

Original scientific paper

UDC [314.324:618.39-021.3]:551.524(497.11)(497.113)  
<https://doi.org/10.2298/GSGD2501475V>

Received: February 26, 2025

Corrected: March 25, 2025

Accepted: March 28, 2025

**Petar Vasić<sup>1</sup>\*, Natalija Mirić\***

*\*University of Belgrade, Faculty of Geography, Belgrade, Serbia*

## **BIRTH SEASONALITY, FETAL LOSS AND AIR TEMPERATURE IN THE SERBIA-NORTH REGION**

**Abstract:** The seasonality of births in Serbia shows a pattern in which the largest number of children are born during late summer and early autumn, placing the largest part of conceptions at the transition from one calendar year to another, which is not the case in the Serbia-North region. Taking into account the seasonality of births, we will try to estimate the distribution of conceptions on a weekly basis during the period 2015-2020. However, a special contribution of this paper will be observing of variations in the number of conceptions and births in parallel with variations in the average weekly air temperature by administrative districts in the Serbia-North region. The ratio between the number of conceptions during a calendar week with days of a certain average air temperature and live births that occur after 30-42 weeks later represents the degree of reproductive success indicating the level of fetal losses. Many recent studies indicate that there is a high correlation between the average weekly air temperature and clinically unregistered fetal losses that occur in the earliest stages of pregnancy. This effect is greatest in the first days after conception, potentially indicating the influence of an increase in air temperature on the occurrence of a conception error. The paper analyzes the relationship between changes in the number of days in five temperature ranges and changes in the number of pregnancies and live births as a positive pregnancy outcome. The results indicate that temperature extremes reduce the likelihood of a positive reproductive outcome. The expected increase in air temperatures and the occurrence of temperature extremes, under the influence of climate change, could further reduce the level of fertility in the Serbia-North region due to the specific seasonality of births and the large number of conceptions that occur during periods of particular temperature risk.

**Keywords:** birth, fetal loss, climate change, Belgrade, Vojvodina

---

<sup>1</sup> [petar.vasic@gef.bg.ac.rs](mailto:petar.vasic@gef.bg.ac.rs) (corresponding author)

Petar Vasić (<https://orcid.org/0000-0003-1302-2260>)

Natalija Mirić (<https://orcid.org/0000-0003-0020-3847>)

## Introduction

The scientific interest in analyzing the impact of climate change on population dynamics is relatively recent. Previous research on this relationship has mostly gone in the opposite direction, that is, analyzing the impact of the growing world population on climate change. In this sense, most of these studies point to a limited impact of human population growth, with most of the growing impact attributed to the rapid increase in per capita consumption (Managi & Kumar, 2018; Cohen, 1995; Petrović et al., 2017; Dietz & Rosa, 1997). Surely, the interdependence is bidirectional, and the influence of anthropogenic factors is undeniable. Among anthropogenic factors, population dynamics holds a special place and has occupied the attention of researchers in social and natural sciences for decades, resulting in a multi-disciplinary approach to understanding this interdependence.

On the other hand, in the more developed part of the world, where the impact on climate change is the greatest, in conditions of advanced demographic transition, problems of demographic development occupy the attention of the scientific community in various ways. These societies are faced with a process of demographic aging, the causes of which are well known (low birth rates, falling mortality and increasing life expectancy, intensification of population migration), and efforts to manage demographic challenges have a tradition spanning several decades (Basten & Frejka, 2016; Bergsvik et al., 2021; Bloom & Canning, 2004; Borsch-Supan, 2008; Demeny, 2003).

However, despite long-standing efforts to mitigate adverse demographic trends, there seem to be no significant results when it comes to the components of demographic dynamics. In this sense, in the context of the need for general social mobilization to stop (or at least slow down) the process of demographic aging, in recent years there has been a reflection on the possible impact of the now obvious climate change on population dynamics. It is necessary to shed light on the impact of climate change on the components of population dynamics, bearing in mind what inevitably awaits us in terms of environmental change in the next few decades. Specifically, when it comes to the impact of climate change on human fertility, studies are mainly oriented towards analyzing the impact of temperature fluctuations on fertility, infertility, fetal losses and premature birth; the perception of climate threat and the impact on reproductive decisions; and the impact of climate change on family planning and reproductive health. Among these studies, those that consider the impact of temperature on fetal loss are particularly rare, with one literature review reporting only 9 out of 75 studies on this topic (Dalugoda et al., 2022). Beside those analyzing the impact of temperature variations, there are also studies that discuss the impact of precipitation, floods, droughts, and other extreme weather events on population fertility (Casey et al., 2019; Chen et al., 2021; Davenport, Dorélien & Grace, 2020; Khandaker & Shah, 2024; Organ, Dixon & Villa, 2023). However, the most noteworthy project is the “Examining population dynamics under global climate change – POPCLIMA”, launched in 2022 and representing the first comprehensive attempt to identify the mechanisms through which climate change affects demographic outcomes. As stated on the official website of this project, which brings together 15 researchers from the University of Bologna and the Austrian Wittgenstein Center: “There is practically no literature on the mechanisms and intensity with which climate change affects the components of population movement. It is not even clear whether climate change can increase or decrease fertility, mortality and migration” (<https://popclima.eu/about-us>). In this sense, most of the studies, available so far, that consider the direct link between climate change and population fertility date back to the

last few years and relate to the impact of temperature variations, while the impact of changes in other climate parameters is considered marginal (Dalugoda et al., 2022). For example, in China, it has been confirmed that exposure to long heat waves is associated with a significantly higher risk of preterm birth (Guo, et al., 2023). Similar findings have been confirmed in Malaysia through the impact of temperature changes on reproductive health, pregnancy outcomes and infertility (Jegasothy, et al., 2020). Regarding the research on this phenomenon in a climate zone similar to ours, in Hungary it was found that exposure to high temperatures in early pregnancy increases the clinically unregistered miscarriage rate by 1.4% for each additional day warmer than 25°C (Hajdu & Hajdu, 2023). The same authors confirm that exposure to high temperatures also reduces the conception rate, predicting that climate change could affect the reduction of the annual birth rate (Hajdu & Hajdu, 2021b). Barreca et al. (2018) confirm that each additional day in a month with an average temperature higher than 27°C compared to a day with a temperature of 16°C – 21°C, reduces the fertility rate by 0.40% nine months later, and Moodley et al. (2024) that the same additional day in the month preceding conception increases the likelihood of miscarriage by 26%.

Researching the relationship between atmospheric temperature and human fertility is very complex due to the combined effect of a multitude of other factors that cannot be isolated. However, the basic idea of this work is to examine whether the seasonality of births in Serbia follows variations in average air temperatures and whether an increase in average daily temperatures has an impact on the number of live births as a positive pregnancy outcome. In other words, does the average air temperature at the time of conception have an impact on the number of live births 30 to 42 weeks later? One of the most important arguments for observing the influence of temperature at the very beginning of pregnancy is that key fetal development occurs during the first weeks of pregnancy when the placenta is formed, which is then most vulnerable to exogenous influences (Mehta, Basu & Ghosh, 2023), and that over 50% of spontaneous abortions occur in the first days of pregnancy (Liu et al., 2014). Most previous research points out that the impact of climate and environmental risks on population fertility is significant and growing, which should not be ignored in the process of formulating hypotheses about future population development. The overall impact on fertility at the national level in Serbia may not be large (yet), but local areas of high environmental and climate risk are certainly already facing the negative impact of environmental factors on overall reproductive capacity. This impact can be direct, in the manner already mentioned, but also indirect through the initiation of selective migrations and increased mortality of the population of reproductive age.

The Serbia-North region has characteristics that are conducive to a quasi-experimental analysis of the aforementioned relationship. Namely, fertility preferences are similar across the entire study area, which minimizes the possible impact of significant differences in fertility, i.e., age-specific patterns of birth. The second group of characteristics of the study area relates to the climatic, geographical and economic characteristics of the environment, where differences in precipitation regime, relief and economic development among administrative areas are much smaller than in the Serbia-South region. In this sense, it can be expected that the impact of temperature fluctuations on reproductive outcomes could be more visible, i.e., less “masked” by the combined impact of other factors that cannot be isolated.

## Method

This paper analyzes the relationship between changes in the number of days with temperatures in five temperature ranges and changes in the number of pregnancies and live births as a positive outcome of those pregnancies. The temperature ranges mentioned are: up to 10°C; 10°C to 15°C; 15°C to 20°C; 20°C to 25°C; and over 25°C. In the few papers available so far that have investigated the relationship between various parameters of human fertility (frequency of sexual intercourse, conception, miscarriages) and variations in air temperature during the period from a few weeks before conception, until labor, these temperature ranges have usually been taken. Namely, the aforementioned works refer to Hungary (Hajdu & Hajdu, 2021a; Hajdu & Hajdu, 2021b) and can be considered to represent a good, or rather, comparable example given the similarities in climate and fertility patterns between Hungary and the Serbia-North region. Average seven-day (weekly) temperatures during the period 2015-2020 were also analyzed. It should be noted that this method of monitoring temperature variations potentially masks the occurrence of temperature extremes, not only at the weekly, but also at the daily level, since it shows the number of days whose average temperature, and not the maximum or minimum, is in one of the mentioned temperature ranges. In any case, we believe that the average (taking into account the characteristics of the normal distribution) largely encompasses the time of exposure to a given temperature value on the observed day. In other words, people are exposed to temperatures closer to the average daily temperature for the most time (and for most days), and not to the minimum or maximum temperature. This is confirmed by similar studies in which over 95% of observed temperatures do not deviate more than  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  from the average (Wilde et al., 2017). Also, in papers that analyze and review the literature on the impact of ambient temperature on human fertility, it is stated that close to half of the studies analyze the average temperature, and only about one third analyze the maximum daily temperature (Dagoda et al., 2022; Nyadanu et al., 2024; Lakhoo et al., 2025).

When it comes to births, their distribution at the weekly level is, of course, shown according to the week in which the birth occurred. The weekly distribution of live births in the observed area somewhat deviates from the seasonality characteristic of Serbia as a whole, however, for the purposes of this work it was necessary to estimate the distribution of conceptions (pregnancies) according to the week in which they occurred. In order to estimate this distribution, it was necessary to dispose the structure of live births according to gestational age (which is usually shown in weeks), but also a fecundity model, i.e., age-related fertility of women. Given that the total number of live births is achieved as a result of a certain number of pregnancies, not all of which end with a positive reproductive outcome (live birth), due to the limitation of fetal losses, the number of pregnancies (conceptions) in each calendar week during the observed six-year period was estimated based on the model of age-related female fertility, which was taken from the paper "Fertility Postponement between Social Context and Biological Reality: The Case of Serbia" (Vasić, 2021b). Namely, this model consists of three categories of fertility limitations (sterility, infertility and fetal losses) on the basis of which it is possible to calculate the total number of conceptions (pregnancies) when a detailed distribution of live births by maternal age is available. The number of conceptions thus obtained is distributed according to the calendar week in which conception occurred, based on the structure of births by gestational age in a given calendar year.

However, before distributing conceptions according to the week in which they occurred, in the first step, the total number of conceptions at the annual level for the Republic of Serbia as a whole<sup>1</sup> was calculated based on the number of live births by the age of the mother and the age-specific fertility model (Vasić, 2021b) (1).

$$adjSRx = adjPRx * adjIRx * adjLRx \quad (1)$$

Where  $adjSRx$  represents the reproductive success rate of women aged  $x$  years at the moment of conception;  $adjPRx$  the conception rate of women aged  $x$  years at the time of attempting conception (female infertility restriction);  $adjIRx$  the conception rate of women aged  $x$  years at the time of attempting conception (male infertility restriction); and  $adjLRx$  the live birth rate of women aged  $x$  years at conception (fetal loss restriction).

The calculation of the annual number of pregnancies was carried out as follows:

$$\sum Tx = \sum \left( \frac{Nx}{adjSRx} \right) * adjPRx * adjIRx \quad (2)$$

Where  $\sum Tx$  represents the total number of pregnancies in a calendar year by women aged 15 to 49 years (total fertile contingent);  $Nx$  the number of live births by women aged  $x$  years at the time of attempting conception, and the other three values are from formula (1).

Table 1 shows the number of conceptions estimated based on the previous formula and the number of live births as a result of pregnancies conceived in a given calendar year (realized pregnancies) in the Republic of Serbia.

Table 1. Number of pregnancies and live births

| Republic of Serbia                      | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Evidented number of live births</b>  | 65657 | 64734 | 64894 | 63975 | 64399 | 61692 |
| <b>Numer of conceived pregnancies</b>   | 73933 | 74599 | 73776 | 73987 | 71869 | 71775 |
| <b>Number of successful pregnancies</b> | 64407 | 65742 | 64207 | 64263 | 62139 | 61459 |

Source: Author's calculations and RZS database

Further, based on the distribution of live births at the weekly level and the distribution of live births by gestational age in weeks (Table 2), the distribution of pregnancies resulting in live births was calculated according to the calendar week in which they were conceived. Of course, to simplify the procedure, the distribution was estimated based on gestational age from 30 to 42 weeks, given that over 96% of all live births in the observed years occurred in this time range. The distribution of live births from pregnancies shorter than 30 weeks was ignored (less than 4%).

