

UNIVERZITET U BEOGRADU

GEOGRAFSKI FAKULTET

Milica Z. Lukić

**SPOLJAŠNJI TERMALNI KOMFOR U FUNKCIJI
URBANOG PLANIRANJA GRADSKOG NASELJA
BEOGRAD**

Doktorska disertacija

Beograd, 2025.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ

Милица З. Лукић

**СПОЉАШЊИ ТЕРМАЛНИ КОМФОР У
ФУНКЦИЈИ УРБАНОГ ПЛАНИРАЊА ГРАДСКОГ
НАСЕЉА БЕОГРАД**

Докторска дисертација

Београд, 2025.

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF GEOGRAPHY

Milica Z. Lukić

**OUTDOOR THERMAL COMFORT IN THE
FUNCTION OF URBAN PLANNING OF THE URBAN
SETTLEMENT OF BELGRADE**

Doctoral dissertation

Belgrade, 2025

MENTOR:

dr Dejan Filipović, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu – Geografski fakultet

ČLANOVI KOMISIJE:

dr Milica Pecelj, naučna saradnica
Geografski institut "Jovan Cvijić" SANU

dr Velimir Šećerov, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu – Geografski fakultet

dr Goran Anđelković, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu – Geografski fakultet

Datum odbrane doktorske disertacije:

Beograd

ZAHVALNICA

Puno je osoba u mom životu koje zaslužuju da se njihovo ime nađe na ovoj stranici i koji su sasvim sigurno doprineli, ne samo ovoj doktorskoj disertaciji, već i svemu onome što danas ja jesam. Najpre bi se zahvalila svom mentoru, prof. dr Dejanu Filipoviću na svojoj podršci, razumevanju i saradnji tokom poslednjih deset godina. Naša saradnja je prerasla u iskreno prijateljstvo i duboko poštovanje, a prof. Filipoviću ću zauvek biti zahvalna na tome što me je naučio da se svaki trud i rad uvek isplati i da ne treba nikada odustajati od svojih ciljeva, koliko god nekada se činilo teškim i izazovnim. Takođe, želim da se zahvalim dr Milici Pecelj i prof. dr Milovanu Pecelju, koji su me uveli u svet bioklimatologije i uz čiju podršku sam načinila prve korake u svetu naučno-istraživačkog rada. Sve ono što sam naučila od njih, bila je osnova za izradu ove doktorske disertacije i kamen temeljac moje naučne karijere. Veliku zahvalnost dugujem i prof. dr Bogdanu Lukiću i prof. dr Dragutinu Tošiću na neizmernoj podršci i znanju koje su samnom podelili tokom studija na GEF-u.

Najveću ljubav i zahvalnost dugujem svojoj porodici – mami (Marijani), tati (Zoranu) i sestri (Ani) što su oduvek bili oslonac u mom životu. Ne mogu, a da ne pomenem svog najboljeg prijatelja Nikolu, saputnika još iz srednjoškolskih dana, koji je neizostavan deo mog života punih 18 godina i koji me poznaje verovatno najbolje od svih. Posebnu zahvalnost dugujem mom Saši na svojoj ljubavi, pažnji i podršci, na tome što mi je davao motivacije, snage i poleta da nastavim dalje, čak i onda kad sam mislila da ne mogu više i kada sam želela da odustanem. Zahvalna sam i svim mojim životinjicama koje su mi toliko ulepšale život, donele toliko radosti i zbog kojih danas tako snažno volim sav neljudski svet: Tobici, Majuckoj, Maciju, Bobiju, Blekiju, Maloj, Šortiju i svim ostalim koje su kraće boravile samnom, ali su mi svejedno poklonile ljubav i sreću.

Na kraju, moram pomenuti i prerano preminulog kolegu Nemanju Vagića kojeg ću uvek pamtititi kao jednu od najboljih osoba koje sam upoznala na Geografskom fakultetu. Nemanja je u trenutku kad smo se tek površno poznavali, odlučio da mi pomogne i da me uputi u korišćenje softvera BioKlima. Tako mi je, u konačnici, ne znajući pomogao i u izradi ove disertacije. Nažalost, zbog teške bolesti koja ga je odnela, Nemanja nije završio svoj doktorat, ali zato želim da zna (gde god da je) da ima posebno mesto u ovoj tezi!

U Beogradu, 2025.godine

Autorka

SPOLJAŠNJI TERMALNI KOMFOR U FUNKCIJI URBANOG PLANIRANJA GRADSKOG NASELJA BEOGRAD

Apstrakt: Jedan od najvećih izazova održivog razvoja urbanih sredina današnjice predstavljaju klimatske promene, a postojeće metodologije i pristupi u domaćoj praksi urbanističkog i prostornog planiranja u Republici Srbiji koje se zasnivaju na standardnim metodama i stacionarnosti klime, ne odgovaraju realnim potrebama koje nastaju u okolnostima izmenjenih klimatskih uslova. Osnovna ideja doktorske disertacije je predstavljanje spoljašnjeg termalnog komfora kao jednog od instrumenata i indikatora klimatski svesnog urbanog planiranja. Integracijom spoljašnjeg termalnog komfora (STK) u praksu prostornog i urbanističkog planiranja može se značajno doprineti unapređenju postojeće metodologije, ali pruža se i podrška razvoju novog koncepta koji ćemo ovom prilikom definisati kao klimatski svesno planiranje. Predmet istraživanja doktorske disertacije je spoljašnji termalni komfor u funkciji urbanog planiranja gradskog naselja Beograd. Vremenski okvir istraživanja obuhvata referentni klimatski period od 30 godina (1991-2020.godina). Beograd je izabran kao predmetno područje, tačnije gradsko naselje Beograd, zbog svojih specifičnosti: morfoloških karakteristika grada, visoke gustine naseljenosti i izgrađenosti, velikog broja korisnika prostora, intenzivne urbanizacije, deficita zelenih površina u ključnim zonama grada, uz istovremene vrlo specifične bioklimatske uslove i izražen efekat urbanog ostrva toplote. Evaluacija termalnog komfora sprovedena je primenom sedam bioklimatskih i termofizioloških indeksa (UTCI, STI, PST, PhS, HL, Humidex i WBGT) koji su određeni na osnovu dnevnih meteoroloških parametara, njihovih srednjednevnih, terminskih (07h, 14h i 21h), minimalnih i maksimalnih vrednosti zabeleženih na glavnoj meteorološkoj stanici Beograd Opservatorija. STK je analiziran na dnevnom, mesečnom, sezonskom i godišnjem nivou, a uz to određeni su i trendovi promena za svaki primenjeni indeks. Rezultati istraživanja ukazuju na značajne trendove promena, koji se manifestuju kroz izmene termalnog komfora na otvorenom, tj. kroz povećanje termalnog stresa (naročito tokom letnje sezone) što kao posledicu može imati negativan uticaj na javno zdravlje i kvalitet života građana i građanki. Još jedan od ishoda doktorske disertacije jeste predlog različitih mera i aktivnosti koje mogu doprineti unapređenju spoljašnjeg termalnog komfora. Takođe, veliki akcenat je stavljen na spregu i uslovljenost spoljašnjeg termalnog komfora, urbanog razvoja, izmenjenih klimatskih uslova i zelene infrastrukture u Beogradu. Rezultati doktorske disertacije mogu od koristi prilikom rešavanja konkretnih problema u različitim sferama društvenog, ekološkog i ekonomskog razvoja zajednice i namenjeni su kako naučnoj i stručnoj zajednici, tako i organima državne uprave i lokalne samouprave, odnosno donosiocima odluka, političkim organizacijama, organizacijama civilnog društva i široj javnosti.

Ključne reči: bioklima, spoljašnji termalni komfor, Beograd, urbani razvoj, klimatski svesno planiranje, klimatske promene, zelena infrastruktura

Naučna oblast: Geonauke

Uža naučna oblast: Prostorno planiranje

OUTDOOR THERMAL COMFORT IN THE FUNCTION OF URBAN PLANNING OF THE URBAN SETTLEMENT OF BELGRADE

Abstract: Climate change represents one of the biggest challenges to the sustainable development of urban areas today, and the existing methodologies and approaches in the domestic practice of urban and spatial planning in the Republic of Serbia, which are based on standard methods and the stationarity of the climate, do not correspond to the real needs that arise in the circumstances of changed climatic conditions. The basic idea of the doctoral dissertation is to present outdoor thermal comfort as an instrument and indicator of climate-conscious urban planning. The integration of outdoor thermal comfort (OTC) into the practice of spatial and urban planning can significantly improve the existing methodology. It also provides support for the development of a new concept, which we will define on this occasion as climate-conscious planning. The subject of the research of the doctoral dissertation is outdoor thermal comfort in the function of urban planning of the Belgrade urban settlement. The time frame of the research includes the reference climate period of 30 years (1991-2020). Belgrade was chosen as the subject area, more precisely the urban settlement of Belgrade, because of its specificities: urban morphological characteristics, high density of population and construction, a large number of users, intensive urbanization, deficit of green areas in key urban zones, with simultaneous very specific bioclimatic conditions and pronounced the urban heat island effect. The evaluation of thermal comfort was carried out using 7 bioclimatic and thermophysiological indices (UTCI, STI, PST, PhS, HL, Humidex, and WBGT) which were determined based on daily meteorological parameters, their mean daily, term (07h, 14h, and 21h), minimum and maximum values recorded at the main meteorological station Belgrade Observatory. OTC was analyzed on a daily, monthly, seasonal, and annual level, and in addition, trends of changes were determined for each applied index. The results of the research indicate significant trends of change, which are manifested through changes in thermal comfort outdoors, i.e. through an increase in thermal stress (especially during the summer season), which as a result can have a negative impact on public health and the quality of life of citizens. Another outcome of the doctoral dissertation is the proposal of various measures and activities that can contribute to the improvement of outdoor thermal comfort. Also, great emphasis has been placed on the interplay and interdependence of outdoor thermal comfort, urban development, altered climatic conditions, and green infrastructure in Belgrade. The results of the doctoral dissertation can be useful in solving specific problems in various spheres of social, ecological, and economic development, and are intended for both the scientific and professional community, as well as state administration and local self-government bodies, i.e. decision makers, political organizations, civil society organizations, and the wider public.

Key words: bioclimate, outdoor thermal comfort, Belgrade, urban development, climate-conscious planning, climate change, green infrastructure

Scientific field: Geoscience

Scientific subfield: Spatial planning

SADRŽAJ

OSNOVNI POJMOVI I SKRAĆENICE	-10-
UVOD	-12-
Pojam spoljašnjeg termalnog komfora (STK)	-14-
Pojam klimatski svesnog planiranja	-17-
Predmet istraživanja doktorske disertacije	-17-
Polazne hipoteze istraživanja	-20-
Ciljevi i zadaci istraživanja	-21-
Naučni doprinos, opravdanost i praktična primena rezultata istraživanja	-21-
TEORIJSKI OKVIR ISTRAŽIVANJA	-22-
Pregled dosadašnjih istraživanja	-22-
Bioklimatske studije i istraživanja termalnog komfora u svetu i Evropi	-23-
Istraživanja spoljašnjeg termalnog komfora na području zemalja Zapadnog Balkana	-27-
Bioklimatske studije i istraživanja spoljašnjeg termalnog komfora u Republici Srbiji	-29-
Istraživanja uticaja klime na javno zdravlje	-31-
DOKUMENTA JAVNIH POLITIKA IZ OBLASTI KLIMATSKIH PROMENA, ODRŽIVOG URBANOG RAZVOJA I ZELENE INFRASTRUKTURE	-35-
Međunarodni pravni i strateški okvir u oblasti klimatskih promena	-35-
Dokumenta javnih politika na nacionalnom nivou	-38-
Dokumenta javnih politika na lokalnom nivou	-44-
DOKUMENTI RAZVOJNOG PLANIRANJA RELEVANTNI ZA PODRUČJE GRADA BEOGRADA	-49-
GEOPROSTORNE KARAKTERISTIKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA	-54-
Geografski položaj grada Beograda	-54-
Geomorfološke, geološke i pedološke karakteristike	-55-
Hidrološke karakteristike	-57-
Klimatske karakteristike	-58-
Način korišćenja zemljišta na teritoriji Beograda	-62-
Socio-ekonomske karakteristike istraživanog područja	-65-
MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA	-69-
Postupak izračunavanja bioklimatskih indeksa (klimatološki podaci i softver)	-69-
Univerzalni termalni klimatski indeks (UTCI)	-70-
Humideks (Humidex)	-71-
Temperatura mokrog termometra - Wet Bulb Globe Temperature (WBGT)	-73-
Toplotno opterećenje u čoveku - Heat Load (HL)	-74-
Fiziološko naprezanje (PhS)	-75-
Subjektivna temperatura (STI)	-76-
Fiziološka subjektivna temperatura (PST)	-76-
ANALIZA STK GRADSKOG NASELJA BEOGRAD	-78-

Univerzalni termalni klimatski indeks (UTCI)	-78-
Humideks (Humidex)	-94-
Temperatura mokrog termometra - Wet Bulb Globe Temperature (WBGT)	-101-
Toplotno opterećenje u čoveku - Heat Load (HL)	-118-
Fiziološko naprezanje (PhS)	-130-
Subjektivna temperatura (STI)	-150-
Fiziološka subjektivna temperatura (PST)	-167-
Rezime: analiza STK gradskog naselja Beograd	-186-
Diskusija: uporedna analiza prethodnih (bio)klimatskih studija sprovedenih na području Beograda i Republike Srbije	-188-
Klimatske promene u Beogradu nakon 2020.godine: kratak pregled mesečnih i sezonskih biltena RHMZ	-192-
STK KAO KRITERIJUM ZA OSTVARIVANJE KONCEPTA ZELENOG GRADA I INSTRUMENT KLIMATSKI-SVESNOG URBANOG PLANIRANJA	-196-
Zelene površine u Beogradu: struktura, rasprostranjenost i karakteristike	-197-
Uloga zelenih površina u regulaciji STK i ublažavanju efekta UOT - Studija slučaja: Beograd, Novi Sad, Niš, Banja Luka, Zagreb i Skoplje	-202-
PREDLOG MERA ZA UNAPREĐENJE SPOLJAŠNJEG TERMALNOG KOMFORA NA PODRUČJU GRADSKOG NASELJA BEOGRAD	-209-
ZAKLJUČAK	-230-
BIBLIOGRAFIJA I IZVORI	-235-
SPISAK TABELA	-260-
SPISAK GRAFIKONA	-261-
SPISAK KARATA	-264-
SPISAK SLIKA	-265-
BIOGRAFIJA AUTORKE	-266-

OSNOVNI POJMOVI I SKRAĆENICE

- **EBRD Green Cities** – Projekat Evropske banke za obnovu i razvoj (EBRD) pokrenut 2016.godine. U okviru projekta razvijena je metodologija za izradu Akcionih planova za zeleni grad.
- **EI** – Ekološki indeks
- **Elementi zelene infrastrukture** – Različiti prirodni, prirodi bliski ili ljudskim radom formirani zeleni prostori ili pojedinačni oblici vegetacije u kombinaciji sa drugim elementima u prostoru (vodotokovi, objekti i dr.).
- **GCAP** – Akcioni plan za zeleni grad (Green City Action Plan).
- **HL** – Toplotno opterećenje u čoveku (Heat Load), bezdimenzionalna veličina.
- **Hladni talas** – kontinuirani niz od pet i više dana kada je maksimalna dnevna temperatura vazduha bila u kategoriji “veoma hladno” i “ekstremno hladno”.
- **Humidex** – Humideks (°C).
- **IPCC** – Međuvladin panel o klimatskim promenama (Intergovernmental Panel on Climate Change), nastao 1988.godine na zahtev Ujedinjenih Nacija (UN), Svetske meteorološke organizacije (WMO) i Programa UN za životnu sredinu (UNEP).
- **ISB** – Međunarodno društvo za biometeorologiju (International Society of Biometeorology).
- **ISO** – Međunarodna organizacija za standardizaciju (International Organization for Standardization) koja razvija i objavljuje standarde u različitim oblastima.
- **ISO 28802:2012** – ISO standard koji pruža smernice za procenu spoljašnjeg termalnog komfora kombinovanjem merenja ključnih parametara i subjektivnih ocena (reakcija ljudi). Primenjuje se u različitim scenarijima, za procenu termalnog komfora na javnim prostorima, radnim mestima na otvorenom i drugim spoljašnjim okruženjima gde su ljudi izloženi različitim klimatskim uticajima.
- **JZP** – Javne zelene površine
- **Letnji dan** - Dan sa maksimalnom dnevnom temperaturom vazduha od 25°C i više.
- **Klimatski svesno planiranje** – Integrisani pristup ubanom razvoju koji podrazumeva aktivnosti i mere usmerene ka ublažavanju posledica klimatskih promena, prilagođavanju urbanih sredina izmenjenim klimatskim uslovima, integraciju rešenja zasnovanih na prirodi, participaciju i holistički pristup.
- **Klimatski trend** – Postepeni ili blagi rast, odnosno pad vrednosti klimatskih parametara zabeležen tokom određenog vremenskog perioda.
- **NbS** – Rešenja zasnovana na prirodi (Nature-based Solutions). Predstavljaju pristupe i rešenja koja se oslanjaju na ekosisteme i njihove usluge kako bi se uspešno odgovorilo na društvene izazove poput klimatskih promena, prirodnih nepogoda, bezbednosti i održivosti u snabdevanju hranom i dr.
- **NDS** – Nacionalno utvrđeni doprinosi (Nationally Determined Contributions). Obaveza koja proističe iz Pariskog sporazuma, odnosno obaveza država da izrađuju i ažuriraju svoje nacionalne klimatske akcione planove, u okviru kojih definišu nacionalne ciljeve i mere za smanjenje emisija GHG, a kako bi zajednički doprinele ostvarenju glavnog cilja Sporazuma.
- **Normala** - Klimatološka standardna normala, tj. srednja vrednost klimatskog elementa izračunata za period 01.01.1991.godine do 31.12.2020.godine.
- **PET** – Fiziološka ekvivalentna temperatura (°C).
- **PGR SZP Beograda** – Plan generalne regulacije sistema zelenih površina Beograda
- **PhS** – Fiziološko naprezanje, bezdimenzionalna veličina.
- **PST** – Fiziološka subjektivna temperatura (°C).

- **SDGs** – Ciljevi održivog razvoja (Sustainable Development Goals)
- **SECAP** – Akcioni plan za održivu energiju i klimu (Sustainable Energy and Climate Action Plan).
- **Sistem zelenih površina** – Prostorna integracija različitih tipova zelenih površina (park, skver, trg, zelene površine u otvorenim stambenim blokovima, zelene površine u priobalju, zaštitni zeleni pojasevi i dr.) i šuma u jedinstven sistem, kao i integraciju sa zelenim površinama u okviru drugih namena, objedinjujući njihovu ekološku, ekonomsku i socijalnu funkciju.
- **Služba za klimatske promene Kopernikus** – Jedna od šest tematskih informacionih usluga Kopernikus programa koji je deo Svemirskog programa Evropske Unije (Copernicus Climate Change Service, C3S).
- **STI** - Subjektivna temperatura (°C).
- **STK** - Spoljašnji termalni komfor (Outdoor Thermal Comfort - OTC). Opisuje subjektivnu percepciju zadovoljstva osobe termalnim uslovima u spoljašnjem okruženju, koja zavisi od različitih faktora: fizičkih parametara okruženja i faktora poput albedu, provodljivosti kože, izolacije od odeće, brzine kretanja čoveka i tipa fizičke aktivnosti i dr.
- **Toplotni talas** – Kontinuirani niz od pet i više dana kada je maksimalna dnevna temperatura vazduha bila u kategoriji “veoma toplo” i “ekstremno toplo”.
- **Tropski dan** - Dan sa maksimalnom dnevnom temperaturom vazduha od 30°C i više.
- **Tropska noć** - Dan sa minimalnom dnevnom temperaturom vazduha od 25°C i više.
- **UNFCCC** - Okvirna konvencija UN o promeni klime (United Nation Framework Convention on Climate change). Strane potpisnice Okvirne konvencije dužne su da podnose nacionalne izveštaje o sprovođenju konvencije Konferenciji strana (COP).
- **UOT** - Urbano ostrvo toplote (Urban Heat Island - UHI).
- **UTCI** - Univerzalni termalni klimatski indeks (°C).
- **UTK** - Unutrašnji termalni komfor (Indoor Thermal Comfort) koji se koristi za procenu zadovoljstva osobe termalnim uslovima u zatvorenim prostorima.
- **Zelena infrastruktura** – predstavlja mrežu prirodi bliskih prostora koja štiti i ojačava održavanje usluga ekosistema, odnosno obezbeđuje ekološke, ekonomske, kulturne i druge dobiti na kvalitetu života ljudi, biljaka i životinja, kao i njihov razvoj u prirodnim uslovima. Doprinosi održivom upravljanju resursima i održivom urbanom razvoju.
- **Zelena površina** – Uređen ili neuređen deo otvorenog prostora grada u kojem su prisutni prirodni elementi (biljke, voda, zemljište) i koji zajedno sa građevinskim elementima, opremom i instalacijama čine fizičku, tehničko-tehnološku i biotehničku celinu.
- **Zelena regulativa Beograda** – Projekat koji je iniciran od strane Sekretarijata za zaštitu životne sredine Beograda sa ciljem regulisanja upravljanja sistemom zelenih površina Beograda, odnosno njihove izgradnje (uređenja), održavanja i zaštite. Projekat je sproveden u četiri faze u periodu 2002-2019.godina. Predstavlja skup alata i planskih dokumenata koji su izrađeni i usvojeni u ovom periodu.
- **Zeleni koridor** – Pejzažno uređena javna zelena površina sa osnovnom funkcijom povezivanja zelenih površina u jedinstveni sistem.
- **WBGT** – Temperatura mokrog termometra (°C) (engl. WetBulb Globe Temperature).
- **WMO** – Svetska meteorološka organizacija (World Meteorological Organization).

