляне до края на века. Резултатите показват следните бъдещи тенденции в климата на Столична община:

- **Покачване на средните температури**, както и екстремално високите температури (дневни и нощни), вкл. и **ръст в продължителността на горещите периоди**.
- **Затопляне през студените периоди и спад в броя на дните на замръзване и обледяване**, както и в продължителността на студените вълни.

За валежите се очакват следните тенденции, като резултатите са относително несигурни:

- **По-редки, но по-интензивни валежи** на годишна база, както и **по-дълги периоди на засушаване**.
- Зимни с по-малко, но по-интензивни валежи, като тази индикация е по-ясна при по-екстремния сценарий.
- **По-сухи лета с по-редки валежи**.

В резултат на тези тенденции са **идентифицирани рискове и предизвикателства**, оценени чрез ”Матрица на риска”, на база тяхната вероятност да се случат и тяхното потенциално въздействие. За всеки риск са определени и уязвимите групи, които биха били най-застрашени при евентуална проява на риска. **Висок риск е показан за:**

- **Повишена смъртност**, вследствие на екстремно високи температури,
- **Обостряне и увеличение на болести на органите на кръвообращението**, които водят до увеличен риск от сърдечносъдови заболявания и инсулти,
- **Повече вирусни и бактериални епидемии** при повишени зимни температури,
- **По-чести епидемии от хранителни заболявания**, свързани с патогени в храни,
- **Обостряне на алергии** поради по-ранен и по-дълъг вегетационен период,
- **Претоварване на пречиствателни станции** за отпадъчни води и последващо заустване на непречистени води в речните корита,
- **Замърсяване на повърхностни и подпочвени води** поради по-засилено отмиване на замърсители вследствие на по-интензивни валежи;
- Други.

Според анализите, проведени за България от тази водеща компания, са формирани следните **изводи**:

При повишаване на температурата на въздуха в България от 2 до 5° С до края на века:

- **Студените зими** ще настъпват **по-рядко** през 2020-те и вероятно **ще изчезнат до 2080-те**.
- **По-често горещо лято** и почти всяко лято през 2080-те се очаква да бъде необичайно горещо.
- **Зимните валежи** ще **се увеличат** до края на този век, но **валежите през топлата половина на годината** и особено през лятото се очаква да **намалеят**.
- **Водни ресурси** – годишният речен отток вероятно **ще намалее** през този век.
- **Увеличаване на честотата на горещите вълни** в комбинация с **повишена влажност** и замърсяване на градския въздух.

- По-нататъшно ограничаване на водните ресурси, повече горски пожари, свлачища и наводнения. Възможни **огнища на инфекциозни и екзотични заболявания** (включително малария, които не са характерни за нашите географски ширини).
- Обезлесяване.
- **Промяна в обработваемата земя и посевите.**
- Прогнозите за изменението на климата **ще удвоят вредните последици за здравето на хора и животни до 2030 г.** Последиците от изменението на климата ще бъдат по-сериозни и по-изразени от наблюдаваните в момента. Изменението на климата има **пряко** (колебание на температурата, валежи и екстремни явления) и **косвено** (замърсяване на въздуха, качество и количество вода, и храна, и миграция на населението) **влияние върху човешкото здраве.**
- Ще предстоят наводнения, като така ще последва **увеличаване на броя на заболяванията, причинени от замърсена вода след наводнение.** Възможни **огнища на инфекциозни заболявания** (например холера).
- **Разпространение на болести в нови области или области,** в които не са били типични досега.
- **Повишена заболяемост** поради повишени температури, влажност или суша. **Смъртността се увеличава с 2 – 5% за всеки градус по Целзий** температурна флуктоация, увеличавайки честотата на нови заболявания или изостряйки съществуващите заболявания.
- **Възможни изгаряния, респираторни, инфекциозни, сърдечносъдови заболявания** и др.

Необходими мерки:

Разбирането на въздействието на изменението на климата върху човешкото здраве от гледна точка на стратегията “Едно здраве” изисква работа в много направления – охарактеризиране на видовете, оценка на взаимовръзката между промените в околната среда и човешкото здраве, наблюдение върху биологичните системи и биоразнообразието и др.. Изменението на климата ще повлияе силно върху човешкото население чрез различни механизми, включително: модификации на жизнените цикли на вектори, резервоари и патогени, както и върху растителното здраве, ще настъпят нарушения в биосистемите, трофични каскади и промяна или унищожаване на местообитания. Трябва да се **разчита на експертиза в областта на ветеринарната медицина, хуманната медицина, екологията и биологията, и общественото здраве,** за да се постигне **по-пълна оценка на текущата и бъдеща ситуация.** Мениджърите на риска трябва да вземат предвид динамичния характер на екосистемите спрямо променящия се климат и огромното значение на съвместните изследвания и експертни оценки на риска с цел **разработване на политики за защита на здравето на хората, животните и околната среда.**

За бъдат взети информирани решения, свързани с изменението на климата, мениджърите на риска ще имат нужда от **навременна и полезна информация относно възможните последици от климатичните промени, обществената**

осведоменост, наличните адаптативни възможности и възможностите за забавяне/намаляване на тези промени в климата. Предизвикателство за изследователите и научните среди е да осигурят тази информация. Опциите за отговор на тези въздействия от променящите се климатични условия включват действия за смекчаване на парниковите газове; мерки за адаптиране към променящите се климатични условия, за да увеличи устойчивостта на популацията към промените; трябва да се извършват дейности за повишаване на осведомеността на обществеността по въпроса за изменението на климата; трябва да се правят инвестиции в мониторингови програми и системи за наблюдение; и инвестиции в изследвания и научни разработки. Климатичните промени обаче би трябвало да се разглеждат не като изолиран проблем от други глобални екологични промени, а като част от по-голямо предизвикателство, свързано със запазване на устойчивото развитие. Желателен е мултидисциплинарен подход, включващ широко участие и координация между всички заинтересовани сектори по агрохранителната верига «от фермата до трапезата». Необходимо е да бъдат повишени и стриктно спазвани добри производствени практики в хранителната верига по отношение на възникване и разпространение на микробиологични опасности в храни, влияещи се от климатичните промени. Необходим е непрекъснат мониторинг и наблюдение особено на нововъзникващи хранителни взривове и разпространение на патогени в необичайни географски ширини. Препоръчва се оценката на риска да се основава на научен подход и достатъчен брой изследвания и проучвания, за да послужи като основа за разработване и приемане на стандарти за безопасност на храните. Необходимо е да се обърне специално внимание на развитието, разработването и внедряването на нови технологии и нови методики при производството и обработката на храни, както и нови молекулярни подходи в диагностиката и лабораторната подготвеност.

Появата на множество инфекциозни заболявания и степента и честотата на пренасяне на патогенни микроорганизми от източници на околната среда са силно повлияни от факторите на околната среда (климатът, времето, топологията, хидрологията и други географски характеристики). Болестите, свързани с климатичните промени, се изчисляват на 4,6% от всички рискове и опасности на околната среда. Изчислено е, че изменението на климата през 2000 г. е допринесло за около 2,4% от всички огнища на диария в света, 6% от огнищата на малария в някои развиващи се страни и 7% от случаите на денга в някои индустриални страни. Общо оценките показват, че смъртността, свързана с изменението на климата, е 0,3%, а тежестта на заболяванията е 0,4%.

Съществуват значителни научни доказателства, че появата на салмонелозите при хората се увеличават с 5-10 % при увеличаване на температурата на околната среда над 5°C. Ефектът от температурните аберации върху салмонелата е сравнително последователен. Инфекцията със *Salmonella Enteritidis* се влияе в по-голяма степен от температурата на околната среда, в сравнение с инфекциите, причинени от *Salmonella Typhimurium* (Kovats et al., 2004). В микробиологичната оценка за *Salmonella Enteritidis* в яйца, проведена от СЗО (FAO/WHO, 2002) и моделиране на резултатите от

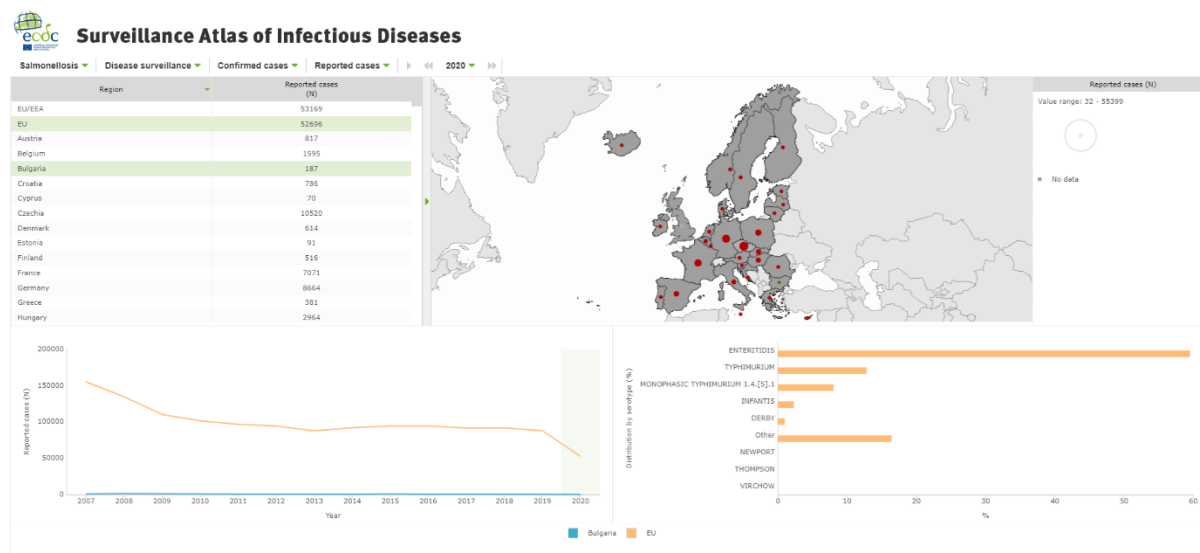
проучването, е доказана връзката между температурата на съхранение и обработката на храните и появата на салмонелози при хората. *Kendrovski and Gjorgiev (2012)* в своето проучване доказват връзката между повишаване на средната температура на въздуха с увеличаване в разпространението на салмонелози при хората в Македония. Те регистрират тенденция за намаляване разпространението на салмонели на национално ниво, но анализът за Скопие противоречиво показва увеличаваша се тенденция. Степента на заболяемост през 1998 г. е 8,3/100 000 и достига през 2008 до 41,2/100 000. Авторите изчисляват прогнозният коефициент на корелация (от 0,54), с което доказват връзката между броят на съобщените случаи на салмонелоза за един месец със средната месечна температура. В заключение може да се каже, че проучването в Република Северна Македония предвижда, че повишаването на температурата на въздуха през следващите десетилетия, свързано с намаляване на валежите, неизменно ще доведе до покачване честотата на салмонелозите.