<sup>2</sup> Without data for Kosovo and Metohija

Table 2. Live births by gestational age

| Gestational age (weeks)             | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 30                                  | 218   | 178   | 140   | 138   | 124   | 119   |
| 31                                  | 149   | 172   | 134   | 137   | 152   | 147   |
| 32                                  | 271   | 272   | 227   | 256   | 216   | 227   |
| 33                                  | 400   | 300   | 287   | 289   | 320   | 303   |
| 34                                  | 554   | 602   | 523   | 487   | 578   | 467   |
| 35                                  | 748   | 716   | 816   | 805   | 774   | 785   |
| 36                                  | 1589  | 1634  | 1654  | 1696  | 1755  | 1590  |
| 37                                  | 3210  | 3213  | 3384  | 3482  | 3502  | 3426  |
| 38                                  | 9713  | 10450 | 10080 | 10451 | 10737 | 10474 |
| 39                                  | 18093 | 18346 | 19647 | 19781 | 19794 | 19171 |
| 40                                  | 22025 | 20795 | 21136 | 20017 | 19728 | 19016 |
| 41                                  | 3823  | 3675  | 4837  | 4863  | 4823  | 4398  |
| 42                                  | 275   | 254   | 311   | 204   | 211   | 250   |
| <b>Total (all gestational ages)</b> | 65657 | 64734 | 64894 | 63975 | 64399 | 61692 |

Source: RZS database

The total number of pregnancies (counting all conceptions regardless of pregnancy outcome) was then distributed according to the week in which they were conceived, taking into account the average weekly distribution of births 30 to 42 weeks later. In other words, births in a given week represent the result of pregnancies conceived 30 to 42 weeks earlier, while pregnancies that end before the 30th week of gestation are assumed (and in the vast majority) to end unsuccessfully. The number of pregnancies according to the week in which they were conceived is shown in Figure 1, from which it is obvious that the largest number of pregnancies begin at the turn of the calendar year, i.e. during the New Year and Christmas holidays.

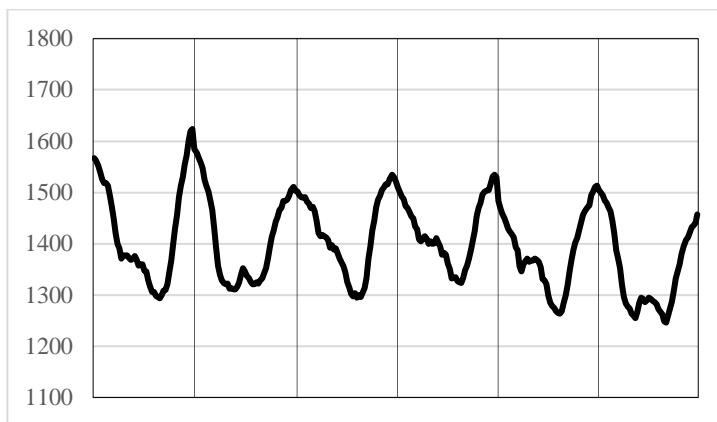


Fig. 1. Number of pregnancies by week of conception – Serbia (2015-2020)

However, in order to simplify the procedure, the estimation of the weekly distribution of conceptions for the district level was performed taking into account the age-specificity of the fetal loss restriction and the ratio of the average age of the mother at birth of all children in Serbia, for each district individually. That is, it was assumed that the ratio of the distribution of live births and the distribution of conceptions in the observed districts is the same as in the Republic as a whole, with additional consideration of the difference in the average

age of the mother at birth of all children. The main argument for this simplification of the procedure for estimating the distribution of conceptions at the district level is the age-related nature of the fetal loss restriction, which increases almost linearly after the woman's 26th year of age (Vasić, 2021a), implying a higher rate of fetal loss (SFG) in districts where the average maternal age is higher compared to the Republic average and, conversely, a lower SFG in districts where the average maternal age is lower (Table 3).

*Table 3. Average age of mother at birth of all children*

|                    | <b>2015</b> | <b>2016</b> | <b>2017</b> | <b>2018</b> | <b>2019</b> | <b>2020</b> |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Republic of Serbia | 29.5        | 29.6        | 29.8        | 29.9        | 30.1        | 30.1        |
| Belgrade           | 31.2        | 31.3        | 31.4        | 31.5        | 31.6        | 31.7        |
| West Bačka         | 28.4        | 28.7        | 29.1        | 29.2        | 29.4        | 29.5        |
| South Banat        | 28.5        | 28.6        | 28.9        | 29.2        | 29.1        | 29.3        |
| South Bačka        | 30.0        | 30.3        | 30.5        | 30.6        | 30.7        | 30.9        |
| North Banat        | 28.3        | 28.3        | 28.6        | 28.5        | 28.9        | 28.9        |
| North Bačka        | 29.2        | 29.5        | 29.7        | 29.7        | 29.9        | 29.9        |
| Central Banat      | 28.1        | 28.4        | 28.4        | 28.9        | 28.8        | 28.9        |
| Srem               | 28.9        | 29.0        | 29.2        | 29.4        | 29.7        | 29.5        |

Source: RZS database

The observed phenomenon was analyzed for the Serbia-North region at the level of eight administrative districts (Belgrade, West Bačka, South Banat, South Bačka, North Banat, North Bačka, Central Banat and Srem), but the analysis period was limited to six years (2015-2020) for which the authors provided paired data on average air temperatures and the number of live births at the weekly level. This approach has a certain limitation that stems from the assumption of uniformity of the structure of live births by gestational age throughout the entire calendar year and retroactive estimation of the number of conceptions, due to which it is not possible to analyze the last 42 weeks in 2020, because the live births resulting from them were also realized during 2021, for which we do not have data on the weekly distribution of live births at the district level. Also, the migration of women during the pregnancy period may be a source of bias. Namely, the place of conception (with a certain temperature) does not have to be the place of later exposure to temperature risk, nor does the place where birth is registered, which is the case in our work. However, given that a negligible share of the population in the country (2.0% to 2.5%) participates in internal migration, it is possible to ignore the impact of migration on the distortion of the observed relationship.

Finally, the obtained distributions were subjected to correlation and regression analysis in order to establish the level and direction of coping between the observed variables (correlation coefficient), the share of changes in the number of live births that can be explained by changes in air temperature (coefficient of determination), and the scope to which an additional day in one of the temperature ranges during the week of conception changes (increases or decreases) the number of live births (regression coefficient).

## Results

Based on the previously explained procedures, weekly distributions of conceptions were obtained for all eight districts (Figure 2).

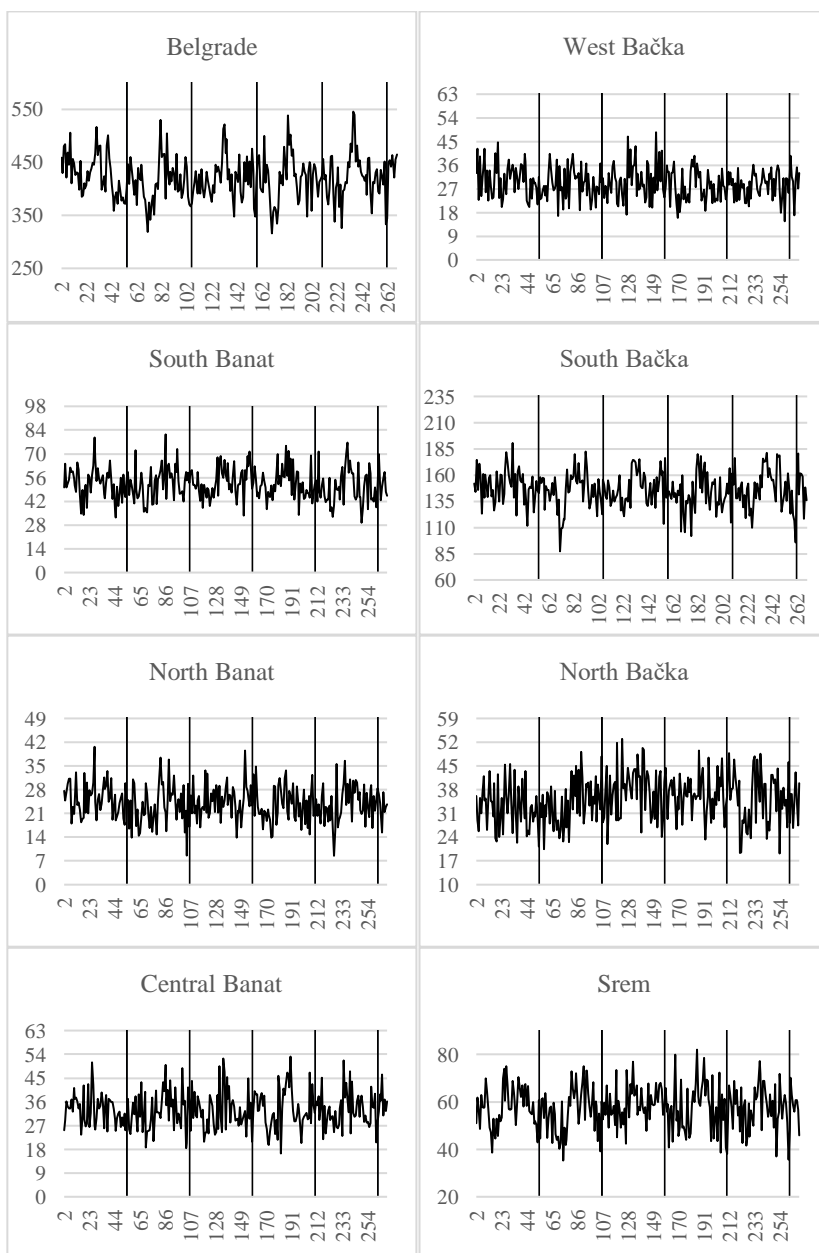


Fig. 2. Weekly distribution of conceptions in the period 2015-2020.

What is immediately noticeable is that, since the seasonality of births at the weekly level during the year does not fully follow the seasonality in the Republic, the seasonality of conceptions does not follow the distribution at the republic level either. It is interesting that, in none of the observed areas, is the usual significantly increased concentration of conceptions recorded at the transition from one calendar year to another. For the six areas in which the number of births and conceptions is noticeably lower than in the Belgrade and South Bačka areas, it is difficult to speak about profiling the seasonality pattern due to large weekly variability in the number of live births. On the other hand, the Belgrade and South Bačka areas were unusually characterized by an increased concentration of conceptions in the middle of the calendar year during the observed period. Thus, during the summer in the observed years, 23.8% of all live births were conceived at the state level, while in the Belgrade region this share was 26.9%, and in South Backa as much as 31.6%, with a characteristic peak in the middle of summer. The corresponding shares in West Bačka, South Banat, North Banat, North Bačka, Central Banat and Srem were 26.8%, 28.2%, 27.7%, 27.2%, 27.8% and 27.9%, respectively. Regardless of the specificities of the seasonality of conception in the Serbia-North region, these conceptions resulted in a certain number of live births 30 to 42 weeks later. In this sense, the relative ratio (expressed in percentages) between the number of live births from pregnancies conceived in a certain week and the total number of such pregnancies, regardless of their outcome, represents the reproductive success rate, the opposite of which is the SFG, and is calculated according to the formula:

$$SFG = \left(1 - \frac{N_s}{C_s}\right) * 100 \quad (3)$$

Where *SFG* is the fetal loss rate; *N<sub>s</sub>* is the number of live births resulting from conception during a week; and *C<sub>s</sub>* is the total number of conceptions during the corresponding week. By observing reproductive failure in this way, we can simultaneously monitor the variations of air temperature and the change in SFG.

As previously noted, we will track the number of days with a weekly average temperature within a certain temperature range based on five categories. The weeks observed were from 2015 to 2020, excluding the first week of 2015, which began in 2014, and the last 42 weeks of 2020, as some of the live births resulting from conception in those weeks were likely carried over into 2021.

The degree to which all conceived pregnancies resulted in a positive reproductive outcome (live birth) was expressed by SFG, i.e. the share of pregnancies that do not end in live birth. SFG is shown in Tables 4 to 8 in relation to the number of days in the week (in which conception occurred) within the observed temperature ranges.

Starting from the weeks in which days colder than 10°C occur (Table 4), we observe that SFG clearly increases with each additional day in this temperature range. Differences in SFG value between areas are, among other things, caused by the age-related fertility pattern, but the trends in SFG change in relation to the number of days in a week that are colder than 10°C are almost identical. Namely, all districts exhibit a strong positive correlation ranging from 0.659 to 0.806, explaining between 43.4% and 65.0% of the variation in SFG value by changes in the number of these days. Based on the high positive, statistically significant, linear fit, we can say that each additional day in a week, colder than 10°C, increases SFG by between 0.58 and 0.88 percentage points.