UVOD

Klimatske promene, kao jedan od najvećih izazova današnjice, stavile su ljudsko društvo pred do sada neviđene izazove: kako ublažiti posledice klimatskih promena koje postaju sve očitije, kako se uspešno prilagoditi izmenjenim klimatskim uslovima, kako usporiti efekte klimatskih promena i kako omogućiti kvalitetan i bezbedan život za narastajuću populaciju u svetu (Stevović i dr., 2017). Sve veći broj ljudi na planeti Zemlji živi u gradovima. Kako Ujedinjene Nacije (UN) navode *oko 55% svetske populacije živi u urbanim sredinama, a projekcije pokazuju da će taj udeo do 2050.godine porasti na 68%*. Slični trendovi pristutni su i u Republici Srbiji, gde je stepen urbanizacije dostigao gotovo 60% još 2011.godine, pri čemu samo grad Beograd naseljava oko 27.3% urbanog stanovništva (bez KiM)(Nacrt PPRS do 2035.godine). Osim što globalno raste broj stanovnika u gradovima, raste i svetska populacija. Kako navodi UN, u novembru 2022.godine svetska populacija dostigla je cifru od 8 milijardi, dok se 9 milijardi ljudi na planeti očekuje već 2037.godine. Sredinom XXI veka (2050.godine) ukoliko se postojeći trendovi nastave, broj stanovnika planete mogao bi da iznosi 9.7 milijardi. Da bismo shvatili sa kakvim se zaista izazovom suočavamo, moramo uzeti u obzir da je pre samo sedam decenija, tačnije 1950.godine u svetu živelo 2.5 milijardi ljudi.

Upravo zbog narastajuće populacije, sve većeg pritiska na prirodne resurse, složene društvene, ekonomske i ekološke procese koji se odvijaju u gradovima, urbane sredine postale su posebno osetljive na posledice klimatskih promena. Kako uspešno odgovoriti na sve učestalije ekstremne vremenske prilike (poplave, suše, intenzivne padavine, ekstremne temperature i toplotne talase) jedan je od primarnih izazova savremenog prostornog i urbanističkog planiranja. Jer klima se menja i to je nepobitna činjenica, što je potvrdila i svetska naučna zajednica. U martu 2023.godine objavljen je šesti Izveštaj *Međuvladinog panela za klimatske promene* (IPCC, 2023). Ovaj dokument predstavlja trenutno najsveobuhvatniji pregled i sintezu naučnog znanja o klimatskim promenama. Izveštajem je potvrđeno da je globalna temperatura u periodu 2011-2020.godina postala viša za 1.1°C u odnosu na predindustrijski period (1850-1900.godina) što je nedvosmisleno rezultat ljudskih aktivnosti i prekomerne emisije *gasova staklene bašte* (GHG). Ako posmatramo prve dve decenije XXI veka, odnosno period 2001-2020.godina globalna temperatura je bila viša za 0.99°C u odnosu na predindustrijski period.

Globalne GHG emisije nastavile su da rastu (12% više u odnosu na 2010.godinu i 54% više u odnosu na 1990.godinu), kao posledica neodrživog korišćenja (i proizvodnje) energije, neodrživog načina korišćenja zemljišta, pa i samog načina života i obrazaca proizvodnje i potrošnje. Kao što ni sve zemlje ne doprinose na isti način globalnom zagrevanju (ekonomski razvijene i bogate zemlje imaju istorijski veću odgovornost), tako ne trpe ni sve podjednako iste posledice klimatskih promena – neki delovi sveta se jednostavno brže zagrevaju od globalnog proseka, te predstavljaju tzv. "*vruće tačke*" poput regije Mediterana (kome ujedno pripada i Republika Srbija). Takvi regioni, su usgled toga češće izloženi ekstremnim vremenskim događajima. Prema podacima *Službe za klimatske promene Kopernikus* (engl. Copernicus Climate Change Service, C3S) najviša srednja mesečna globalna temperatura izmerena je u julu 2023.godine. Srednja globalna julska temperatura 2023.godine iznosila je 16.95°C i bila je za 0.7°C viša u odnosu na prosek za jul mesec u periodu 1991-2020.godina i za 0.3°C viša u odnosu na prethodni najtopliji mesec – jul 2019.godine (16.63°C). Ujedno procene C3S pokazuju da je jul 2023.godine bio oko 1.5°C topliji u odnosu na prosek u periodu 1850-1900.godina. Jul 2024.godine bio je drugi najtopliji na globalnom nivou, sa prosečnom temperaturom

vazduha od 16.91°C koja je za 0.68°C bila viša u odnosu na prosek referentnog perioda 1991-2020.godine (16.23°C) i samo 0.04°C nižom temeperaturom u odnosu na jul 2023.godine – što je predstavljalo kraj perioda od 13 meseci tokom kog je svaki mesec bio najtopliji ikada (u poređenju sa odgovarajućim mesecom tokom godine). Globalno, jul 2024.godine je bio za 1.48°C topliji u odnosu na predindustrijski period (1850-1900.godina). Na području Evrope, srednja julska temperatura bila je viša za 1.49°C u odnosu na prosek referentnog perioda. Iako jul 2024.godine nije bio topliji u odnosu na jul 2023.godine (doduše razlika iznosi svega 0.04°C) tokom ovog meseca planeta Zemlja je zabeležila svoja dva najtoplija dana u istoriji – srednja dnevna globalna temperatura 22.jula 2024.godine 17.16°C, dok je dan kasnije 23.jula iznosila 17.15°C.

Promene klime na globalnom nivou direktno utiču i na mikroklimu grada. Mikroklimu možemo definisati kao *“klimatski uslovi na mikronivou, odnosno lokalne klimatske karakteristike koje prevladaju na ograničenom području i razlikuju se od klimatskih uslova na mezo i makro nivou”*, dok se urbana mikroklima (ili mikroklima grada) definiše kao *“lokalne klimatske karakteristike urbanih područja koje nastaju kao rezultat međusobnog delovanja prirodnih i antropogenih faktora”* (Yang i dr., 2023). Jedna od najznačajnijih karakteristika urbane mikroklime jeste efekat *urbanog ostrva toplote* (UOT). Urbano ostrvo toplote (engl. Urban Heat Island, UHI) predstavlja fenomen, odnosno pojavu gde *“urbane sredine beleže više temperature u odnosu na prirodno ili ruralno okruženje grada”* (US EPA, 2024). U međunarodnoj naučnoj zajednici je već dugo prihvaćena tvrdnja da gradovi imaju “sopstvenu” mikroklimu i da su po pravilu topliji od ruralnih sredina koje ih okružuju. Urbano ostrvo toplote nije posledica isključivo klimatskih promena, već je rezultat modifikacije površinskih, morfoloških karakteristika urbanog prostora. Pod uticajem transformacije, prirodni predeli zamenjeni su antropogenim u kojima dominiraju veštački materijali, čija svojstva dovode do veće apsorpcije sunčevog zračenja, smanjenja sposobnosti konveksnog (prirodnog) hlađenja i niže stope isparavanja (Gunawardena i dr., 2017), čime se pojačava intenzitet urbanog ostrva toplote i povećava stepen termalne nelagode u gradovima.

Takođe, pod uticajem urbanizacije gradski pejzaž i ekosistemi su trajno izmenjeni, često degradirani, a usled sve većih antropogenih pritiska kapacitet prilagođavanja urbanih sredina na klimatske promene se smanjuje. Sa naznakama sve izvesnije ekološke i klimatske krize koju nam je kraj XX i početak XXI veka doneo, broj autora/ki širom sveta koji se bavi održivim alternativama urbanog i ruralnog, lokalnog i globalnog razvoja raste. Broj objavljenih naučnih studija koje su se bavile klimatskim promenama, zelenom i plavom infrastrukturuom kao merom adaptacije i mitigacije, te različitim urbanim intervencijama kao instrumentima prilagođavanja rastao je tokom godina (Brilhante & Klaas, 2018).

U skladu sa specifičnostima određenih područja, zahtevima lokalnih zajednica i najznačajnijim izazovima urbanog razvoja, do sada je predstavljen niz različitih koncepata, koji su danas široko poznati, poput: ekoloških gradova, zelenih gradova, održivih gradova, pametnih gradova, klimatski-neutralnih gradova i dr. (El Ghorab & Shalaby, 2016; Huseynov, 2011; Kościelniak & Górka, 2016; Mersal, 2017). Svaki od ovih pristupa pokušava da odgovori na neke od najvećih globalnih i lokalnih izazova i obezbedi put ka dostizanju održivosti, a većina pomenutih koncepata urbanog razvoja nudi i mere koje direktno ili indirektno doprinose unapređenju spoljašnjeg termalnog komfora, regulaciji mikroklime gradova, ublažavanju efekta urbanog ostrva toplote i sl. Takođe, u naučnoj i stručnoj zajednici, prostorno i urbanističko planiranje

identifikovani su kao jedan od ključnih mehanizama i alata za prilagođavanje klimatskim promenama (Hurlimann & March, 2012; Huseynov, 2011; Juhola, 2018; Lennon & Scott, 2014). Dodatno, uloga i značaj zelene infrastrukture u dostizanju klimatske neutralnosti, adaptaciji i mitigaciji na izmenje klimatske uslove, uspostavljanju održivih i klimatski-svesnih praksi urbanog planiranja naučno su potvrđeni (Fernández i dr., 2015; Laforteza i dr., 2013; Oleson i dr., 2013; Ronchi i dr., 2020; Santamouris, 2014; Seiwert & Rößler, 2020; Slätmo i dr., 2019).

Pojam spoljašnjeg termalnog komfora (STK)

Zašto je mikroklima važna u kontekstu planiranja održivog urbanog razvoja? Tokom boravka u spoljašnjoj sredini organizam je izložen nizu različitih uticaja, među kojima su posebno značajni mikroklimatski uslovi (Lukić i dr., 2019). Kako se osećamo dok boravimo na otvorenom, u velikoj meri utiče na našu radnu sposobnost i produktivnost, psihičko i fizičko zdravlje, blagostanje i zadovoljstvo okruženjem u kom se nalazimo. Upravo taj subjektivni osećaj iliti subjektivna percepcija (koja se može i utvrditi empirijski) predstavlja centralnu tačku ove doktorske disertacije – **spoljašnji termalni komfor** i njegovu ulogu u urbanističkom planiranju.

Različiti autori, organizacije i institucije ponudili su više definicija termalnog komfora, međutim većina definicija ima zajedničko nekoliko ključnih elemenata na osnovu kojih se isti određuje, poput faktora fizičkog okruženja, empirijskih merenja, subjektivne percepcije i individualnih karakteristika osobe. Američko društvo inženjera za grejanje, hlađenje i klimatizaciju (ASHRAE) definiše termalni komfor kao *“stanje uma koje izražava zadovoljstvo toplotnim okruženjem i procenjuje se subjektivnom procenom”*. Hensen (1991) je u svojoj doktorskoj tezi termalni komfor opisao kao *“stanje u kom ne postoje podsticaji koji bi naveli osobu da menja okruženje svojim ponašanjem”*. Djongyang i dr. (2010) ukazuju na to da ne postoji apsolutni standard za termalni komfor, samim tim ni apsolutna definicija termina. Ipak, termalni komfor opisuju kao *“zadovoljstvo toplotnim okruženjem u kom se čovek nalazi, pri čemu je vlažnost kože niska, a fiziološki napor regulacije telesne temperature minimalan”*. U takvim uslovima osoba se oseća prijatno, ali se stepen zadovoljstva može promeniti usled izmene jednog od faktora okruženja (npr. temperature, vlažnosti vazduha i dr.) ili nekih specifičnih faktora poput promene odeće, fizičke aktivnosti, stepena zamora organizma i dr. Termalni komfor se može odnositi na stepen zadovoljstva toplotnim okruženjem u spoljašnjoj sredini, odnosno na otvorenom, kao i na stepen zadovoljstva toplotnim uslovima u zatvorenim prostorima. Samim time razlikujemo:

- **Spoljašnji termalni komfor (STK)** ili termalni komfor na otvorenom. Ovaj termin u stranoj literaturi najčešće srećemo kao Outdoor Thermal Comfort (OTC).
- **Termalni komfor u zatvorenim prostorima**, u stranoj literaturi poznat kao Indoor Thermal Comfort.

Osim klimatskih elemenata (poput temperature vazduha, vlažnosti vazduha, vazdušnog pritiska, pravca i brzine vetra, isparavanja, oblačnosti, insolacije i dr.) na spoljašnji termalni komfor (STK) i pojavu ostrva toplote (UOT) u urbanim sredinama utiču i antropogeni faktori poput urbanizacije, zagađenja vazduha, prisustvo aerosola, visokih gustina naseljenosti, toplotnog bilansa zgrada, infrastrukture i industrije (toplotni bilans industrijskih postrojenja), saobraćaja (toplotni bilas prevoznih sredstava), energetike, deficita zelenih površina, pri čemu ne smemo izostaviti ni metaboličku

toplotu i dr. (Anđelković, 2002). Progresivna modifikacija morfoloških karakteristika grada, odnosno širenje područja u kojima dominiraju materijali poput čelika, stakla, asfalta i betona, uz gubljenje površina pod zelenilom, rezultira uslovima koji omogućavaju akumulaciju toplotne energije koja značajno menja termalno okruženje (Tsoka et al., 2017). Svi pobrojani činioci doprinose nastajanju fenomena urbanog ostrva toplote (UOT), pa je temperatura vazduha u gradovima gotovo uvek viša u odnosu na temperature vazduha u okolnom periurbanom i ruralnom području. Razlika u temperaturi između gradova i njihovog okruženja (kada posmatramo gradove srednjih veličina) kreće se najčešće u opsegu između 0.5°C i 3°C (Battista et al., 2019).

Sa sve očitijim posledicama klimatskih promena, koje sve intenzivnije pogađaju gradove, interesovanje međunarodne naučne zajednice za istraživanje spoljašnjeg termalnog komfora u urbanim sredinama rapidno raste, naročito nakon 2000.godine. To dokazuju i brojne studije koje su sprovedene u protekle dve decenije (Abdel-Ghany i dr., 2013; Aghamolaei i dr., 2018, 2020; Aghamolaei i dr., 2023; Battista i dr., 2019; Berger, 2012; Binarti i dr., 2020; Bleta i dr., 2014; Boras i dr., 2024; Cetin, 2019; Chen & Ng, 2012; Geletić i dr., 2018, 2019, 2020; Georgi & Sarikou, 2006; Ghani i dr., 2021; Giannopoulou i dr., 2014; Gulyas, 2005; Gunawardena i dr., 2017; Dunjić, 2019; Elnabawi & Hamza, 2020; Klemm i dr., 2015; Kruger i Brode, 2013; Kurbán, 2017; Lam & Lau, 2018; Liu i dr., 2023; Mutani & Todeschi, 2021; Nikolopoulou & Lykoudis, 2006; Pantavou i dr., 2011, 2013; Rana i dr., 2013; Rupp i dr., 2015; Roshan i dr., 2018; Stredova i dr., 2015; Vučković i dr., 2019; Zhang i dr., 2016, Wu i dr., 2019).

Da pitanje termalnog komfora nije samo pitanje naučne zajednice, pokazuje i činjenica da je Međunarodna organizacija za standardizaciju (ISO) objavila više ISO standarda koji se bave pitanjem termalnog komfora u otvorenim i zatvorenim prostorima. Na međunarodnom nivou, smernice za procenu spoljašnjeg termalnog komfora definisane su standardom ISO 28802:2012 *Ergonomija fizičke životne sredine – ocenjivanje životne sredine njenim praćenjem, uključujući fizička merenja životne sredine i subjektivni osećaj ljudi*. Njegov cilj je obezbeđivanje metodologije koja kombinuje empirijska merenja i subjektivne ocene (percepciju) ljudi, kako bi se dobio što objektivniji uvid u percepciju termalne (ne)udobnosti u uslovima spoljašnjeg okruženja. Osim toga treba spomenuti ISO 7243:2017 *Ergonomija toplotne sredine – ocenjivanje toplotnog opterećenja prema pokazateljima WBGT* koji se koristi za procenu potencijalnog rizika od toplotnog stresa u radnim uslovima ili u uslovima visokih temperatura u spoljašnjoj sredini. Takođe, standard ISO 7933:2023 *Ergonomija toplotne sredine – analitičko utvrđivanje i interpretacija toplotnih opterećenja* uspostavlja model za određivanje i tumačenje termičkog opterećenja i određuje maksimalno dozvoljena vremena izlaganja u uslovima visokih temperatura u spoljašnjoj sredini i posebno je značajan za radne aktivnosti na otvorenom. Kada govorimo o termalnom komforu u zatvorenim prostorima (Indoor Thermal Comfort) ASHRAE je razvio i standard *ANSI/ASHRAE 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy* koji pruža smernice za postizanje povoljnog termalnog komfora u zatvorenim prostorima i primenjuje se širom SAD-a, ali i globalno posebno u industriji klimatizacije i ventilacije. Standard ISO 7730:2005 takođe definiše smernice za analitičko određivanje i interpretaciju termalne udobnosti u različitim termalnim okruženjima, koji se prevashodno odnose na zatvorene prostore i radne uslove, primenom PMV i PPD indeksa.

Zašto je **spoljašnji termalni komfor** značajan u funkciji uspostavljanja klimatski svesnog urbanog planiranja i koja je njegova uloga? Ukoliko posmatramo istorijski

kontekst, od trenutka nastanka prvih gradova oni su planirani i razvijani tako da u datom momentu pruže što bolje uslove za život onih koji su ih naseljavali (Lješević, 2010). Vremenom su se potrebe usložnjavale, pa se danas potrebom smatra i želja čoveka da se oseća bezbedno i prijatno u prostoru u kom boravi. Klimatske promene postepeno vode ka tome da se sve veći broj ljudi trpi posledice, koje ugrožavaju kvalitet urbanog života. Borba za obezbeđivanje visokog kvaliteta života u urbanim sredinama u uslovima kada je klima izmenjena, treba da obuhvati i borbu za odgovarajući termalni komfor. Regulacija spoljašnjeg termalnog komfora danas je otežana usled promene morfološke i ekološke strukture grada izuzetno agresivnim prostornim intervencijama od strane čoveka. Promene u prostoru odvijaju se neprestano, te je planiranje gradova vrlo dinamična i osetljiva kategorija. Održiv razvoj gradova može se ostvariti jedino ukoliko se poštuju principi i načela strateškog planiranja jer je upravo ono zasnovano na celokupnim potrebama i zajedničkim ciljevima društvene zajednice i svih korisnika prostora (Šećerov, 2012). Strateško planiranje je ključni instrument procesa mitigacije i postizanja ciljeva održivosti (Ruparathna i dr., 2017; Zubelzu & Alvarez 2015). Osnovni cilj svake zajednice jeste kreiranje takvog prostora koji će biti po meri svih stanovnika, grad visokih performansi koji će moći da zadovolji potrebe građana, grad sa očuvanom životnom sredinom bogat biodiverzitetom i zelenilom, grad koji pruža podršku unapređenju javnog zdravlja i bezbednosti, što konačno dovodi do visokih standarda kvaliteta života, a što je nemoguće očekivati ukoliko se ne posveti dovoljno pažnje izučavanju spoljašnjeg termalnog komfora čiji se uticaj prožima kroz niz sektora društvenog života.

Mikroklimatske karakteristike grada i STK treba uzeti u obzir prilikom planiranja i upravljanja urbanim područjem u kontekstu planersko-urbanističkih uslova od posebnog značaja. Kao primer možemo uzeti planiranje zona u kojima su smešteni objekti zdravstvene nege i zaštite. Planiranje takvih delova grada zahteva funkcionalno objedinjavanje klimatskih i urbanističkih aspekata kako bi se regulisale ekstremne vrednosti meteoroloških parametara (Obradović-Arsić, 2014). Zanemarivanje ovih uslova doprinosi nastanku nepovoljnog STK i visom nivou toplotnog stresa što dalje može znatno opteretiti oporavak korisnika zdravstvenih ustanova, ali i istovremeno otežati uslove rada zaposlenih u navedenim ustanovama.

Grad predstavlja *“dinamičan sistem”* čija se fizionomija pod uticajem urbanizacije neprestano menja, a usled klimatskih promena u kombinaciji sa izgradnjom i gubitkom zelenih površina, možemo očekivati da će se u budućnosti menjati i mikroklimatske prilike na terenu. Isto važi kada govorimo o planiranju zona u kojima se nalaze objekti socijalne zaštite i obrazovanja (domovi za stara lica, centri za socijalni rad, centri za smeštaj i dnevni boravak dece i omladine ometene u razvoju, prihvatilišta za stara i odrasla lica u situaciji beskućništva, fakulteti, osnovne i srednje škole, predškolske ustanove), kao i o zonama gde su smešteni objekti namenjeni sportu i rekreaciji. Kombinacija ove dve kategorije uslova (mikroklimatskih i planersko-urbanističkih) od velike je važnosti i za planiranje zona komercijalnih i industrijskih delatnosti, turizma i ugostiteljstva, i naposljetku zona stanovanja, posebno u zonama gusto izgrađenih višespatnica, objekata kolektivnog stanovanja u centralnim gradskim područjima. Stevović i dr. (2017) su u svom radu koji je analizirao konflikte održivog upravljanja urbanim sredinama, istakli da istraživanja za uspostavljanje održivosti urbanog okruženja moraju uključivati i: energetske i toplotni bilans grada, uticaj efekta urbanog ostrva toplote, klimatske promene, urbano zagađenje, ulogu zelenih površina u regulaciji urbane mikroklimе i druge faktore koji doprinose poboljšanju kvaliteta

životne sredine i istovremeno smanjuju troškove održavanja i upravljanja gradom i urbanom infrastrukturom.

Pojam klimatski svesnog planiranja

Poslednje pitanje koje ćemo otvoriti u uvodnom poglavlju jeste pitanje ***klimatski svesnog planiranja*** (engl. climate-conscious planning). Ono predstavlja novu paradigmu planiranja prostornog razvoja, koja je nastala kao reakcija na nemogućnost postojećih, tradicionalnih praksi planiranja i upravljanja prostorom da uspešno odgovore na savremene izazove. Klimatski svesno planiranje prioritizuje ekološki aspekt u trenutku kada on trpi najveći pritisak, stavlja akcenat na građansku participaciju, ekološku i socijalnu pravdu. Klimatski svesno planiranje polazna je tačka uspešne klimatske akcije koju prati primena adekvatnih javnih politika definisanih na međunarodnom, nacionalnom i lokalnom nivou (Ruparathna i dr., 2017). Klimatski svesno urbano planiranje podrazumeva integrisani i multisektorski pristup urbanom razvoju koji obuhvata aktivnosti i mere usmerene ka ublažavanju (mitigacija) posledica klimatskih promena, prilagođavanju (adaptacija) urbanih sredina izmenjenim klimatskim uslovima i integraciju rešenja zasnovanih na prirodi. Takođe, klimatski svesno urbano planiranje podrazumeva aktivnu participaciju svih zainteresovanih, uključivanje građana kao ravnopravnih učesnika u proces odlučivanja i zasnovano je na holističkom pristupu.