Salmonellosis

The second largest number of human food-borne diseases is caused by the *Salmonella spp* bacteria. In 2007, the European Union incidence was 31.1 cases per 100 000 population (151 995 confirmed cases) with eggs being the biggest contributors to these outbreaks followed by fresh poultry and pig meat. Higher ambient temperatures have been associated with 5-10% higher salmonellosis notifications for each degree increase in weekly temperature, for ambient temperatures above 5oC. Roughly one-third of the transmission of salmonellosis (population attributable fraction) in England and Wales, Poland, the Netherlands, the Czech republic, Switzerland and Spain can be attributed to temperature influences.

”

“



Salmonella spp. са сред най-често срещаните бактериални хранителни патогени в световен мащаб и вторият най-често съобщаван агент, причиняващ зоонози в Европейския съюз (ЕС), с честота на уведомленията от 20,1 случая на 100 000 души през 2018 г. *Salmonella* причинява 31% от всички огнища в храни и води в ЕС през 2018 г.. Този патоген е водещ причинител на остър гастроентерит до 2006 г, а от 2007 г. насам той е вторият най-често срещан след кампилобактериозата.

Salmonella spp. са Грам-отрицателни бактерии, принадлежащи към семейство *Enterobacteriaceae*. Подвидовете на *S. enterica* са разделени на повече от 2500 серовари, много от които обикновено колонизират животни и заразяват хората. Различните серовари на *Salmonella* също са категоризирани като тифоидни (*S. Typhi* и *S. Paratyphi*) и нетифоидни (напр. *S. Enteritidis*, *S. Typhimurium* и *S. Infantis*) въз основа на причинител и клинични симптоми.

Salmonella spp. обикновено причинява гастроентерит при хората, като системните инфекции са редки. **Инкубационните периоди** на *Salmonella* варират от **6 до 72 часа** (най-често 12—36 часа). *Salmonella* бактериите **понасят различни условия на околната среда**. Те могат да растат при температури, вариращи от **8 до 45°C** и в рН диапазон **4,0 - 9,0**.

Смята се, че **86% от инфекциите на салмонела при човека са с хранителен произход**. Масовото производство и разпространение на храни бързо разпространява патогена. **Храните**, които най-често се свързват със сериозни доказателства за огнища на салмонелоза в Европа, са **яйца**, хлебни продукти, смесени храни, **свинско месо** и **птиче месо**, последвано от други храни, включително зеленчуци и плодове. От храните **най-високите нива на салмонела — положителни проби** са наблюдавани в **месо от домашни птици и друго мляно месо**. Кръстосаното замърсяване, разбира се, също е възможен път на предаване на този патоген. Най-важният източник и резервоар на салмонелоза при хората на равнище ЕС през 2007—2009 г. е кокошки носачки и яйца, следван от свине и свинско месо.

Съществуват **няколко възможности за контрол на салмонела при животните**. Усилията за намаляване на салмонела при домашните птици се осъществяват съвместно чрез програмите на ЕС за контрол. Основният закон за контрол на салмонела и други специфични зоонозни агенти в храни, е **Регламент (ЕО) № 2160/2003¹**. Мониторингът на *Salmonella* spp. по хранителната верига се извършва в съответствие с **Регламент (ЕО) № 2073/2005²**, който определя критериите за безопасност на храните и хигиена на процесите. Прилагането на общите и специфичните хигиенни мерки се основава на **Регламент (ЕО) № 852/2002³**. Тези програми за намаляване на салмонелата се основават главно на принципите на доброто животновъдство, прилагането им се състои от санитарни и зоохигиенни мерки и **обезпечава осигуряването на здравословни фуражи и вода**. Програмите имат за цел да намалят разпространението на салмонела в домашните птици и околната среда и предаването ѝ на хората чрез замърсена храна. **Задължителната ваксинация е друг инструмент за контрол на появата на салмонела при домашни птици**.

Свинското месо също е важен източник на човешка салмонелоза. Изкореняването на салмонела от свинеферми може да бъде както трудно, така и скъпо. В **Регламент (ЕО) № 218/2014⁴** се изисква компетентните органи да извършват оценка на

¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/TXT/PDF/?uri=CELEX:02003R2160-20130701&from=EN>

² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/TXT/PDF/?uri=CELEX:02005R2073-20100519&from=ES>

³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/TXT/PDF/?uri=CELEX:02004R0852-20090420&from=en>

⁴ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0218&from=BG>

извършените собствени проверки от операторите на кланици за наличие на салмонела в кланични трупове от свине. Данните за храните, животните и фуражите обаче не се събират по хармонизиран начин, въпреки че те все още трябва да бъдат наблюдавани в съответствие с **Директива 2003/99/ЕО**⁵ относно мониторинга на зоонозите. Превантивните действия, включително тестването за салмонела, са насочени главно към избягване на замърсяването във фуражните предприятия и във фермите. Наред с техническите и хигиенни мерки, ваксинацията е друга възможност за предотвратяване на колонизацията на салмонела в стадата свине.

По-високите температури на въздуха могат да доведат до увеличаване на хранителните заболявания. В интервала **7,5 - 37°C** *Salmonella* spp. се размножава в храната **пряко пропорционално на променящата се температура.** При липса на какъвто и да е контрол на сигурността, повишената температура на въздуха може да ускори бактериалното размножаване в различни точки и етапи по хранителната верига, като по този начин последиците от инфекцията стават по-тежки. Температурата на въздуха може също така да повлияе на хранителните навици на хората като например закупуване и консумация на готова за консумация храна или барбекю, което да увеличи шансовете за настъпване на хранителни взривове. Повишената активност на открито може също така да увеличи вероятността хората да бъдат изложени на екологични източници на салмонела. Много проучвания са показали **положителни взаимовръзки между температурата и хранителните заболявания** в различни географски ширини. Установена е линейна зависимост между температурата и уведомленията за салмонелоза по съомгата в европейските страни и Австралия.

Салмонелозата продължава да бъде основна причина за заболяване при хората и животните, като е **първият агент, участващ в хранителни огнища** в Европа. Наблюдаваната **честота на салмонелоза при хора** разкрива **сезонен модел**, като **по-голям брой случаи се съобщават през най-топлите месеци.** Тази сезонност наемква за **значението на околната среда като модулатор на инфекцията.** Смята се, че основният двигател на сезонността е температурата, но може да са включени и други влияещи променливи. Целта е да се проучи ролята на температурата като ключова метеорологична променлива, водеща до заболяемостта от салмонелоза при хората. Желателно е да се провери хипотезата, че сезонността в заболяемостта от салмонелоза до голяма степен се определя от отговорът на бактериалния растеж в храната към температурата на въздуха.

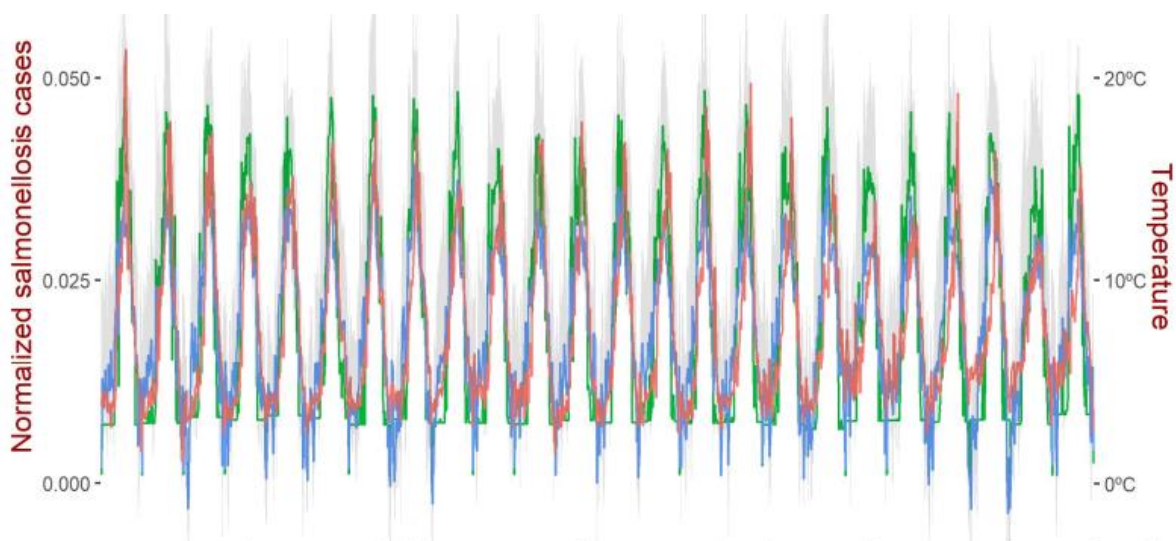
В проучване на тема „*A comparison of two different approaches to investigate the role of air temperature as a key driver of salmonellosis*“ на авторски колектив *Laura C. Gonzalez Villeta, Alasdair Cook, Caitriona Fenton, Emma Gillingham, Theo Kanellos, Gordon, Nichols, Joaquin M. Prada, Giovanni Lo Iacono,* представено на One Conference 2022 са сравнени **резултатите от два различни подхода**, като са използвани температурни записи и за двата. Първият метод се основава на **механичен подход, който симулира броя на случаите на салмонелоза в яйца, дължащи се на увеличавания бактериален растеж, предизвикан от температурата.** Симулиран е също