Table 4. SFG by number of days per week colder than 10°C (2015–2020)

| Number of days       | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | Total |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| <b>Belgrade</b>      | 14,9 | 16,6 | 15,9 | 18,4 | 16,2 | 19,6 | 18,7 | 17,9  |
| <b>West Bačka</b>    | 7,4  | 10,7 | 8,5  | 8,7  | 11,6 | 11,4 | 11,9 | 11,2  |
| <b>South Banat</b>   | 8,9  | 7,8  | 8,3  | 7,1  | 11,0 | 12,3 | 11,7 | 10,8  |
| <b>South Bačka</b>   | 10,2 | 15,6 | 13,4 | 11,8 | 16,3 | 15,1 | 16,4 | 15,3  |
| <b>North Banat</b>   | 6,5  | 8,5  | 8,4  | 8,0  | 11,7 | 9,9  | 10,5 | 9,8   |
| <b>North Bačka</b>   | 9,4  | 12,2 | 8,2  | 10,8 | 14,3 | 13,3 | 13,7 | 13,0  |
| <b>Central Banat</b> | 3,7  | 9,6  | 7,9  | 7,7  | 11,4 | 9,7  | 10,7 | 9,7   |
| <b>Srem</b>          | 7,9  | 12,4 | 9,6  | 10,2 | 11,7 | 12,1 | 12,9 | 11,9  |
| <b>Serbia-north</b>  | 8,6  | 11,7 | 10,0 | 10,3 | 13,0 | 12,9 | 13,3 | 11,4  |

Source: Author's calculations

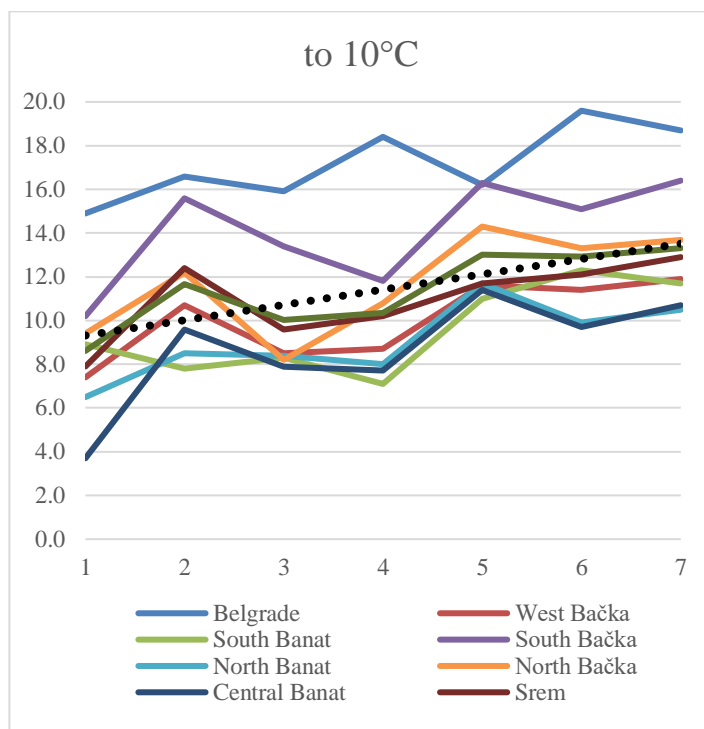


Fig. 3. SFG by number of days per week colder than 10°C (2015–2020)

Furthermore, in weeks with days with an average air temperature between 10°C and 15°C, there were also differences in the SFG value, but the trends in all areas are again the same. However, during weeks with days with an average air temperature within the given range, SFG values are noticeably lower, and each additional day lowers them even more. SFG during such weeks in the Serbia-North region is 9.2%, in contrast to weeks with days colder than 10°C when it is 11.4%. The level of agreement is such that the correlation coefficient is strong but negative, in the range from -0.657 to -0.966. Depending on the area, changes in the number of mentioned days explain between 43.2% and 93.2% of the variations in SFG value, and each additional day with a temperature between 10°C and 15°C in all observed areas lowers SFG by approximately one percentage point. Interestingly, during the observed period, there was not a single week in the Belgrade area in which all days were in this temperature range (Table 5).

Table 5. SFG by number of days per week with temperature 10°C-15°C, (2015–2020)

|                      | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | Total |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| <b>Belgrade</b>      | 18,6 | 16,3 | 16,8 | 15,1 | 14,1 | 12,2 | /    | 16,5  |
| <b>West Bačka</b>    | 10,8 | 9,3  | 10,9 | 6,9  | 6,7  | 5,1  | 6,1  | 9,0   |
| <b>South Banat</b>   | 10,7 | 10,4 | 8,6  | 7,6  | 5,3  | 6,1  | 5,2  | 8,9   |
| <b>South Bačka</b>   | 14,9 | 14,2 | 14,2 | 11,7 | 9,4  | 8,8  | 12,2 | 13,3  |
| <b>North Banat</b>   | 9,0  | 10,3 | 8,7  | 5,3  | 4,6  | 4,6  | 4,0  | 7,6   |
| <b>North Bačka</b>   | 12,5 | 11,4 | 13,7 | 8,9  | 8,2  | 6,7  | 8,4  | 10,8  |
| <b>Central Banat</b> | 9,1  | 10,4 | 9,1  | 5,4  | 4,6  | 1,2  | 7,6  | 7,8   |
| <b>Srem</b>          | 12,3 | 9,9  | 10,5 | 9,0  | 6,3  | 7,6  | 0,9  | 10,0  |
| <b>Serbia-north</b>  | 12,2 | 11,5 | 11,6 | 8,7  | 7,4  | 6,5  | 6,3  | 9,2   |

Source: Author's calculations

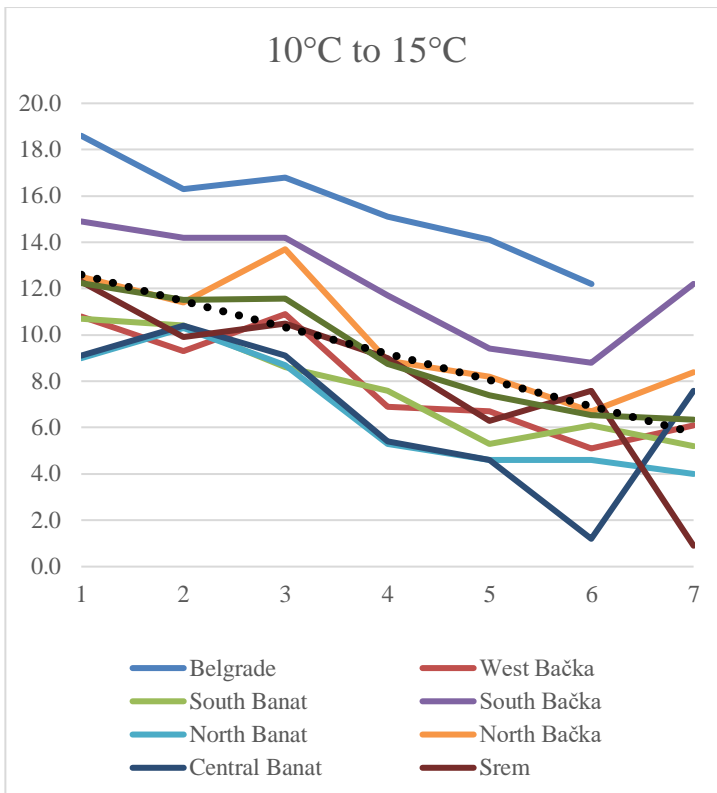


Fig. 4. SFG by number of days per week with temperature 10°C-15°C (2015–2020)

The next temperature range consists of weeks with days with an average air temperature between 15°C and 20°C, where were between 107 and 119 of them, depending on the area. However, the number of days in a week within this temperature range is not significantly correlated with the SFG level in all observed areas, nor in the entire Serbia-North region. Descriptive statistics certainly indicate that SFG is higher in weeks with days with an average air temperature of 15°C - 20°C, and that with an increase of number of such days, the SFG value decreases; however, in some areas the SFG variations are such that it is not possible to confirm the correlation (Table 6). However, all observed areas record the same direction of the relationship, but it is statistically significant only in the Belgrade, South Bačka and Central Banat

regions. Each additional day in this temperature range reduced the SFG value by between 0.23 and 0.38 percentage points in the three mentioned areas.

Table 6. SFG by number of days per week with temperature of 15°C-20°C, (2015–2020)

| Number of days       | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | Total |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| <b>Belgrade</b>      | 16,8 | 16,5 | 16,6 | 16,0 | 16,9 | 14,8 | 15,5 | 16,4  |
| <b>West Bačka</b>    | 9,5  | 9,7  | 8,4  | 9,5  | 9,7  | 9,3  | 8,6  | 9,3   |
| <b>South Banat</b>   | 10,6 | 7,5  | 8,7  | 10,7 | 9,3  | 6,4  | 9,4  | 9,1   |
| <b>South Bačka</b>   | 14,6 | 13,9 | 12,2 | 14,6 | 14,3 | 12,6 | 12,6 | 13,9  |
| <b>North Banat</b>   | 8,0  | 7,2  | 7,6  | 8,4  | 9,0  | 3,7  | 8,4  | 7,8   |
| <b>North Bačka</b>   | 11,1 | 11,0 | 10,8 | 12,7 | 10,7 | 10,1 | 11,0 | 11,2  |
| <b>Central Banat</b> | 10,0 | 6,5  | 7,4  | 10,1 | 7,9  | 5,5  | 7,0  | 8,2   |
| <b>Srem</b>          | 11,4 | 9,6  | 9,5  | 9,8  | 13,5 | 8,0  | 9,7  | 10,4  |
| <b>Serbia-north</b>  | 11,5 | 10,2 | 10,2 | 11,5 | 11,4 | 8,8  | 10,3 | 10,6  |

Source: Author's calculations

Regardless of the relatively weak correlation, it is important to point out that its direction is indirect, i.e. negative, but that the intensity is weaker than in the case of the previous two temperature ranges, and that only in the Belgrade region can more than half of the variations in SFG value be explained by changes in the number of days with air temperatures of 15°C - 20°C.

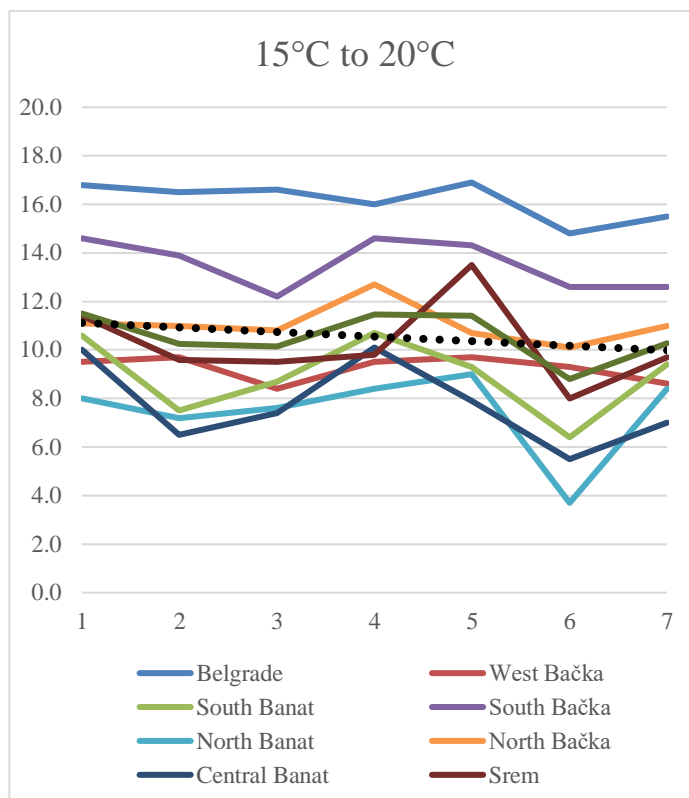


Fig. 5. SFG by number of days per week with temperature 15°C-20°C (2015–2020)

Furthermore, in weeks with days with an average air temperature between 20°C and 25°C, SFG increases further, but the trend cannot be correlatively confirmed. During weeks with days with an average air temperature within this range, SFG values are noticeably higher, with an average for the Serbia-North region of 12.3%, as opposed to 10.3% in weeks with days with an average temperature between 15°C and 20°C. A similar pattern applies to each area individually. This time, the trend is difficult to determine, given that the SFG value in weeks with a minimum and maximum number of such days is approximately the same in each of the observed areas. Namely, in weeks in which all days are within this range, the SFG value is lower than in weeks in which not all days are within the mentioned temperature range. One explanation could be that weeks with days of 20°C-25°C are also the most common weeks with days with an average air temperature higher than 25°C, so it is quite logical that they exhibit higher SFG values. However, this is only speculation, and a complete explanation would require a completely different methodological approach to the phenomenon under study. Also, only in the South Banat region a statistically significant, moderate, direct correlation between the number of days of 20°C - 25°C and the SFG value was determined, with the proviso that this way it is possible to explain less than one sixth of its variations, and that such additional day increased SFG by only 0.19 percentage points.

*Table 7. SFG by number of days per week with temperature 20°C-25°C, (2015–2020)*

| <b>Number of days</b> | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>6</b> | <b>7</b> | <b>Total</b> |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|
| <b>Belgrade</b>       | 16,0     | 18,9     | 17,7     | 17,3     | 18,9     | 18,3     | 16,6     | 17,7         |
| <b>West Bačka</b>     | 10,2     | 11,7     | 10,9     | 11,4     | 12,0     | 12,2     | 9,9      | 11,3         |
| <b>South Banat</b>    | 8,8      | 10,5     | 10,6     | 11,5     | 11,3     | 11,4     | 9,7      | 10,6         |
| <b>South Bačka</b>    | 14,4     | 15,4     | 15,8     | 14,6     | 16,3     | 16,0     | 13,9     | 15,3         |
| <b>North Banat</b>    | 7,8      | 9,9      | 9,5      | 10,1     | 9,9      | 10,6     | 8,3      | 9,6          |
| <b>North Bačka</b>    | 12,0     | 13,7     | 12,8     | 13,8     | 13,9     | 14,1     | 11,5     | 13,1         |
| <b>Central Banat</b>  | 8,4      | 9,0      | 10,2     | 10,3     | 10,3     | 10,2     | 8,1      | 9,6          |
| <b>Srem</b>           | 10,8     | 12,7     | 10,9     | 13,2     | 11,9     | 12,1     | 10,8     | 11,9         |
| <b>Serbia-north</b>   | 11,1     | 12,7     | 12,3     | 12,8     | 13,1     | 13,1     | 11,1     | 12,3         |

Source: Author's calculations

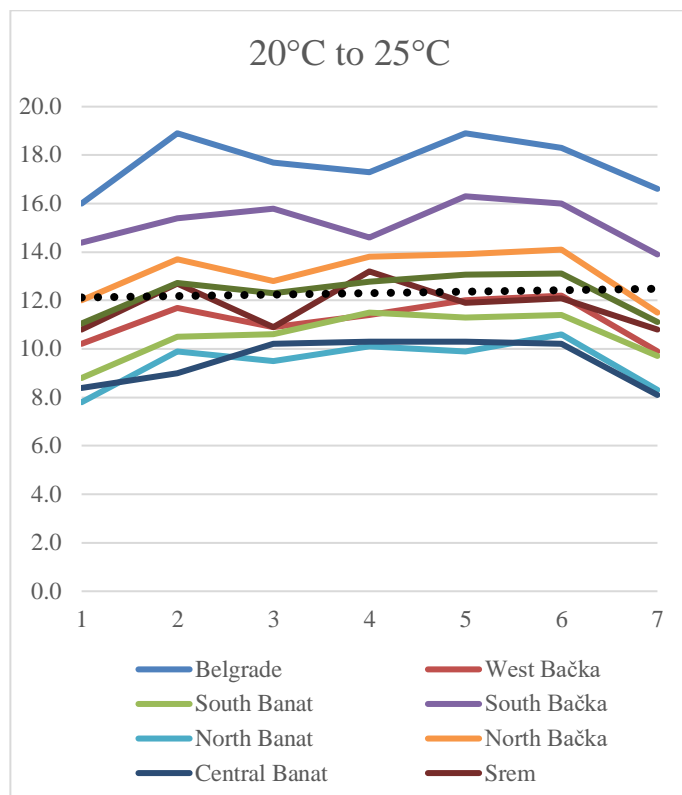


Fig. 6. SFG by number of days per week with temperature 20°C-25°C (2015–2020)

Finally, weeks with days warmer than 25°C record the highest SFG values, but again, without an established correlation. The average SFG value in the Serbia-North region was 13.8%, and depending on the area it ranged between 11.0% and 19.3% (Table 8). In this case, it is not possible to establish a trend in SFG change depending on the number of days in a week that are warmer than 25°C. It seems that the influence of atmospheric temperature on SFG is such that average temperatures above 20°C already represent a tipping point of negative impact on reproductive success. Therefore, only monitoring of maximum daily temperatures would potentially highlight differences in SFG value.