Trenutno je na međunarodnom nivou aktuelno više inicijativa koje postavljaju standarde klimatski odgovornog planiranja. Na teritoriji Evrope to je svakako *Evropski zeleni dogovor* (EU Green Deal) - strateški plan Evropske Unije usvojen sa 2019.godine ciljem dostizanja klimatske neutralnosti Evrope do 2050.godine; *Nova Lajpciška povelja* (New Leipzig Charter) - ključni dokument EU usvojen 2020.godine koji predstavlja vodič za održivi urbani razvoj i *Novi evropski Bauhaus* (New European Bauhaus) – inicijativa EU pokrenuta 2020.godine, sa ciljem pružanja podrške gradovima i lokalnim zajednicama na putu ka zelenoj tranziciji, inovacijama i održivosti. Interesantno je pomenuti i inicijativu *Planning Institute of Australia* (PIA) - najvećeg strukovnog udruženja prostornih planera u Australiji koja je pokrenuta 2021.godine sa ciljem sprovođenja dubokih sistemskih reformi kako bi planski sistem Australije postao “*klimatski svestan*”. Inicijativa “*Climate-Conscious planning systems*” je fokusirana na deset ključnih reformi – od poziva za izmene Zakona o planiranju, do poziva za izmenu strateških dokumenata, sektorskih politika, uvođenja novih indikatora i pokazatelja klimatske otpornosti i dr.

Predmet istraživanja doktorske disertacije

Predmet istraživanja doktorske disertacije jeste spoljašni termalni komfor (STK) odnosno termalni komfor na otvorenom u funkciji urbanog planiranja gradskog naselja Beograd. Vremenski okvir istraživanja obuhvata referentni period od 30 godina, tačnije od 1991. do 2020.godine. Evaluacija spoljašnjeg termalnog komfora biće sprovedena primenom 7 različitih bioklimatskih indeksa, počevši od UTCI, odnosno Univerzalnog Termalnog Klimatskog Indeksa kao jednog od najzastupljenijih termofizioloških indeksa u bioklimatskim studijama gradova Evrope (ali i šire), zatim indeksa: Subjektivna temperatura (STI), Fiziološka subjektivna temperatura (PST), Fiziološko naprezanje (PhS), Toplotno opterećenje u čoveku (HL), Humideks (Humidex) i Temperatura mokrog termometra (WBGT). ***Osnovna ideja doktorske disertacije jeste predstaviti***

spoljašnji termalni komfor kao jedan od instrumenata i indikatora klimatski svesnog (engl. climate-conscious) i održivog urbanog planiranja i razvoja. Takođe, ideja je da se primenom različitih bioklimatskih i termofizioloških indeksa kojima se određuje STK može doprineti efikasnijem prilagođavanju izmenjenim klimatskim uslovima u urbanim sredinama i generalno odgovoru na posledice koje klimatske promene imaju na gradove, njihove korisnike i ukupan urbani ekosistem. ***Dodatno, integracijom spoljašnjeg termalnog komfora u praksu prostornog i urbanističnog planiranja može se značajno unaprediti ograničenje postojeće metodologije i prakse koja je trenutno zasnovana na standardnim metodama i stacionarnosti klime,*** što ne odgovara realnim potrebama i izazovima – posebno u domenu optimalnog urbanog dizajna, planiranju i uređenju javnih i ostalih površina, naročito planiranju i uređenju sistema zelenih površina i razvoju zelene infrastrukture kao mere mitigacije i adaptacije na klimatske promene.

Beograd je izabran kao predmetno područje, tačnije gradsko naselje Beograd, zbog svojih specifičnosti: morfoloških karakteristika grada, visoke gustine naseljenosti i izgrađenosti, velikog broja korisnika prostora, intenzivne urbanizacije, deficita zelenih površina u ključnim zonama grada, uz istovremene vrlo specifične bioklimatske uslove i izražen efekat urbanog ostrva toplote. Prema Kepenovoj (Köppen) klasifikaciji klimata, klima Beograda pripada Cfa podtipu (Anđelković, 2002) – klima je umereno topla sa žarkim letom i temperaturom vazduha najtoplijeg meseca jednakom ili većom od 22°C. Studije urbane klime koje su obuhvatile veći broj svetskih metropola, ukazuju da je kod gradova koji pripadaju pomenutom klimatu, pojava UOT dvostruko učestalija u odnosu na urbane sredine koji se nalaze u ostalim klimatskim zonama (Berger, 2012; Mitić-Radulović i dr., 2022a,b). Dalje, klimatske promene kao globalni fenomen ostavile su traga, pa se njihovo dejstvo jasno uočava i na lokalnom nivou. Kako navodi Anđelković (2002) tokom perioda 1941-1990.godina srednja godišnja temperatura vazduha u Beogradu je iznosila 11.9°C. Nakon 1990-tih godina, a naročito nakon 2000.godine, primetan je trend rasta srednje godišnje temperature vazduha, pa je prema navodima Tošić i dr. (2019) njena srednja godišnja vrednost u periodu od 2000. do 2017.godina iznosila 13.4°C. Ukoliko uporedimo dva referentna klimatska perioda i podatke koji su zabeleženi od strane Republičkog Hidrometeorološkog Zavoda (RHMZ), uvidećemo da je srednja godišnja temperatura vazduha u Beogradu tokom perioda 1961-1990.godina iznosila 11.9°C, a tokom perioda 1991-2020.godina bila je 13.2°C, pri čemu je njena vrednost ostvarila trend rasta od 0.042°C/god (ukoliko posmatramo ukupan period 1961-2020.godina) (Čegar i dr., 2023). To nedvosmisleno ukazuje na promene, te otvara prostor i potrebu za dalja istraživanja mikroklimatskih karakteristika i termalnog komfora Beograda.

Da su mikroklimatske karakteristike Beograda u velikoj meri uslovljene urbanim ostrvom toplote (UOT), potvrđuju nalazi Milovanovića i saradnika (2020), koji su komparativnom analizom vrednosti srednjih mesečnih i sezonskih temperatura vazduha izmerenih tokom perioda 1949-2008.godina u Beogradu i na još 22 meteorološke stanice širom Srbije (ukupno 23) utvrdili da je Beograd topliji tokom sva četiri godišnja doba od gotovo svih ostalih razmatranih stanica (sa izuzetkom Prizrena i Negotina zbog svojih lokalnih specifičnosti – npr. Prizren je najjužnija razmatrana tačka u ovom istraživanju i nalazi se pod uticajem maritimne klime koja stiže iz pravca doline Drima). Najveće razlike su zabeležene tokom zime, kada je Beograd topliji za skoro 1.4°C u odnosu na ostatak Srbije, kao i tokom jeseni kada ta razlika iznosi i do 1.2°C. Razlike tokom leta i proleća su nešto niže, ali svakako značajne: 0.9°C i 1°C. Anđelković

(2002, 2003) je pre gotovo dve decenije identifikovao beogradsko ostrvo toplote, poredeći vrednosti temperature vazduha izmerene na dve klimatološke stanice: Beograd – Opservatorija i Surčin. Srednja godišnja temperatura vazduha izmerena na stanici u Surčinu u periodu 1971-1990.godina iznosila je 11.2°C, dok podaci zabeleženi na stanici Beograd – Opservatorija pokazuju da je srednja godišnja temperatura tokom istog perioda iznosila 11.9°C. Time je Anđelković (2002, 2003) utvrdio da je u datom periodu intezitet urbanog ostrva toplote iznosio 0.7°C. Takođe, isti autor ukazuje na apsolutni minimum temperature kao dobrog pokazatelja UOT, gde je razlika u apsolutnom minimumu temperature u centru grada (Beograd-Opservatorija) i u Surčinu tokom perioda 1961-1990.godine iznosila čak 7.8°C (zabeleženo za januar mesec).

Ono što je posebno značajno za problematiku kojom se bavi disertacija, a podržano je različitim planskim i strateškim dokumentima koji su u prethodnim godinama doneti za područje grada Beograda (ili su trenutno u različitim fazama izrade) jeste uvođenje novih koncepata urbanog planiranja i upravljanja, po ugledu na vodeće evropske gradove u ovoj oblasti poput Beča, Berlina, Londona, ali i nama bliže Ljubljane. Ti gradovi (ali i mnogi drugi čiji će primeri biti predstavljeni u daljem tekstu) već godinama primenjuju različite strategije, taktike i koncepte kao odgovor na klimatske promene koje su donele potpuno nove izazove kada govorimo o urbanom planiranju. Ti koncepti se odnose na sada već široj javnosti poznati *zeleni grad* (green city) i *pametni grad* (smart city), ili sve češće pominjane *plavo-zelene gradove* koji uspešno objedinjuju plavu i zelenu infrastrukturu kao svoje glavne odlike (blue-green city), *gradovi-sunderi* (sponge city) koji integrišu različita rešenja zasnovana na prirodi koja im pomažu u ublažavanju posledica poplava i suša na gradsku infrastrukturu, *otporne gradove* (resilient city) koji su spremi da odgovore na prirodne katastrofe i nepogode, i njima inicirane ekonomske i socijalne posledice, *klimatski-neutralne gradove* (climate-neutral city) koji će u budućnosti dostići nulte neto emisije i dr. Važna odlika gotovo svakog od pomenutih savremenih koncepata urbanog razvoja jeste da se u potpunosti ili značajnim delom bave i unapređenjem mikroklimatskih prilika grada, jer su povoljan termalni komfor, odsutnost izražene termalne nelagode i ublažen efekat urbanog ostrva toplote kriterijumi za njihovo osvarivanje.

Beograd je kroz niz dokumenata jasno definisao svoje strateško opredeljenje i viziju budućeg razvoja kao zelenog, otpornog, pametnog i klimatski-neutralnog grada, što je podržano i aktivnostima na polju međunarodne saradnje – Grad Beograd deo je više internacionalnih inicijativa poput velikog međunarodnog projekta *EBRD Green Cities* čiji je član od 2018.godine ili *Mreža otpornih gradova* (Resilient Cities Network) kojoj se Beograd pridružio krajem 2014.godine. U okviru EBRD projekta predstavljen je *Programski okvir Zelenih gradova* (engl. Green Cities Programme Methodology, 2016) kojim je data sveobuhvatna definicija zelenog grada, gde se u jednom od tri segmenta definicije navodi: “*Zeleni grad je grad koji pokazuje visoke ekološke performanse u odnosu na utvrđene kriterijume u pogledu ublažavanja i prilagođavanja rizicima koji proizilaze iz klimatskih promena, uz maksimiziranje ekonomskih i socijalnih benefita...*” (Lukić & Burazerović, 2020). Kako ističu autorke Lukić & Burazerović (2020) ukoliko Beograd želi da istraje na svom putu ka zelenoj, otpornoj i klimatski-neutralnoj budućnosti proces planiranja i upravljanja će uključiti kontinualan, integralan i interdisciplinarni pristup u kom se izazovi u životnoj sredini periodično prate, identifikuju i rešavaju konkretnim merama, instrumentima i politikama. Iz toga možemo zaključiti da se spoljašnji termalni komfor (STK) nameće kao koristan instrument klimatski-svesnog

planiranja koji se može uspešno primeniti kako tokom planskog procesa, tako i kasnije kao indikator kontrole sprovedenih mera i aktivnosti.

Termalni komfor na otvorenom i zelena infrastruktura, kao ključna komponenta zelenog grada i grada otpornog na izmenjene klimatske uslove, međusobno su povezani brojnim i složenim odnosima. Lješević (2009) i Filipović & Đurđić (2008) ističu da: *“Zelenilo u gradovima ima posebnu mikroklimatsku i ekološku funkciju jer ublažava klimatske ekstreme, zaštita je od preterane insolacije, reguliše brzinu vetra, vlažnost vazduha i povoljno utiče na temperaturni režim. Zelene površine u gradskim sredinama pozitivno utiču na mikroklimu, što se ogleda u tome da zelenilo može da smanji letnje temperature za 3°C do 4°C”*.

Sve veći broj istraživača/ica u svetu i regionu poslednjih godina aktivno radi na integraciji spoljašnjeg termalnog komfora u savremene koncepte urbanističkog planiranja. Sprovedenim istraživanjima generisani su ohrabrujući rezultati, a dostignuća stranih i sve češće domaćih autora/ki mogu se iskoristiti kao polazna osnova za integraciju pomenutih modela u domaću praksu urbanog planiranja. Prednosti poput relativno jednostavnog prikupljanja, obrade, interpretacije i vizualizacije podataka, čine da pojam STK postane blizak domaćim urbanistima i planerima, pa možemo očekivati da u budućnosti dobije značajnije mesto i ulogu oblasti prostornog i urbanističkog planiranja i arhitektonskog oblikovanja grada.

Polazne hipoteze istraživanja

Definisanje polaznih hipoteza predstavljalo je prvi i osnovni korak u izradi ove disertacije, a one su postavljene tako da precizno konceptualizuju problem naučnog istraživanja, a koje će kroz samo istraživanje i dobijene rezultate biti potvrđene, opovrgnute ili modifikovane. Polazne hipoteze su:

- Dokumentima prostornog i urbanističkog planiranja u Republici Srbiji tematika i problematika urbane bioklime i mikroklime, spoljašnjeg termalnog komfora, fenomena urbanog ostrva toplote nije u dovoljnoj meri i na adekvatan način integrisana kada se pristupa planiranju, uređenju i upravljanju urbanim sredinama.
- Postojeća metodologija i praksa prostornog i urbanističkog planiranja zasniva se na standardnim metodama i stacionarnosti klime, u nedovoljnoj meri se razmatra spoljašnji termalni komfor i njegov uticaj na različite aspekte prostornog, ekološkog, ekonomskog i društvenog razvoja.
- Analiza termalnog komfora daje nove uvide i mogućnosti za bolje razumevanje urbane bioklime i mikroklime kroz aplikativne rezultate koji imaju praktičnu primenu u kreiranju dokumenata razvojnog planiranja i dokumenata javnih politika. To znači da takva istraživanja mogu doprineti unapređenju metodologije prostornog i urbanističkog planiranja u Republici Srbiji.
- Unapređenjem spoljašnjeg termalnog komfora može se značajno unaprediti kvalitet života u urbanim sredinama.
- Spoljašnji termalni komfor može biti korišćen kao jedan od instrumenata i indikatora klimatski svesnog i održivog urbanog planiranja, te savremenih koncepata urbanog razvoja poput zelenih gradova, otpornih gradova i dr.

Ciljevi i zadaci istraživanja

Osnovni ciljevi doktorske disertacije proizilaze iz polaznih hipoteza i predmeta istraživanja. Na osnovu toga, definisani su sledeći ciljevi:

- Definisanje uloge i značaja spoljašnjeg termalnog komfora (STK) u urbanom planiranju.
- Analiza trendova promene spoljašnjeg termalnog komfora gradskog naselja Beograd tokom perioda 1991-2020.godina, na osnovu sedam odabranih bioklimatskih i termofizioloških indeksa.
- Predstavljanje spoljašnjeg termalnog komfora kao jednog od potencijalnih indikatora i instrumenata klimatski svesnog prostornog i urbanističkog planiranja.
- Predlaganje različitih mera sa ciljem unapređenja termalnog komfora na otvorenom, na području gradskog naselja Beograd.

Osnovni zadaci istraživanja utvrđeni su na osnovu definisanog predmeta i osnovnih ciljeva naučnog rada, a to su:

- Predstaviti teorijski i metodološki okvir istraživanja kroz pregled i analizu naučne i stručne literature (domaće i strane) i drugih relevantnih izvora.
- Utvrditi zastupljenost problematike klimatskih promena i urbanog razvoja, pojmova poput spoljašnjeg termalnog komfora i zelene infrastrukture kao mera i instrumenata prilagođavanja na izmenjene klimatske uslove u dokumentima razvojnog planiranja i dokumentima javnih politika Republike Srbije na nacionalnom i lokalnom nivou.
- Dati kratak izvod iz međunarodnog pravnog i strateškog okvira u oblasti klimatskih promena i održivog urbanog razvoja.
- Predstaviti osnovne geoprostorne i socio-ekonomske karakteristike istraživog područja.
- Sprovesti detaljnu analizu spoljašnjeg termalnog komfora gradskog naselja Beograd, na osnovu srednjednevnih i terminskih vrednosti meteoroloških parametara izmerenih tokom perioda od 30 godina. Analiza STK u ovoj doktorskoj disertaciji podrazumeva analizu dnevnih, mesečnih, sezonskih i godišnjih vrednosti spoljašnjeg termalnog komfora, kao i određivanje trendova promena za svaki primenjeni indeks.
- Utvrditi koji od odabranih bioklimatskih i termofizioloških indeksa može imati najpraktičniju primenu u funkciji urbanog planiranja, sa akcentom na mogućnosti primene u sferi uspostavljanja klimatski svesnog planiranja urbanog razvoja Beograda.
- Utvrditi stepen i značaj povezanosti i uslovljenosti spoljašnjeg termalnog komfora, urbanog razvoja, izmenjenih klimatskih uslova i zelene infrastrukture.

Naučni doprinos, opravdanost i praktična primena rezultata istraživanja

Pre nego što se osvrnemo na naučni doprinos disertacije, treba naglasiti da je za postavljanje polaznih hipoteza, ostvarivanje definisanih ciljeva i zadataka, dokazivanje i proveravanje stavova i izvođenje zaključaka primenjeno niz različitih opštih i posebnih metodskih postupaka, u skladu sa složenošću i multidisciplinarnošću predmetne materije. Naučne metode koje su primenjene u istraživanju su: analiza, sinteza, indukcija, dedukcija, generalizacija, kognitivna deskripcija, komparacija, zatim metod korelacije, statistički metod, kartografski i GIS metod, bioklimatski modeli. Njih su

podrobno predstavili: Belić & Cincović (2020), Filipović & Milovanović (2017), Lješević (2010), Pecelj i dr. (2015), Tošić (2012) itd...

Očekivani naučni doprinos doktorske disertacije zasniva se na dubljem i sveobuhvatnijem sagledavanju uloge spoljašnjeg termalnog komfora u uspostavljanju tzv. *klimatski-svesnih politika urbanog razvoja* u Republici Srbiji. Istraživanje sprovedeno u okviru doktorske disertacije ponudiće aplikativne rezultate koji potom mogu dati značajan doprinos unapređenju metodologije izrade dokumenata prostornog i urbanističkog planiranja, ali i dokumenata javnih politika na nacionalnom i lokalnom nivou. Takođe, nalazi istraživanja imaju primenu i prilikom definisanja različitih konkretnih mera i aktivnosti, posebno na polju prilagođavanja izmenjenim klimatskim uslovima, ozelenjavanja gradova i razvoja zelene infrastrukture, podizanje otpornosti urbanih sredina, podršci javnom zdravlju, urbanim ekosistemima i biodiverzitetu. Naučni doprinos istraživanja ogleda se u unapređenju i podršci integralnom, međusektorskom pristupu klimatskim promenama, urbanoj bioklimi i mikroklimi u domenu prostornog i urbanističkog planiranja, odnosno održivog prostornog razvoja koje je zasnovano na savremenim konceptima. Iz toga proizilazi aktuelnost teme i potreba za jednim ovakvim naučnim istraživanjem. U radu su primenjene različite opšte i posebne naučne metode, kako u teorijskom, tako i u empirijskom delu istraživanja, s obzirom da se radi o složenoj i multidisciplinarnoj problematici koja se dotiče različitih aspekata urbanog razvoja.

Rezultati i zaključci doktorske disertacije od značaja su za naučnu zajednicu, ali su od značaja i za stručnu javnost – eksperte i ekspertkinje iz oblasti prostornog i urbanističkog planiranja, arhitekture, građevinarstva, socijalnog razvoja, ekologije i pejzažne arhitekture, inženjerstva zaštite životne sredine, socijalne medicine, medicine rada i javnog zdravlja, ekonomije i urbanog menadžmenta, politikologije, turizma i dr. Dalje, rezultati doktorske disertacije od značaja su i za organe državne uprave, lokalne samouprave, javna preduzeća i generalno donosiocima odluka u Republici Srbiji na različitim nivoima odlučivanja. Dodatno, doktorska disertacija će predstavljati relevantan izvor podataka i naučno zasnovanih saznanja različitim organizacijama civilnog društva koje se aktivno zalažu za očuvanje javnog interesa i imaju ulogu posrednika između organa vlasti i građana. Broj formalnih i neformalnih udruženja građana, inicijativa i organizacija koja se bave pitanjem klimatskih promena, uticaja izmenjenih klimatskih uslova na ljude, javno zdravlje, biodiverzitet, ekosistem, dostupnost pijaće vode i hrane, urbanizacijom, proizvodnjom energije i različitim društveno-ekonomskim procesima u Srbiji raste iz godine u godinu, a ova disertacija će biti alat distribucije i diseminacije naučnih znanja koja će dati podršku njihovom delovanju. Takođe, zaključci ove doktorske disertacije biće od koristi i za političke organizacije, odnosno političke stranke koje svojim programom žele da adresiraju borbu protiv klimatskih promena i koje žele da pokrenu pitanje klimatski svesnog planiranja gradova. Na kraju, ali ne manje bitno, rezultati ovog istraživanja biće značajna i za širu javnost, sve zainteresovane građanke i građane. Društveni značaj ovog rada ogleda se i u tome što se nalazi istraživanja mogu koristiti prilikom rešavanja konkretnih problema u različitim sferama društvenog, ekološkog i ekonomskog razvoja zajednice, što je pored doprinosa naučnoj zajednici bila druga glavna vodilja.

TEORIJSKI OKVIR ISTRAŽIVANJA

Pregled dosadašnjih istraživanja

Spoljašnji termalni komfor (STK) predstavlja ključni aspekt u razumevanju odnosa između čoveka i njegove životne sredine, naročito u urbanim sredinama koje su pod sve većim uticajem klimatskih promena. Dosadašnja istraživanja na međunarodnom nivou ukazuju na značaj različitih STK faktora, poput mikroklimatskih uslova, urbanog dizajna i ljudske percepcije. Ovaj pregled će izdvojiti neke od relevantnih studija, teorijskih i praktičnih pristupa razvijenih u svetu i Evropi, kako bi se pružila osnova za dalju analizu i kontekstualizaciju istraživanja u lokalnim uslovima. Pregledni naučni radovi igraju važnu ulogu u sintetizovanju postojećih saznanja i identifikovanju istraživačkih praznina u oblasti spoljašnjeg termalnog komfora urbanih sredina. Brojni autori su se bavili analizom objavljenih studija na globalnom nivou, pružajući sveobuhvatan uvid u metode, rezultate i trendove naučnog rada, poput Aghamolaei i dr. (2023), Baruti i dr. (2019), Binarti i dr. (2020), Chen & Ng (2012), Hamed i dr., (2024), Lai i dr. (2020), Lehnert i dr. (2021), Liu i dr., (2023), Mandić i dr. (2024), Rupp i dr. (2015), Pappenberger i dr. (2015). U savremenoj nauci koristi se oko 100 različitih bioklimatskih i termofizioloških indeksa u funkciji analize i evaluacije interakcije između (mikro)klimatskih uslova i organizama, uključujući ljude, biljke i životinje (Epstein & Moran, 2006). Ovom prilikom izdvojićemo naučna istraživanja u kojima su primenjeni najpoznatiji i najčešće korišćeni bioklimatski indeksi u funkciji ocene termalnog komfora u urbanim sredinama: UTCI, PET, WBGT, HL, PhS, Humidex...