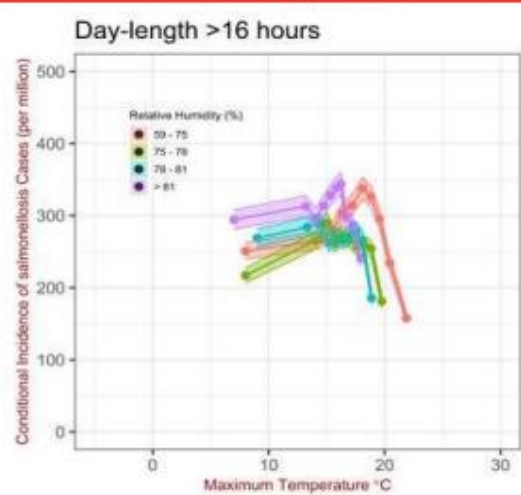
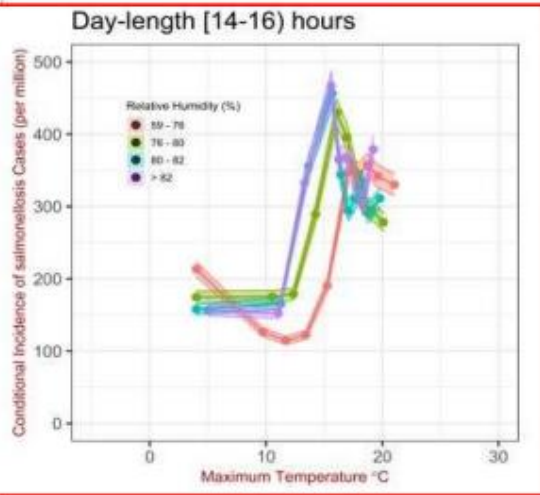
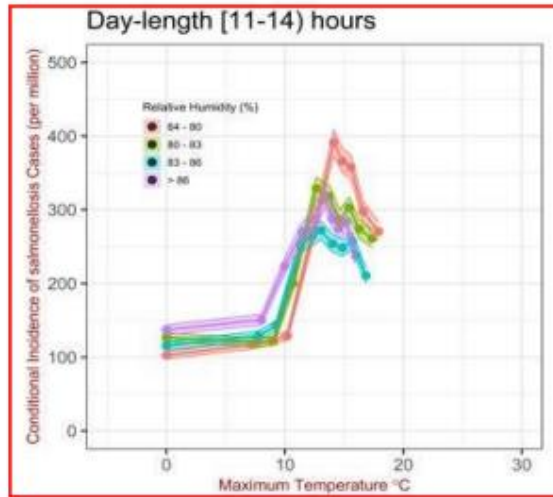
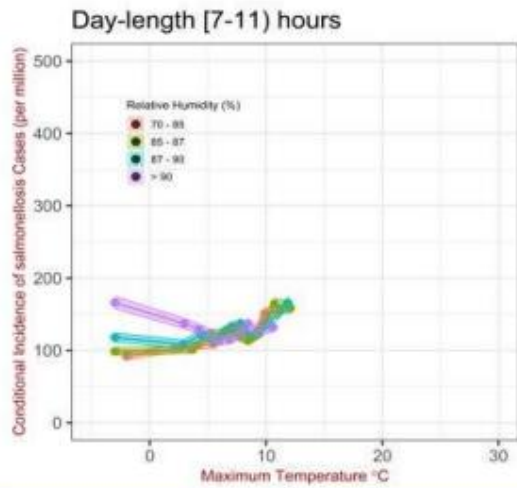
⁵ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003L0099&from=BG>

броя на случаите на салмонелоза при хора, наблюдавани през последните 30 години на различни места в Англия и Уелс с механичен модел и използвайки исторически температурни показатели като входни данни. Оценката се основава на **процес на Поасон, като степента на инфекция се приема за пропорционална на бактериалното натоварване в съответната храна** (т.е. яйца и пилешко месо). **Бактериалното натоварване от своя страна зависи от температурата на въздуха** според емпиричната зависимост, налична в литературата. Въз основа на механичния модел е оценена теоретичната вероятност за наблюдение на случай на салмонелоза при дадена температура. Вторият метод е **статистически подход**, при който са използвани **записите за заболяването и техните пространствено-времеви връзки с променливите на околната среда** (температура, валежи, влажност, налягане и UV радиация), за да се оцени емпиричната вероятност за откриване на случай на салмонелоза в зависимост от даден температурен диапазон.

С първия подход е открита **положителна корелация между прогнозираните и наблюдаваните криви на разпространение на салмонела за Англия и Уелс**. Това условно потвърждава съответната роля, която температурата и хранителната матрица (яйцата) играят във времевите модели на разпространение на салмонелоза при хора – температурата като потенциален основен метеорологичен двигател на салмонелоза.

Наличието на солидни доказателства за основните фактори на околната среда, които влияят върху предаването на салмонелоза, е важно за справяне с бъдещи инфекции, епидемии и хранителни взривове, особено в рамките на глобалното затопляне. **Разбирането защо честотата на салмонелозата е обусловена от определени метеорологични променливи ще бъде полезно за практически приложения в общественото здравеопазване за по-добро изясняване на наблюдаваните пространствено-времеви модели и подобряване на бъдещите прогнози за заболяемостта**. Целта на това проучване на екипът от учени е да се разработи **инструмент за прогнозиране на вероятността от инфекция въз основа на известни промени във времето преди появата на инфекция**. След като моделът бъде валидиран, той трябва да бъде приложен към различна географска област, за да се тества ефикасността на модела.





Първото проучване върху влиянието на климатичните промени и инфекциозността на *Salmonella*, като е използвано математическо моделиране и статистика, е на тема „*Climate variations and salmonellosis transmission in Adelaide, South Australia: a comparison between regression models*“ на *Ying Zhang & Peng Bi & Janet Hiller* от 2006 г. Това е първото проучване, което **идентифицира подходящи регресионни модели за връзката между изменението на климата и предаването на салмонелоза**. Сравнение между различни регресионни модели е проведено с помощта на данни от наблюдение в Аделаида, Южна Австралия. Чрез използване на нотифицирани случаи на салмонелоза и климатични променливи от район на Аделаида през периода 1990–2003 г. са изследвани четири регресионни метода: **стандартна регресия на Поасон, авторегресивна коригирана регресия на Поасон, множествена линейна регресия и модел на сезонен авторегресивен интегриран вариабилен усреднен модел (SARIMA)**.

$$\Pr(Y) = \frac{\nu^n e^{-\nu}}{n!}$$

$$\begin{aligned} \ln(\nu_t) = & \alpha + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \beta_3 Y_{t-3} + \beta_4 Y_{t-4} \\ & + \beta_5 \text{temperature}_t + \beta_6 \text{temperature}_{t-1} \\ & + \beta_7 \text{temperature}_{t-2} + \beta_8 \text{rainfall}_t + \beta_9 \text{rainfall}_{t-1} \\ & + \beta_{10} \text{rainfall}_{t-2} + \sin(2\pi t/52) + \cos(2\pi t/52) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sqrt{Y_t} = & \alpha + \beta_1 \sqrt{Y_{t-1}} + \beta_2 \sqrt{Y_{t-2}} + \beta_3 \sqrt{Y_{t-3}} + \beta_4 \sqrt{Y_{t-4}} \\ & + \beta_5 \text{temperature}_t + \beta_6 \text{temperature}_{t-1} \\ & + \beta_7 \text{temperature}_{t-2} + \beta_8 \text{rainfall}_t + \beta_9 \text{rainfall}_{t-1} \\ & + \beta_{10} \text{rainfall}_{t-2} + \sin(2\pi t/52) + \cos(2\pi t/52) + Et \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_t = & \alpha_0 + \alpha_1 W_{t-1} + \alpha_2 W_{t-2} + \alpha_3 W_{t-3} + \alpha_4 W_{t-4} \\ & + \beta E_{t-52} + \gamma_1 \text{Temperature}_t + \gamma_2 \text{Temperature}_{t-1} \\ & + \gamma_3 \text{Temperature}_{t-2} + \gamma_4 \text{rainfall}_t + \gamma_5 \text{rainfall}_{t-1} \\ & + \gamma_6 \text{rainfall}_{t-2} E_t \end{aligned}$$

Съобщените случаи на салмонелоза през 2004 г. са използвани за тестване на способността за прогнозиране на четирите модела. При оценката на параметрите, са сравнени степента на съответствие и способността за прогнозиране на четирите

регресионни модела. Температурите, възникващи 2 седмици преди случаите, са в положителна корелация с докладвани случаи на салмонелоза. Валежите също са обратно пропорционални на броя на случаите. Сравнението на ефективността и способността за прогнозиране предполага, че моделът SARIMA е по-добър от останалите три регресионни модела. Температурата и валежите могат да се използват като климатични предиктори за случаи на салмонелоза в региони с климатични характеристики, подобни на тези на Аделаида. По този начин моделът SARIMA може да бъде приет за количествено определяне на връзката между климатичните вариации и предаването на салмонелоза.