Table 8. SFG by number of days per week with temperature above 25°C (2015–2020)

| Number of days       | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | Total |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| <b>Belgrade</b>      | 19,4 | 18,3 | 19,4 | 19,8 | 18,9 | 19,7 | 19,0 | 19,3  |
| <b>West Bačka</b>    | 11,3 | 14,5 | 13,4 | 12,4 | 12,2 | 10,6 | 12,6 | 12,7  |
| <b>South Banat</b>   | 11,9 | 11,1 | 13,8 | 11,5 | 12,1 | 12,6 | 12,1 | 12,1  |
| <b>South Bačka</b>   | 16,4 | 16,9 | 17,3 | 16,8 | 16,4 | 18,0 | 16,0 | 16,8  |
| <b>North Banat</b>   | 9,6  | 11,9 | 12,1 | 10,9 | 11,9 | 9,9  | 11,4 | 11,2  |
| <b>North Bačka</b>   | 13,5 | 15,5 | 14,9 | 14,8 | 14,2 | 13,5 | 14,8 | 14,5  |
| <b>Central Banat</b> | 11,3 | 8,1  | 12,6 | 10,4 | 11,5 | 13,0 | 10,9 | 11,0  |
| <b>Srem</b>          | 12,9 | 13,2 | 14,2 | 13,6 | 14,1 | 13,4 | 12,8 | 13,4  |
| <b>Serbia-north</b>  | 13,3 | 13,7 | 14,7 | 13,8 | 13,9 | 13,8 | 13,7 | 13,8  |

Source: Author's calculations

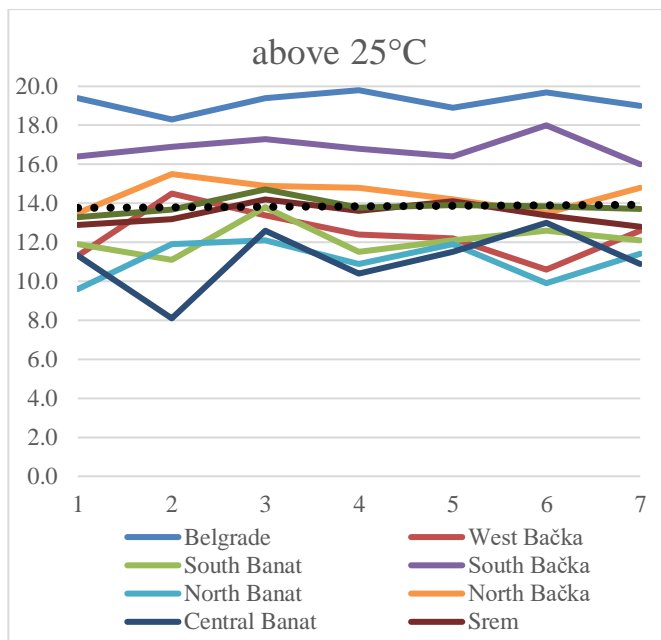


Fig. 7. SFG by number of days per week with temperature above 25°C (2015–2020)  
 Note: The trend line for the Serbia-North region is represented as a dotted line.

## Discussion

The seasonality of births in Serbia exhibits a very specific and well-known pattern, however, based on data on the weekly distribution of births in the Serbia-North region, it has been observed that there are smaller territorial units that deviate from the national average. In other words, the mutual differences in the patterns of seasonality of births at the level of administrative districts between the Serbia-North and Serbia-South regions are particularly interesting, not only for the purpose of investigating the influence of atmospheric air temperature on reproductive success, but also through the socio-cultural dimension and highlighting the factors that influence the formation of specific patterns of birth seasonality. In this sense, the Serbia-North region has several peculiarities in comparison to the Republic, which are reflected in a higher share of births during winter and summer and a lower share of births during autumn, while the frequency of births during spring is similar. Observed at the weekly level, this results in a distribution of conceptions that differs from the Republic in terms of a higher proportion of conceptions during winter, similar during spring, significantly higher during summer and lower during autumn. This is particularly significant because the concentration of conceptions is higher during winter and summer, which are characterized by a higher risk of reproductive failure. Most weeks with days colder than 10°C occur during winter, and are characterized by SFG that is 2.2 percentage points higher than in spring and autumn. Also, a high proportion of conceptions that occur during summer in the Serbia-North region occur during weeks with days whose average temperature is higher than 20°C, thus the SFG is higher by 4.6 percentage points. The differences in the value of SFG among the

observed areas are significant, but the trend of its change depending on the average daily air temperature is the same in all districts (Figure 8).

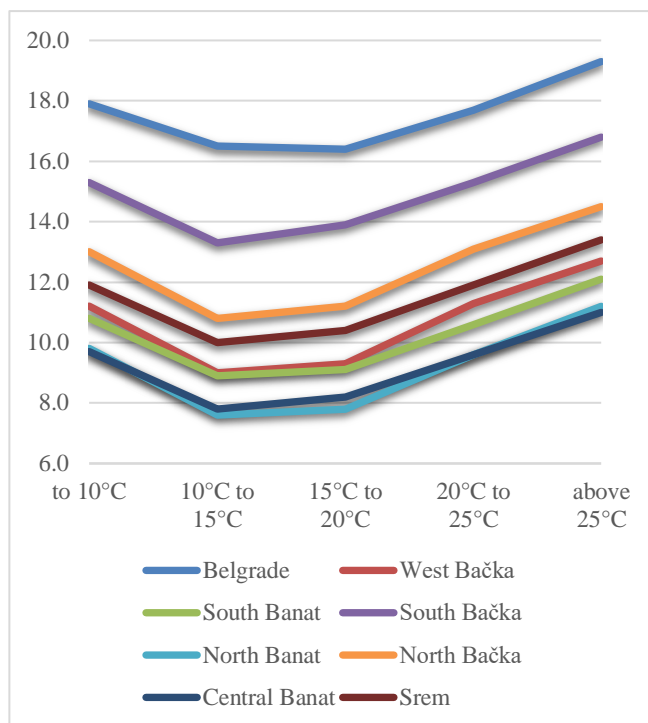


Fig. 8. SFG by week with days in temperature range (2015-2020)

In this sense, days with average air temperatures between 10°C and 20°C stand out as the period of the year with the greatest chance of reproductive success, which is confirmed by previous studies (Hajdu & Hajdu, 2023; Muttarak, 2021). The relationship between air temperature and human health forms a „J“ distribution, implying that the average temperatures of a given climate are the least “harmful” to human health and pregnancy outcomes (Bruckner et al., 2014; Ngo and Horton, 2016; Khodadadi et al., 2022). Part of the explanation for this form of the relationship between air temperature and human fertility can be attributed to the physiology of human reproduction, where cold disrupts fetal development by increasing blood density and vascular flow, thereby reducing blood flow to the placenta (Bruckner et al., 2014). On the other hand, exposure to high temperature, due to hormonal and immune responses, negatively affects endometrial tissue during the preimplantation period in all mammals, resulting in zygote rejection and consequently lower fertility (Yüzen et al., 2023).

Scientific interest is usually focused on investigating the impact of high temperatures on human fertility, and one of the few studies that investigated the impact of low air temperatures on pregnancy outcomes is “Low Ambient Temperature and Pregnancy Outcomes in Uppsala, Sweden, 1915–1929” (Bruckner et al., 2014). Using a sample of 14,000 births, the authors found that low temperatures increased fetal loss and preterm birth, especially in male infants. The increase in the probability of fetal loss due to cold with a temperature one standard deviation below the average resulted in a 22% higher rate of fetal loss, and the impact increased with decreasing temperature, up to 89%. Based on this, as well as many

other studies, it was found that the relationship between temperature and fetal loss is bidirectional in the case of temperature extremes. Both very low and very high temperatures increase fetal loss, but the relationship is not linear. In other words, the greater the extremes, the stronger the impact.

On the other hand, most of the large number of studies on the impact of high temperatures on pregnancy outcomes managed to confirm a strong positive relationship between average daily temperature and SFG level, which our previous correlation analysis failed to do. The question arises, what gestational age at the time of exposure is most susceptible to the impact of temperature and what type of exposure can be most harmful when it comes to fetal losses? Is it a single exposure to extremes, or prolonged exposure to moderate temperature anomalies? After more than 30 years of research and dozens (possibly hundreds) of studies, consistent methodological answers to these questions have not yet been given (Mehta, Basu and Ghosh, 2023). In other words, what methodological approach to researching the impact of temperature extremes on the upper side of the thermometer would be most suitable for Serbia?

Namely, the variability of changes in the value of SFG and changes in the number of days warmer than 20°C was such that linear agreement was not observed, and the statistical significance is unsatisfactory. It is obvious that there is a complex of factors that affect the value of SFG, which cannot be isolated. On the other hand, there were numerous shortcomings in the methodological approach to researching this relationship on the example of districts in Serbia, which was only possible due to lack of data. Namely, the very method of distributing conceptions by calendar weeks is based on an estimation and several very restrictive assumptions. In particular, it is very possible that duration of pregnancy is strongly influenced by atmospheric air temperature, which would mean that pregnancies conceived in the colder part of the year do not last as long as pregnancies conceived in the summer, which would further imply that our estimate of the weekly distribution of conception is not entirely accurate, leading to random variability in SFG. Although there is no evidence to suggest that temperature at the time of conception and early pregnancy affects gestational length, high temperatures during the late stages of pregnancy are certainly strongly correlated with shorter gestational lengths (Tapia et al., 2021; Basu et al., 2010). We can assume that a certain proportion of pregnancies that ended in the summer, and especially during long heat waves, were actually shorter in duration, meaning that they were conceived somewhat later than we assumed. In this case, the assumption of a uniform distribution of pregnancies by gestational age during the calendar year does not apply and thus affects errors in the calculation of SFG, however, in the absence of individual data, a different approach was not possible.

Given that the highest SFG values occur precisely in weeks with days warmer than 20°C (the two highest temperature ranges), and whose relationship has not been correlatively confirmed, we will only observe weeks in which the total average weekly (not daily) temperature was higher than 20°C. These weeks are concentrated most often in the months from June to September, covering late spring, summer and early autumn. In this way, observation of weeks in which days warmer than 20°C occur together with (albeit rare) days colder than 15°C, which contribute to random variability, is largely avoided. Table 9 shows SFG values by district during weeks with an average temperature higher than 20°C. The intention is to identify whether the SFG value is correlated with the average weekly tem-

perature in the warmer part of the year. The results are showing a positive correlation between 0.568 and 0.824 depending on the district, but due to the small number of observations, this relationship is not statistically significant and will not be commented on. However, when the Serbia-North region is considered as a whole, the relationship is quite significant, with a correlation coefficient of 0.455 (moderately positive fit) explaining slightly over 20% of the variations in the SFG change. Based on this correlation, an increase in the average weekly temperature of 1°C increases the SFG by almost two percentage points (1.943). Similar findings were confirmed in a study of 36,341 pregnancies over 18 years in South Africa, where the rate of fetal loss increased by 4% for every 1°C increase in average temperature (Moodley et al., 2024). Also, investigating the educational and health outcomes of children conceived during extremely hot periods in sub-Saharan Africa, Wilde et al. (2017) found strong evidence of a negative impact of high temperatures on the fetus during the first trimester of pregnancy. By comparison, a positive correlation was also observed at the national level, of course, with a higher degree of agreement and determination, but the impact of the increase in average weekly temperature during the summer was two and a half times weaker (0.763 percentage points).