Bioklimatske studije i istraživanja termalnog komfora u svetu i Evropi

Spoljašnji termalni komfor predmet je istraživanja brojnih autora i autorki širom sveta. Sve veće interesovanje međunarodne naučne zajednice za ovu tematiku javlja se na području Mediterana, zemalja Centralne i Jugoistočne Evrope (naročito u onim zemljama koje se nalaze pod većim uticajem klimatskih promena) poput **Grčke** (Bleta i dr., 2014; Georgi & Sarikou, 2006; Giannopoulou i dr., 2014; Malaperdas, 2019; Pantavou i dr., 2011, 2013; Pogačar i dr., 2019a; Spanou i dr., 2010; Theoharatos i dr., 2010; Tsoka i dr., 2017), **Italije** (Battista i dr., 2019; Mutani & Todeschi, 2021; Salata i dr., 2016), **Francuske** (Di Napoli i dr., 2019; Martins et al., 2016; Morille & Musy, 2017), **Španije** (Karimi & Mohammad, 2022; Sanchez Jimenez & Ruiz de Adana, 2024), **Slovenije** (Pogačar i dr., 2019a; 2019b; Žiberna & Ivajnskič, 2018), **Hrvatske** (Boras i dr., 2024; Nimac i dr., 2021; 2022; Zainović, 2013; Zainović & Matzarakis, 2014; Žgela i dr., 2024a; 2024b), **Turske** (Cetin, 2019; Toy & Matzarakis, 2017), **Češke** (Geleti i dr., 2018; 2019; 2020; Lehnert i dr., 2020; Urban & Kysely, 2014), **Poljske** (Blazejczyk & Matzarakis, 2007; Blazejczyk et al., 2014; Bokwa & Limanowka, 2014; Lindner-Cendrowska, 2013; Tomczyk & Owczarek, 2020), **Mađarske** (Gulyas, 2005; Unger i dr., 2018; Vitt i dr., 2015). Osim toga tu studije koje obuhvataju urbane sredine i drugih zemalja Evrope i sveta poput **Belgije** (Hamdi i dr., 2016), **Rusije** (Rakhmanov i dr., 2018), **Tajlanda** (Phanprasit i dr., 2021), **Kine** (Lai i dr., 2014; Zhang i dr., 2016; 2020; Wu i dr., 2019), **Južne Koreje** (Park i dr., 2014; Shin i dr., 2020), **Brazila** (Bröde i dr., 2012; 2013a), **Argentine** (Kurban, 2017), **Kanade** (Ho i dr., 2016; Mekis i dr., 2015; Park i dr., 2014), **Katara** (Ghani i dr., 2021), **Saudijske Arabije** (Abdel-Ghany i dr., 2013; Setaih i dr., 2013), **Irana** (Aghamolaei i dr., 2020; Farajzadeh i dr., 2015; Ghalhari i dr., 2022; Heidari i dr., 2016; Roshan i dr., 2018; Zare i dr., 2018; 2019), **Moldavije** (Mihaila i dr., 2018). Osim istraživanja koja su se bavile pitanjem STK u lokalnom

kontekstu, od značaja su i ona naučna istraživanja koja su temi termalnog komfora prilazila iz mnogo šireg regionalnog konteksta, kao i ona koja su se bavila komparativnom analizom STK različitih područja širom Evrope i sveta, koja nam na taj način daju uvid u globalne i regionalne trendove (Błażejczyk, K. & Błażejczyk, A., 2014; Błażejczyk i dr., 2020; Di Napoli i dr., 2018; Kolendowicz i dr., 2017; Lam & Lau, 2018; Nam i dr., 2024; Nikolopoulou & Lykoudis, 2006; Lehnert i dr., 2021; Tomczyk, 2016).

Predlog mera za ublažavanje efekata "*urbanog pregrevanja*" centralnog područja grada Rima (Italija) dali su Battista i dr. (2019), a kao indikator spoljašnjeg termalnog komfora primenili su indeks UTCI. Salata i saradnici (2016) sprovedi su jednogodišnje istraživanje, gde su osim ocene STK primenom indeksa PET, sprovedi i dubinski intervju na uzorku od 1000 ispitanika/ca, kako bi dobili detaljniji uvid u ličnu percepciju i doživljaj termalnog komfora građana-korisnika prostora. Sanchez Jimenez & Ruiz de Adana (2024) pratili su periode tokom toplotnih talasa leta 2023.godine koji su snažno pogodili Španiju, sa ciljem da istraže na koji način toplotni stres pogađa građane Kordobe, grada u Andaluziji (Španija), a kao indikatore koristili su bioklimatske indekse UTCI, WBGT, PET i SET, kako bi što preciznije opisali efekat urbanog ostrva toplote. Termalni komfor istorijskog jezgra Sevilje i Madrida (Španija) tokom perioda 2010-2020.godine istraživali su Karimi & Mohammad (2022), koji su pored eksperimentalnih merenja, sprovedi i anketno istraživanje među turistima, s obzirom da su oba grada izuzetno posećene turističke destinacije na međunarodnom nivou, a da se poslednjih godina suočavaju sa ozbiljnim klimatskim izazovima tokom letnjih meseci.

Uticaj toplotnog stresa na javno zdravlje na području pet francuskih gradova (Pariz, Lion, Nant, Strazbur i Limož) tokom perioda 1979-2002.godina istraživali su Di Napoli i dr. (2019), pri čemu su kao meru toplotnog stresa koristili indeks UTCI. Takođe, autori su predložili da se u postojeći nacionalni "*sistem upozorenja na toplotne talase*" integriše i UTCI, kao jedan od veoma efikasnih pokazatelja toplotnog stresa na otvorenom. Tri različite strategije za adaptaciju grada Liona na izmenjene klimatske uslove, kao i mere za unapređenje termalnog komfora predstavili su Morille & Musy (2017). Kako ublažiti efekat urbanog ostrva toplote u Tuluzu (Francuska) tokom letnjih meseci ispitali su Martins i dr. (2016) i tom prilikom predložili niz mera i intervencija u urbanom prostoru koje bi mogle doprineti održivosti i klimatskoj otpornosti ovog grada.

Značajno je i istraživanje grupe autora Pantavou i dr. (2013), koji su ispitali termalni komfor na prostoru grada Atine (Grčka), gde su osim meteoroloških merenja i određivanja vrednosti UTCI indeksa, sprovedi i terensko anketno ispitivanje, kako bi stekli detaljniji uvid u to kako različite grupe građana reaguju na isto termalno okruženje - da li se i na koji način razlikuje individualni toplotni osećaj pojedinaca. Rezultati analize ukazali su na važnost procene termalnog komfora, odnosno toplotne senzacije u uspostavljanju efikasnog sistema upozoravanja na zdravstvene rizike, te ključnu ulogu u projektovanju javnih gradskih površina sa ciljem unapređenja kvaliteta života u urbanim sredinama – što autori navode kao najveći doprinos ovog naučnog rada. Termalni komfor i toplotni stres u Atini bio je predmet istraživanja i autora Theoharatos i dr. (2010) i Giannopoulou i dr. (2014) koji su za tu priliku primenili indekse HL (toplotno opterećenje) i Humideks, kako bi predstavili na koji način temperatura, vlažnost vazduha i toplotni talasi utiču na zdravlje i kvalitet života u glavnom gradu Grčke. Tsoka i dr. (2017) bavili su se urbanom morfologijom Soluna (Grčka) i predložili različite scenarije urbanih intervencija sa ciljem unapređenja mikroklimatskih karakteristika grada. Bleta i saradnici (2017) analizirali su

tridesetogodišnji (1975-2004.godina) spoljašnji termalni komfor ostrva Krit (Grčka) na osnovu meteoroloških podataka prikupljenih na 10 stanica širom ostrva. Krit je izabran kao jedan od najznačajnijih turističkih destinacija Grčke. Predlog modela planiranja javnih gradskih prostora u kombinaciji sa bioklimatskim kriterijumima u projektovanju na primeru grada Drama (severoistočni deo Grčke), predstavili su Georgi & Sarikou (2006). U kontekstu uloge i prednosti primene bioklimatskih indeksa (pre svega UTCI) u urbanističkom planiranju i dizajnu javnih gradskih prostora, u međunarodnoj naučnoj zajednici značajna su istraživanja autora Bröde i dr. (2012, 2013). Oni su ispitali uslovljenost morfologije grada, mikroklimе i termalnog komfora grada Kuritibe (Brazil), a kako bi definisali optimalni raspon vrednosti *termalne udobnosti* odnosno komfora sprovedli su i istraživanje *ličnih percepcija* na reprezentativnom uzorku koji je uključivao 944 muškaraca i 710 žena različite starosne dobi.

Spoljašnji termalni komfor u urbanim sredinama Hrvatske počinje sve više da zaokuplja pažnju naučne zajednice. Prvu dugoročnu analizu termalnih karakteristika devet najvećih urbanih područja Hrvatske korišćenjem podataka daljinske detekcije, gde su određene i lokalne klimatske zone (LKZ) sprovedli su Žgela i saradnici (2024). Termalni komfor, mikroklimatske karakteristike i urbano ostrvo toplote grada Zagreba istraživali su Nimac i dr. (2021; 2022) i Žgela i dr. (2024). Žgela i saradnici (2024) ukazali su na ulogu zelene i plave infrastrukture u unapređenju urbane otpornosti Zagreba na posledice klimatskih promena. Prema rezultatima istraživanja, gradski parkovi, ulice sa drvodredima i područja u zoni plave infrastrukture imali su u proseku za 1.5°C-3°C nižu temperaturu u odnosu na gusto izgrađene zone, u posmatranom periodu. U pojedinim slučajevima, u periodu najviših izmerenih temperatura, u najtoplijim delovima dana razlika u temperaturi iznosila je čak i 9°C. Jedna od najznačajnijih turističkih destinacija jadranske obale – grad Dubrovnik bio je predmet bioklimatske studije autorke Boras i saradnika (2024). Rezultati analize ukazali su na značajne trendove u pojačavanju intenziteta termalnog opterećenja, što će uz uticaj izmenjenih klimatskih uslova u velikoj meri uticati na stanovnike i posetioce ovog grada. Urbani centri Slovenije, poput Brnika i Maribora su takođe bili predmet bioklimatskih studija, gde su autori fokus svog rada usmerili ka ispitivanju uticaja toplotnog stresa na radnike na otvorenom, turiste i opštu populaciju (Pogačar i dr., 2019a; 2019b, Žiberna & Ivajnsi, 2018).

Koliko značajnu ulogu u regulaciji urbanog termalnog komfora ima vegetacija pokazali su Lehnert i dr. (2020) na primeru četiri češka grada (Brno, Olomouc, Ostrava i Plzen): na osnovu dnevnih merenja koja su sprovedena tokom jula i avgusta 2018. i 2019.godine, autori su utvrdili da travnate površine snižavaju vrednost indeksa UTCI do 2.3°C, dok zone sa visokom vegetacijom (drvećem) beleže i do 10.5°C niže vrednosti UTCI. Takođe, autori su naglasili "*rashladni*" efekat elemenata zelene infrastrukture i pozvali nadležne da inkorporiraju zelenu infrastrukturu i termalni komfor kao instrumente klimatske adaptacije u urbanističko planiranje. Prostorno-vremensku varijabilnost toplotnog stresa na primeru gradova Praga i Brna analizirali su Geletič i saradnici (2020). Mapiranje *lokalnih klimatskih zona* (LKZ) i analizu njihove uloge u urbanom planiranju grada Brno sprovedli su Geletič i dr. (2018, 2019).

Vremenske prilike i termalni komfor na otvorenom u funkciji planiranja razvoja turizma analizirani su za područje više različitih regiona u okviru tri evropske države (Ukrajine, Poljske i Srbije). Istraživanje je obuhvatilo period od 2000. do 2017.godine, a za potrebe bioklimatske studije primenjen je indeks WSI (Błażejczyk, A. i dr., 2021). Sektor turizma je još jedan od sektora gde istraživanja spoljašnjeg termalnog komfora mogu dati

značajan doprinos, posebno u kontekstu prilagođavanja turističkih delatnosti klimatskim promenama. To je pokazalo opsežno istraživanje koje su sveli Nam i saradnici (2024), kada su analizirali STK na području primorskih regija četiri evropske države (Nemačke, Italije, Francuske i Španije), korišćenjem indeksa UTCI. Kroz rad ukazali su na postojeće trendove, kao i moguće načine na koji će pojačani toplotni stres, naročito tokom letnjeg dela godine u budućnosti uticati na turistički sezonu. Da pitanje termalnog komfora na otvorenom nije pitanje samo toplijeg dela godine, pokazali su Toy & Matzarakis (2017) koji su primenili indeks PET u kvantifikaciji bioklimatskih uslova grada Erzurum u funkciji kandidature ovog turskog grada kao lokacije za održavanje zimskih Olimpijskih igara 2026.godine. Autori su ukazali na potrebu za sprovođenjem detaljnih bioklimatskih studija prilikom odabira lokacija za održavanje "mega događaja" poput OI ili drugih sportskih događaja u organizaciji različitih međunarodnih sportskih federacija (FIFA, UEFA, FIBA, FIS). U tom kontekstu, potrebno je izdvojiti još jedno istraživanje termalnog komfora u funkciji pripreme i održavanja Svetskog prvenstva u fudbalu 2022.godine u Kataru, kada su autori Ghani i dr. (2021) sveli vrlo detaljnu biometeorološku analizu na lokalitetu *Međunarodni stadion Halifa*. S obzirom na vrlo karakterističnu klimu podneblja (topla i suva klima), veliki broj stranih posetilaca nenaviknutih na lokalne klimatske uslove i značajan fiziološki napor sportista, bilo je potrebno uzeti u obzir toplotni stres, čija je evaluacija sprovedena primenom više bioklimatskih indeksa (Humideks, WBGT, SET i UTCI).

Osim uloge u urbanom planiranju, razvoju turizma, bioklimatske studije pokazale su se veoma značajnim i u istraživanjima uticaja klimatskih promena na javno zdrave i pojave zdravstvenih rizika uzrokovanih prekomernom toplotom. Koristeći meteorološke podatke i podatke o mortalitetu u 41 evropskoj prestonici tokom perioda 1979-2016.godina, Di Napoli i saradnici (2018) su uočili visok stepen korelacije između toplotnih talasa, visokih vrednosti indeksa UTCI i visokih stopa mortaliteta u čak 17 zemalja koje su češće beležile tzv. *jak toplotni stres*.

Iako smo u dosadašnjem tekstu uglavnom prikazali rezultate istraživanja sa prostora Centralne, Južne i Jugoistočne Evrope, bioklimatske studije su takođe podjednako zastupljene i u drugim delovima sveta. Tako su, bioklimatske karakteristike područja koje obuhvata zonu južnog Baltika u periodu 1981-2014.godina analizirali Kolendowicz i dr. (2017), a kao indikator korišćen je indeks UTCI. Dalje, Mölders (2019) je svela opsežnu bioklimatsku analizu koristeći podatke sa čak 456 meteoroloških stanica na području Aljaske, istočne Rusije i severozapadne Kanade, tokom perioda 1979-2017.godina. Za potrebe modelovanja autorka je primenila indeks UTCI. Komparativnu analizu uticaja urbane mikroklimе na termalni komfor u različitim geografskim sredinama na primeru dva grada: Nanajmo (Kanada) i Čangvon (Južna Koreja) sveli su Park i saradnici (2014), a kao meru toplotnog stresa koristili su indeks UTCI. Takođe, autori su ukazali na veliku prednost bioklimatskih mapa, odnosno karata u urbanističkom planiranju. Mapiranjem urbanog ostrva toplote u region Vankuvera (Kanada) u funkciji planiranja urbanih predela bavili su se Ho i saradnici (2016), a kao indikator termalnog komfora korišćen je indeks Humidex. Mekis i dr. (2015) istraživali su klimatske trendove, kao i tople i hladne talase na području Kanade, na osnovu meteoroloških podataka prikupljenih na 126 klimatoloških stanica u periodu 1953-2012.godina. Za evaluaciju toplih talasa korišćen je indeks Humideks, dok je za hladne talase korišćen indeks WCI (engl. *Wind Chill Index*). Spoljašnji termalni komfor na lokalitetima gradskih parkova u gradu Čengdu (pokrajina Sečuan) ispitali su Zhang i dr. (2020) sa ciljem boljeg razumevanja uloge zelenih površina u izgradnji otpornosti

kineskih gradova na klimatske promene. Tom prilikom izdvojili su indekse UTCI i PET, kao dva bioklimatska indeksa koja su davala najpotpuniji uvid u generalnu sliku termalnog okruženja, a takođe ponudili su niz mera za optimizaciju urbanog planiranja u uslovima klimatskih promena. Sprega pojave različitih zdravstvenih rizika, oboljenja i nepovoljnog termalnog komfora u uslovima visokih temperatura i visoke vlažnosti vazduha istraživana je na prostoru najnaseljenije kineske provincije (pokrajine) Guangdong tokom perioda 2010-2012.godine. Rezultati studije ukazali su na prednosti korišćenja indeksa Humideks u periodima visoke ranjivosti, posebno kod osetljivih grupa, poput dece ispod 15 godina (Zhang i dr. 2016).

Istraživanja spoljašnjeg termalnog komfora na području zemalja Zapadnog Balkana

Spoljašnji termalni komfor u urbanim sredinama zemalja Zapadnog Balkana postao je predmet istraživanja u brojnim naučnim studijama, naročito nakon 2010.godine. Dunjić (2019) je u svom preglednom radu, prikazala 120 naučnih radova i studija koje su izrađene za urbana područja 11 zemalja Centralne i Jugoistočne Evrope, u periodu 2010-2019.godina, među kojima su brojne studije potekle baš od istraživača iz zemalja Zapadnog Balkana (Severne Makedonije, Albanije, Bosne i Hercegovine, Srbije i Crne Gore). Jedno od značajnih istraživanja regionalnog karaktera sprovedi su Đurđević i saradnici (2023) koji su se bavili analizom bioklimatskih uslova u urbanim sredinama na prostoru zemalja zapadnog dela Balkanskog poluostrva. Bioklimatska studija zasnovana je na podacima zabeleženim na meteorološkim stanicama u 32 grada na teritoriji pet država (Srbija, Slovenija, Hrvatska, Bosna i Hercegovina i Crna Gora) tokom perioda 2000-2020.godina. Tom prilikom primenjen je bioklimatski indeks *Fiziološka ekvivalentna temperatura* (engl. *Physiological Equivalent Temperature, PET*), a korišćeni meteorološki podaci su bili oni izmereni u 07h, 14h i 21h. Rezultati studije pokazali su značajne trendove rasta godišnjih vrednosti indeksa PET na čak 18 odabranih lokacija (među kojima je i Beograd), posebno kada govorimo o vrednostima indeksa u 07h i 14h. Kada posmatramo Beograd u kontekstu ovog istraživanja, značajni trendovi rasta godišnjih vrednosti PET indeksa registrovani su čak i u večernjim časovima (21h). Osim Beograda, i drugi urbani centri Srbije beleže visoke trendove poput Vranja gde je vrednost ovog indeksa tokom posmatranog perioda rasla po stopi od 4.5°C/20 god. Ako posmatramo rezultate sezonske analize, uočavamo da se trendovi zabeleženi na godišnjem nivou prenose i na sezonski nivo (godišnja doba), pa je tako trend rasta letnjih vrednosti indeksa PET u Beogradu dosegao i 3.5°C/20 god.

Spregu spoljašnjeg termalnog komfora i bioklimatske arhitekture na primeru grada Ulcinja (Crna Gora) analizirao je Bajčinovci (2017). Drugi gradovi Crne Gore bili su takođe predmet bioklimatskih i mikroklimatskih studija, poput Podgorice, gde su Bačević i dr. (2020) analizirali trendove temperature vazduha tokom perioda 1947-2018.godina, tokom kog je utvrđeno da je srednja godišnja temperatura u ovom gradu porasla za čak 1.4°C, srednja maksimalna temperatura za 2.5°C, a srednja minimalna za 0.6°C, što se neminovno odrazilo i na vrednosti STK. Burić & Doderović (2019) analizirali su vrednosti nekoliko meteoroloških parametara izmerenih u Podgorici tokom perioda od 1951. do 2018.godine, pri čemu su utvrdili da je intezitet UOT Podgorice iznosio prosečno 0.7°C, a da je najviši bio tokom zimskih meseci sa 0.8°C. Indeks TCI u valorizaciji turističkih centara Crne Gore primenili su Joksimović i saradnici (2013). Dervishi i dr. (2012) ispitivali su intezitet urbanog ostrva toplote i termalni komfor tokom letnjih meseci u gusto izgrađenoj zoni Tirane (Albanija). Radom su potvrdili ulogu vegetacije u regulaciji termalne nelagode i ponudili set mera za

regulaciju STK. Ulogu spoljašnjeg termalnog komfora u funkciji bioklimatskog dizajna javnih površina, na primeru istorijskog jezgra Tirane istraživali su Fintikakis i saradnici (2011). Intezitet urbanog ostrva toplote na području grada Skoplja (Severna Makedonija) tokom letnjih meseci u periodu 2013-2017.godina analizirali su Kaplan i dr., (2018), pri čemu su takođe ispitali na koji način zelene površine mogu doprineti ublažavanju UOT i unapređenju STK u centralnoj zoni makedonske prestonice. Do sličnih nalaza došli su Bukovetz i saradnici (2023) koji su takođe sprovedeli analizu intenziteta UOT grada Skoplja merenjima koja su sprovedena na više lokacija u centralnom gradskom području tokom jula 2022.godine.