Температурата и валежите влияят върху предаването на салмонелоза в Аделаида. Всички модели демонстрират последователна положителна корелация между температурите и салмонелозата и отрицателна взаимовръзка между валежите и салмонелозата в Аделаида. В сравнение с други традиционни модели на регресия, включително регресия на Поасон и множествена линейна регресия, моделът SARIMA е по-ефективен в епидемиологичните проучвания на връзката между климатичните вариации и чревните инфекции. Въпреки това, само няколко епидемиологични проучвания са използвали модели SARIMA, тъй като те едва наскоро са били приложени към този тип изследвания (*Tong et al. 2002; Bi et al. 2003*). Това ранно проучване предполага, че моделът SARIMA трябва да се приложи към повече проучвания в тази област, за да се разбере по-добре ефектът от променливостта на климата върху здравето на населението. Допълнителни регресионни модели, включително други променливи, които също може да имат ефекти върху предаването на чревни инфекции, като социално-икономически статус, съхранение на храни или хигиена на околната среда, трябва да бъдат разработени и приложени в други климатични/екологични региони.

Целта на проучване на тема „*Influence of air temperature and implemented veterinary measures on the incidence of human salmonellosis in the Czech Republic during 1998–2017*“ на авторски колектив *Jan Kynčl, Michaela Špačková, Alena Fialová, Jan Kyselý u Marek Malý* е да се анализира влиянието на температурата на въздуха и да се приложат ветеринарни мерки за заболяемостта от салмонелоза в Чешката република (CZ).

Нетифоидната салмонелоза е заболяване, подлежащо на задължително обявяване в CZ и докладването обхваща цялото население. Регионалните органи за обществено здравеопазване съобщават данни, базирани на случаи, и свързани метаданни за салмонелоза в националната система за наблюдение на инфекциозни болести (EpiDat), която се администрира от Националния институт по обществено здраве. EpiDat съдържа всички нотифицирани вероятни и потвърдени случаи, които отговарят на определението за случай в съответствие с Решение за изпълнение (ЕС) № 2119/98/ЕО на Комисията (от 19 март 2002 г.). По-конкретно, всяко лице, отговарящо на клиничните критерии с епидемиологична връзка, се отчита като вероятен случай и всяко лице, отговарящо на клиничните и лабораторни критерии се съобщава като потвърден случай. Данните са анализирани от спорадични случаи и битови огнища при хора на нетифоидна

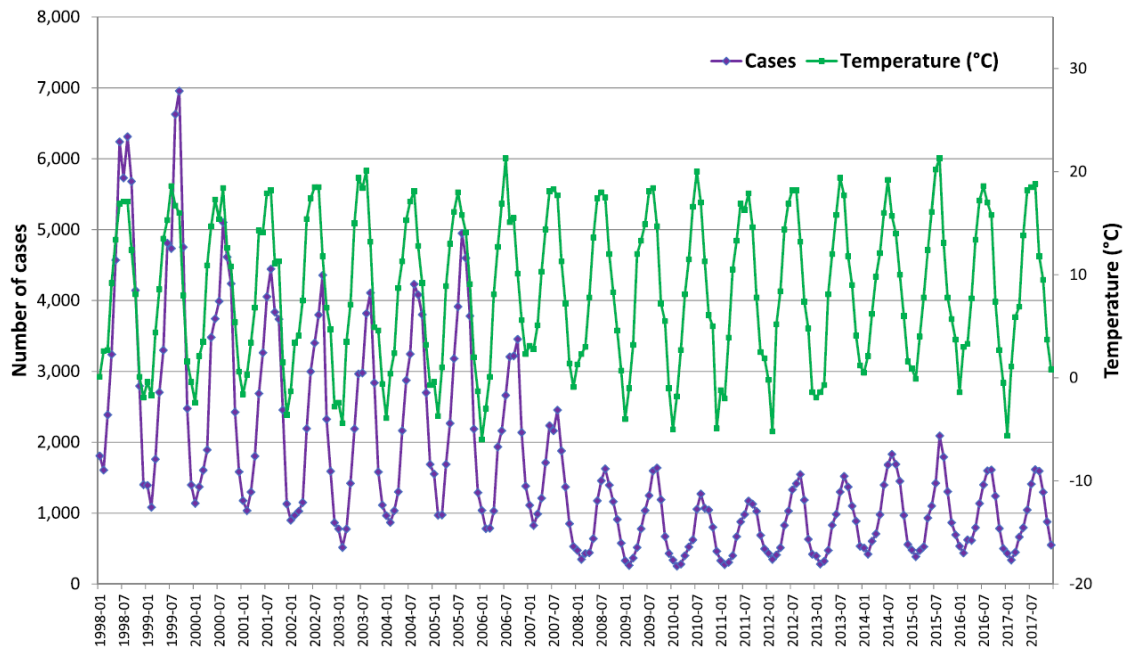
салмонелоза. Анализирани са месечния брой случаи (по дата на поява), нотифицирани през периода 1998–2017 г. Средномесечни температури на въздуха за територията на CZ са предоставени от Чешката хидрометеорологична служба. Данните за населението са получени от Чешката статистическа служба.

Връзката между честотата на заболяването и набора от променливи (година, месец и температура) е изследвана с помощта на обобщен адитивен модел (GAM - *generalized additive model*) по данни от целия двадесетгодишен период. Поради факта, че представянето на резултатите от анализа е доста разпръснато и хаотично спрямо *Poisson* разпределението, е използван полупараметричен отрицателно-биномен модел GAM (*semiparametric negative-binomial GAM*) с изчистени и потенциално нелинейни ефекти спрямо годишния тренд, в рамките на годината, сезонността и средната месечна температура на въздуха. Напасването на модела е извършено в R, версия 3.4.3 с помощта на пакета *mgcv*. Крайният модел е както следва:

$$N_t \sim \text{NB}(\mu_t, \theta) ; \log \mu_t = \beta_0 + s_{\text{Year}}(y_t) + s_{\text{Season}}(m_t) + s_{\text{Temp}}(T_t)$$

Общо са регистрирани 440 470 случая на салмонелоза в CZ по време на периода на изследване. След изключване на 29 937 (6,8%) епидемични случаи, останалите 410 533 спорадични са анализирани случаи на семейна епидемия от салмонелоза. От тези случаи 228 249 (55,6%) са сред деца и юноши до 19г. Пробите включват 196 780 (47,9%) мъже и 213 753 (52,1%) жени. Оценка е направена съобразно условията преди и след прилагане на ветеринарномедицински мерки. Данните сочат, че **средногодишният брой на случаи на салмонелоза, възникващи след въвеждането на ветеринарните мерки са само 32,5%** от наблюдаваните в предходен период. Двата изследвани периода не се различават в съотношенията на случаите в отделните възрастови групи. Средната годишна заболеваемост от салмонелоза е 313,0/100 000 жители преди и 99,0/100 000 жители след прилагане на ветеринарномедицинските мерки. Общите тенденции са анализирани в целия набор от данни, като е ясно видимо, че има значително намаление в броя на случаите през 2007–2008 г. Всички предиктори, включени в модела GAM са статистически значими ($p < 0,001$). Подробен поглед върху изходните данни на GAM моделът показва, че ходът на заболеваемостта във времето е нелинеен.

След лек спад в началото на изследвания период, най-резкият спад се наблюдава през 2006–2009 г. Това е последвано от леко повишение и стабилизиране на нивото, което е значително по-ниско в сравнение с нивата, наблюдавани преди налагането на ефективни мерки. **Сезонният компонент показва ясна тенденция в рамките на годината с минимум през февруари и март и максимум през август и септември** в броя на заболели от салмонелоза. Зависимостта на заболеваемостта от температурата е изобразена с S-образна крива. Става ясно, че **връзката е почти линейна в температурния диапазон 0–15°C, в който попадат по-голямата част от данните**. При екстремни стойности на средната месечна температура кривата се доближава до асимптотите. Усреднените данни показват, че в горепосочения температурен диапазон **всяко повишаване на месечната температура на въздуха с 1°C е допринесло за значително увеличение от 6,2% на случаите на салмонелоза**.



Днешната намалена честота на случаите на салмонелоза при хора в Чехия е по-специално **резултат от последователния контрол на *Salmonella* в страната.** Въпреки това случаите на салмонелоза, докладвани в Чехия, все още са пет пъти по-високи от средните за ЕС. Потвърждавайки констатациите от предишни проучвания, е открита значителна положителна връзка между температурата на въздуха и нетифоидните инфекции със *Salmonella* в CZ през 1998–2017 г. Изчисленията в това проучване показват това **увеличение с 6,2% в случаи на салмонелоза на 1°C покачване в рамките на месечния среден температурен диапазон от 0–15°C.** Тази констатация се потвърждава от факта, че през лятото на 2015 г. е отчетен най-висок процент случаи на салмонелоза. Известно е, че **по-високите температури позволяват по-бърза репликация на *Salmonella*.** Топлинният стрес може да предизвика ентерит при пилета със *Salmonella* в червата им, и увеличаване на разпространението ѝ. Потенциален риск възниква и чрез кръстосано замърсяване при обработка на храна или след консумация на замърсено месо. Следователно се потвърждава, че с **повишаването на температурите рискът от поява на салмонелоза при хората ще се увеличи, а оттам и значението на превантивните мерки.** Превантивните ветеринарни мерки и мерките за безопасност на храните са **най-ефективният начин за защита на обществото от инфекцията.** Координираните от ЕС програми за контрол при домашните птици за борба с разпространението на салмонела чрез консумация на храна дават голям успех и висок резултат в ЕС. За да бъдат максимално ефективни, усилията за намаляване на предаването на *Salmonella* чрез храна и други пътища трябва да се прилагат в цялостен мащаб.

Статистическият анализ, базиран на модела GAM, показва значителни нелинейни ефекти на годишната тенденция, сезонността в рамките на годината и температурата на въздуха върху честотата на нетифоидни инфекции със *Salmonella*. Най-високата заболяемост съответства на най-високите средни температури над 15°C. Това проучване също демонстрира значителен пряк ефект от предприетите мерки за

превенция и контрол във ветеринарния сектор, областта на храните и производствата. Значението на предприеманите мерки и проведените симулационни проучвания по темата вероятно ще нараства с повишаване на температурите на въздуха. Средният годишен брой случаи на салмонелоза, възникнали след въвеждане на ветеринарномедицински мерки е само около една трета от наблюдаваното в предишния месечен цикъл.