Table 9. SFG during weeks with an average temperature above 20°C

| Year                 | 2015 |      | 2016 |      | 2017 |      | 2018 |      | 2019 |      | Total |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
|                      | SFG  | T°C  | SFG  | T°C  | SFG  | T°C  | SFG  | T°C  | SFG  | T°C  |       |
| <b>Belgrade</b>      | 19.2 | 24.4 | 16.1 | 22.7 | 19.2 | 24.3 | 18.1 | 23.1 | 20.1 | 23.7 | 18.5  |
| <b>West Bačka</b>    | 11.1 | 23.9 | 8.5  | 21.8 | 13.7 | 23.4 | 12.0 | 22.7 | 14.7 | 23.1 | 12.0  |
| <b>South Banat</b>   | 11.6 | 24.1 | 8.2  | 22.3 | 12.2 | 23.8 | 11.7 | 22.9 | 13.2 | 23.4 | 11.4  |
| <b>South Bačka</b>   | 15.9 | 24.2 | 13.1 | 21.8 | 17.3 | 23.6 | 15.7 | 22.6 | 17.7 | 23.1 | 15.9  |
| <b>North Banat</b>   | 11.1 | 24.0 | 7.5  | 22.3 | 11.8 | 23.5 | 9.5  | 22.7 | 12.1 | 23.3 | 10.4  |
| <b>North Bačka</b>   | 13.6 | 24.0 | 11.0 | 22.0 | 15.5 | 23.6 | 13.1 | 22.6 | 15.5 | 23.0 | 13.7  |
| <b>Central Banat</b> | 10.4 | 24.3 | 7.3  | 22.3 | 10.6 | 23.8 | 10.7 | 23.0 | 12.3 | 23.4 | 10.3  |
| <b>Srem</b>          | 12.5 | 23.7 | 9.3  | 21.9 | 13.6 | 23.6 | 12.3 | 22.6 | 14.9 | 23.2 | 12.5  |

Source: Author's calculations

It has been repeatedly emphasized in the previous text that research into the relationship between air temperature and fetal losses is very complex, that previous attempts are relatively rare and that, consequently, the methodological apparatus is imperfect. Data on the structure of live births by gestational age in weeks presented at the weekly level in Serbia do not exist. Also, it is not possible to obtain complete data on all, even clinically unregistered, fetal losses, and most importantly, it is not possible to know the full exposure of pregnant women to atmospheric air temperatures. In other words, regardless of the occurrence of temperature extremes (cold and hot), we cannot know what proportion of the population was exposed to these temperatures and for what duration. All this indicates that we can only speak about a rough assessment of the impact of atmospheric air temperatures on the birth rate in Serbia. When analyzing the impact of external temperature on human fertility, it should be borne in mind that the population adapts its activities to weather conditions. In this sense, to fully understand the impact of outdoor air temperature, it would be best to study populations that are frequently exposed to outdoor conditions (female agricultural population, for example). However, the adaptation assumption implies that the impact of temperature extremes could be reduced by changing the duration and frequency of outdoor activities. We nevertheless believe that the continuation of global warming will be such that increased exposure to temperature extremes will not be possible to avoid completely.

Finally, since the main aim of this paper was to investigate fertility loss due to the influence of atmospheric air temperature, it should be noted that the analysis refers only to the part of losses of already conceived pregnancies, but not to the part that can be attributed

to the reduced possibility of conception. Such an analysis would, in the absence of data, require a slightly different approach where it would be possible to indirectly check which part of the losses is attributed to the reduced possibility of conception, and which part to fetal losses. It is possible to indirectly assess whether the difference in the number of live births can be attributed to fetal losses or to the reduced possibility of conception (due to temperature shock), based on the fact that an increase in fetal losses always leads to the birth of a larger number of female children (Liu et al. 2014, Hernández-Julián et al. 2014). In this way, by measuring the deviation of the masculinity coefficient of live-born children from its expected value, it would be possible to assess the share of fetal losses in total fertility losses.

## Conclusion

The impact of air temperature on pregnancy outcomes has been confirmed numerous times in the literature, however, due to the complexity of this relationship, there is still no consensus on an adequate methodological approach to researching this relationship. Despite all the shortcomings, we tried to answer the question of whether changes in fetal losses in the Serbia-North region exhibit variability that is consistent with changes in average daily air temperature. In this regard, we came to the following conclusions:

1. Seasonality of births (and conceptions) in the Serbia-North region differs from the national average.
2. The change of SFG exhibits the usual "J" distribution in relation to the movement of air temperature.
3. The correlation between SFG variability and low temperatures is strong and negative.
4. SFG values are lowest in weeks when the average temperature is between 10°C and 15°C (and 15°C-20°C)
5. Each additional day in a week with a temperature between 10°C and 15°C (average annual temperature in the Republic of Serbia) reduces SFG by one percentage point.
6. The relationship between SFG and high temperatures is moderate-positive.
7. The correlation weakens as the temperature increases.
8. An increase in the average weekly temperature of 1°C during the summer results in an increase in SFG of 1.943 percentage points.
9. Differences in SFG values between the observed districts exist, but are not the result of a significantly different influence of the average temperature.
10. The clearest relationship between temperature and SFG values is observed in the Belgrade and South Bačka regions (due to a larger number of observations and higher average temperature values).

Finally, the demographic effect of the studied phenomenon is relatively difficult to quantify, but it is clear that the features of weekly distribution of conceptions in the Serbia-North region are the main reasons why the negative impact of temperature on the number of live births is higher than in the rest of Serbia. A disproportionately large number of pregnancies begin during the summer and winter when the temperature risk for fetal loss is highest. On the one hand, temperature extremes at the time of conception affect the higher rate of fetal loss, and on the other hand, a disproportionately large share of late pregnancies occur precisely in the summer when high temperatures can lead to premature birth and high health risks for the mother and child. All climate forecasts support an increase in the frequency of temperature extremes and a consequent intensification of the negative impact

on human fertility, so a certain change in the seasonal pattern of births (and conceptions) could mitigate the negative effects of climate change on fertility in the Serbia-North region.

Acknowledgement: The research was financed by the Science Fund of the Republic of Serbia (Population dynamics under environmental challenges in Serbia – POPENVIROS) [project number: 7358], as well as within the framework of the SRO (University of Belgrade – Faculty of Geography) funded by the Ministry of Science, Technological Development and Innovation for 2025 [contract number 451-03-137/2025-03/200091].

Publisher's Note: Serbian Geographical Society stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

© 2025 Serbian Geographical Society, Belgrade, Serbia.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Serbia.

## References

- Barreca, A., Deschenes, O., & Guldi, M. (2018). Maybe Next Month? Temperature Shocks and Dynamic Adjustments in Birth Rates. *Demography*, 55(4), 1269–1293. <https://doi.org/10.1007/s13524-018-0690-7>
- Basten, S., & Frejka, T. (2016). Fertility and Family Policies in Central and Eastern Europe, *Comparative Population Studies*, 41(1), 3-56.
- Basu R., Malig B., & Ostro B. (2010). High ambient temperature and the risk of preterm delivery. *American Journal of Epidemiology*, 172, 1108-1117.
- Bergsvik, J., Fauske, A., & Kaldager Hart, R. (2021). Can Policies Stall the Fertility Fall? A Systematic Review of the (Quasi-) Experimental Literature. *Population and development review*, 47(4), 913-964. <https://doi.org/10.1111/padr.12431>
- Bloom E. D., & Canning D. (2004). *Global Demographic Change: Dimensions and Economic Significance*. Program on the Global Demography of Aging.
- Borsch-Supan, A. H. (2008). *The Impact of Global Aging on Labor, Product and Capital Markets*. Population Council, New York.
- Bruckner, T. A., Modin, B., & Vagero, D. (2014). Cold ambient temperature in utero and birth outcomes in Uppsala, Sweden, 1915–1929. *Annals of Epidemiology*, 24(2), 116–121. <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2013.11.005>
- Casey, G. Shayegh, S., Moreno-Cruz, J., Bunzl, M., Galor, O., & Caldeira, K. (2019). The impact of climate change on fertility. *Environmental Research Letters*, 14(5), Article 054007. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab0843>
- Chen, M., Md Atiqul Haq, S., Ahmed, K. J., Belayeth Hussain, A. H. M., & Quamar Ahmed, M. N. (2021). The link between climate change, food security and fertility: The case of Bangladesh, *PLoS ONE*, 16(10), Article e0258196. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258196>
- Cohen, J.E. (1995). *How many people can the earth support?* Norton, New York.
- Dalugoda, Y., Kuppa, J., Phung, H., Rutherford, S., & Phung, D. (2022). Effect of Elevated Ambient Temperature on Maternal, Foetal, and Neonatal Outcomes: A Scoping Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), Article 1771. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031771>
- Davenport, F., Dorélien, A., & Grace, K. (2020). Investigating the linkages between pregnancy outcomes and climate in sub-Saharan Africa. *Population and Environment*, 41(4), 397–421. <https://doi.org/10.1007/s11111-020-00342-w>

- Demeny, P. (2003). Population Policy Dilemmas in Europe at the Dawn of the Twenty-First Century. *Population and Development Review*, 29(1), 1–28.
- Dietz, T., & Rosa, E. A. (1997). Effects of population and affluence on CO<sub>2</sub> emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 94(1), 175–179. <http://www.pnas.org/content/94/1/175.full>
- Guo, Y., Xie, Y., Wei, X., Guo, C., Chen, P., Wang, Y., Mui, Y., Shi, X., Zhu, J., Liang, J., & Liu, Q. (2023). Disparities of Heatwave-Related Preterm Birth in Climate Types — China, 2012–2019. *China CDC Weekly*, 5(49), 1094–1099. <https://doi.org/10.46234/ccdcw2023.205>
- Hajdu, T., & Hajdu, G. (2021a). Post-conception heat exposure increases clinically unobserved pregnancy losses. *Scientific Reports*, 11, Article 1987, <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81496-x>
- Hajdu, T., & Hajdu, G. (2021b). Temperature, climate change, and human conception rates: evidence from Hungary. *Journal of Population Economics*, 35, 1751–1776, <https://doi.org/10.1007/s00148-020-00814-1>
- Hajdu, T., & Hajdu, G. (2023). Climate change and the mortality of the unborn. *Journal of Environmental Economics and Management*, 118, Article 102771. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2022.102771>
- Hernández-Julian, R., Mansour, H., & Peters, C.R. (2014). The Effects of Intrauterine Malnutrition on Birth and Fertility Outcomes: Evidence from the 1974 Bangladesh Famine. *Demography*, 51(5), 1775–1796.
- Jegasothy, R., Sengupta, P., Dutta, S., & Jeganathan, R. (2020). Climate change and declining fertility rate in Malaysia: the possible connexions. *Journal of Basic and Clinic Physiology and Pharmacology*, 32(5), 911–924. <https://doi.org/10.1515/jbcpp-2020-0236>
- Khandaker J. A., & Shah A. H. (2024). Perceived risk of child mortality and fertility choices in climate-vulnerable regions of Bangladesh. *Humanities & Social Sciences Communications*, 11, Article 147. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-02640-2>
- Khodadadi, N., Dastoorpoor, M., Khanjani, N., & Ghasem, A. (2022). Universal Thermal Climate Index (UTCI) and adverse pregnancy outcomes in Ahvaz, Iran. *Reproductive Health*, 19, Article 33 <https://doi.org/10.1186/s12978-022-01344-7>
- Lakhoo, D. P., Brink, N., Radebe, L., Craig, M. H., Pham, M. D., Haghghi, M. M., Wise, A., Solarin, I., Luchters, S., Maimela, G., & Chersich, M. F. (2025). A systematic review and meta-analysis of heat exposure impacts on maternal, fetal and neonatal health. *Nature Medicine*, 31, 684–694. <https://doi.org/10.1038/s41591-024-03395-8>
- Liu, E., Liu, J-T., & Hazel Tseng, T-Y. (2014). *The Effect of a Natural Disaster on the Incidence of Miscarriages, Stillbirths, and Pregnancy Outcomes*. Mimeo.
- Managi, S., & Kumar, P. (Eds.). (2018). *Inclusive Wealth Report 2018: Measuring Progress towards Sustainability*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781351002080>
- Mehta, M., Basu, R., & Ghosh, R. (2023). Adverse effects of temperature on perinatal and pregnancy outcomes: methodological challenges and knowledge gaps. *Frontiers in Public Health*, 11, Article 1185836. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1185836>
- Moodley, Y., Asare, K., Tanser, F., & Tomita, A. (2024). Maternal exposure to heat and its association with miscarriage in rural KwaZulu-Natal, South Africa: A population-based cohort study. *Women's Health*, 2024, Article 20. <https://doi.org/10.1177/17455057241259171>
- Muttarak, R. (2021). *Demographic perspectives in research on global environmental change*. IIASA.