Savić i saradnici (2022) sprovedli su opsežnu bioklimatsku studiju grada Banja Luke (BiH), zasnovanu na dnevnim meteorološkim podacima koji su prikupljeni tokom perioda 1961-2020.godina, primenom bioklimatskih indeksa PET, UTCI i srednje temperature zračenja (engl. *Mean Radiant Temperature, Tmrt*), koja je ukazala na značajne izmene urbane mikroklimе i pojačanog toplotnog stresa. Rezultatima ovog istraživanja zabeležen je porast broja dana sa “veoma jakim i jakim” toplotnim stresom, čiji je broj dana 5 puta veći u odnosu na prosek tokom 1970-tih i 1980-tih godina. Istovremeno, zabeležena je tendencija opadanja broja dana sa “jako hladnim” stresom, naročito tokom poslednje dve decenije. To potvrđuju nalazi koji su predstavili Popov i dr. (2023) kroz analizu dugoročnih klimatskih trendova za grad Banja Luku, tokom perioda 1961-2022.godina. Srednja, minimalna i maksimalna temperatura vazduha u Banja Luci pokazuje značajne trendove rasta: tako npr. srednja godišnja temperatura u ovom gradu raste stopom od 0.51°C/10god. Ukoliko posmatramo vrednosti na sezonskom nivou, najbrže rastu letnje temperature po stopi od 0.68°C/10god, ali i zimske sa trendom od 0.57°C/10god. Prolećne i jesenje vrednosti temperature vazduha u Banja Luci ostvarile su gotovo indentičan trend od 0.35°C/10god. Minimalne i maksimalne temperature rastu po stopi od 0.50°C/10god, odnosno 0.63°C/10god. Analizu termalnih karakteristika grada Banja Luke i urbanog ostrva toplote primenom daljinske detekcije proveli su Ivanišević i dr. (2024). Slična istraživanja sprovedena su za područja grada Sarajeva (Mulahusić i dr. 2018) i Mostara (Duplančić-Leder & Leder, 2018). Trendove ekstremnih temperatura u Mostaru, korišćenjem 18 različitih indeksa za period 1961-2016.godina odredili su Popov i saradnici (2017).

Ne smemo izostaviti ni izuzetan doprinos doktorske disertacije Popov T. (2017) koja je dubinski determinisala uticaj savremenih kolebanja klime na razvoj i rasprostranjenje vegetacije na prostoru Republike Srpske. Bioklimatske prilike gradskih i prigradskih područja Bosne i Hercegovine u periodu 2001-2020.godine, na primeru Sarajeva i Banja Luke, analizirala je Malinović-Milićević (2023) primenom indeks mPET. Dalje, STK urbanih centara Republike Srpske (BiH) proučavan je i za područje grada Bijeljina (Đurić & Topalić-Marković, 2019) i Ugljevika (Đurić i dr., 2021), kao i na području regije Semberija (Đurić, 2023). Lukić i Đurić (2021) su sprovele komparativnu analizu STK urbanih centara Bijeljine (BiH) i Loznice (RS) tokom destogodišnjeg perioda (2009-2018.godina) i tom prilikom koristile su indeks UTCI. Uticaj urbanizacije na termalni komfor Bijeljine ispitala je Đurić (2021), kada je za određivanje stepena termalne nelagode na otvorenim gradskim površinama primenila indeks toplotnog opterećenja (HL). Šušnjar i Pecelj (2014) su ispitivale bioklimatske karakteristike planine Bjelašnice (BiH) i tom prilikom primenile su sledeće bioklimatske i termofiziološke indekse: Subjektivna temperatura (STI), Fiziološka subjektivna temperatura (PST), Fiziološko naprezanje (PhS), Toplotno opterećenje u čoveku (HL) i Indeks vremenske podobnosti (WSI), koji su određeni na osnovu mesečnih vrednosti meteoroloških parametara

zabeleženih u periodu 2000-2010.godina. Istraživanjem su određeni periodi tokom godine kada preovladavaju optimalni uslovi za boravak na otvorenom, sport i rekreaciju. Bioklimatske karakteristike Banja Luke (BiH) istraživala je Pecelj (2013) u svrhe zdravstveno-rekreativnog turizma, s obzirom da se u neposrednoj okolini grada nalaze tri banje. Bioklimatska slika određena je na osnovu četiri bioklimatska indeksa (STI, PST, HL i PhS) za period 1961-1990.godina, gde su posebno izdvojena dva karakteristična meseca (januar kao predstavnik zimskih i jul kao predstavnik letnjih meseci). Bioklimatska procena vremenskih uslova za potrebe rekreacije u zdravstvenim centrima i banjanskim lečilištima Banja Luke, sprovedena je i za period nakon 2000.godine, te je istraživanje Pecelj M. i saradnika (2010) obuhvatilo letnju sezonu (jul i avgust) tokom petogodišnjeg perioda (2000-2004.godina), a tom prilikom primenjen je indeks Humidex, koji se pokazao posebno pogodnim za evaluaciju toplih i vlažnih delova godine. Bioklimatska vremenska klasifikacija za potrebe banjanskog turizma sprovedena je i za teritoriju grada Doboja (Pecelj i dr., 2011). Jahić & Mezetović (2014) ispitali su uticaj klimatskih prilika na planiranje i razvoj turističke delatnosti na primeru kanjona Neretve (BiH), a analiza je sprovedena primenom indeksa TCI (turistički klimatski indeks).

Bioklimatske studije i istraživanja spoljašnjeg termalnog komfora u Republici Srbiji

Bioklimatska i mikroklimatska istraživanja urbanih sredina, ali i širih područja postaju sve češće predmet istraživanja domaćih autora i autorki, te u domaćoj naučnoj i stručnoj literaturi možemo primetiti porast broja bioklimatskih studija. Oblasti iz kojih nam ove studije dolaze su raznolike: od prostornog i urbanističkog planiranja, zelene arhitekture, bioklimatskog dizajna, preko javnog zdravlja, turizma, sporta i rekreacije i dr. Njihova raznolikost upravo ukazuje na široku primenu bioklimatskih indeksa i brojne prednosti istraživanja i razumevanja termalnog komfora na otvorenom. Osim broja naučnih radova, raste i broj odbranjenih doktorskih disertacija koje su posvećene ovoj tematici.

Stojićević (2016) se u svojoj doktorskoj disertaciji bavio analizom bioklimatskih karakteristika Zapadne Srbije u funkciji turizma, primenom dva bioklimatska indeksa: UTCI (Univerzalni Termalni Klimatski Indeks) i PET (Fiziološka ekvivalentna temperatura), a sa ciljem uspostavljanja polazne tačke za buduća istraživanja međusobne uslovljenosti klime i turizma na određenom prostoru, kao i ukazivanja na značaj bioklimatskih indeksa u sferi informisanja potencijalnih turista i posetilaca o stepenu (ne)povoljnosti klimatskih uslova na konkretnom turističkom lokalitetu. Analiza bioklimatskih uslova, posebno za Banju Koviljaču, kao jednog od značajnijih turističkih lokaliteta zdravstvenog turizma Zapadne Srbije, pokazala je značajan rastući trend za ekstremno visoke vrednosti razmatranih indeksa i letnjih anomalija PET indeksa, kao i značajni trend u broju toplotnih talasa – što će se svakako odraziti i na samu turističku delatnost, te će planiranje razvoja turizma na ovom prostoru biti jako važno usklađivati sa klimatskim i bioklimatskim trendovima.

Bajšanski (2016) je svoju doktorsku disertaciju posvetila istraživanju koje je imalo za cilj kreiranje algoritma za unapređenje spoljašnjeg termalnog komfora urbanih sredina primenom “*parametarskog modelovanja softverom koji je posebno namenjen za date svrhe*”. Autorka navodi da je prednost primene takvog algoritma u tome što je omogućena efikasna “*evaluacija nivoa termalne senzacije u područjima velikih razmera*”. Za procenu termalnog komfora na otvorenom, Bajšanski je koristila indeks UTCI. Zaključci istraživanja ukazali su na prednosti korišćenja bioklimatskih indeksa i sličnih

algoritama, posebno u fazama ranog planiranja i projektovanja kako bi se kreirali povoljniji, održiviji i adaptabilni urbani prostori.

Afirmaciji bioklimatskih istraživanja u oblasti planiranja razvoja banjskih i turističkih lokaliteta doprineli su Pecelj i saradnici (2018), svojom analizom bioklimatskih karakteristika Loznice i pripadajuće joj Banje Koviljače. Za potrebe analize autori su koristili dnevne meteorološke podatke tokom 2016.godine na osnovu kojih su izvedene vrednosti indeksa HL i PhS. Dodatno, nastavkom istraživanja Pecelj i saradnici (2018) su pokazali da je još jedna od prednosti bioklimatskih analiza to što se one mogu vrlo lako kombinovati sa drugim metodama geoekološkog vrednovanja predela, pa su za potrebe geoekološke evaluacije Loznice i okruženja primenili *V-Wert metod*, kao i indeks UTCI za određivanje stepena termalnog komfora tokom letnjih meseci, s obzirom da se tada beleži najveći broj turista i posetilaca na ovom području. Isto područje istraživale su Lukić M. i Lukić A. (2018) koje su ispitivale uticaj bioklimatskih uslova tokom leta na pojavu zdravstvenih rizika na teritoriji grada Loznice.

Milošević (2018) je za potrebe istraživanja urbane bioklime i spoljašnjeg termalnog komfora na primeru Novog Sada, primenio bioklimatske indekse PET i UTCI i ujedno je želeo da ispita da li postoje razlike u lokalnoj klimi na mikrolokacijama u različitim delovima grada. Rezultati predstavljeni u okviru ove doktorske teze pokazuju da se *lokalne klimatske zone* (LKZ), definisane na prostoru Novog Sada, najviše razlikuju po broju tropskih noći, koje su učestalije i intenzivnije u gustoizgrađenim, centralnim delovima grada, nasuprot onim delovima urbanog okruženja u kojima je znatno više zelenih površina. Razlike u stepenu termalnog komfora gusto izgrađenih delova Novog Sada i onih u kojima dominira zelenilo, tokom toplotnih talasa iznosile su i do 8°C PET, dok su tokom hladnih talasa te razlike za indeks UTCI iznosile i do 9°C. Osim toga, termalni komfor, bioklimatske i mikroklimatske karakteristike Novog Sada detaljno su ispitivani u većem broju istraživačkih radova (Bajšanski i dr. 2015; Basarin i dr. 2016; Basarin i dr., 2017; Lukić i dr. 2021; Milošević, 2018; Milošević i dr. 2020; Pecelj i dr. 2017a; 2017b, Pecelj i dr. 2020; Savić i dr., 2019; Savić i dr., 2020, Savić i dr. 2023). Na prostoru AP Vojvodina, značajno je istraživanje mikroklimatskih i bioklimatskih uslova na području lokaliteta Srednja Mostonga, Miloševića i saradnika (2020).

Termalni diskomfor tokom letnje sezone u Nišu u periodu 1998-2017.godina bio je predmet istraživanja autorke Lukić M. i saradnika (2019). Procenu bioklimatskih uslova grada Vranja primenom indeksa UTCI za period 2000-2017.godina sprovedi su Pecelj i dr. (2021). Drljača, Tošić i Unkašević (2009) su primenile indeks HWDI (indeks trajanja toplotnog talasa), kako bi analizirale toplotne talase u Beogradu i Nišu, te odredile njihovu dužinu i jačinu tokom zimske i letnje sezone. Autorke su utvrdile da nakon 1980-tih godina toplotni talasi u ova dva grada postaju sve češći, dok su se pre 80-tih godina prošloga veka javljali jednom u dve, odnosno tri godine. Termalni komfor na otvorenim gradskim trgovima u Nišu i Leskovcu analizirali su Đukić i saradnici (2017) primenom indeksa PET. Prognoziranje spoljašnjeg termalnog komfora na primeru grada Niša bilo je predmet studije Bogdanović-Protić i saradnika (2016), koji su u svom radu predložili model uređaja koji je dovoljno efikasan za predviđanje STK u urbanim prostorima, mereno indeksom PET.

Beograd, kao najveće i najznačajnije urbano područje Srbije bio je predmet brojnih klimatskih i bioklimatskih studija. Lukić i Đurić (2023) su analizirale 30-to godišnji termalni komfor u Beogradu na sezonskom nivou, na osnovu dnevnih meteoroloških

merjenja i bioklimatskog indeksa UTCI. Lukić i Milovanović (2020) su se bavile istraživanjem spoljašnjeg termalnog komfora na osnovu UTCI u centralnoj urbanoj zoni Beograda tokom letnjih meseci dvadesetogodišnjeg perioda. Lukić M. (2019) je ispitala uticaj temperature i vlažnosti vazduha na termalni komfor Beograda korišćenjem bioklimatskog indeksa Humideks tokom perioda 1999-2018.godina. Pecelj i saradnici (2021) su analizirali razlike u bioklimatskim uslovima gradskih i prigradskih sredina na primeru Beograda, gde su poredili mesečne, sezonske i godišnje vrednosti indeksa PET, mPET i UTCI dobijenih na osnovu setova meteoroloških podataka tokom 43 godine (1976-2018.godina) koji su izmereni na dve meteorološke stanice (Beograd i Surčin). Bioklimatske karakteristike tri najveća urbana centra Srbije (Beograda, Novog Sada i Niša) komparativno su analizirana u studiji koju su sprovedi Lukić i saradnici (2021), sa ciljem sagledavanja spoljašnjeg termalnog komfora tokom različitih sezona u različitim geografskim sredinama u periodu 1999-2018.godina.

Dalje, bioklimatske i biotermalne uslove u različitim geografskim sredinama Srbije ispitali su Pecelj i saradnici (2012, 2017), poredeći urbane sredine (Beograd) i brdsko-planinska područja (Zlatibor) tokom leta (jula meseca) u periodu 2000-2010.godina. Park prirode Zlatibor i spoljašnji termalni komfor tokom šestogodišnjeg perioda (2012-2017.godina) jednog od najznačajnijih turističkih centara Zapadne Srbije, bili su predmet istraživanja autorke Lukić i saradnika (2019). Bioklimatske karakteristike Zlatibora tokom perioda od 1992. do 2013.godine u funkciji razvoja turističkih i rekreativnih aktivnosti analizirali su Basarin i dr. (2018), a tom prilikom za određivanje STK koristili su indekse PET, UTCI, CTIS i WSI. Evaluaciju spoljašnjeg termalnog komfora turističko-skijaškog centra Kopaonik, koji ujedno nosi i status gradskog naselja, tokom perioda od 30 godina (1991-2020.) sprovedi su Malinović-Milićević i dr. (2023), primenom indeks PET, mPET i UTCI i tom prilikom ukazali na potencijalnu ulogu STK u razvoju novih strategija za razvoj alternativnih vidova planinskog turizma u uslovima klime koja se menja i direktno pogađa planinske turističke centre koji su prevashodno orjentisani ka zimskom turizmu. Prostornu-vremensku varijabilnost indeksa TCCI tokom perioda 2001-2010.godina analizirali su Anđelković i saradnici (2016), koji je određen na osnovu meteoroloških parametara prikupljenih sa 26 meteoroloških stanica širom Srbije. Na kraju treba izdvojiti i sveobuhvatno istraživanje bioklimatskih uslova na području Republike Srbije koje je bilo zasnovano na meteorološkim podacim prikupljenim tokom 20 godina (2000-2020) na 47 meteoroloških stanica širom zemlje (Milošević i dr., 2023). Tom prilikom odabrani su biometeorološki indeksi Humideks, PET i UTCI za potrebe evaluacije dugoročnih i kratkoročnih biometeoroloških prilika.

Istraživanja uticaja klime na javno zdravlje

Klima i javno zdravlje su neraskidivo povezani, a promene u globalnim klimatskim obrascima sve više oblikuju naše okruženje i utiču na zdravlje, osećaj blagostanja i bezbednosti širom sveta. Ekstremne vremenske prilike, toplotni talasi, suše i poplave povećavaju rizik od pojave različitih bolesti i zdravstvenih stanja. Zbog toga, *klimu možemo posmatrati kao jedan od ključnih faktora javnog zdravlja* u XXI veku. *Svetska zdravstvena organizacija* (WHO) prepoznaje klimatske promene kao jedan od najvećih izazova i pretnju po globalno zdravlje. Prema navodima WHO, očekuje se da će samo u periodu 2030-2050.godina klimatske promene uzrokovati dodatnih 250 000 smrtnih slučajeva godišnje na svetskom nivou, kao rezultat posledica neuhranjenosti, zaraznih bolesti i toplotnog stresa. WHO takođe procenjuje da će direktni troškovi ugroženog

javnog zdravlja na globalnom nivou iznositi između 2-4 milijarde US dolara samo do 2030.godine. Kako se područje Republike Srbije nalazi u zoni „*vrućih tačaka*” – regiona koji su intenzivnije pogođeni klimatskim promenama, očekuje se da će se posledice po zdravstveni sistem osećati i u našoj zemlji. *Procena zdravstvenih rizika i ranjivosti u Srbiji nije sistemski sprovedena*, ali postojeći podaci ukazuju na visok stepen ranjivosti koja se javlja usled nepovoljne ekonomske i socijalne situacije, nepovoljne starosne strukture i nepostojanja adekvatnog i efikasnog „*sistema za rano upozoravanje i reagovanje*”. Procene su da će udeo stanovništva koji će osećati zdravstvene posledice klimatskih promena u Srbiji iznositi 45%-55%, dok će procenat onih koji će se nalaziti u „*ekstremno visokom riziku*” iznositi 20%-30%. Najugroženije će biti gradsko stanovništvo (Paunović, 2024). Kao posebno osetljiva grupa (pored hroničnih bolesnika, starih, dece, žena) prepoznati su i radnici na otvorenom. Ipak, Republika Srbija „*pati od hroničnog*” nedostatka istraživanja i preciznih podataka o uticaju klimatskih promena na zdravlje zaposlenih (Bulat, 2024). Takođe, kada govorimo o posebno osetljivim društvenim grupama, moraju se izdvojiti socijalno ugrožene i marginalizovane osobe, siromašni, osobe u situaciji beskućništva. U takvim uslovima, socijalne nejednakosti se dodatno produbljuju.

Autorke Obradović-Arsić i Gledović (2012) u udžbeniku „*Medicinska geografija*”, analizirajući uticaj klime na javno zdravlje ukazuju na to da i pored adaptibilnosti čovekovog organizma na klimatske uslove u spoljašnjoj sredini, promene klimatskih elemenata, posebno one nagle i intenzivne poput ekstremnih vremenskih prilika mogu dovesti do „*narušavanja procesa termoregulacije organizma, ali i do čitavog niza biohemijskih promena u čovekovom telu, što vodi ka cikličnim patološkim reakcijama, kako somatske, tako i psihičke prirode*”. Razlika u stepenu intenziteta pomenutih reakcija zavisi od starosne dobi, pola, uzrasta, zdravstvenog stanja osobe i drugih faktora, pa tako postoje one grupe koje su posebno osetljive i izložene zdravstvenim rizicima. Kako bi detaljnije predstavile uticaj klimatskih elemenata na javno zdravlje, Obradović-Arsić i Gledović (2012) analizirale su različite klimatske elemente ponaosob. Tako npr. povezuju uticaj temperature na *morbiditet* i *mortalitet* koji se može pratiti kako na dnevnom, tako i na sezonskom i godišnjem nivou, gde ističu da se tokom perioda visoke temperature, toplotnih talasa i ekstremnih vremenskih prilika javlja najveći broj smrtnih slučajeva. Što se vlažnosti vazduha tiče, i ovaj klimatski element se dovodi u vezu sa termalnim komforom na otvorenom, ali i u ekstremnim slučajevima mortalitetom (Obradović-Arsić & Gledović, 2012). Sam proces hlađenja čovekovog organizma uslovljen je znojenjem, koje je zavisi od količine vlage u vazduhu. Tokom letnjih meseci, kada se uz visoke temperature vazduha javi i visoka vlažnost vazduha, dolazi do pojave koju nazivamo „*omorina*”. Visoka vlažnost vazduha smanjuje mogućnost evaporacije, što u kombinaciji sa visokom temperaturom može dovesti do toplotnog udara (Obradović-Arsić, Gledović, 2012).

Vazdušni pritisak i vetar takođe pripadaju grupi klimatskih elemenata sa značajnim uticajem na termalni komfor i zdravlje čoveka. Kako navode Obradović-Arsić i Gledović (2012) „*tokom perioda niskog vazdušnog pritiska broj hipersenzitivnih kriza može biti dvostruko veći, nego u periodima normalnog vazdušnog pritiska*”. Takođe, potvrđeno je da naglo smanjenje vrednosti vazdušnog pritiska za 10 mb može izazvati fatalne posledice među osetljivim grupama, posebno kada govorimo o hroničnim bolesnicima koji pate od kardiovaskularnih bolesti. Osim toga, nizak vazdušni pritisak može se odraziti i na druge osobe koje ne moraju nužno pripadati nekim od ranjivih grupa. Tada se javljaju blaži simptomi poput glavobolja, iscrpljenosti, reumatskih bolova i sl. Na koji

način vetar utiče na ljudski organizam zavisi pre svega od njegove brzine, ali i kombinacije sa drugim meteorološkim parametrima poput vlažnosti i temperature vazduha. Tokom toplih i veoma toplih dana vetar snižava temperaturu, što dovodi do prijatnijeg osećaja prilikom boravka na otvorenom. Međutim, tokom hladnih dana i niskih temperatura, vetar dodatno pospešuje hlađenje tela, pa je i subjektivni osećaj temperature niži (Obradović-Arsić & Gledović, 2012). Insolacija i oblačnost se takođe uzimaju u obzir kao značajni meteorološki parametri kada se izučava termalni komfor na određenom prostoru. Sunčevi zraci pozitivno deluju na psiho-fizičko stanje čoveka, dok odsustvo svetlosti i višednevna oblačnost mogu dovesti do osećaja umora, pospanosti i apatije (Obradović-Arsić & Gledović, 2012). Toplotni talasi i nagle promene vremenskih uslova mogu biti uzročnik tzv. „*meteorotropnih*“ oboljenja - različitih poremećaja u čovekovom organizmu koja se javljaju usled promene vremenskih prilika na određenoj lokaciji, a na koje ljudsko telo nije uspelo da se adekvatno prilagodi (Obradović-Arsić & Gledović, 2012). Studijom Gradskog zavoda za hitnu i medicinsku pomoć i RHMZ-a SR Srbije su još 1988.godine definisana oboljenja za koje se smatra da su meteorotropna, poput: ishemijske bolesti srca – angina pectoris, akutni infarkt miokarda, druga oboljenja srca poput aritmije i kardiomiopatije, arterijska hiperenzija, cerebrovaskularne bolesti, akutne respiratorne infekcije, bronhijalna astma, reumatska oboljenja, psihoze, povrede u saobraćaju, naprasne smrti i dr.