Проучване на тема „*Climate change, extreme events, and increased risk of salmonellosis: foodborne diseases active surveillance network (FoodNet), 2004-2014*“ на авторски колектив *Michele E. Morgado, Chengsheng Jiang, Jordan Zambrana, Crystal Romeo Upperman, Clifford Mitchell, Michelle Boyle, Amy R. Sapkota and Amir Sapkota* е още **едно потвърждение за влиянието на климата и глобалното затопляне върху инфекциите със *Salmonella***, разпространението на този патоген и инфекциозността му.

Многобройни проучвания също така са предоставили доказателства, че нивата на салмонелоза са положително свързани с повишени валежи. Освен това има много данни, които предполагат, че прогнозираните промени в климата ще повлияят на честотата на хранителните заболявания, включително инфекциите със *Salmonella*. Резултатите от горесцитираното проучване предоставят **допълнителни доказателства, че повишаването на температурата на околната среда и нивата на валежите, особено под формата на екстремни събития, са свързани с увеличаване на нивата на салмонелоза. *S. Newport* например е свързан с екстремни топлинни събития в 4 от 7 области, докладвани във FoodNet (Грузия, Мериленд, Ню Мексико и Тенеси). *Salmonella* инфекциите могат да бъдат серовар-специфични и е доказано, че се различават географски, по възраст и пол и между раса/етническа принадлежност. Освен това източниците на инфекция и начините на предаване могат да варират между *Salmonella* сероварите. Предишни проучвания също така са установили, че различните *Salmonella* серовари може да реагират по различен начин на екстремни топлинни събития и на други фактори на околната среда (като *S. Javiana*) и могат да бъдат по-силно засегнати от увеличените валежи. Различният отговор, който е наблюдаван сред четирите серовара (*S. Enteritidis, S. Javiana, S. Newport, и S. Typhimurium*) по отношение на екстремните горещини и валежите, предполага, че резервоарите в околната среда и пътищата на експозиция за инфекция със *Salmonella* могат да бъдат от по-голямо значение. Повишеният процент на инфекция със *S. Newport* в Джорджия, Ню Мексико, Тенеси и Мериленд, свързан с екстремно излагане на топлина, може да отразява способността на серовара да замърси широк спектър от хранителни продукти, особено пресни продукти и млечни или говеждо месо, които са често консумирани в тези щати. В допълнение, *S. Newport* е доказано, че се разпространява и оцелява при повишени температурни амплитуди в пресни продукти (плодове, зеленчуци). Тези области в САЩ се характеризират с висока гъстота на отглеждане на бройлери (Грузия и Мериленд), както и на едър рогат добитък (Тенеси) и млекопреработвателни предприятия (Ню Мексико). Предишни проучвания са документирали професионалната експозиция на *Salmonella* spp. сред работниците в животновъдния сектор, както и устойчивото разпространение на *Salmonella* в околната среда при използване на необработени отпадъци в земеделието. **Животинските отпадъци могат да замърсят****

почви, повърхностни и подпочвени води чрез оттичане и е доказано, че са източник на *Salmonella*. Освен това проучванията сочат **устойчивостта на изолатите на *S. Newport* във води за напояване и в почвите** в региона на Атлантически океан, които могат да действат като **дългосрочни резервоари** на замърсяване. Освен това е отбелязано, че **попадането на *Salmonella* spp. в пресните продукти може да бъде по-изразена при екстремни метеорологични условия, включително суша или екстремни повишавания на температурата.** Съществуват и опасения за **повишено разпространение на патогени като салмонела от животни на свободна паша.** Екстремните валежи могат да увеличат честотата на контакта на човека със замърсени водоизточници и също така могат да увеличат вероятността пресните продукти да влязат в контакт със замърсена вода. В това проучване е наблюдавано **значително увеличение на риска от инфекции със *S. Javiana* в щатите Кънектикът и Джорджия, както и повишен риск от *S. Newport* в Мериленд, свързани с екстремни валежи.**

Предишни проучвания показват значението на резервоарите от домашни и диви животни, за обясняване на по-големия брой инфекции със *S. Javiana* в югоизточната част на САЩ. Съответно е установена положителна връзка между инфекциите *S. Javiana* и процента на влажите в Грузия. В допълнение, *Lee et al.* отбелязва, че рискът от инфекция със *S. Javiana* се увеличава в крайбрежния район на Грузия, и при периоди на екстремни валежи. За разлика от това, в североизточните области около Кънектикът се съобщава за по-малко *S. Javiana* инфекции, но рискът от инфекция, свързана с екстремни валежи, е много по-висок.

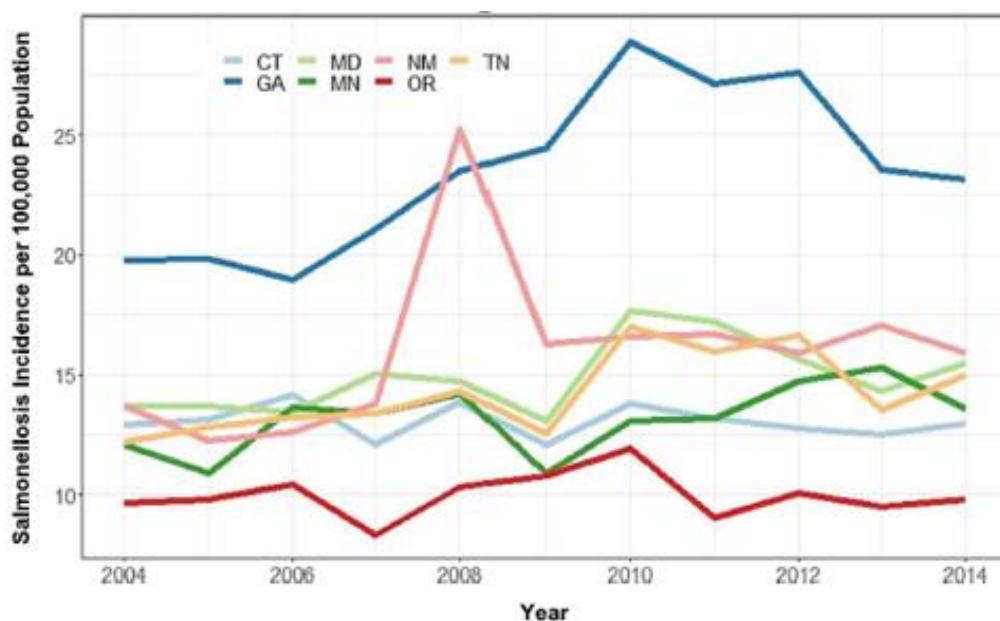
S. Newport също така е установено, че оцелява за големи периоди от време в почвата и водата, особено във влажна органична почва, която е преобладаваща в Мериленд. Проучванията са установили, че **както изключителната топлина, така и валежите могат да доведат до увеличаване на разпространението на салмонела в растителни култури и повърхностни води.** Както е отбелязано по-рано, повишеният риск от *S. Newport* в Мериленд, свързан както с екстремни горещини, така и с валежи, би могъл да отразява неговата трайна устойчивост и способност да се разпространява.