- Ngo, N. S., & Horton, R. M. (2016). Climate change and fetal health: the impacts of exposure to extreme temperatures in New York City. *Environmental Research*, 144, 158–164. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.11.016>
- Nyadanu, S. D., Dunne, J., Tessema, G. A., Mullins, B., Kumi-Boateng, B., Bell, M. L., Duko, B., & Pereira, G. (2024). Maternal exposure to ambient air temperature and adverse birth outcomes: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *Science of The Total Environment*, 917, Article 170236. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170236>
- Organ, J., Dixon, D., & Villa, K. (2023). Climate Change, Fertility and Sahelian Demographics. *Journal of Sustainable Development*, 16(1), 1-16. <https://doi.org/10.5539/jsd.v16n1p1>
- Petrović, P. et al. (2017). Demografske determinante energetske potrošnje u Evropskoj uniji: rezultati ekonometrijske analize. *Stanovništvo*, 55 (1). pp. 1-20.
- Tapia, V. L., Vasquez-Apestegui, B. V., Alcantara-Zapata, D., Vu, B., Steenland, K., & Gonzales, G. F. (2021). Association between maximum temperature and PM2.5 with pregnancy outcomes in Lima, Peru. *Environmental Epidemiology*, 5(6), Article e179
- Vasić, P. (2021a). Childbirth Postponement and Age-related Infertility in Serbia. *Facta Universitatis. Series: Philosophy, Sociology, Psychology and History*, 20(2), 97-111. <https://doi.org/10.22190/FUPSPH2102097V>
- Vasić, P. (2021b). Fertility Postponement between Social Context and Biological Reality: The Case of Serbia. *Sociología*, 53(3), 309-336. <https://doi.org/10.31577/sociologia.2021.53.3.12>
- Wilde, J., Apouey, B., & Jung, T. (2017). The effect of ambient temperature shocks during conception and early pregnancy on later life outcomes. *European Economic Review*, 97, 87-107. <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2017.05.003>
- Yüzen, D., Graf, I., Diemert, A., & Arck P. C. (2023). Climate change and pregnancy complications: From hormones to the immune response. *Frontiers in Endocrinology*, 14, Article 1149284. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1149284>

## Петар Васић<sup>1\*</sup>, Наталија Мирић\*

*\*Универзитет у Београду, Географски факултет, Београд, Србија*

### СЕЗОНАЛНОСТ РАЂАЊА, ФЕТАЛНИ ГУБИЦИ И ТЕМПЕРАТУРА ВАЗДУХА У РЕГИОНУ СРБИЈА-СЕВЕР

**Апстракт:** Сезоналност рађања у Србији испољава такав образац да се највише деце рађа током касног лета и ране јесени, смештајући највећи део зачећа на преласку из једне у другу календарску годину, што није случај у региону Србија-север. Узимајући у обзир сезоналитет рађања покушаћемо да проценимо дистрибуцију зачећа на недељном нивоу током периода 2015-2020. Међутим, оно што би могло да представља посебан допринос овог рада јесте приказ варијација броја зачећа и рађања паралелно са варијацијама у просечној недељној температури ваздуха по управним областима у региону Србија-север. Однос између броја зачећа током календарске недеље са данима одређене просечне температуре ваздуха и живорођења која се након 30-42 недеље касније остваре, представља степен репродуктивног успеха указујући на ниво феталних губитака. Многе студије новијег датума указују да постоји висока корелација између просечне недељне температуре ваздуха и клинички нерегистрованих феталних губитака који се дешавају у најранијој фази трудноће. Овај утицај је највећи у првим данима након зачећа, потенцијално указујући на утицај пораста температуре ваздуха на појаву грешке у зачећу. У раду је анализирана веза између промена у броју дана у пет температурних опсега и промена у броју трудноћа и живорођења као позитивног исхода трудноће. Резултати указују да температурни екстреми смањују вероватноћу за позитиван репродуктивни исход. Очекивани пораст температура ваздуха и јављања температурних екстрема, под утицајем климатских промена, могли би додатно снижити ниво фертилитета у региону Србија-север услед специфичне сезоналности рађања и великог броја зачећа која се дешавају у периодима нарочитог температурног ризика.

**Кључне речи:** рађање, фетални губици, климатске промене, Београд, Војводина.

---

<sup>1</sup> petar.vasic@gef.bg.ac.rs (аутор за кореспонденцију)  
Петар Васић (<https://orcid.org/0000-0003-1302-2260>)  
Наталија Мирић (<https://orcid.org/0000-0003-0020-3847>)

## Увод

Научни интерес усмерен ка анализи утицаја климатских промена на популациону динамику је релативно новијег датума. Досадашња истраживања ове везе углавном су текла у супротном смеру, односно, анализиран је утицај растуће светске популације на климатске промене. У том смислу, већина ових студија указује на ограничени утицај раста људске популације, где се највећи део растућег утицаја приписује рапидном повећању *per capita* потрошње (Managi & Kumar, 2018; Cohen, 1995; Petrović et al., 2017; Dietz & Rosa, 1997). У сваком случају, међузависност је двосмерна, а утицај антропогених фактора је несумњив. Међу антропогеним факторима популациона динамика заузима посебно место и деценијама окупира пажњу истраживача друштвених и природних наука, резултирајући мултидисциплинарним приступом разумевању ове међузависности.

Са друге стране, у развијенијем делу света, чији је и утицај на климатске промене највећи, у условима одмакле демографске транзиције, проблеми демографског развоја на различите начине окупирају пажњу научне јавности. Ова друштва се суочавају са процесом демографског старења чији су узроци добро познати (недовољно рађање, пад смртности и продужење очекиваног трајања живота, интензивирање миграција становништва), а напори у управљању демографским изазовима имају вишедеценијску традицију (Basten & Frejka, 2016; Bergsvik et al., 2021; Bloom & Canning, 2004; Borsch-Supan, 2008; Demeny, 2003). Ипак, без обзира на дуга настојања за ублажавањем неповољних демографских токова, чини се да нема значајнијих резултата када су у питању компоненте демографске динамике. У том смислу, у условима потребе опште друштвене мобилизације на заустављању (или макар успоравању) процеса демографског старења, последњих година се јавља промишљање о евентуалном утицају, сада већ очигледних, климатских промена на популациону динамику. Потребно је осветлити утицај климатских промена на компоненте кретања становништва имајући у виду оно што нас, по питању услова животне средине, у наредних неколико деценија неминовно очекује. Конкретно, када је у питању разматрање утицаја климатских промена на људску плодност, студије су углавном оријентисане на анализу утицаја температурних флукуација на плодност, неплодност, феталне губитке и превремени порођај; перцепцију климатске претње и утицај на репродуктивне одлуке; и утицај климатских промена на планирање породице и репродуктивно здравље. Међу поменутих студијама, нарочито су ретке оне које разматрају утицај температуре на феталне губитке, па је тако у једном од прегледа литературе свега 9 од 75 студија посвећено овој теми (Dalugoda et al., 2022). Осим анализе утицаја температурних варијација, постоје и истраживања која дискутују утицај падавина, поплава, суша и других екстремних временских догађаја на фертилитет становништва (Casey et al., 2019; Chen et al., 2021; Davenport, Dorélien & Grace, 2020; Khandaker & Shah, 2024; Organ, Dixon & Villa, 2023). Ипак, највећу пажњу заслужује пројекат „Examining population dynamics under global climate change – POPCLIMA“ покренут 2022. године и који представља први свобухватни покушај да се идентификују механизми путем којих климатске промене утичу на демографске исходе. Како се и на званичној страници овог пројекта, који окупља 15 истраживача са Универзитета у Болоњи и аустријског Wittgenstein центра, наводи: „Практично не постоји литература о механизмима и интензитету у коме климатске промене утичу на компоненте кретања становништва. Чак није јасно да ли климатске промене могу

повећати или смањити фертилитет, морталитет и миграције“ (<https://popclima.eu/about-us>). У том смислу, већина до сада доступних студија које разматрају директну везу између климатских промена и фертилитета становништва датира у последњих неколико година и односи се на утицај температурних варијација, док се утицај промена осталих климатских параметара сматра маргиналним (Dalugoda et al., 2022). Тако је, рецимо, у Кини потврђено да је изложеност дугим топлотним таласима повезана са значајно већим ризиком од превременог порођаја (Guo et al., 2023). Слични налази су потврђени и у Малезији кроз утицај температурних промена на репродуктивно здравље, исходе трудноће и неплодност (Jegasothy et al., 2020). Што се тиче истраживања овог феномена у климатском појасу сличном нашем, у Мађарској је откривено да изложеност високим температурама у раној трудноћи повећава клинички нерегистровану стопу побачаја за 1,4% за сваки додатни дан топлији од 25°C (Најду & Најду, 2023). Исти аутори потврђују да излагање високим температурама смањује и стопу зачећа, предвиђајући да би климатске промене могле утицати на смањење годишње стопе рађања (Најду & Најду, 2021). Vargesa et al. (2018) потврђују да сваки додатни дан у месецу са просечном температуром већом од 27°C у односу на дан са температуром 16°C – 21°C, смањује стопу фертилитета за 0,40% девет месеци касније, а Moodley et al. (2024) да додатни исти такав дан у месецу који је претходио зачећу повећава вероватноћу побачаја за 26%.

Истраживање везе између атмосферске температуре и људске плодности је веома сложено услед здруженог дејства мноштва других фактора које није могуће изоловати. Ипак, основна идеја овог рада јесте да се испита да ли сезоналност рађања у Србији прати варијације у просечним температурама ваздуха и да ли пораст просечних дневних температура има утицаја на број живорођења као позитивног исхода трудноће. Другим речима, да ли просечна температура ваздуха у време зачећа има утицаја на број живорођених 30 до 42 недеље касније? Један од важнијих аргумената за посматрање утицаја температуре на самом почетку трудноће јесте то да се кључни фетални развој дешава током првих недеља трудноће када се формира постељица која је тада најостељивија на егзогене утицаје (Mehta, Basu & Ghosh, 2023), као и да се преко 50% спонтаних побачаја дешава у првим данима трудноће (Liu et al., 2014). Већина досадашњих истраживања истиче да је утицај климатских и еколошких ризика на фертилитет становништва значајан и растући, што се не сме игнорисати у поступку формулисања хипотеза о будућем развоју становништва. Укупни утицај на фертилитет на националном нивоу у Србији можда није велики (још увек), али локална подручја високог еколошког и климатског ризика се засигурно већ суочавају са негативним утицајем фактора животне средине на укупан репродуктивни капацитет. Овај утицај може бити директан, на начин који је већ поменут, али и индиректан кроз покретање селективних миграција и повећан морталитет репродуктивно способног становништва.

Регион Србија-север се одликује карактеристикама које погодују квази-експерименталној анализи поменуте везе. Наиме, фертилитетне преференције су сличне на целом истраживаном подручју, што минимизира евентуални утицај значајнијих разлика у фертилиту, односно, старосном обрасцу рађања. Друга група обележја истраживаног подручја се односи на климатске, географске и економске карактеристике средине, где су разлике у падавинском режиму, рељефу и економској развијености међу управним областима много мање него што је то случај у региону

Србија-југ. У том смислу се може очекивати да би утицај температурних колебања на репродуктивни исход могао бити видљивији, односно, мање „маскиран“ здруженим деловањем других фактора које није могуће изоловати.

## Методологија

У овом раду анализирана је веза између промена у броју дана са температурама у пет температурних опсега и промена у броју трудноћа и живорођења као позитивног исхода тих трудноћа. Поменути температурни опсеги су: до 10°C; 10°C до 15°C; 15°C до 20°C; 20°C до 25°C; и преко 25°C. У неколико до сада доступних радова који су истраживали везу између различитих параметара људске плодности (учесталост сексуалних односа, зачеће, побачаји) и варијација у температури ваздуха током периода од неколико недеља пре зачећа, па све до порођаја, уобичајено су узимани баш овакви температурни опсеги. Наиме, поменути радови се односе на Мађарску (Најду & Најду, 2021; Најду & Најду, 2021а) и може се сматрати да представљају добар, односно, упоредив пример с обзиром на сличности климе и фетилитетног обрасца између Мађарске и региона Србија-север. Анализиране су и просечне седмодневне (недељне) температуре током периода 2015-2020. године. Треба рећи да овакав начин праћења варијација у температури потенцијално маскира појаву температурних екстрема, не само на недељном, већ и на дневном нивоу, с обзиром да приказује број дана чија се просечна температура, а не максимална или минимална, налази у неком од поменутих температурних опсега. У сваком случају, сматрамо да просек (имајући у виду особине нормалног распореда) у највећој мери обухвата време изложености даатој вредности температуре у посматраном дану. Другим речима, људи су у току дана (и у највећем броју дана) највише времена изложени температури приближнијој просеку, а не минимуму или максимуму. Ово потврђују и сличне студије у којима преко 95% опсервираних температура не одступа више од  $\pm 2^\circ\text{C}$  од просека (Wilde et al., 2017). Такође, у радовима који врше анализу и преглед литературе на тему утицаја амбијенталне температуре на људску плодност, наводи се да близу половине студија управо анализира просечну температуру, а свега око једне трећине максималну дневну (Dalugoda et al., 2022; Nyadanu et al., 2024; Lakhoo et al., 2025).

Када су у питању рођења, њихова дистрибуција на недељном нивоу је, наравно, приказана према недељи у којој се догодио порођај. Недељна дистрибуција живорођења у посматраном подручју донекле одступа од сезоналности карактеристичне за Србију у целини, међутим, за потребе овог рада било је неопходно проценити дистрибуцију зачећа (трудноћа) према недељи у којој су се догодила. Да би се проценила ова дистрибуција, било је потребно додатно располагати и дистрибуцијом живорођења према гестацијској старости (која се уобичајено приказује у недељама), али и моделом фекондитета, односно, старосно условљене плодности жене. С обзиром да се укупан број живорођења остварује као резултат одређеног броја трудноћа, од којих се не заврше све позитивним репродуктивним исходом (живорођењем), услед ограничења феталних губитака, број трудноћа (зачећа) у свакој календарској недељи током посматраног шестогодишњег периода је процењен на основу модела старосно условљене плодности жене који је преузет из рада “Fertility Postponement between Social Context and Biological Reality: The Case of Serbia” (Vasić, 2021b). Наиме, овај модел чине три категорије ограничења плодности (стерилитет, инфертилитет и фетални губици) на основу којих је могуће израчунати укупан број

зачећа (трудноћа) када се располаже детаљном дистрибуцијом живорођења према старости мајке. Тако добијен број зачећа се на основу структуре рођених према гестацијској старости у датој календарској години дистрибуира према календарској недељи у којој се догодило зачеће.

Међутим, пре дистрибуције зачећа према недељи у којој су се догодила, у првом кораку је на основу броја живорођења према старости мајке и старосног модела плодности (Vasić, 2021b) израчунат укупан број зачећа на годишњем нивоу за Републику Србију у целини<sup>1</sup> (1).

$$adjSRx = adjPRx * adjIRx * adjLRx \quad (1)$$

Где  $adjSRx$  представља стопу репродуктивног успеха жена старих  $x$  година у моменту зачећа;  $adjPRx$  стопу зачећа жена старих  $x$  година у моменту покушаја зачећа (ограничење женске неплодности);  $adjIRx$  стопу зачећа жена старих  $x$  година у моменту покушаја зачећа (ограничење мушке неплодности); и  $adjLRx$  стопу живорођења од стране жена старих  $x$  година у моменту зачећа (ограничење феталних губитака).