Na koji način ekstremne temperature i toplotni talasi mogu uticati na zdravlje čoveka, rezultujući najnepovoljnijim – čak i smrtnim ishodom pokazali su autori Stanojević i dr. (2014) u svojoj studiji koja je analizirala uzročno-posledične veze dnevnog mortaliteta i visokih temperatura tokom letnjih meseci u Beogradu, u periodu 2000-2010.godina. Tokom ovog perioda, posebno je izdvojena 2007.godina, kao godina u kojoj je zabeležena najviša ikada izmerena temperatura u Republici Srbiji od 44.9°C (Smederevska Palanka, 24. jula 2007.godine). Srednja letnja temperatura te rekordne 2007.godine bila je za 3°C viša u odnosu na srednju vrednost tokom perioda 1961-1990.godina. Srednja julska je bila viša za čak 3.3°C u odnosu na prosek referentnog perioda 1961-1990.godina za jul mesec. U Beogradu, maksimalna temperatura izmerena tog leta bila je 43.6°C (Tošić & Unkašević, 2013; RHMZ). Upravo je taj datum, kada je izmerena maksimalna temperatura vazduha u Beogradu (24. jul 2007.), bio i dan sa najvišim dnevnim mortalitetom (94 smrtna slučaja – daleko iznad očekivane prosečne dnevne smrtnosti od 55 osoba/danu) (Stanojević i dr., 2014). Generalno, leto 2007.godine ocenjeno je kao izrazito bioklimatski nepovoljno, s obzirom na dva veoma intenzivna toplotna talasa koja su zabeležena tokom letnjih meseci (15.-24.jul i 20-28.avgust) kada je registrovan „*višak smrtnosti*“ sa vrednostima koje su značajno odstupale od očekivanog proseka za dati period (Stanojević i dr., 2014a).

Uticađ ekstremnih vremenskih prilika tokom toplotnog talasa iz jula 2007.godine na dnevni mortalitet u Beogradu ispitivali su i autori Bogdanović i saradnici (2013), koji su došli do sledećih zaključaka: broj smrtnih slučajeva zabeleženih u periodu 16.-24.jula 2007.godine bio je za 38% iznad očekivanog proseka za dati period. Najteže su bili pogođeni najstariji (starosna grupa iznad 75 godina), koji su činili 90% ukupnog broja preminulih. Višak smrtnosti žena bio je dva puta veći u odnosu na višak smrtnosti muškaraca (54% naspram 23%). Kada govorimo o hroničnim bolesnicima, smrtnost obolelih od dijabetesa u ovom periodu bila je viša za 286%, obolelih od hronične bolesti bubrega bila je viša za 200%, od bolesti respiratornog sistema za 73%, dok je smrtnost pacijenata obolelih od bolesti nervnog sistema bila viša za 67%.

Slično istraživanje na području Hrvatske sprovedi su Zainović & Matzarakis (2014) kada su ispitivali povezanost toplotnog stresa i dnevnog mortaliteta u različitim delovima države, tokom perioda 1983-2008.godina. Kao mera toplotnog okruženja korišćen je indeks PET, a dnevni mortalitet je razmatran u četiri grada (Zagreb, Split, Rijeka i Osijek). Rezultati su pokazali da u danima visokih vrednosti indeksa PET dolazi do prevremenih smrti, kao i da je porast mortaliteta najizraženiji tokom prvih 3-5 dana toplotnog talasa. Uticaj termalnog okruženja na dnevni mortalitet u Atini tokom desetogodišnjeg perioda (1992-2001.godina) analizirali su Nastos & Matzarakis (2012), na osnovu podataka o dnevnim maksimalnim i minimalnim temperaturama i broja registrovanih smrtnih slučajeva. Takođe, sprovedi su evaluaciju spoljašnjeg termalnog komfora primenom indeksa PET i UTCI, kako bi dodatno analizirali spregu termalnog komfora i smrtnosti. Nalazi su pokazali, da se dani sa najvišim vrednostima bioklimatskih indeksa poklapaju sa danima u kojima je smrtnost iznad proseka za to doba godine. Na koji način klimatske promene utiču na javno zdravlje stanovnika Severne Makedonije analizirali su Kendrovski i saradnici (2011, 2014). Mortalitet u Skoplju ispoljava izraženu sezonalnost, a najupečatljivija anomalija u istraživanom periodu zabeležena je 2007.godine kada zbog toplotnog talasa bilo proglašeno vanredno stanje. Tokom leta 2007.godine temperature širom Severne Makedonije dostizale su vrednosti od 43°C (najviše vrednosti izmerene su u Đevđeliji 45.3°C i Demir Kapiji 45.7°C) i uzrokovalе više od 1000 slučajeva prevremene smrti (u odnosu na prosek 1994-2008.godine). U Skoplju, leta 2007.godine, srednje mesečne temperature bile su više za 3.4°C, a ukupna smrtnost je bila viša za 16.5%.

Koristeći podatke o dnevnoj smrtnosti u tri najveća urbana centra Srbije (Beograda, Novog Sada i Niša) i poredeći ih sa podacima o vremenskim uslovima, intenzitetu i dužini trajanja toplotnih talasa u toplijem delu godine (period maj-septembar) tokom 2000-2015.godine, Allen i dr. (2024) uočili su "višak" smrtnosti u sva tri grada i značajno visoke zdravstvene rizike koji se javljaju u najtoplijim danima. Autori su istakli potrebu za uspostavljanje "*sistema ranog upozorenja na toplotne talase*" koji bi mogao da doprinese procesima adaptacije i mitigacije, kao i da smanji štete zdravstvenih rizika. U Republici Srbiji još uvek ne postoji potpuno razvijen i integrisan sistem ranog upozoravanja na toplotne talase koji bi obuhvatao sve aspekte prevencije i zaštite stanovništva. Republički hidrometeorološki zavod (RHMZ) obaveštava javnost o nastupajućim toplotnim talasima i očekivanim ekstremnim temperaturama putem svog web-sajta i drugih sredstava javnog informisanja, ali sveobuhvatan sistem koji bi uključivao različite vidove automatskih upozorenja, obaveštenja putem SMS poruka ili/i druge oblike direktne komunikacije sa građanima još uvek nije uspostavljen. Takođe, RHMZ izdaje biometeorološka savetodavna upozorenja, koja su dostupna na njihovom sajtu u vidu "*biometeorološke prognoze*", što je svakako od značaja, međutim postoji potreba i prostor za unapređenje izveštavanja i načina distribucije informacija. Pitanje o potrebi uspostavljanja "*sistema upozorenja na toplotu*" (engl. Heat Health Warning Sistem, HHWS) pokrenuli su Stanojević i dr. (2014b), kada su ukazali da je porast srednje dnevne temperature vazduha od 1°C povezan sa porastom cerebrovaskularnih, kardiovaskularnih i respiratornih oboljenja za 4.6%, te da je Beogradu kao najvećem urbanom centru Srbije sa izraženim efektom UOT, ovakav sistem neophodan. Takođe, autori su istakli da su brojne evropske zemlje nakon 2006.godine uvele ovakve sisteme, poput Španije, Francuske, Velike Britanije, Belgije, Švajcarske, Mađarske, Rumunije, Holandije, Makedonije, Grčke...

DOKUMENTA JAVNIH POLITIKA IZ OBLASTI KLIMATSKIH PROMENA, ODRŽIVOG URBANOG RAZVOJA I ZELENE INFRASTRUKTURE

Međunarodni pravni i strateški okvir u oblasti klimatskih promena

Obaveza Republike Srbije, kao zemlje sa statusom kandidata za članstvo u EU, je da usaglasi nacionalna dokumenta javnih politika sa međunarodnim strateškim okvirom i pravnim tekovinama Evropske Unije, uključujući i politike koje se odnose na klimatske promene i održivi urbani razvoj. Postizanje jasnih, koherentnih i ambicioznih strategija ozelenjavanja gradova i borbe protiv klimatskih promena predstavlja i međunarodnu obavezu, što je definisano nizom međunarodnih sporazuma i ugovora. Klimatski-svesne strategije koje su integralni deo urbanog planiranja i razvijene na participativan i inkluzivan način predstavljaju jednu od obaveza Republike Srbije, ali i izazov u kontekstu proširenja EU (Mitić-Radulović & Lalović, 2021). Dalje, Republika Srbija je i potpisnica *Pariskog sporazuma*, te kao takva ima obavezu da doprinese globalnim ciljevima smanjenja emisija GHG i sprovođenju klimatskih politika. Proces usklađivanja sa međunarodnim okvirom se aktivno sprovodi, posebno nakon 2020.godine, a važno je istaći da se tome doprinosi i kroz ažuriranje *Nacionalno utvrđenih doprinosa (NDC) za period 2021-2030.godina*. U nastavku, dat je kratak pregled najznačajnijih međunarodnih sporazuma i politika relevantnih za oblast klimatskih promena, održivog urbanog razvoja i zelene infrastrukture.

Okvirna konvencija UN o promeni klime (engl. *United Nation Framework Convention on Climate change UNFCCC*) je usvojena 1992.godine u okviru Svetskog samita u Rio de Žaneiru. Ratifikovana je od strane 195 država sveta među kojima i Republika Srbija. Osnovni cilj Konvencije jeste stabilizacija GHG, smanjenje njihovih emisija, prevencija i ublažavanje negativnih posledica čovekovog delovanja na klimu, kako bi se omogućila adaptacija na klimatske promene, bez ugrožavanja proizvodnje hrane i održivog razvoja. Države potpisnice Konvencije su u obavezi da podnose izveštaje o aktivnostima, politikama i merama koje sprovode u ovoj oblasti.

Kjoto protokol (engl. *The Kyoto Protocol*) usvojen je 1997.godine kao prvi pravno obavezujući međunarodni sporazum u oblasti klimatskih promena sa ciljem da potpomogne sprovođenje Okvirne konvencije UN o promeni klime. Republika Srbija je ratifikovala Kjoto protokol početkom 2008.godine. Ovim međunarodnim sporazumom definisane su obavezujuće ciljne vrednosti za smanjenje emisija GHG za 5% u odnosu na 1990.godinu za 37 industrijalizovanih zemalja i Evropsku zajednicu. Ciljne vrednosti trebale su biti ostvarene u periodu 2008-2012.godina. Potpisnice Kjoto protokola bile su i zemlje u razvoju koje nisu imale obavezu da ispune zadate ciljeve. Ciljevi postavljeni Kjoto protokolom nisu ostvareni.

Pariski sporazum (engl. *The Paris Agreement*) predstavlja pravno obavezujući međunarodni sporazum koji je usvojen od strane 196 država sveta 2015.godine na Konferenciji UN o klimatskim promenama (COP21). Stupio je na snagu u novembru 2016.godine. Osnovni cilj Pariskog sporazuma je da zadrži povećanje globalne temperature znatno ispod 2°C u odnosu na predindustrijski nivo, kao i da se ulože naponi da se povećanje globalne temperature ograniči na 1.5°C u odnosu na predindustrijski nivo. Sporazum navodi da se emisije GHG moraju smanjiti za 43% do 2030.godine. Prekoračenje praga od 1.5°C nosi rizik od daleko ozbiljnijih posledica klimatskih promena, uključujući daleko češće i intenzivnije toplotne talase, ekstremne

temperature, suše, ali i intenzivne padavine i sve češće poplave. Implementacija Sporazuma zahteva ekonomsku i društvenu transformaciju, a sve je zasnovano na petogodišnjim ciklusima i svaki od njih će nositi sve ambicioznije klimatske akcije. Od 2020.godine države su dužne da podnose svoje nacionalne klimatske akcione planove, poznate kao Nacionalni utvrđeni doprinosi (engl. Nationally Determined Contributions).

UN Agenda 2030 za održivi razvoj (engl. *The Sustainable Development Agenda – Agenda 2030*) usvojena je na Samitu Ujedinjenih Nacija 2015.godine od strane 193 države članice. U okviru Agende 2030 definisano je 17 ciljeva održivog razvoja (engl. Sustainable Development Goals – SDGs) koji objedinjuju 3 dimenzije održivog razvoja: i) ekonomski rast; ii) socijalnu inkluziju; iii) zaštitu životne sredine. Zadati ciljevi nude najpraktičniji i najefikasniji put ka rešavanju najvećih globalnih izazova poput nejednakosti, klimatskih promena, neujednačenog ekonomskog razvoja, degradacije životne sredine i dr. Od država potpisnica (uključujući i Republiku Srbiju) očekuje se aktivna participacija za dostizanje globalnih ciljeva održivog razvoja.

Evropski zeleni dogovor (engl. *European Green Deal*) usvojen je 2019.godine kao strateški plan Evropske Unije sa ciljem dostizanja klimatske neutralnosti Evrope do 2050.godine. Evropska Komisija je ovim putem usvojila set predloga kako bi različite politike (klimatske, energetske, transportne i poreske) usmerila ka smanjenju neto emisija GHG za najmanje 55% do 2030.godine u poređenju sa 1990.godinom. Ukoliko bi se odredbe Evropskog zelenog dogovora u potpunosti realizovale, Evropa bi postala prvi klimatsko neutralni kontinent – što predstavlja prvi od glavnih ciljeva. Ostali osnovni ciljevi su: održiva i čista energija, zaštita kopnenih i morskih ekosistema i biodiverziteta, održiv, efikasan i bezbedan transport, razvoj novih tehnologija i inovacije, održiv industrijski razvoj, cirkularna ekonomija i ekonomija sa niskim emisijama, održiva poljoprivreda za ljude i planetu.

Evropski zakon o klimi (engl. *European Climate Law*) je usvojen u julu 2021.godine kao pravno obavezujući akt, prema kome su zemlje članice EU obavezane da sprovedu neophodne mere i akcije, kako na nivou EU, tako i na nacionalnom nivou kako bi se dostigao cilj Evropskog zelenog dogovora o klimatsko neutralnoj Evropi do 2050.godine. Takođe, Zakon propisuje i cilj smanjenja neto emisija GHG za najmanje 55% do 2030.godine u odnosu na 1990.godinu. Zakon o klimi uključuje i mere za praćenje napretka i prilagođavanja, a definiše i podnošenje redovnih izveštaja Evropskoj agenciji za životnu sredinu (EEA). Napredak će se revidirati svakih 5 godina, u skladu sa globalnim pregledom stanja prema Pariskom sporazumu. U skladu sa Zakonom, države članice bile su u obavezi da izvrše ažuriranje nacionalnih energetske i klimatskih planova, kao i da sve druge sektorske politike usklade sa novim Zakonom.

EU Strategija prilagođavanja na klimatske promene (engl. *EU Adaptation Strategy*) doneta je u februaru 2021.godine od strane Evropske Komisije, kako bi se postavio strateški okvir za prilagođavanje klimatskim promenama i kreiranje “*rezilijentne*” Evrope do 2050.godine. Izrada i donošenje ove Strategije bilo je predviđeno Evropskim zelenim dogovorom. Osnovni ciljevi Strategije definišu potrebu da prilagođavanje učine pametnijim (*smart*), bržim (*swifter, faster*), sistematičnijim (*more systemic*), kao i da se podstakne međunarodna akcija ka ostvarenju zajedničkih ciljeva.

Klimatski paket (engl. *Climate Package Fit for 55*) predstavlja jedan od ključnih instrumenata i politika koji su proistekli iz Evropskog zelenog dogovora. Kako i sam naziv navodi “*Spremni za 55*”, ovaj Paket nudi niz predloga i smernica za uspostavljanje

efikasnog i uravnoteženog okvira u EU kako bi se dostigli zadati klimatski ciljevi. Ujedno Paket nudi mere za dostizanje socijalno pravedne tranzicije, podršku inovacijama i konkurentnosti EU privrede i pruža podršku Evropskoj Uniji u globalnoj borbi sa klimatskim promenama. Takođe, još jedan od važnih ciljeva Klimatskog paketa je i reforma EU sistema trgovine emisijama (EU ETS), kako bi on postao još ambiciozniji.

Nova Urbana Agenda UN (engl. *The New Urban Agenda*) usvojena je 2016.godine na Konferenciji Ujedinjenih Nacija o stanovanju i održivom urbanom razvoju (Habitat III). Nova Urbana Agenda preispituje način na koji planiramo gradove i kako njima upravljamo, posebno u kontekstu globalnih ekoloških izazova sa kojima se suočavaju urbane sredine širom sveta: oko 70% ukupno proizvedenog otpada na globalnom nivou generisano je u gradovima, gradovi emituju oko 70% ukupnih emisija GHG, a od ukupne globalne potrošnje energije oko 60% odvija se u gradovima. Agenda ukazuje i na problem neujednačenog razvoja urbanih sredina širom sveta, gde se brojne sredine suočavaju sa različitim oblicima siromaštva, socijalne nejednakosti, isključenosti, prostorne segragacije i degradacije životne sredine. Kako bi se ostvarila zajednička vizija: *“Participativni gradovi koji zadovoljavaju sve potrebe građana/ki i ispunjavaju osnovne funkcije grada, u kojima je obezbeđen adekvatan životni standard, gradovi koji eliminišu sve oblike diskriminacije, koji promovišu rodno i starosno osetljivo planiranje, koji čuvaju svoje ekosisteme, rezilijentni gradovi koji se uspešno prilagođavaju izmenjenim klimatskim uslovima i dr”*, Agendom je definisano niz principa i obaveza, kao i akcije za delovanje kroz *Transformativna opredeljenja za održivi urbani razvoj*. Uticaj klimatskih promena na urbane sredine i značaj zelenih površina u održivom razvoju gradova zauzimaju značajno mesto u Agendi, pa je samim tim propisano i niz obaveza koje se odnose na date oblasti. Agenda je usaglašena sa UN Agendom 2030.

Urbana Agenda za EU (engl. *The Urban Agenda for the EU*) utvrđena je kroz Amsterdamski pakt, sa ciljem da značajno unapredi planiranje urbanih sredina na nivou Evropske Unije, kao i da podstakne jaču multisektorsku saradnju država članica na zajedničkom razvoju akcionih planova koji će doprineti: i) Unapređenju postojeće regulative u vezi sa urbanim područjima i razvojem - podrška relevantnim akterima da efikasnije i koherentnije sprovedu postojeće zakone, politike i instrumente; ii) Podrška urbanim područjima kroz inovativne izvore finansiranja – olakšan pristup finansiranju iz svih postojećih programa EU, uključujući i kohezionu politiku; iii) Deljenju i unapređenju znanja i veština – izgradnja *“baze znanja”* i promocija primera dobre prakse. Prioritetne tematske oblasti Urbane Agende su: prilagođavanje izmenjenim klimatskim uslovima, održivo korišćenje zemljišta i rešenja zasnovana na prirodi (NbS), kvalitet vazduha, digitalna tranzicija, energetska tranzicija, urbana mobilnost, stanovanje, bezbednost u javnim prostorima, cirkularna ekonomija i dr.

Nova Lajpciška povelja “Transformativna moć gradova za opšte dobro” (engl. *New Leipzig Charter “The transformative power of cities for the common good”*) je ključni dokument EU usvojen 2020.godine koji predstavlja vodič za održivi urbani razvoj. Povelja naglašava da gradovi trebaju uspostaviti održive i integrisane strategije urbanog razvoja, kao i da obezbede sve potrebne uslove za njihovu implementaciju. Dokument je snažno usklađen sa Kohezionom politikom EU. Države članice su se obavezale da će Povelju implementirati kroz nacionalne, regionalne i lokalne urbane politike. Nova Lajpciška povelja je fokusirana na tri ključna principa: i) Zeleni gradovi (klimatska otpornost i održivo korišćenje prirodnih resursa); ii) Pravedni gradovi (socijalna inkluzija i jednakost); iii) Produktivni gradovi (inovacije i ekonomski razvoj).

Evropska strategija zelene infrastrukture (engl. *The EU Green Infrastructure Strategy*) doneta je da ciljem očuvanja, obnove i unapređenja zelene infrastrukture na području Evrope, zaustavljanja gubitka biodiverziteta i očuvanja ekosistema. Ova Strategija je posebno usklađena sa EU Strategijom za zaštitu biodiverziteta 2030, s obzirom da obe snažno promovišu razvoj zelene i plave infrastrukture, kao i integraciju zelene infrastrukture i rešenja zasnovanih na prirodi u urbanističko planiranje. Strategija definiše zelenu infrastrukturu kao: *“uspešan instrument za ostvarivanje ekoloških, društvenih i ekonomskih koristi kroz prirodna rešenja. Zelena infrastruktura nam pomaže da bolje razumemo sve benefite koje priroda pruža ljudskom društvu. U poređenje sa tzv. “sivom” infrastrukturom zelena ima brojne prednosti ”....* Pored podrške očuvanju biodiverziteta na području Evrope, Strategija ukazuje na značaj zelene infrastrukture kao alata u jačanju klimatske otpornosti i redukciji rizika u životnoj sredini.

EU Strategija za zaštitu biodiverziteta 2030 (engl. *Biodiversity Strategy for 2030*) usvojena je 2020.godine kao dugoročan i temeljan plan za zaštitu prirode i biodiverziteta Evrope. Strategija je jedan od ključnih delova Evropskog zelenog dogovora koji definiše konkretne mere i aktivnosti za oporavak biodiverziteta na teritoriji Evrope (uključujući i kopnene i morske ekosisteme), posebno kroz povećanje broja zaštićenih područja i širenje mreže Natura 2000. Strategijom za zaštitu biodiverziteta predloženo je donošenje prvog Evropskog zakona o obnovi prirode (engl. Nature Restoration Law), kako bi se postavili obavezujući ciljevi za države članice - za oporavak prirode, određena staništa i vrste.

Deklaracija o Zelenoj agenda za zapadni Balkan doneta je na Samitu u Sofiji novembra 2020.godine u okviru inicijative Berlinskog procesa. Na ovaj način lideri zemalja zapadnog Balkana prihvatili su *Evropski zeleni dogovor* kao strategiju za ostvarivanje *klimatski-neutralne* i *konkurentne* ekonomije. Pet osnovnih stubova Deklaracije su: i) Klima, energetika i mobilnost; ii) Cirkularna ekonomija; iii) Smanjenje zagađenja; iv) Održiva poljoprivreda i prehrambena proizvodnja; v) Biodiverzitet. U okviru svake od pet oblasti definisane su konkretne mere i aktivnosti poput usaglašavanja sa regulativom Evropske Unije, pripreme i sprovođenje različitih sektorskih strategija i planova, priprema i potpisivanje regionalnih sporazuma, jačanja međusektorske saradnje i upravljanja i dr.

Dokumenta javnih politika na nacionalnom nivou

Članom 10 *Zakona o planskom sistemu Republike Srbije* ("Sl. glasnik RS", br. 30/2018) dokumenti javnih politika definisani su kao: „planski dokumenti kojima učesnici u planskom sistemu, u skladu sa svojim nadležnostima, utvrđuju ili razrađuju već utvrđene javne politike”. Kako navode Filipović & Duškov (2023), Srbija je u proteklom periodu aktivno radila na izradi i usvajanju seta različitih planskih i strateških dokumenata kako bi izgradila što efikasniji sistem odgovora na klimatske izazove sa kojima se Republika Srbija suočava, odnosno kako bi definisala efikasne mere mitigacije i adaptacije na klimatske promene. Duškov L. (2024) u svojoj doktorskoj disertaciji ističe da klimatske promene donose kompleksne izazove za različite sektorske oblasti, te da dovode u pitanje postojeće prakse u oblasti upravljanja vodama, zemljištem, u oblasti poljoprivrede, proizvodnje i korišćenja energije, prostornog i urbanističkog planiranja, itd. – što jasno ukazuje na neophodnost sistemskih reformi.