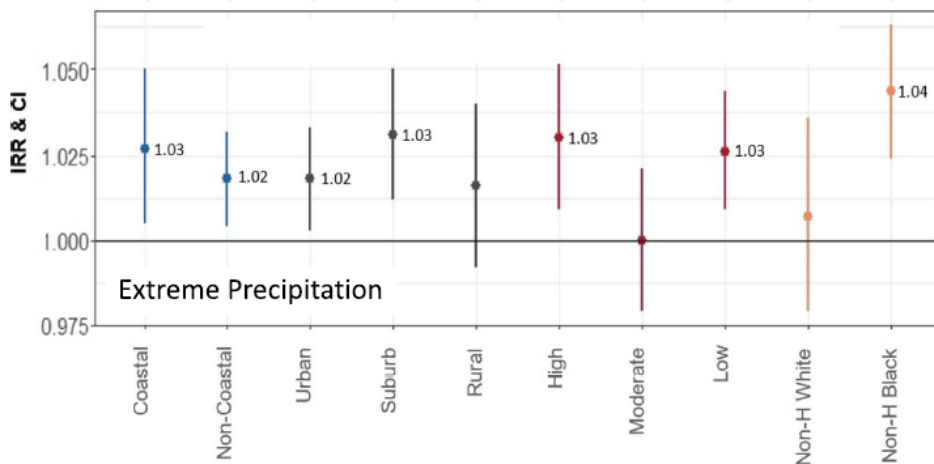
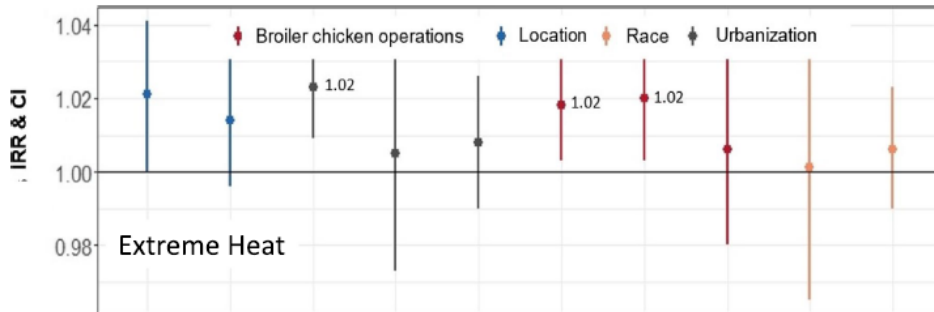
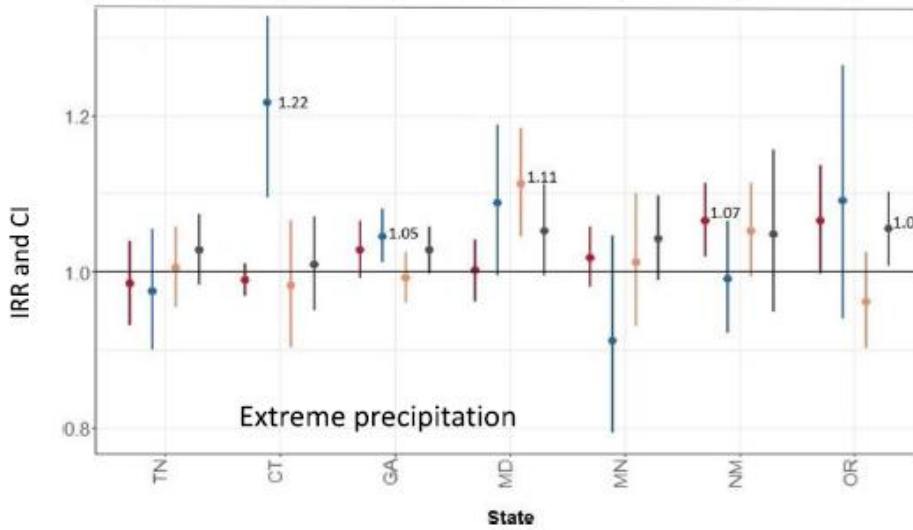
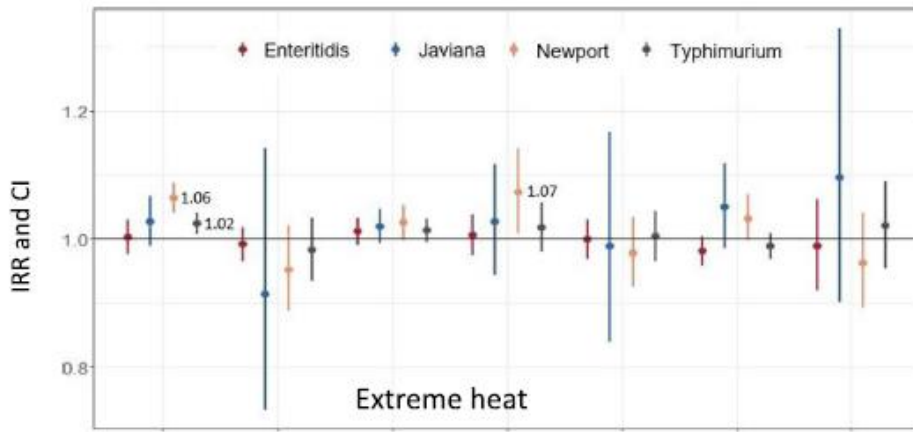
Като цяло това проучване показва по-силна връзка между екстремните валежи и салмонелозата в САЩ, в сравнение с екстремните горещини. Освен това повишеният риск от заразяване със *Salmonella*, изолати от домашни птици и едър рогат добитък, както е наблюдавано при *S. Typhimurium* и *S. Enteritidis*, може да бъде от особено значение дори в държави без големи животновъдни обекти. Потенциалните вектори на стомашно-чревните заболявания биха могли да включват популации от гризачи, за които е доказано, че се увеличават в полусухите периоди. Дивите птици също могат да бъдат заразени със *Salmonella*, по-специално *S. Typhimurium*, което крие потенциален риск от замърсяване на водите и повишена експозиция на домашни животни и човека.

Уникален аспект на това проучване е анализът на разликите в заболеваемостта по отношение на няколко основни *Salmonella* серовара (*S. Enteritidis*, *S. Javiana*, *S. Newport* и *S. Typhimurium*). Широкият спектър от реакции на различните серовари към екстремните събития, докладвани в Food-Net подчертава важната роля, която държавните и местните органи по обществено здравеопазване трябва да играят в отговор на тези инфекции. Като се има предвид голямото въздействие на салмонелозата върху

общественото здраве и изострящото се въздействие на изменението на климата върху нейното разпространение, е изключително важно мерките да включват повишаване на биосигурността, контрол на спазването на всички добри хигиенни практики и повишаване на обществената осведоменост.

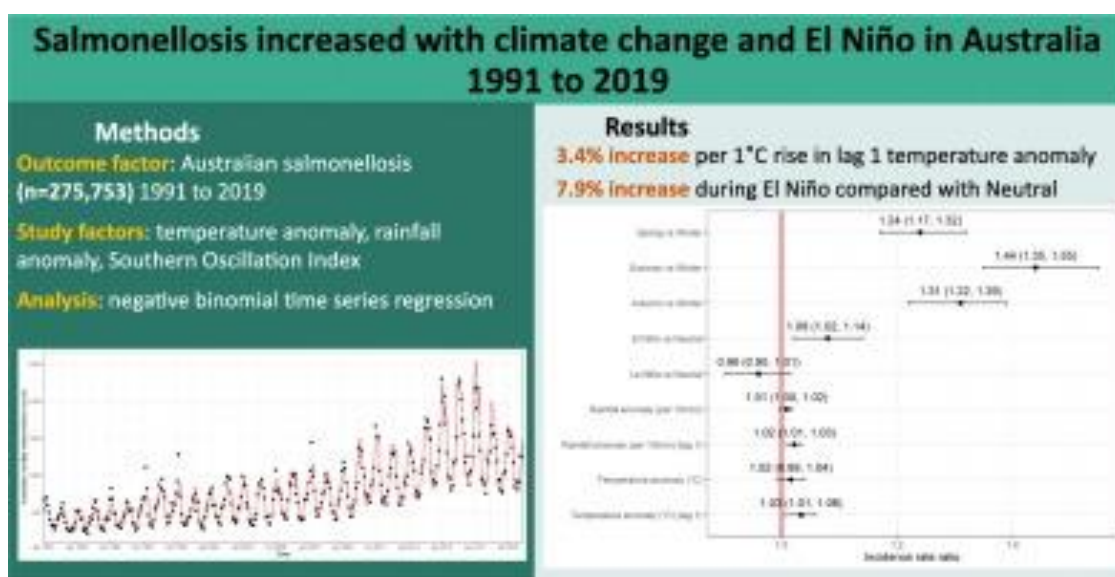
Откритията в това проучване показват, че връзката между честотата на салмонелозите и екстремните метеорологични явления е херогенна сред четирите най-често срещани серовари на *Salmonella* и в множество региони на САЩ. Освен това повишените нива на инфекции с *Salmonella* серовари, които доминират в естествени или растителни резервоари (напр. *S. Javiana* и *S. Newport*), свързани с екстремни горещини и валежи, заслужават специално внимание. Тези констатации подчертават необходимостта от вземане на решения, свързани с общественото здраве, на държавно и местно равнище, за да се отговори на променящите се екологични и климатични условия във всеки регион.





Най-новото проучване от 2022 г. на тема: „*Climate variability and change are drivers of salmonellosis in Australia: 1991 to 2019*“ на *Barbara P.F. Davis, Janaki Amin, Petra L. Graham, Paul J. Beggs*, още веднъж потвърждава, че **салмонелозата е чувствителен към климата гастроентерит с над 92 милиона случая и над 50 000 смъртни случая годишно в световен мащаб**. Австралия има високи нива на салмонелоза в сравнение с други индустриализирани нации. Това проучване използва регресионен модел на отрицателни биномни времеви серии, за да изследва връзката между нотификациите за салмонелоза в Австралия и месечните климатични променливи, включително южната осцилация на Ел Ниньо (ENSO) и средната температурна аномалия от 1991 до 2019 г.

Между 1991 г. и 2019 г. в Австралия е имало 275 753 нотификации за салмонелоза, а средният годишен процент за салмонелоза е 40,1 на 100 000 души население. Съобщенията за салмонелоза показват силна сезонност, достигайки пик през лятото и минимум през зимата. Има изчислено увеличение от 3,4% на случаите на салмонелоза в национален мащаб за 1°C увеличение на месечната средна температурна аномалия (коефициент на заболяемост [IRR] от 1,034, 95% доверителен интервал [CI]: 1,009, 1,059). Подобни връзки между салмонелозата и аномалиите на средната температура са открити за немалко държави. Средната температурна аномалия показва възходяща тенденция от 0,9°C през периода 1991г. до 2019г. Освен това е открита **положителна връзка между салмонелозата в Австралия и ENSO**, при което периодите на Ел Ниньо са свързани със 7,9% повече случаи на салмонелоза в сравнение с неутралните периоди (IRR 1,079 , 95% CI: 1.019, 1.143). Подобна асоциация на ENSO е открита в двата източни щата Нов Южен Уелс и Куинсланд. Това проучване предполага, че **превантивните мерки за обществено здраве за намаляване на салмонелозата могат да бъдат засилени в някои региони по време на Ел Ниньо, както и по време на повишените температурните интервали.**



Анализите на времевите серии установяват връзката между метеорологичните фактори и повишения риск от хоспитализации при *Salmonella*, проявяващи се като стомашно-чревни, инфекции (*Lin et al. 2016*). Между 1991 и 2004 г. в Ню Йорк,

температурата, екстремната топлина и валежите са свързани със случаи на забавяне (до 10 дни) и сезонност.

Няколко проучвания още определят връзката между климатичните вариации и случаите на инфекция със *Salmonella*, по отношение на сезонността, екстремните събития и температурата на околната среда (Zhang et al. 2010⁶⁷; Luma Akil, et. al. 2010⁸; Emma Britton et. al. 2010⁹; Lu Ran et. al. 2011¹⁰; Lal et al. 2012¹¹; Varga et al. 2013¹²);, както и чрез моделиране (Zhang et al. 2010; Hellberg & Chu 2016¹³).