Сам обрачун годишњег броја трудноћа извршен је на следећи начин:

$$\sum Tx = \sum \left( \frac{Nx}{adjSRx} \right) * adjPRx * adjIRx \quad (2)$$

Где  $\sum Tx$  представља укупан број трудноћа у календарској години од стране жена старих од 15 до 49 година (укупан фертилни контингент);  $Nx$  број живорођених од стране жена старих  $x$  година у моменту покушаја зачећа, а остале три величине су из формуле (1).

У табели 1. је приказан број зачећа процењен на основу претходне формуле и број живорођења као резултат трудноћа зачетих о датој календарској години (реализоване трудноће) у Републици Србији.

*Табела 1. Број трудноћа и живорођења (погледати у енглеској верзији текста, стр. 479)*

Даље, на основу дистрибуције живорођених на недељном нивоу и дистрибуције живорођених према гестацијској старости у недељама (табела 2) извршена је расподела трудноћа реализованих живорођењем према календарској недељи у којој су зачете. Наравно, због поједностављења поступка апроксимативно је извршена дистрибуција на основу гестацијске старости од 30. до 42. недеље с обзиром да се у том распону остварило преко 96% свих живорођења у посматраним годинама. Дистрибуција живорођења из трудноћа краћих од 30 недеља је занемарена (мање од 4%).

*Табела 2. Живорођени према гестацијској старости (погледати у енглеској верзији текста, стр. 480)*

Након тога је извршена дистрибуција укупног броја трудноћа (рачунајући сва зачећа без обзира на исход трудноће) према недељи у којој су зачете, узимајући у обзир просек недељних дистрибуција рођења 30 до 42 недеље касније. Другим речима, рођења остварена у одређеној недељи представљају резултат трудноћа зачетих 30 до 42 недеље раније, док се трудноће које се завршавају пре 30. недеље гравидитета по претпоставци (и у огромној већини) завршавају неуспешно. Број

<sup>2</sup> Без података за Косово и Метохију

трудноћа према недељи у којој су зачете приказан је на слици 1. са које је јасно видљиво да највећи број трудноћа започиње на преласку из једне у другу календарску годину тј. током новогодишњих и божићних празника.

*Слика 1. Број трудноћа према недељи у којој су зачете – Србија (2015-2020) (погледати у енглеској верзији текста, стр. 480)*

Међутим, са циљем поједностављења поступка, процена недељне дистрибуције зачећа за ниво округа је извршена узимајући у обзир старосну условљеност ограничења феталних губитака и однос просечне старости мајке на рођењу све деце у Србији, за сваки округ појединачно. Односно, претпостављено је да је однос дистрибуције живорођења и дистрибуције зачећа у посматраним окрузима исти као и у Републици у целини, уз додатно уважавање разлике у просечној старости мајке на рођењу све деце. Основни аргумент за овакво поједностављење поступка процене дистрибуције зачећа за ниво округа јесте старосна условљеност ограничења феталних губитака која се након 26. године старости жене готово линеарно повећава (Vasić, 2021a) имплицирајући већу стопу феталних губитака (SFG) у окрузима у којима је просечна старост мајке већа у односу на Републику и обрнуто, нижу SFG у окрузима у којима је просечна старост мајке мања (табела 3).

*Табела 3. Просечна старост мајке на рођењу све деце (погледати у енглеској верзији текста, стр. 481)*

Посматрана појава је анализирана за регион Србија-север и то на нивоу осам управних области (Београдска, Западнобачка, Јужнобанатска, Јужнобачка, Севернобанатска, Севернобачка, Средњебанатска и Сремска), а период анализе је ограничен на шест година (2015-2020) за које су аутори обезбедили упарене податке о просечним температурама ваздуха и броју живорођених на недељном нивоу. Овакав приступ има извесно ограничење које проистиче из претпоставке о униформности структуре живорођења према гестацијској старости током целе календарске године и ретроактивне процене броја зачећа услед чега није могуће анализирати последње 42 недеље у 2020. години, јер су се живорођења која из њих проистичу реализовала и током 2021. године за коју не располажемо подацима о недељној дистрибуцији живорођења за ниво области. Такође, миграција жена током периода трудноће може бити извор пристрасности. Наиме, место зачећа (са одређеном температуром) не мора бити и место касније изложености температурном ризику, а такође ни место у коме се региструје рођење, што је у нашем раду случај. Ипак, имајући у виду да занемарљиво мали удео становништва у земљи (2,0% до 2,5%) учествује у унутрашњим пресељавањима, то је могуће занемарити утицај миграција на искривљење посматране везе.

На крају, добијене дистрибуције су подвргнуте корелационој и регресионој анализи како би се установио степен и смер слагања посматраних варијабли (кофицијент корелације), удео промена у броју живорођених који се може објаснити променама у температури ваздуха (кофицијент детерминације) и у ком интензитету додатни дан у неком од температурних опсега у недељи зачећа мења (повећава или смањује) број живорођења (кофицијент регресије).

## Резултати

На основу претходно објашњених поступака добијене су недељне дистрибуције зачећа у свих осам области (слика 2).

*Слика 2. Недељна дистрибуција зачећа у периоду 2015-2020 (погледати у енглеској верзији текста, стр. 482)*

Оно што је одмах уочљиво, јесте да, с обзиром да сезоналитет рађања на недељном нивоу у току године не прати у потпуности сезоналитет у Републици, тако ни сезоналитет зачећа не прати дистрибуцију на републичком нивоу. Интересантно је да се, ни у једној од посматраних области, не бележи уобичајена изразито повећана концентрација зачећа на преласку из једне у другу календарску годину. За шест области у којима је број рађања и зачећа пропорционално значајно мањи него у Београдској и Јужнобачкој области, тешко је уопште говорити о профилисању обрасца сезоналности услед великих недељних осцилација у броју живорођења. Са друге стране, Београдску и Јужнобачку област је у посматраном периоду, неуобичајено, карактерисала повећана концентрација зачећа средином календарске године. Тако је, током лета посматраних година на републичком нивоу зачето 23,8% свих живорођења, док је у Београдској области овај удео износио 26,9%, а у Јужнобачкој чак 31,6% и то са карактеристичним врхунцем баш средином лета. Одговарајући удели у Западнобачком, Јужнобанатском, Севернобанатском, Севернобачком, Средњебанатском и Сремском су били 26,8%, 28,2%, 27,7%, 27,2%, 27,8% и 27,9% респективно. Без обзира на специфичности сезоналитета зачећа у региону Србија-север, ова зачећа су резултирала одређеним бројем живорођења 30 до 42 недеље касније. У том смислу релативни однос (изражен у процентима) између броја живорођења од стране трудноћа зачетих одређене недеље и укупног броја тих трудноћа без обзира на њихов исход, представља стопу репродуктивног успеха чију супротност представља SFG, а израчуната је по формули:

$$SFG = \left(1 - \frac{Ns}{Cs}\right) * 100 \quad (3)$$

Где је SFG - стопа феталних губитака;  $Ns$  – број живорођења као резултат зачећа у току једне седмице; и  $Cs$  – укупан број зачећа током одговарајуће седмице. Посматрајући репродуктивни неуспех на овакав начин, можемо истовремено пратити кретање температуре ваздуха и кретање SFG.

Како смо претходно нагласили, број дана чија се просечна температура током недеље кретала у одређеном температурном опсегу пратићемо на основу пет категорија. Посматране су недеље у периоду од 2015. до 2020. године, не рачунајући прву недељу у 2015. која је започела 2014. године и последње 42 недеље у 2020. јер се део живорођења као резултат зачећа из тих недеља, засигурно, пренео у 2021. годину.

Степен реализације свих зачетих трудноћа позитивним репродуктивним исходом (живорођењем) има свој израз у SFG, односно уделу трудноћа које се неће завршити живорођењем. SFG је у табелама од 4 до 8 приказана у односу на број дана у недељи (у којој се догодило зачеће) у оквиру посматраних температурних опсега.

Почевши од недеља у којима се дешавају дани хладнији од 10°C (табела 4), примећујемо да SFG јасно расте са сваким додатним даном у овом температурном

опсегу. Разлике у висини SFG међу областима су, између осталог, узроковане старосним моделом фертилитета, али су трендови у кретању SFG у односу на број дана у недељи који су хладнији од 10°C готово идентични. Наиме, све области испољавају јаку позитивну корелацију која се креће у распону од 0,659 до 0,806 и која променама у броју ових дана објашњава између 43,4% и 65,0% варијација у висини SFG. На основу високог позитивног, статистички значајног, линеарног слагања можемо рећи да сваки додатни дан у недељи, хладнији од 10°C, повећава SFG за између 0,58 и 0,88 процентних поена.

*Табела 4. SFG према броју дана у недељи који су хладнији од 10°C (2015–2020) (погледати у енглеској верзији текста, стр. 484)*

*Слика 3. SFG према броју дана у недељи који су хладнији од 10°C (2015–2020) (погледати у енглеској верзији текста, стр. 484)*

Даље, у недељама са данима чија је просечна температура ваздуха између 10°C и 15°C, такође, постоје разлике у висини SFG, али су трендови у свим областима поново исти. Међутим, током недеља са данима у којима се просечна температура ваздуха креће у датом опсегу, вредности SFG су приметно ниже, а сваки додатни дан их још више снижава. SFG током оваквих недеља у региону Србија–север износи 9,2%, за разлику од недеља са данима хладнијим од 10°C када износи 11,4%. Степен слагања је такав да је коефицијент корелације и овог пута јак, али негативан, у распону од -0,657 до -0,966. У зависности од области, промене у броју поменутих дана објашњавају између 43,2% и 93,2% варијација у висини SFG, а сваки додатни дан са темепреатуром између 10°C и 15°C у свим посматраним областима снижава SFG за приближно један процентни поен. Интересантно је да током посматраног периода у Београдској области није забележена ни једна недеља у којој су сви дани били овом температурном опсегу (табела 5).

*Табела 5. SFG према броју дана у недељи са температуром од 10°C–15°C, (2015–2020) (погледати у енглеској верзији текста, стр. 485)*

*Слика 4. SFG према броју дана у недељи са температуром 10°C–15°C (2015–2020) (погледати у енглеској верзији текста, стр. 485)*

Наредни температурни опсег чине недеље са данима чија се просечна температура ваздуха кретала између 15°C и 20°C и њих је, у зависности од области, било између 107 и 119. Међутим, број дана у недељи у овире овог температурног опсега не испољава статистички значајну корелациону везу са висином SFG у свим посматраним областима, али ни укупно у целом региону Србија–север. Дескриптивна статистика свакако указује да је SFG виша у недељама са данима чија је просечна температура ваздуха 15°C - 20°C, као и да се са већим бројем оваквих дана вредност SFG снижава, међутим, у појединим областима су варијације SFG такве да није могуће потврдити корелациону везу (табела 6). Ипак, све посматране области бележе исти смер везе, али је она једино у Београдској, Јужнобачкој и Средњебанатској области статистички значајна. Сваки додатни дан у овом температурном опсегу је смањивао вредност SFG за између 0,23 и 0,38 процентних поена у три поменуте области.

*Табела 6. SFG према броју дана у недељи са температуром од 15°C–20°C, (2015–2020) (погледати у енглеској верзији текста, стр. 486)*

Без обзира на релативно слабу корелациону везу, важно је истаћи да је њен смер индиректан, односно, негативан, али да је интензитет слабији него у случају претходна два температурна опсега, као и да се једино у Београдској области више од

половине варијација у висини SFG може тумачити променама у броју дана са температуром ваздуха 15°C - 20°C.

*Слика 5. SFG према броју дана у недељи са температуром 15°C-20°C (2015–2020)  
(погледати у енглеској верзији текста, стр. 486)*

Даље, у недељама са данима чија је просечна температура ваздуха између 20°C и 25°C, SFG се додатно повећава, али тренд није могуће корелативно потврдити. Током недеља са данима у којима се просечна температура ваздуха креће у датом опсегу, вредности SFG су приметно више, са просеком за регион Србија-север од 12,3% за разлику од 10,3% у недељама са данима у којима је просечна температура између 15°C и 20°C. Сличан образац важи за сваку област понаособ. Овај пут, тренд је тешко утврдити с обзиром да је вредност SFG у недељама са минималним и максималним бројем оваквих дана приближно иста у свакој од посматраних области. Наиме, у недељама у којима су сви дани у оквиру овог опсега, вредност SFG је нижа него у недељама у којима нису сви дани у поменутом температурном опсегу. Једно од објашњења би могло да буде у томе што су недеље у којима су дани 20°C-25°C најчешће недеље, такође, са данима чија је просечна температура ваздуха виша од 25°C, па је сасвим логично да испољавају више вредности SFG. Но, то је само спекулација, а целовито објашњење би захтевало потпуно другачији методолошки приступ истраживаном феномену. Такође, једино је у Јужнобанатској области утврђена статистички значајна, умерена, директна корелациона веза броја дана 20°C - 25°C и висине SFG, с тим да је на овај начин могуће објаснити мање од шестине њених варијација, а додатни овакав дан је повећавао SFG за свега 0,19 процентних поена.

*Табела 7. SFG према броју дана у недељи са температуром од 20°C-25°C, (2015–2020)  
(погледати у енглеској верзији текста, стр. 487)*

*Слика 6. SFG према броју дана у недељи са температуром 20°C-25°C (2015–2020)  
(погледати у енглеској верзији текста, стр. 488)*

На крају, недеље са данима топлијим од 25°C бележе највише вредности SFG, али поново, без утврђене корелационе везе. Просечна вредност SFG у региону Србија-север износила је 13,8%, а у зависности од области се кретала између 11,0% и 19,3% (табела 8). У овом случају уопште није могуће установити тренд кретања SFG у зависности од броја дана у недељи који су топлији од 25°C. Чини се да је утицај атмосферске температуре на SFG такав да просечне температуре више од 20°C већ представљају преломну тачку негативног утицаја на репродуктивни успех. Те би једино праћење максималних дневних температура потенцијално истакло разлике у висини SFG.