Republika Srbija je 2020.godine, u okviru Berlinskog procesa, postala jedna od potpisnica **Deklaracije o Zelenoj agenda za Zapadni Balkan**, čime se obavezala da će sa drugim zemljama potpisnicama i Evropskom Unijom kao strateškim partnerom raditi na postizanju zajedničkog cilja – ugljenično neutralne Evrope do 2050.godine. Značajan iskorak ka tome napravljen je 2021. kada je donet **Zakon o klimatskim promenama** ("Sl. glasnik RS", br. 26/2021) čijim je usvajanjem ispunjena obaveza Republike Srbije prema *Okvirnoj konvenciji UN o promeni klime* (engl. *United Nation Framework Convention on Climate change UNFCCC*) i *Pariskog sporazuma* (engl. *The Paris Agreement*), te produbljen i nastavljen proces usklađivanja nacionalnog zakonodavstva sa EU propisima, prvenstveno *Evropskim zakonom o klimi* (engl. *European Climate Law*). Osnovni cilj donošenja ovog Zakona jeste uspostavljanje sistema koji će omogućiti za ograničavanje emisija GHG, adaptaciju na izmenjene klimatske uslove i druga pitanja od značaja poput izveštavanja, monitoringa, izdavanje dozvola za emisije GHG...

Osim toga, trenutno je u fazi izrade i usvajanja više različitih strateških dokumenata, od kojih će neka najznačajnija za tematiku urbanih sredina i klimatskih promena biti predstavljena u daljem tekstu.

Strategija niskougljeničnog razvoja Republike Srbije za period 2023. do 2030. godine sa projekcijama do 2050. godine („Službeni glasnik RS", 46/2023): prvi i osnovni cilj ove Strategije jeste da kreira uslove za sistemsku podršku Republici Srbiji u ispunjavanju obaveza prema Pariskom sporazumu. S obzirom na status Srbije kao zemlje kandidata za članstvo u EU, obaveza Republike Srbije je usklađivanje nacionalnih politika sa politikama Evropske Unije, što se i omogućava kroz navedenu Strategiju. Okvir za klimu i energetiku EU do 2030. godine, a na koji se oslanja ova Strategija, postavlja tri ključna cilja koja treba postići do 2030. godine: najmanje 40% smanjenja emisija gasova sa efektom staklene bašte (u odnosu na nivo iz 1990. godine), najmanje 32% učešća energije iz obnovljivih izvora i unapređenje energetske efikasnosti od najmanje 32.5%. Drugi osnovni cilj donošenja Strategije niskougljeničnog razvoja jeste da pruži uvid u mogućnosti i predloži optimalne opcije za usklađivanje emisija gasova sa efektom staklene bašte u Srbiji sa standardima Evropske unije, na ekonomski održiv i društveno pravedan način. Strategiju će pratiti i **Akcioni plan**.

Sama strategija sastoji se od osam poglavlja, od čega posebno treba izdvojiti Poglavlje 7: *Okvir za praćenje i izveštavanje* i Poglavlje 8: *Opis mera uključenih u Strategiju* koje daje detaljan uvid u listu mera sa glavnim opisima, uticajem na gasove, procenom uticaja ublažavanja klimatskih promena, te subjektima i partnerima koji će biti zaduženi za njihovo sprovođenje.

Program prilagođavanja na izmenjene klimatske uslove za period od 2023. do 2030.godine ("Sl. glasnik RS", br. 119/2023) donet je kao dokument javne politike kako bi se obezbedilo i podržalo sprovođenje mera adaptacije na izmenjene klimatske uslove. Donošenje ovog Programa i pratećeg Akcionog plana proizilazi iz *Zakona o klimatskim promenama*. Akcionim planom se utvrđuju aktivnosti za sprovođenje mera i ostvarivanje definisanih ciljeva. Prvi Akcioni plan donet je za period od 3 godine, tačnije od 2024. do 2026.godine. Program je usklađen sa novom **EU Strategijom prilagođavanja na klimatske promene** (engl. *EU Adaptation Strategy*) koja je doneta u februaru 2021.godine. Dodatno, ovaj dokument je povezan sa nizom drugih dokumenata javnih politika koji na različit način tretiraju oblasti korišćenja zemljišta, upravljanjem prirodnim dobrima, urbanim razvojem i dr.

Program obezbeđuje prilagođavanje politika i metodologija radi održivog budućeg planiranja u uslovima klimatskih promena. Dalje, ovaj Program ima za cilj da podrži i kreira uslove za pravovremeno, transparentno, provereno i pouzdano iobaveštavanje javnosti o klimatskim uslovima i opasnostima, kako bi se unapredila pripremljenost i rezilijentnost pojedinaca, poslodavaca i preduzetnika na izmenjene klimatske uslove i sve izazove koji ti uslovi donose. Program omogućava realizaciju mera prilagođavanja klimatskim promenama (adaptaciju) koje su prepoznate kao prioritetne kako bi se preveniralo značajno povećanje šteta pod uticajem klimatskih promena. Program obuhvata sprovođenje intervencija za direktnu zaštitu od klimatskih pretnji tamo gde ublažavanje efekata nije izvodljivo, primenu mera koje podržavaju pokretanje i održavanje adaptacionih procesa u budućnosti na održiv način, kao i uključivanje novih naučnih otkrića u proces adaptacije radi njihove brze primene. Posebno su obrađene oblasti poljoprivrede, šumarstva, energetike, saobraćajne infrastrukture, urbanog planiranja i urbanog razvoja, biodiverziteta i zdravlja, uz definisanje mera prilagođavanja za svaki od sektora. U kontekstu ove doktorske disertacije, važno je istaći da Program prilagođavanja na izmenjene klimatske uslove, u delu koji se odnosi na **urbano planiranje i urbani razvoj** definiše sledeće prioritetne mere:

- Očuvanje i proširenje zelenih površina u urbanim područjima u okviru koncepta zelene infrastrukture, unapređenje održavanja koje će se uskladiti sa promenljivim klimatskim uslovima.
- Planiranje i implementacija mera adaptacije na klimatske promene u urbanim sredinama.
- Praćenje mikroklimatskih (toplotnih) uslova u oblastima sa naglašenim efektom urbanih toplotnih ostrva.

Program identifikuje zelenu infrastrukturu i zelene površine kao ključne u unapređenju kvaliteta života u urbanim sredinama (uključujući javno zdravlje i bezbednost građana) i adaptaciji na klimatske promene. **Rešenja zasnovana na prirodi** (engl. Nature-based Solutions NbS) kako navodi Program moraju postati sastavni deo nacionalnih i lokalnih politika urbanog razvoja kako bi se putem unapređenja, razvoja i širenja zelene infrastrukture u urbanim sredinama dostigli maksimalni pozitivni efekti poput smanjenja *efekta urbanog ostrva toplote* (samim tim i unapređenja spoljašnjeg termalnog komfora), povećanje sposobnosti podloge za infiltraciju vode, poboljšanu cirkulaciju vazduha i dr.

Integrirani nacionalni energetske i klimatski plan Republike Srbije za period do 2030.godine sa vizijom do 2050.godine ("Sl. glasnik RS", br. 70/2024) ili skraćeno **INEKP** donet je sa ciljem sveobuhvatnog i integrisanog sagledavanja pet osnovnih dimenzija tzv. "*Energetske unije*": i) dekarbonizacija; ii) energetska efikasnost; iii) energetska sigurnost; iv) unutrašnje energetske tržište; v) istraživanje, inovacije i konkurentnost. Osnovni ciljevi INEKP-a odnose se na povećanje udela OIE i podizanje energetske efikasnosti, zajedno sa smanjenjem finalne potrošnje energije i povećanjem energetskog učinka. S obzirom da sektor energetike u ovom momentu generiše oko 80% emisije GHG u Srbiji, planirane mere (kroz implementaciju INEKP-a) za oblast energetike daće najznačajniji doprinosu procesu dekarbonizacije. Realizacija mera definisanih INEKP-om omogućiće dostizanje povećanog udela OIE od 33.6% u bruto finalnoj potrošnji energije.

U 2030.godini obnovljivi izvori energije (prema Planu) će postati glavni domaći izvor električne energije sa udelom koji prelazi 45% bruto finalne potrošnje. To će biti ostvareno prevashodno kroz korišćenje raspoloživog potencijala solarne energije i energije vetra, uz istovremeno postepeno smanjenje proizvodnje energije iz uglja-lignita (do 25% u 2030.godini u odnosu na 2019.godinu). Dalje, jedan od osnovnih prioriteta jeste i unapređenje energetske efikasnosti uz ostvarivanje dodatnih višestrukih benefita poput: poboljšavanja termalnog komfora u objektima, smanjenje troškova za energiju, smanjenje emisija GHG, smanjenje energetskog siromaštva, itd. Ukoliko bi svi ciljevi INEKP-a bili ispunjeni, nacionalne emisije GHG bi bile značajno smanjene: 13,2% u odnosu na nivou iz 2010.godine, odnosno od 33,3% do 2030. u odnosu na 1990. godinu (isključujući korišćenje zemljišta, promene korišćenja zemljišta i šumarstvo). Cilj u pogledu ukupnog smanjenja emisija za 2030. godinu iznosi 40.3% u odnosu na nivoe iz 1990.god. (uključujući korišćenje zemljišta, promene korišćenja zemljišta i šumarstvo).

Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2040. godine sa projekcijama do 2050.godine ("Sl. glasnik RS", br. 94/2024) doneta je kako bi se definisali ciljevi i mere koje je potrebno ostvariti i preduzeti na putu ka energetske tranziciji. Donošenjem ove Strategije, Republika Srbija je još jednom potvrdila svoju nameru da aktivno doprinosi smanjenju emisija GHG, te da zajedno sa EU sarađuje u uspostavljanju *ugljenično-neutralnog* kontinenta do 2050.godine. Takođe, Strategija ističe i da je za energetske bezbednost Republike Srbije neophodna dekarbonizacija energetskog sektora. Među strateškim ciljevima izdavaju se: obustavljanje upotrebe uglja i naftnih derivata za proizvodnju toplotne energije, progresivno smanjenje emisija GHG, uvođenje vodonika u energetske sistem, povećanje udela OIE u proizvodnji električne energije, revitalizacija i modernizacija mreža za prenos i distribuciju energije, smanjenje gubitaka i dr.

Strategija održivog urbanog razvoja Republike Srbije do 2030.godine ("Sl. glasnik RS", br. 47/2019) i **prateći Akcioni plan**: ovaj strateški dokument je prvi takav dokument u Republici Srbiji koji je donet sa ciljem rešavanja problema urbanog razvoja i u skladu sa potrebama uređenja gradskog prostora. Strategija je u skladu sa **Novom Urbanom Agendom UN** (engl. *The New Urban Agenda*) usvojenom 2016.godine na Konferenciji Ujedinjenih Nacija o stanovanju i održivom urbanom razvoju, kao i sa **Urbanom Agendom za EU** (engl. *The Urban Agenda for the EU*) utvrđenom kroz *Amsterdamski pakt* koji su ratifikovale države članice EU.

Strategija obuhvata sedam tematskih celina i to: i) Održivi ekonomski rast – urbana ekonomija i finansije; ii) Održive urbane strukture i racionalno korišćenje zemljišta; iii) Inkluzivni urbani razvoj; iv) Demografske promene i stanovanje; v) Saobraćaj i tehnička infrastruktura; vi) Životna sredina i klimatske promene; vii) Kulturno nasleđe i urbana kultura. Strategija ističe da je prema podacima RGZ-a (Republičkog geodetskog zavoda) građevinsko zemljište u Republici Srbiji zauzimalo oko 9% državne teritorije kojim se upravlja neodrživo, na nedovoljno transparentnom tržištu zemljišta, sa neefikasnim tržišnim institucijama i mehanizmima. Iz postojećeg sistema planiranja i upravljanja građevinskim zemljištem u Srbiji proizilaze niz problema i ograničenja u razvoju urbanih naselja. Dalje, urbani rast je nekontrolisan, stihijski, često bez planskog osnova, na štetu zelenih površina, poljoprivrednog i šumskog zemljišta. Dodatno, ova Strategija prepoznaje klimatske promene kao još jedan od faktora ugrožavanja održivog razvoja urbanih sredina u Republici Srbiji i ograničenost urbanih naselja da efikasno odgovore na klimatske izazove.

Strategija zaštite životne sredine – Zelena agenda za Republiku Srbiju za period 2024-2033.godina (u procesu donošenja, javna rasprava o Predlogu ove strategije je sprovedena u decembru 2024.godine) predstavlja krovni dokument javne politike u oblasti životne sredine. Donošenjem ove Strategije utvrdiće se sveobuhvatni okvir za praćenje napretka Srbije na putu ka članstvu u EU, kao i doprinosa Srbije u dostizanju ciljeva održivog razvoja koji su definisani **UN Agendom 2030 za održivi razvoj** (engl. *The 2030 Agenda for Sustainable Development*). Osim toga, Strategija zaštite životne sredine izrađena je u skladu i prateći osnovne principe i načela i drugih dokumenata doneti na međunarodnom nivou, poput **Klimatskog paketa** odnosno **Climate Package Fit for 55** – legislativni paket čija će primena omogućiti smanjenje EU emisija za najmanje 55% do 2030.godine. Dalje, Strategija je u skladu i sa **Pariskim sporazumom** (koji je Srbija ratifikovala 2017.godine, čim se obavezala da će smanjiti emisije GHG za 9.8% do 2030.godine u odnosu na stanje iz 1990.godine), **Evropskim zelenim dogovorom** (engl. *European Green Deal*), **Zelenom agendom za Zapadni Balkan** i dr. Takođe, ova Strategija usklađena je i sa drugim dokumentima javnih politika Republike Srbije, a nasleđuje Nacionalni program zaštite životne sredine ("Sl. glasnik RS", br. 12/2010) koji je bio donet za period 2010-2019.godina.

Kako Strategija navodi, ovim dokumentom se usmeravaju mere i aktivnosti ka dostizanju ugljenične neutralnosti, održivog razvoja, zaštite prirodnih resursa i smanjenja zagađenja i unapređenja kvaliteta života svih građana u Republici Srbiji. Ključne oblasti kojima se Strategija bavi jesu: i) Klimatske promene i dekarbonizacija; ii) Kružna ekonomija; iii) Redukcija zagađenja životne sredine; iv) Zaštita biodiverziteta i ekosistema; v) Održivi prehrambeni sistemi i ruralni razvoj. Dalje, Strategija podstiče razvoj niskougljenične ekonomije, promociju zelenih tehnologija inovacija, kreiranje zelenih poslova, digitalizaciju, edukaciju, informisanje i građansku participaciju. Istovremeno ističe neophodnost unapređenja pravnog i institucionalnog okvira,

Na kraju, treba pomenuti i niz dokumenata koji su izrađeni u okviru projekta koji su podržali UNDP i GEF, kroz saradnju sa Ministarstvom zaštite životne sredine i stručnom zajednicom, a koja sa različitih aspekata obrađuju unapređenje planiranja srednjeročnih i dugoročnih mera prilagođavanja na izmenje klimatske uslove, poput:

Strategija komunikacije za oblast klimatskih promena (2017): potreba za izradom ovakvog dokumenta proistekla je iz sve većeg značaja klimatskih promena i uticaja na zajednicu, lokalni i regionalni razvoj, ali i na obaveze Republike Srbije prema međunarodnim ugovorima i Evropskoj Uniji. Ono što predstavlja jedan o značajnijih problema i ograničenja u postojećem kontekstu jeste nedovoljno razvijena ekološka svest šire javnosti i nedovoljna informisanost o klimatskim izazovima. Bez pristupa adekvatnim informacijama i dovoljno razvijeni svesti o klimatskim promenama, gotovo je nemoguće očekivati da će se građani pridružiti aktivnoj borbi i dati svoj doprinos. Način na koji su do sada nadležno Ministarstvo zaštite životne sredine i drugi organi komunicirali sa građanima nisu dali očekivane efekte. Interesovanje za ekološka pitanja raste, ali i dalje stepen informisanosti kod značajnog dela populacije nije dovoljan. Cilj ove Strategije jeste da obezbedi regulatorni okvir koji će omogućiti kreiranje jake veze između Ministarstva i ostalih aktera, a u tome efikasna komunikacija ima ključnu ulogu. Strategija predviđa sprovođenje različitih komunikacijskih aktivnosti i nacionalnih kampanja kako bi se oblast klimatskih promena približila široj javnosti, a koje bi uključile ministarstva sa organima uprave, organizacije, akademsku zajednicu, nevladin sektor, privredu i pojedince.

Prvi Nacionalni plan adaptacije na izmenje klimatske uslove za Republiku Srbiju (2015): izrađen 2015.godine u okviru projekta „*Drugi izveštaj Republike Srbije prema UNFCCC*“. Ovim dokumentom bilo je definisano je opštih ciljeva i zadataka: i) Analiza budućih rizika i ranjivosti u odabranim sektorima; ii) Pregled predloženih mera adaptacije; iii) Procena gubitaka i šteta usled dugoročnih klimatskih promena i ekstremnih vremenskih prilika; iv) Predlog prioriternih mera adaptacije; v) Mapiranje mogućnosti i ograničenja za integrisanje mera prilagođavanja u važeće planove i sektorske strategije.

Studija o socio-ekonomskim aspektima klimatskih promena u Republici Srbiji (2019): ova studija pripremljena je sa ciljem potpunijeg sagledavanja uticaja koje klimatske promene imaju na društvo i privredu u Republici Srbiji. Studija ističe da Republika Srbija pripada onim regijama koje su na globalnom nivou više pogođene klimatskim promenama, te da su posledice tih promena veoma osetne već sada. Tako npr. samo tokom perioda 2000-2015.godina u Srbiji ukupni materijalni gubici izazvani ekstremnim vremenskim uslovima i nepogodama iznosile su više od 5 milijardi eura, dok je oko 70% gubitaka bilo povezano sa visokim temperaturama i sušom. Na drugom mestu su poplave koje godinama unazad nanose velike materijalne i nematerijalne štete. Efekti klimatskih promena osećaju se u stanovanju, zdravlju, obrazovanju, poljoprivredi, trgovini, turizmu, energetici, saobraćaju, vodosnabdevanju, kvalitetu životne sredine i drugim sektorima.

U kontekstu doktorske disertacije, ova studija može biti posebno značajna, s obzirom da ista daje uvid u socio-ekonomske podatke koji mogu biti ključni za identifikaciju ranjivih grupa u urbanim sredinama. Planeri i urbanisti mogu koristiti te podatke kako bi razvili inkluzivna rešenja za ublažavanje posledica klimatskih promena. Takođe, rezultati studije ukazuju kako klimatske promene utiču na različite delove Srbije, uključujući urbana područja. To može biti od velikog značaja u prilagođavanju strategija planiranja lokalnim specifičnostima.

Prva studija o rodnoj ravnopravnosti i klimatskim promenama u Srbiji (2015): ovaj dokument predstavlja prvu studiju realizovanu u Republici Srbiji koja se bavi pitanjem rodne ravnopravnosti i klimatskih promena. Studija ističe da klimatske promene disproporcionalno pogađaju žene, naročito u ruralnim područjima, gde su često više zavisne od prirodnih resursa za svoje svakodnevne aktivnosti i ekonomsku sigurnost. Dokument naglašava ulogu žena kao ključnih aktera u prilagođavanju klimatskim promenama i održivom razvoju, ali ukazuje i na prepreke s kojima se suočavaju zbog rodne nejednakosti, poput ograničenog pristupa resursima, obrazovanju i donošenju odluka. Studija preporučuje uključivanje rodne perspektive u sve politike i strategije vezane za klimatske promene, kao i jačanje kapaciteta žena za upravljanje resursima i prilagođavanje klimatskim izazovima. Takođe, naglašava potrebu za većim učešćem u donošenju odluka, posebno na lokalnoj, kako bi se obezbedila održiva rešenja prilagođena potrebama cele zajednice.

U kontekstu ove doktorske disertacije, gde je akcenat na termalnom komforu u urbanim sredinama, uključivanje rodne perspektive u planiranje gradova je od izuzetnog značaja jer žene u urbanim sredinama često imaju različite potrebe i prioritete u odnosu na muškarce zbog rodne uloga, odgovornosti (npr. briga o domaćinstvu, deci, starijima) i pristupa resursima. Klimatske politike za urbana područja trebalo bi da uzmu u obzir

ove razlike kako bi obezbedile jednak pristup infrastrukturi, zelenim površinama i drugim resursima prilagođenim promenama klime.

Studija "Rešenja zasnovana na prirodi u Republici Srbiji" (2019): ova studija izrađena je ciljem mapiranja i analize različitih primera *rešenja zasnovanih na prirodi* (engl. *Nature-based Solutions* NbS), kako bi se sagledao način na koji NbS može doprineti u borbi protiv klimatskih promena. Tako istraživanja je mogućnost njihove primene u Republici Srbiji. Rešenja zasnovana na prirodi predstavljaju važan mehanizam, možemo reći i gotovo neophodan, za ublažavanje posledica klimatskih promena i od posebnog su značaja za urbane sredine, gde su prirodni predeli i ekosistemi u velikoj meri narušeni i izmenjeni antropogenim uticajem. Posebno su značajni projekti zelene infrastrukture i pristupi zasnovani na ekosistemima, koji mogu da utiču na snižavanje temperature u gradovima (samim tim na ublažavanje efekta urbanog ostrva toplote i poboljšavanje termalnog komfora), energetske efikasnosti, odbrani i upravljanju rizicima od poplava, kao i drugim dodatnim koristima.

Izveštaj "Klimatske promene i zdravlje" (2016): ovaj izveštaj pripremljen je 2016.godine u okviru projekta „*Drugi izveštaj Republike Srbije prema UNFCCC*“ koji je uz podršku UNDP realizovalo Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine. Cilj projekta i izveštaja bila je bolje razumevanje načina na koji klimatske promene utiču na zdravlje opšte populacije. Izveštaj daje uvid u to koje se posledice po zdravlje građana javljaju usled promena temperature i režima padavina, na koji način klimatske promene utiču na pojavu i širenje zaraznih bolesti, daje preporuke za unapređenje monitoringa i smernice na adaptaciju zdravstvenog sektora na izmenjene klimatske uslove.