Този литературен преглед укрепва разбирането за **взаимодействието на *Salmonella* и променящата се среда и как климатичните тенденции влияят върху инфекциите със *Salmonella***. Допълнителни изследвания по темата са необходими, за да се **фокусира вниманието на отговорните институции допълнително върху разбирането на специфичните причини и последици, свързани с изменението на климата и *Salmonella* инфекциите, влиянието и ефективността на мерките и решенията за превенция и ограничаване на тези инфекции при хора и животни и минимизиране на икономическите загуби**. Климатичните тенденции на местно и глобално ниво все повече се изучават, с все по-детайлна информация и включване на все повече параметри и по този начин тези проучвания биха могли да спомогнат за **разбиране на местната климатична история и прогнозни тенденции с повишена точност и отчитане на междинните влияния**. Местните серотипове могат да бъдат включени в изчислителните и прогнозните модели; би могла да се изследва устойчивостта на отделните серотипове както и адаптационните им механизми към локалните климатични промени, особено когато серотиповете имат различна антибиотична резистентност и вирулентност, които се явяват потенциални бариери за ефикасна намеса. Тежестта на инфекциите може да се увеличи, ако изменението на климата не се вземе предвид при прилагане на мерките за ограничаване и ликвидиране разпространението на салмонела в различни хранителни матрици. Тези всички проучвания могат да бъдат използвани за бъдещи изследвания и за разработване на по-всеобхватни и информативни диагностични методи за *Salmonella* в светлината на изменението на климата, като бъдат включени и епидемиологични проучвания, статистически методи, стратегии за превенция и математически изчислителни модели за прогнозиране. По-нататъшните изследвания трябва да вземат предвид миналите

6

<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0160412015001361?token=F0370B538C16B26E89B306268D2E934475CF2C64D1DA4728432D2F58F43DED6EF58CB8C1E39434B2E137334C352990CD&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220714131405>

⁷ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896970901050X>

⁸ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4346543/pdf/fpd.2014.1802.pdf>

⁹ <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1753-6405.2010.00495.x>

¹⁰ https://www.researchgate.net/publication/51050332_Laboratory-Based_Surveillance_of_Nontyphoidal_Salmonella_Infections_in_China

¹¹ https://openresearch-repository.anu.edu.au/bitstream/1885/98500/2/01_Lal_Spatial_and_temporal_variation_2015.pdf

¹² https://www.researchgate.net/publication/258632993_Evaluating_area-level_spatial_clustering_of_Salmonella_Enteritidis_infections_and_their_socioeconomic_determinants_in_the_greater_Toronto_area_Ontario_Canada_2007_-_2009_A_retrospective_population-bas

¹³ <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25612827/>

гр. София, 1618, бул. "Цар Борис III" № 136
<http://corhv.government.bg>, corhv@mzh.government.bg

тел. 02/4273056

Ф-НК-7.6-5/0



тенденции в климатичните и епидемиологични данни, както и настоящите ефекти от изменението на климата върху наличието и разпространението на *Salmonella*. Съществуващите данни, приложени към базирани на доказателства модели, могат да потвърдят и екстраполират моделите на инфекция въз основа на различни сценарии за изменение на климата. Из основи **разбирането на ефектите от изменението на климата** върху човешкото и животинското здраве може да доведе до **подобро планиране и готовност за реакция и да позволи адаптация в променяща се среда**.

Ентероинфекциите, които са причинени от бактериални, вирусни и протозойни патогени, съставляват приблизително **1,7 милиона смъртни случаи** (22 смъртни случая на 100 000) и **4,5 милиарда епизодии** (0,61 епизодии на човек годишно) **в световен мащаб** за всички възрасти само през 2016 г. Въпреки че тежестта на инфекциите остава висока, са постигнати **значителни намаления по отношение на смъртността**. Въпреки това напредъкът в намаляването на броя на бъдещите ентероинфекции може да бъде засегнат от изменението на климата, по-специално от повишаването на температурата на околната среда. Тези инфекциозни чревни заболявания се считат за косвено засегнати от все по-високите температури, които могат да увеличат натоварването на патогените в гостоприемниците и да увеличат замърсяването на питейната вода и развалянето на храната, и да променят хранителните навици на популацията.

Въпреки че факторите, стоящи зад това как температурата на околната среда влияе на инфекциите, са сложни, все повече проучвания съобщават за корелации между температурата на околната среда и ентероинфекциите, като се използват техники за статистическо моделиране. Още в началото на 2000 г. две обстойни проучвания съобщават за положителни взаимовръзки между температурата и случаите на диария в Перу и Фиджи, и са станали основа за оценка на глобалния риск от ентероинфекции, причинени от бъдещото покачване на температурата. Мета-анализът определя количествено 7% увеличение на честотата на ентероинфекциите при повишаване на температурата с 1°C, която стойност е подобна на тази в оценката от по-ранното проучване в Перу.

Тези връзки между температурата и всички причинени ентероинфекции предоставят общ преглед на свързаните с температурата рискове за ентероинфекции, но пропускат спецификата на определени рискове, като например начин на предаване (например замърсена питейна вода, разваляне на храната или лоша лична хигиена) и различни ентеропатогени. Предимството на количественото определяне на специфичните рискове е, че това може да подпомогне и улесни прилагането на все по-специфични подходи за намаляване на свързаните с температурата ентероинфекции, като например подобрена инфраструктура за питейна вода и програми за ваксинация. Въпреки това, анализирането на взаимовръзките температура-ентероинфекции включвайки и специфичните начини на предаване и хранителните матрици остава предизвикателство, тъй като настоящите инструменти за изчисление и прогнозиране в околната среда са несвършени. В резултат на това някои проучвания са приложили свои разработени математически инструменти за моделиране за оценка на рисковете от ентероинфекция, причинена от температурни промени. Тези проучвания обаче се

основават на недостатъчно разбиране на динамиката както на ентеропатогените в околната среда, така и на предаването на инфекции.

Напредъкът в диагностиката на ентеропатогените при хората и животните и разработените бази данни за съхранение на информацията от проучванията и споделянето на данни между държавите, **доведе до по-голям обем от информация и данни за патогенно-специфични ентероинфекции**, както и **информация за конкретния патогенен причинител и респективно неговият геном**.

Анализът на температурната чувствителност на ентеропатогените може да помогне да се определи **кой патоген може да инвазира хората и животните в бъдеще**, както и **нивата на разпространение на конкретни патогени сред популацията в зависимост от покачващите се температури на околната среда**. Тази **информация** би могла да бъде **ценна за подпомагане на вземането на навременни и адекватни решения и прилагане на конкретни мерки** за намаляване на разпространението на патогени при хора, животни, храни и околна среда и за адаптиране и по-добра подготвеност на здравните системи. Тези проучвания ще осигурят информиран избор при вземането на решение за или против ваксинация за справяне с чувствителни към температурата ентеропатогени. Освен това патоген-специфичните обобщени оценки на риска може да помогнат за моделирането на свързаните с температурата ентероинфекции в голям географски мащаб.

Изводите от всички патоген-специфични анализи, оценки и проучвания върху взаимовръзката между температурата и ентероинфекциите, показват, че **рискът от заболяемост от салмонелоза, шигелоза, кампилобактериоза, холера, *E. coli* ентерит и коремен тиф се увеличава при средно показване на температурата с 1°C**. **И обратно, рискът от заболяемост от ротавирусен ентерит и норовирусен ентерит намалява средно с 1°C**.

Допълнителни проучвания в бъдеще биха допринесли за оценките на патоген-специфичните ефекти. За бъдещи изследвания в моделирането на корелациите между температура и ентероинфекции, е **силно препоръчително да се приложи специфичен за патогена анализ, като пълен геномен секвентен анализ или други молекулярни техники в диагностиката** за по-добро охарактеризиране на патогенния причинител, гените за резистентност, които носи и начина му на разпространение и инвазивността му. Тези проучвания **ще предоставят допълнителни доказателства и ще актуализират специфичните за патогените обобщени оценки**.

Като емблематичен пример, в проучвания на *Salmonella enterica* серовари е установено, че **темповете на растеж в храните се повишават при стайна температура** (най-често определена като 25°C) в продукти като **свинско месо, риба и яйца** в сравнение с ниски температури (по-ниски от 25°C). *S. enterica* изолати също имат **по-добра скорост на растеж и достигат максимална експресия на вирулентни гени в риба и рибни продукти в рамките на 24 часа при 45°C** в сравнение с ниски температури. По същия начин, е установено, че изолатите *Shigella* и *E. coli* са увеличили растежа си при стайна температура в различни хранителни матрици и дори са имали по-

добри темпове на растеж при 30°C или по-високи в сравнение с 5°C за някои храни и условия; *Shigella* увеличава растежа си повече при 37°C +/- 2°C, отколкото при 5°C след 72 часа във варен ориз, картофено пюре, мляко, леща, варена риба и говеждо месо и краставици, а *E coli* расте повече при 30°C, отколкото при 5°C след 24 часа върху салати и говеждо месо и повече при 25°C, отколкото при 5°C след 48 часа върху нарязани праскови. При **прасета, едър рогат добитък и пилета се забелязва значително по-голям брой *Salmonella*, *E coli* и *Campylobacter* през лятото и началото на есента**, отколкото през по-студените месеци. Проучване в норвежки ферми за пилешко месо, показва, че делът на птичите стада, които са положителни за *Campylobacter*, се е увеличил с повишаването на температурата от 0°C. *Vibrio cholerae* е изолирана от води в северния залив Чесапийк, САЩ, по-често през лятото, отколкото през по-студените месеци, и корелира с по-високи температури на повърхностните води и ниска соленост.

Въпреки тези констатации, топлинните аберации и влиянието им върху бактериалните патогени не са основни фактори за оцеляването им в околната среда, тук **трябва да бъдат взети предвид** и други фактори, като **pH, хранителни вещества, влага и среда**. За *Salmonella*, *Shigella*, *E coli* и *Campylobacter* многобройни проучвания съобщават за повишено измиране на изолати в повърхностните води, почвата, животинска тор и отпадъчните води при високи температури в сравнение с ниските температури, въпреки че почвите, третирани с оборска тор, са подобрили оцеляването на *Salmonella* при високи температури в сравнение с почвите, които не са торени.