*Табела 8. SFG према броју дана у недељи са температуром преко 25°C, (2015–2020)  
(погледати у енглеској верзији текста, стр. 488)*

*Слика 7. SFG према броју дана у недељи са температуром преко 25°C (2015–2020)  
(погледати у енглеској верзији текста, стр. 489)*

## Дискусија

Сезоналност рађања у Србији испољава веома специфичан и добро познат образац, међутим, на основу података о недељној дистрибуцији рађања у региону Србија-север уочено је да постоје мање територијалне једнице које одступају од републичког просека. Другим речима, међусобне разлике у обрасцима сезоналности рађања на нивоу управних области између региона Србија-север и Србија-југ нарочито

привлаче пажњу, не само у циљу истраживања утицаја атмосферске температуре ваздуха на репродуктивни успех, већ и кроз социокултурну димензију и осветљавање фактора који утичу на формирање специфичних образаца сезоналности рађања. Регион Србија-север у овом смислу бележи неколико особености у односу на Републику, које се огледају у већем уделу рођених током зиме и лета и мањем уделу рођених током јесени, док је учесталост рађања током пролећа слична. Посматрано на недељном нивоу, то резултира дистрибуцијом зачећа која се у односу на Републику разликује већим уделом зачећа током зиме, приближним током пролећа, значајно већим током лета и мањим током јесени. Ово је нарочито значајно из разлога што је концентрација зачећа већа током зиме и лета које карактерише виши ризик за репродуктивни неуспех. Већина недеља са данима који су хладнији од 10°C дешава се током зиме, а карактерише их SFG за 2,2 процентна поена већа у односу на пролеће и јесен. Такође, висок удео зачећа који се дешава током лета у региону Србија-север дешава се током недеља са данима чија је просечна температура већа од 20°C, а SFG је виша за 4,6 процентних поена. Разлике у висини SFG међу посматраним областима јесу значајне, али је тренд њене промене у зависности од просечне дневне температуре ваздуха у свим областима исти (слика 8).

*Слика 8. SFG према недељи са данима у температурном опсегу (2015-2020) (погледати у енглеској верзији текста, стр. 490)*

У том смислу, дани са просечним температурама ваздуха између 10°C и 20°C се издвајају као период године који носи највећу шансу за репродуктивни успех, што и претходне студије потврђују (Најду & Најду, 2023; Muttarak, 2021). Међуоднос температуре ваздуха и људског здравља формира Ј дистрибуцију, имплицирајући просечне температуре одређеног климата као најмање „штетне“ за људско здравље и исходе трудноће (Bruckner et al., 2014; Ngo and Horton, 2016; Khodadadi et al., 2022). Део објашњења оваквог облика везе температуре ваздуха и људске плодности може се приписати физиологији хумане репродукције где хладноћа ремети развој фетуса путем повећања густине крви и васкуларног протока чиме се смањује доток крви у плаценту (Bruckner et al., 2014). Са друге стране, излагање високој температури, услед хормонског и имуног одговора, негативно утиче на ткиво ендометријума током преимплантационог периода код свих сисара, што резултира одбацивањем зигота и последично мањом плодношћу (фертилитетом) (Yüzen et al., 2023).

Научни интерес је, уобичајено, усмерен на истраживање утицаја високих температура на људску плодност, а једна од ретких студија која је истраживала утицај ниских температура ваздуха на исходе трудноће јесте „Ниска амбијентална температура и исходи трудноће у Упсали, Шведска, од 1915. до 1929.“ (Bruckner et al., 2014). На примеру 14000 рођења, аутори су установили да ниске температуре утичу на повећање феталних губитака и превремено рођење и то нарочито код мушке деце. Раст вероватноће феталних губитака услед хладноће је такав да је температура за једну стандардну девијацију нижа од просека резултирала са 22% вишом стопом феталних губитака, а утицај се повећавао са померањем температуре наниже чак до 89%. На основу ове, као и многих других студија, утврђено је да је веза између температуре и феталних губитака двосмерна у случају температурних екстрема. И јако ниске и јако високе температуре утичу на повећање феталних губитака, међутим, веза није линеарна. Другим речима, што су већи екстремуми, то је утицај јачи.

Са друге стране, од великог броја студија о утицају високих температура на исходе трудноће, већина их је успела да потврди јаку позитивну везу просечне дневне температуре и висине SFG, што наша претходна корелациона анализа није успела. Поставља се питање, која је гестациона старост у време изложености најподложнија утицају температуре и каква врста изложености може бити најштетнија када су у питању фетални губици? Да ли је то једнократна изложеност екстремима, или продужена изложеност умереним температурним аномалијама? Након више од 30 година истраживања и десетина (могуће и стотина) студија, још увек нису дати конзистентни методолошки одговори на ова питања (Mehta, Basu and Ghosh, 2023). Другим речима, какав методолошки приступ истраживању утицаја температурних екстрема са горње стране термометра би био најподеснији за Србију?

Наиме, варијабилитет промена у вредности SFG и промена у броју дана топлијих од 20°C је био такав да линијско слагање није уочено, а статистичка значајност је незадовољавајућа. Очигледно је да постоји сплет фактора који утиче на висину SFG, а које није могуће изоловано посматрати. Са друге стране, постоје бројни недостаци методолошког приступа истраживања ове везе на примеру области у Србији, а који је једини био могућ услед ограничења недостатком података. Наиме, сам начин дистрибуирања зачећа по календарским недељама се заснива на процени и неколико веома рестриктивних претпоставки. Конкретно, веома је могуће да је трајање трудноће у гестационим недељама било под јаким утицајем атмосферске температуре ваздуха, што би значило да трудноће зачете у хладнијем периоду године не трају подједнако дуго као и трудноће зачете током лета, а то би даље имплицирало да наша процена недељне дистрибуције зачећа није сасвим тачна, због чега се јавља насумични варијабилитет SFG. Иако не постоје докази који указују на то да температура у време зачећа и ране трудноће утиче на дужину трудноће, високе температуре током касних фаза трудноће су свакако у снажној корелацији са краћим гестацијским дужинама (Taria et al., 2021; Basu et al., 2010). Можемо претпоставити да је одређен део трудноћа које су завршене током лета, а нарочито током дугих топлотних таласа, заправо трајао краће што значи да су зачете нешто касније него што смо ми претпоставили. У том случају претпоставка о униформној дистрибуцији трудноћа према гестацијској старости током календарске године не важи и тиме утиче на грешке у обрачуна SFG, међутим, у недостатку појединачних података другачији приступ није био могућ.

Имајући у виду да се највише вредности SFG дешавају управо у недељама са данима топлијим од 20°C (два највиша температурна опсега), а чија веза није корелативно потврђена, посматраћемо само недеље у којима је укупна просечна недељна (не дневна) температура била виша од 20°C. Ове недеље су сконцентрисане најчешће у месецима од јуна до септембра, обухватајући касно пролеће, лето и рану јесен. На овај начин се највећим делом избегава посматрање недеља у којима се јављају дани топлији од 20°C заједно са (додуше ретким) данима који су хладнији од 15°C, а који доприносе насумичном варијабилитету. У табели 9. су приказане вредности SFG по областима у недељама са просечном температуром већом од 20°C. Оно што је намера јесте да се идентификује да ли се висина SFG креће у корелацији са висином просечне недељне температуре у топлијем делу године. Резултати су такви да је установљена позитивна корелациона веза од 0,568 до 0,824 у зависности од округа, али услед малог броја опсервација ова веза није статистички значајна те је нећемо коментарисати. Међутим, када се посматра регион Србија-север у целини,

веза је и те како значајна, са коефицијентом корелације 0,455 (умерено позитивно слагање) који објашњава нешто преко 20% варијација у кретању SFG, а раст просечне недељне температуре од 1°C повећава SFG за готово два процентна поена (1,943). Слични налази су установљени у студији која је обухватила 36341 трудноћу током 18 година у Јужноафричкој Републици, где је са повећањем просечне температуре од 1°C стопа феталних губитака расла за 4% (Moodley et al., 2024). Такође, истражујући образовне и здравствене исходе деце зачете током изразито топлих периода у подсахарској Африци Wilde et al. (2017) налазе јаке доказе о негативном утицају високих температура на плод управо током првог триместра трудноће. Поређења ради, на републичком нивоу је, такође, забележена позитивна корелација, наравно, уз виши степен слагања и детерминације, али је утицај раста просечне недељне температуре током лета два и по пута слабији (0,763 процентна поена).

*Табела 9. SFG током недеља са просечном температуром вишом од 20°C (погледати у енглеској верзији текста, стр. 492)*

Више пута је у претходном тексту подвучено да је истраживање повезаности температуре ваздуха и феталних губитака веома комплексно, да су досадашњи покушаји релативно ретки и да је, следствено, методолошки апарат несавршен. Подаци о структури живорођења према гестационој старости у недељама приказани на недељном нивоу у Србији не постоје. Такође, потпуне податке о свим, па и клинички нерегистрованим, феталним губицима није могуће добити, а оно што је најважније, није могуће знати пуно изложеност трудница атмосферским температурама ваздуха. Другим речима, без обзира на јављање температурних екстрема (хладних и топлих) ми не можемо знати који удео становништва и ком трајању је овим температурама био изложен. Све нас то упућује да можемо говорити само о грубој оцени утицаја спољних температура ваздуха на ниво рађања у Србији. Када се анализира утицај спољне температуре на људску плодност, треба имати у виду да становништво прилагођава своје активности временским условима. У том смислу би за пуно разумевање утицаја спољне температуре ваздуха било најбоље истраживати популације које су често изложене спољашњим условима (женско пољопривредно становништво нпр.) Међутим, претпоставка прилагођавања имплицира да би утицај појаве температурних екстрема могао бити умањен услед промене трајања и учесталости спољних активности. Ми ипак верујемо да ће наставак глобалног загревања бити такав да повећање изложености температурним екстремима неће бити могуће избећи у потпуности.

На крају, како је основни циљ овог рада био да истражимо фертилитетне губитке услед утицаја атмосферске температуре ваздуха, треба рећи да се анализа односи само на део губитака већ зачетих трудноћа, али не и на део који се може приписати смањеној могућности зачећа. Таква анализа би, у недостатку података, захтевала нешто другачији приступ где би било могуће индиректно проверити који удео губитака се приписује смањеној могућности зачећа, а који удео феталним губицима. Индиректно се може оценити да ли се разлика у броју живорођења може приписати феталним губицима или смањеној могућности зачећа (услед температурног шока), на основу тога што повећање феталних губитака увек води рађању већег броја женске деце (Liu et al. 2014, Hernández-Julián et al. 2014). На тај начин би мерењем одступања коефицијента маскулинитета живорођене деце, од његове очекиване вредности, било могуће оценити удео феталних губитака у укупним фертилитетним губицима.

## Закључак

Утицај температуре ваздуха на исходе трудноће је вишеструко потврђен у досадашњој литератури, међутим, услед комплексности ове везе још увек не постоји консензус по питању адекватног методолошког приступа истраживању ове везе. Уз све недостатке, покушали смо да дамо одговор на питање да ли промене у феталним губицима у региону Србија-север испољавају варијабилитет који је у складу са променама у просечној дневној температури ваздуха. У том смислу, дошли смо до следећих закључака:

1. Сезоналитет рађања (и зачећа) у региону Србија-север се разликује у односу на републички просек.
2. Кретање SFG испољава уобичајену „J“ дистрибуцију у односу на кретање температуре ваздуха.
3. Слагање варијабилитета SFG и ниских температура је јако и негативно.
4. Вредности SFG су најниже у недељама када је просечна температура између 10°C и 15°C (и 15°C-20°C)
5. Сваки додатни дан у недељи са температуром између 10°C и 15°C (просечна годишња температура у Републици Србији) смањује SFG за један процентни поен.
6. Веза између SFG и високих температура је умерена-позитивна.
7. Корелациона веза слаби како температура расте.
8. Раст просечне недељне температуре од 1°C током лета, резултује повећањем SFG од 1,943 процентна поена.
9. Разлике у вредности SFG између посматраних области постоје, али нису резултат значајно различитог утицаја просечне температуре.
10. Најјаснија веза температуре и вредности SFG се уочава у Београдској и Јужнобачкој области (због већег броја опсревација и виших вредности просечне температуре).

На крају, демографски ефекат истраживаног феномена је релативно тешко квантификовати, али је јасно да је недељна дистрибуција зачећа у региону Србија-север таква да је негативан утицај температуре на број живорођења већи него у остатку Србије. Непропорционално велики број трудноћа започиње током лета и зиме када је температурни ризик за појаву феталног губитка највећи. Са једне стране, температурни екстреми у време зачећа утичу на виши степен феталних губитака, а са друге стране, несразмерно велики удео касних трудноћа се дешава баш у време лета када високе температуре могу довести до превременог рођења и високог здравственог ризика за мајку и дете. Све климатске прогнозе говоре у прилог повећању учесталости температурних екстрема и последично интензивирању негативног утицаја на људску плодност, те би извесна промена обрасца сезоналности рађања (и зачећа) могла ублажити негативне ефекте климатских промена на фертилитет у региону Србија-север.

Захвалница: Истраживање је спроведено уз подршку Фонда за науку Републике Србије (Population dynamics under environmental challenges in Serbia – POPENVIVOS) [број пројекта: 7358], као и у оквиру НИО (Универзитет у Београду – Географски факултет) који је финансирало Министарство науке, технолошког развоја и иновација за 2025. годину [број уговора 451-03-137/2025-03/200091].

Сукоб интереса: Аутори изјављују да нема сукоба интереса.

Напомена издавача: Српско географско друштво остаје неутрално по питању јурисдикције у објављеним мапама и институционалним везама.

© 2025 Српско географско друштво, Београд, Србија.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Serbia.

**Литература** (погледати у енглеској верзији текста)