Тези примери за топлочувствителност на ентеропатогени доказват, че по-топлите температури увеличават честотата на човешки ентероинфекции, особено бактериални инфекции, главно чрез хранителни и животински пътища на предаване. За пътищата на предаване на тези бактериални патогени основни причини са неправилно съхранение на храните и лошите практики при приготвянето и обработката на храни, основно в условия на ниски ресурси, които условия могат да доведат до замърсяване на храната при високи температури на околната среда. Летните струпвания на хора също могат да бъдат източник на предаване на ентероинфекции, тъй като е все по-вероятно храната да бъде изложена на високи температури на околната среда. За животинските резервоари предаването на ентеропатогени на хората отнема по-дълъг път, отколкото при хранителните пътища на пренасяне на инфекциите, тъй като замърсените отпадъчни води от фермите трябва да попаднат и в селскостопанските полета или водите за пиене. Поглъщането на ентеропатогени чрез замърсена вода и повърхности може да възникне през летните месеци, тъй като недостигът на вода би могло да повлияе качеството и наличието на безопасна вода.

Като се има предвид, че ентероинфекции, дължащи се на бактериални ентеропатогени, могат да се повишат в бъдеще с повишение на температурите на околната среда, една **потенциална адаптация са ваксините**. Понастоящем **масовата ваксинация за ентероинфекции е налична само за ротавируси** при малки деца и не всички страни са я въвели. Като пример, през 2016 г. около 28 000 смъртни случая при малки деца са предотвратени поради ротавирусна ваксинация, и допълнително намаляване на смъртността следва да се очаква в далечното бъдеще, ако бъдат създадени допълнителни ваксини срещу други ентеропатогени. **Ваксините за тиф и холера са**

налични, но въвеждането им, особено в страните с ниски доходи, които се нуждаят от тях, остава в застой. Има разработки на ваксини за *Shigella*, ентеротоксигенни *E coli* и норовируси, но може да отнеме значително време, за да бъдат пуснати на пазара, тъй като не са стимул за фармакологичните концерни и появата на тези патогени е по-често срещана в страните с ниски доходи, отколкото в страните с високи доходи. При симулиране на бъдещи ентероинфекции, свързани с температурата, могат да се направят оценки на специфичния за патогена риск, за да се вземат предвид промените в температурната чувствителност. Проучване прилага специфични за патогените обобщени оценки на глобалните прогнози за свързаните с температурата ентероинфекции, които предполагат значителна смъртност от ентероинфекции в бъдеще поради все по-топли температури на околната среда. Авторите на тези глобални прогнози също така установяват, че по-ниска прекомерна смъртност от свързана с температурата ентероинфекция се оценява при използване на оценки на специфичния за патогена риск.

В обобщение, разгледаните проучвания установяват **повишен риск от бактериални ентероинфекции и понижени рискове от вирусни ентероинфекции при повишаване на температурата с 1°C**. Също така е установено, че температурната чувствителност на бактериалните ентероинфекции може да се различава за всеки ентеропатоген. Тези патогенно-специфични разлики в температурните взаимовръзки могат да спомогнат за **подобряване на моделирането на бъдещите ентероинфекции, свързани с температурата, и да подпомогнат прилагането на патогенно-специфични мерки за адаптиране като ваксинации**. Малкият брой проучвания обаче може да ограничи тълкуването на тези констатации. По този начин насърчаваме бъдещи проучвания за изследване на патогенно-специфични температурно-ентерични инфекции, като се използва подобен методологичен подход и набори от данни за определяне на специфичните за патогените разлики.

Всички резултати от разгледаните проучвания сигнализират **на мениджърите на риска да се подготвят за навременни реакции в определени региони с нарастващ процент на огнища от хранителни заболявания**. Следователно децата трябва да се разглеждат като цели в протоколите за превенция и контрол на салмонелозата, за да се намали честотата на инфекции със *Salmonella* в бъдещи събития. Освен това, имунизацията на животните и контролирането на употребата на антибиотици в животновъдството са необходими за предотвратяване на бъдещи огнища.

Изготвил:

Красимира Захариева,

Главен експерт в дирекция ОРХВ, ЦОРХВ

Използвана литература:

- “Present and prognostic climate changes and the epidemiological potential of malaria transmission in Bulgaria, Kaftandjiev I, Harizanov R, Rajnova I на НЦЗПБ, секция Паразитология и тропическа медицина
- <https://denkstatt.eu/?lang=bg>
- Конференция на СЗО и списание LANCET, организирана съвместно с Българския червен кръст (БЧК) на тема: “Климатичните промени и влиянието им върху здравето на хората”, проведена на 28.02.2020 г.
- Климатичните промени и влиянието им върху човешкото и животинското здраве
-
<https://corhv.government.bg/files/%d0%9a%d0%bb%d0%b8%d0%bc%d0%b0%d1%82%d0%b8%d1%87%d0%bd%d0%b8%d1%82%d0%b5 %d0%bf%d1%80%d0%be%d0%bc%d0%b5%d0%bd%d0%b8 %d0%b8 %d0%b2%d0%bb%d0%b8%d1%8f%d0%bd%0%b8%d0%b5%d1%82%d0%be %d0%b8%d0%bc %d0%b2%d1%8a%d1%80%d1%85%d1%83 %d1%87%d0%be%d0%b2%d0%b5%d1%88%d0%ba%d0%be%d1%82%d0%be %d0%b8 %d0%b6%d0%b8%d0%b2%d0%be%d1%82%d0%b8%d0%bd%d1%81 %d0%ba%d0%be%d1%82%d0%be %d0%b7%d0%b4%d1%80%d0%b0%d0%b2%d0%b5-final.pdf>
- ВЛИЯНИЕ НА КЛИМАТИЧНИТЕ ПРОМЕНИ ВЪРХУ ДИНАМИКАТА НА РАЗПРОСТРАНЕНИЕ НА ПАТОГЕНИТЕ В ХРАНИТЕ - гл.ас.д-р Гергана Крумова-Вълчева, проф. д-р Й. Гогов
- Kendrovski V. and D. Gjorgjev (2012) Climate Change: Implication for Food-Borne Diseases (Salmonella and Food Poisoning Among Humans in R. Macedonia) Chapter 7
- <https://www.mediapool.bg/klimatichnite-promeni-vliyayat-i-na-infektsiite-news334688.html> - Климатичните промени влияят и на инфекциите – доц. Д-р Теру Врабчева
- <https://www.puls.bg/eko-sreda-c-43/promenite-v-klimata-vodiat-do-novi-infektsiozni-zaboliavaniia-n-38295>
- Кафтанджиев И., Характеристика на вноса и оценка на възможността за възстановяване на маларията в България в условията на глобални климатични промени, автореферат на дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „Доктор“, София, 2020
- Associations between ambient temperature and enteric infections by pathogen: a systematic review and meta-analysis - Paul L C Chua, Chris Fook Sheng Ng, Aurelio Tobias, Xerxes T Seposo, Masahiro Hashizume
- Influence of air temperature and implemented veterinary measures on the incidence of human salmonellosis in the Czech Republic during 1998–2017 - Jan Kynčl, Michaela Špačková, Alena Fialová, Jan Kyselý and Marek Malý
- Climate Change: Implication for Food-Borne Diseases (Salmonella and Food Poisoning Among Humans in R. Macedonia) - Vladimir Kendrovski and Dragan Gjorgjev

- *A comparison of two different approaches to investigate the role of air temperature as a key driver of salmonellosis* - Laura C. Gonzalez Villeta, Alasdair Cook, Caitriona Fenton, Emma Gillingham, Theo Kanellos, Gordon, Nichols, Joaquin M. Prada, Giovanni Lo Iacono – One Conference 2022
- *Climate change, extreme events, and increased risk of salmonellosis: foodborne diseases active surveillance network (FoodNet), 2004-2014* - Michele E. Morgado, Chengsheng Jiang, Jordan Zambrana, Crystal Romeo Upperman, Clifford Mitchell, Michelle Boyle, Amy R. Sapkota and Amir Sapkota
- *Climate variability and change are drivers of salmonellosis in Australia: 1991 to 2019* - Barbara P.F. Davis, Janaki Amin, Petra L. Graham, Paul J. Beggs
- *ECDC_surveillance_data_Salmonellosis*
- *Effect of Temperature and Rainfall on Sporadic Salmonellosis Notifications in Melbourne, Australia 2000–2019: A Time-Series Analysis* - Elizabeth J. Robinson, Joy Gregory, Vanora Mulvenna, Yonatan Segal, and Sheena G. Sullivan
- *Associations between climatic parameters and the human salmonellosis in Yazd province, Iran* - Mohammad Mehdi Soltan Dallal, Mohammad Hassan Ehrampoush, Farzaneh Aminharati, Abbas Ali Dehghani Tafti, Mehdi Yasari, Mojtaba Memariani
- *Salmonella and the changing environment: systematic review using New York State as a model* - Kevin Welch, Asante Shipp-Hilts, Millicent Eidson, Shubhayu Saha and Shelley Zansky
- <https://www.cdc.gov/salmonella/general/prevention.html>
- *Climate variations and salmonellosis transmission in Adelaide, South Australia: a comparison between regression models* - Ying Zhang & Peng Bi & Janet Hiller
- *The effect of temperature on different Salmonella serotypes during warm seasons in a Mediterranean climate city, Adelaide, Australia* - A. MILAZZO, L. C. GILES, Y. ZHANG, A. P. KOEHLER, J. E. HILLER AND P. BI
- <https://eea.government.bg/bg/soer/2020/climate/climate4> - Политика за ограничаване на изменението на климата
- <https://www.climateka.bg/parazitni-infektsiozni-zabolyavaniya-klimat/>
- <https://www.climateka.bg/klimatichnite-promeni-zdraveto-na-detsata/>
- *Стратегия на Столична община за адаптация към климатичните промени* - <https://denkstatt.eu/uspeshni-primeri-denkshhat/?lang=bg#tab-5147e836edec8fe7b70>