Dokumenta javnih politika na lokalnom nivou

Akcioni plan za zeleni grad ("Sl. list grada Beograda", br. 45/2021) ili GCAP Beograda (engl. *Green City Action Plan*) predstavlja dokument strateškog karaktera koji je razvijen u skopu međunarodnog projekta **EBRD Green Cities**. Akcioni plan definiše smernice za ostvarivanje vizije *Beograda kao zelenog grada* iliti *Zelene prestonice Evrope* i aktivnosti za realizaciju zadatih strateških ciljeva. Prilikom izrade Akcionog plana identifikovano je 16 strateških ciljeva koji obuhvataju različite ekološke izazove sa kojima se grad Beograd, a koji su potom grupisani u tri ključna sektora: i) Urbano planiranje i mobilnost; ii) Energija i efikasnost; iii) Voda i otpad. Akcioni plan je poseban fokus stavio na pitanja poput: kvaliteta vazduha, ublažavanje efekta klimatskih promena, zelenu infrastrukturu i biodiverzitet, potrošnju resursa, kvalitet vode, klimatsku ranjivost, korišćenje zemljišta i dr. Realizacijom planiranih aktivnosti dostići će se vizija *zelenog EBRD grada* u kojem je "očuvan kvalitet životne sredine, a resursi se koriste na održiv način, koji je spreman da ublaži i prilagodi se rizicima od klimatskih promena, i koji doprinosi socijalnoj i ekonomskoj dobrobiti građana". Izrada GCAP Beograda je obuhvatila analizu postojećeg stanja na osnovu 35 osnovnih indikatora definisanih Metodologijom EBRD za razvoj GCAP. Akcionim planom predloženo je 26 kapitalnih, infrastrukturnih investicija i 8 pratećih aktivnosti (izrada lokalnih politika i studija).

Akcioni plan za održivu energiju i klimu za Grad Beograd ("Sl. list grada Beograda", br. 44/2021) ili SECAP Beograda donet je 2021.godine, a njegova izrada i usvajanje usledila je nakon priključivanja Grada Beograda tzv. *Sporazumu gradonačelnika za klimu i energiju* u 2018.godini. Time se Grad Beograd obavezao da će smanjiti emisije CO₂ u odabranim sektorima, teda će za najmanje 40% povećati rezilijentnost grada na

klimatske promene, kao i da će unaprediti dostupnost i korišćenje OIE do 2030.godine. Izrada SECAP Beograda bila je koordinisana sa Akcionim planom za zeleni grad, s obzirom da oba dokumenta predlažu mere mitigacije i adaptacije na klimatske promene. Strateški ciljevi ovog Akcionog plana odnose se na ublažavanje i prilagođavanje klimatskim promenama u oblasti energije i efikasnosti, otpornosti, urbanog planiranja i mobilnosti. Sektori na koje je stavljen najveći fokus jesu: saobraćaj, upravljanje vodama i otpadne vode, energija i planiranje korišćenja zemljišta. Zelena infrastruktura je prepoznata kao važan alat u procesu prilagođavanja izmenjenim klimatskim uslovima, te je definisano više strateških ciljeva i mera čijom će se realizacijom znatno unaprediti postojeće stanje, poput: uvođenje vertikalnih i horizontalnih elemenata zelene infrastrukture, ograničavanje širenja građevinskog zemljišta na uštrb zelenih i otvorenih površina u gradu, povećanje procenta površina pod zelenilom (najmanje 23% površine treba sadržati elemente zelene infrastrukture).

Akcioni plan adaptacije na klimatske promene sa procenom ranjivosti („Sl. list grada Beograda“, br. 65/2015) je dokument javne politike donet sa ciljem definisanja mera koje treba realizovati kako bi se uspostavio održiv i efikasan sistem adaptacije Grada Beograda na klimatske promene. Akcioni plan donet je za administrativno područje Beograda, obuhvata svih 17 gradskih opština, a realizacijom zadatih ciljeva, mera i aktivnosti ostvariće unapređenje kvaliteta života, javno zdravlje, kvalitet životne sredine, racionalno korišćenje prostora i održiv ekonomski razvoj. Akcionim planom definisane su kratkoročne, srednjoročne i dugoročne mere i aktivnosti. Procena ranjivosti sprovedena je u tri faze: i) Provera ranjivosti; ii) Razumevanje uticaja promene klime; iii) Procena rizika i mogućnosti. Procena ranjivosti posebno je analizirala ekstremne vremenske prilike, toplotne talase, visoke temperature, suše, intenzivne padavine i poplave, kao i njihov uticaj na stanovništvo, infrastrukturu, izgrađeno okruženje, privredu i prirodne resurse.

Kao jedan od najefikasnijih mehanizama prilagođavanja na izmenjene klimatske uslove izdvojena je zelena infrastruktura, odnosno njeno širenje, unapređenje i razvoj, kroz meru adaptacije označenu kao mera vrlo visokog prioriteta. I druge mere, poput onih koje se odnose na zelene prostore, trase drvoreda, zelenih krovova definisani su kao mere visokog ili srednjeg prioriteta. Unapređenje termalnog komfora ciljano je merama: izrada Klimatskog atlasa Beograda, postavke urbanističkog planiranja, urbana tekstura, projektovanje objekata u skladu sa temperaturnim uslovima, kao i nestrukturnim merama koje se odnose na podizanje svesti javnosti, informisanje, prilagođavanje ponašanja i dr. Osim mera i vremenskog okvira za njihovu realizaciju, Akcionim planom definisane su i institucije i organizacije nadležne za njihovo sprovođenje.

Skupština Grada Beograda je u septembru **2023.godine** donela ***Izmene i dopune Akcionog plana adaptacije na klimatske promene sa procenom ranjivosti*** („Sl. list grada Beograda“, br. 72/2023). Novim Izmenama i dopunama Akcionog plana postojeća ranjivost stanovništva grada Beograda na dejstvo ekstremnih vremenskih događaja ocenjena je kao visoka, posebno kada govorimo o uticaju toplotnih talasa, koji posebno ugrožavaju ranjive grupe. Posledice toplotnih talasa uključuju visok toplotni stres organizma, izmene alergijskih obrazaca, širenje vektorskih i zaraznih bolesti, a u najtežim slučajevima čak i smrt. Takođe, ranjivost izgrađenog okruženja ocenjena je kao visoka, posebno tehnička i urbana infrastruktura u gustoizgrađenim delovima grada. Procena ranjivosti prirodnih resursa grada Beograda pokazala je da su svi razmatrani resursi (zelena infrastruktura, vodni resursi, kvalitet vazduha, poljoprivredno zemljište,

šumsko zemljište, biodiverzitet i ekosistemi) visoko ranjivi na dejstvo klimatskih promena. Značajan doprinos ovog dokumenta jeste i prikaz prostorne distribucije mogućih uticaja klimatskih promena na visoko ugrožene receptore na administrativnom području Grada Beograda, kao i na području unutar granica GUP-a.

Strategija razvoja Grada Beograda („Sl. list grada Beograda”, br. 47/2017) je dokument strateškog karaktera kojim se definišu osnovni ciljevi razvoja i prioriteti po oblastima za petogodišnji period. Strategija je izrađena u skladu sa *Strategijom Evrope 2020* (engl. *Europe 2020 Strategy*), kao i sa drugim strateškim EU dokumentima koji uređuju oblast razvoja urbanih sredina. Strategiju prati **Akcioni plan** koji sadrži spisak mera i aktivnosti za sve ključne oblasti, kao i indikatori kojima se prati napredak u realizaciji zadatih ciljeva, mera i aktivnosti, rok za njihovo izvršenje, izvore finansiranja i nosioce odgovornosti. Strategija navodi da je vizija Grada Beograda zasnovana je na: i) Privredi baziranoj na inovacijama, koja je konkurentna drugim razvijenim evropskim regionima; ii) Razvoju regiona koji je atraktivan za poslovanje; iii) Metropoli koja je odgovorna prema svim građanima, životnoj sredini i prirodnim resursima. Strategijom je bilo definisano osam strateških ciljeva, od kojih su tri značajna u kontekstu uticaja klimatskih promena na urbane sredine i njihova adaptacija, te zelene infrastrukture.

Javna rasprava o **Nacrtu Strategije razvoja Grada Beograda do 2027.godine** održana je početkom 2022.godine, međutim na usvajanje nove Strategije se i dalje čeka. Nova Strategija razvoja Grada Beograda (kada bude usvojena) predstavljaće plansku osnovu pomoću koje će svi akteri javnih politika moći da donose i usklađuju svoje razvojne planove, budžete i projekte. Nacrt je izrađen u skladu sa relevantnim međunarodnim dokumentima, poput *Agende 2030* i strategijama Evropske Unije koje uređuju oblast održivog urbanog razvoja. Ključni izazov koji je identifikovan tokom izrade Nacrta jesu „nedovoljno iskorišćeni potencijali i narušena održivost urbanog razvoja“ Beograda. Iz toga, proizilaze tri ključna razvojna područja: i) Neiskorišćeni potencijali i prilike za privredni rast; ii) Potreba za sveobuhvatnijom socijalnom zaštitom, zdravstvenim, kulturnim i obrazovnim uslugama i dr.; iii) Neujednačen urbani razvoj i ugrožena održivost nekontrolisanim rastom. Ovim planom razvoja, odnosno nacrtom Strategije, definisano je devet razvojnih prioriteta, sa pratećim prioritetnim ciljevima i merama za njihovo sprovođenje. Pitanje zelene infrastrukture obuhvaćeno je razvojnim prioritetom „Planiranje i razvoj održivog grada i urbane infrastrukture“, posebno kroz meru br. 5 koja se odnosi na „urbanističko planiranje razvoja zelenih površina“. Pitanje uticaja klimatskih promena na razvoj grada obuhvaćeno je razvojnim prioritetom „Održivi rast i razvoj urbanog okruženja“.

Program zaštite životne sredine grada Beograda („Sl. list grada Beograda”, br. 72/2015) sa pratećim **Akcionim planom** je dokument javnih politika, donet sa osnovnim ciljem da definiše strateški okvir za unapređenje upravljanja zaštitom životne sredine u Gradu Beogradu i obezbedi usklađenost politike zaštite životne sredine sa drugim sektorskim politikama. Program stavlja značajan akcenat na oblast klimatskih promena, kao i na tematiku gradskog zelenila, zelene infrastrukture, prostornog i urbanističkog planiranja. Poglavlje br. 4 *Činioci životne sredine* detaljno analizira zelenilo i zelenu infrastrukturu, te navodi da pokrivenost grada Beograda (uključujući i površine pod šumama) iznosi 18.5%, što je značajno ispod evropskog proseka. Prosečna pokrivenost zelenim površinama na teritoriji koju obuhvata generalni plan jeste 98m²/st (ukupno 12 703 ha) pri čemu su one neravnomerno raspoređene.

Programom je definisan poseban cilj koji se odnosi na zaštitu postojećih zelenih površina, njihovo širenje i razvoj, te kontinuirano unapređivanje upravljanja uz poštovanje biološke raznovrsnosti. Isto poglavlje analizira posledice klimatskih promena koje postaju sve izraženije usled visokog stepena urbanizacije, širenja izgrađenih površina, emisija GHG, porasta letnjih temperatura, urbanog ostrva toplote i sve dužih i intenzivnijih toplotnih talasa. Programom je definisan poseban cilj koji je usmeren ka prilagođavanju izmenjenim klimatskim uslovima kroz sprovođenje preventivnih mera, mera adaptacije i mera mitigacije (smanjenje emisija GHG, implementacije zelenog urbanističkog planiranja i projektovanja, širenje zelene infrastrukture, formiranje taksonomije klimatskih promena za grad Beograd, podsticanje istraživanja i inovacija u oblasti klimatskih promena). Važno je napomenuti da Poglavlje br. 5 *Činioci razvoja i uticaja privrednih sektora na životnu sredinu* koje posebno analizira urbanizam i prostorno planiranje kao važan faktor, međutim zbog neodržive prakse i neadekvatnog planiranja grad Beograd se danas suočava sa brojnim kompleksnim problemima. Širenje izgrađenih prostora više je stihijsko nego plansko, nije ga pratio razvoj zelene infrastrukture, deo uređenih zelenih površina zauziman je izgradnjom, dok su se površine rezervisane za podizanje novih zelenih površina usled *neprivodenja nameni* ustupale izgradnji.

Program ukazuje na još jedan važan element politike zaštite životne sredine, a to je *učešće javnosti*, koje u ovom momentu jeste utvrđeno zakonskim, planskim i strateškim dokumentima, ali na njemu treba aktivno raditi sa ciljem unapređenja i aktivnog uključivanja građana u proces donošenja odluka. Promena obrazaca ponašanja i učešće građana u procesu prilagođavanja na izmenjene klimatske uslove u velikoj meri zavisi od toga na koji način i u kom obimu su građani uključeni u proces planiranja i upravljanja prostorom, odnosno u proces donošenja odluka koje se tiču lokalne zajednice kojoj pripadaju (ili šireg okruženja). Akcioni plan koji je sastavni deo Programa definiše prioritete, indikatore za praćenje napretka sprovođenja, rokove realizacije, institucije, organizacije i partnere zadužene za implementaciju planiranih aktivnosti, kao i finansijski okvir.

Strategija zelene infrastrukture Grada Beograda za period od 2025. do 2032.godine jeste dokument javnih politika čiji je osnovni cilj uspostavljanje sistema za efikasno, koordinirano i održivo očuvanje i razvoj zelene infrastrukture na teritoriji administrativnog područja Grada Beograda. Dodatno, Strategija daje doprinos u formiranju pravne i stručne regulative grada Beograda, te inicira unapređenje regulative na nacionalnom nivou koja uređuje oblast zelene infrastrukture (ili tematske oblasti povezane sa zelenom infrastrukturom). Ovo je prva Strategija koja je u potpunosti usmerena ka tematici zelene infrastrukture. Sve do sada, pitanje zelene infrastrukture bilo je ili samo delimično ili nedovoljno zasupljeno u drugim dokumentima javnih politika na nacionalnom i lokalnom nivou. Strategija zelene infrastrukture Grada Beograda je izrađena u skladu sa ***Evropskom strategijom zelene infrastrukture*** (engl. *The EU Green Infrastructure Strategy*), ***UN Agendom za održivi razvoj do 2030.godine – Agenda 2030*** (engl. *Agenda 2030*), ***Novom urbanom Agendom UN*** (engl. *The New Urban Agenda*), ***EU Strategijom o biodiverzitetu do 2030.godine*** (engl. *Biodiversity Strategy for 2030*), ***EU Strategijom za šume do 2030.godine*** (engl. *New EU forest Strategy for 2030*), ***Klimatskim paketom EU*** (engl. *Climate Package Fit for 55*) i drugim međunarodnim dokumentima relevantnim za ovu oblast. Strategijom su definisane konkretne mere i aktivnosti čijom će se realizacijom dostići očuvanje i unapređenje elemenata zelene infrastrukture kroz planiranje, projektovanje, izgradnju i održavanje.

Strategiju prati i **Akcioni plan** za period od 2025. do 2027.godine. Osnovni cilj Strategije je *“uspostavljena zelena infrastruktura i ostvareni servisi ekosistema za zdrav, bezbedan i komforan životni okvir za stanovnike grada Beograda”*, a pored osnovnog definisano je i pet posebnih ciljeva sa pratećim merama za njihovu realizaciju. Vizija Strategije jeste zelena infrastruktura koja *“će biti strateški i integralno planirana, kreativno projektovana i održavana mreža prirodnih i prirodi bliskih prostora koja ostvaruje servise ekosistema. Koja će biti instrument unapređenja kvaliteta života građana i kvaliteta životne sredine, i instrument prilagođavanja na izmenjene klimatske uslove”*. Strategija zelene infrastrukture Grada Beograda detaljnije, ali i sveobuhvatnije analizira klimatske promene i njihov uticaj na grad, u odnosu na druga dokumenta javnih politika koja su doneta u ranijim godinama. U poglavlju *“Rastuće klimatske opasnosti usled klimatskih promena”* prikazana je analiza klimatskih promena za teritoriju Beograda koja je izrađena u skladu sa novim *Programom prilagođavanja na izmenjene klimatske uslove* i na osnovu podataka iz *Digitalnog atlasa klime Srbije*.

Takođe, Strategija jasno opisuje na koji način uvođenje elemenata zelene infrastrukture može pomoći u borbi protiv klimatskih promena, te doprineti procesima mitigacije i adaptacije na klimatske promene. Jedno od ograničenja na koje Strategija ukazuje jeste nedostatak jedinstvene baze podataka o elementima zelene infrastrukture na području Beograda, te su za potrebe izrade ovog dokumenta korišćeni podaci iz različitih planova, baza i izvora. Jedan od osnovnih uslova efikasnog planiranja (i upravljanja) jesu provereni i ažurni podaci, te je postojanje jedinstvene baze neophodno. Trenutno, aktuelna Strategija nudi uvid u skup podataka i informacija koja prethodno nisu bila na adekvatan način sistematizovana i prikazana na jednom mestu. Drugi problemi identifikovani u ovoj oblasti su: i) Pravni okvir – zelena infrastruktura nije prepoznata u nacionalnom zakonodavstvu; ii) Organizacija i procedure nadležnih institucija nisu adekvatni za potrebe razvoja zelene infrastrukture; iii) Očuvanje postojeće zelene infrastrukture nije adekvatno jer se njeni elementi često degradiraju (najčešće od strane čoveka); iv) Planiranje zelene infrastrukture nije adekvatno, niti održivo, a njeni elementi su neravnomerno raspoređeni na području grada; v) Projektovanje i izgradnja elemenata zelene infrastrukture se često zanemaruje (zbog nepostojanja obaveze); vi) Održavanje i upravljanje zelenom infrastrukturom je neodrživo i neadekvatno zbog više razloga – manjak finansijskih sredstava, nedovoljno kadrovskih kapaciteta, opreme za rad i sl.; vii) Nedovoljno razvijena svest o važnosti i značaju zelene infrastrukture.

Strategija uticaja klimatskih promena na interakciju ekosistemskih usluga u korišćenju i upravljanju šumskim resursima Beograda („Sl. list grada Beograda”, br. 112/2022) je dokument javnih politika donet sa ciljem identifikacije osnovnih problema, njihovih uzroka i posledica koji dovode do degradacije šumskih resursa na području Beograda, ali i da ponudi niz rešenja za unapređenje šuma i šumskog zemljišta, kao i da definiše aktivnosti i mere za adaptaciju i ublažavanje negativnih efekata klimatskih promena na šumske ekosisteme. Izrada Strategije zasnovana je na **Strategiji pošumljavanja područja Beograda**. Strategija obuhvata: analizu postojećeg stanja šumskih ekosistema, procenu ranjivosti na klimatske promene, te pomenute mere adaptacije i mitigacije. Sastavni deo Strategije jeste i **Akcioni plan** za period 2022.-2030.godina. Degradacija šumskih ekosistema na području Grada Beograda uzrokovana je urbanizacijom i intenzivnom izgradnjom, povećanjem broja stanovnika, povećanim potrebama za energijom i hranom i klimatskim promenama. Strategija se bavi analizom i procenom ekosistemskih servisa šuma i šumskih ekosistema, kao i uticajem različitih scenarija klimatskih promena.

DOKUMENTI RAZVOJNOG PLANIRANJA RELEVANTNI ZA PODRUČJE GRADA BEOGRADA

U narednom poglavlju biće predstavljen kratak izvod iz planskih dokumenata relevantnih za područje grada Beograda, a koji svojim sadržajem obrađuju i oblasti klimatskih promena, urbane klime, kao i zelene infrastrukture. Dokumenti razvojnog planiranja definisani su Članom 5 *Zakona o planskom sistemu Republike Srbije* ("Sl. glasnik RS", br. 30/2018) kao: "*planski dokumenti najšireg obuhvata i najvišeg značaja za donosioca*". Dokumenti prostornog i urbanističkog planiranja, odnosno prostorni i urbanistički planovi, kao i njihov sadržaj definisani su *Zakonom o planiranju i izgradnji*.

Zakon o Prostornom planu Republike Srbije od 2010. do 2020.godine ("Sl. glasnik RS", br. 88/2010) ili PPRS je osnovni, krovni planski dokument prostornog planiranja koji se donosi za teritoriju Republike. PPRS za period 2010.-2020.godina definisao je pet osnovnih ciljeva, od kojih je za oblast disertacije, posebno značajan Cilj br. 3 "*Održivo korišćenje prirodnih resursa i zaštićena i unapređena životna sredina*", gde je naznačeno da će unapređenje i zaštita životne sredine u Srbiji biti utemeljeni na: racionalnom korišćenju prirodnih resursa, energetske efikasnosti, korišćenju OIE i čistih tehnologija, razvojem zelenih površina u urbanim sredinama, pošumljavanjem, uređivanjem predela i drugim merama koje će unaprediti kvalitet života i javno zdravlje. Planom je propisano da gradovi imaju obavezu da kroz različite planove, strategije i projekte na lokalnom nivou obezbede zaštitu i razvoj zelenih i otvorenih površina unutar urbanog područja. PPRS je prepoznao urbane sredine kao područja koja se suočavaju sa velikim pritiscima intenzivne izgradnje usled čega dolazi do gubljenja zelenih i otvorenih površina, što konačno vodi ka smanjenju kvaliteta života, ugroženosti urbanih ekosistema, zaštitnih pojaseva i dr. Efekti klimatskih promena na Republiku Srbiju (i urbane sredine) analizirani su u okviru poglavlja *Priroda, ekološki razvoj i zaštita*, gde je navedeno da je na području Srbije tokom perioda 1950-2008.godina registrovan trend porasta srednje godišnje temperature za oko 1.2°C, kao i da će se taj trend nastaviti, što će dovesti ka još nepovoljnijim posledicama klimatskih promena na energetiku, vodosnabdevanje, korišćenje zemljišta, biodiverzitet i zdravlje, a da će se povećani toplotni stres manifestovati kako kod čoveka, tako i kod domaćih životinja.

Tokom 2021.godine održan je Javni uvid u ***Nacrt Prostornog plana Republike Srbije od 2021. do 2035.godine*** (plan još uvek nije usvojen). Nacrt novog PPRS stavlja u fokus održivi urbani razvoj, klimatske promene i zelenu infrastrukturu. Među ključnim ograničenjima i problemima koje identifikuje Nacrt plana izdvojeni su i: nekontrolisan urbani rast i razvoj (često na račun poljoprivrednog zemljišta, šuma i zelenih površina), zapostavljen razvoj zelene infrastrukture, narušen kvalitet životne sredine, slaba otpornost na klimatske promene... Dugoročnom strategijom prostornog razvoja Republike Srbije izdvojena je ključna uloga urbanih sistema u teritorijalnoj koheziji i održivom prostornom razvoju, kao i neophodnost jačanja otpornosti na globalne izazove – pre svega klimatske promene. Dalje, dugoročna strategija podrazumeva unapređenje kvaliteta i zaštitu životne sredine kroz: "*zaštitu prirode, održivo korišćenje prirodnog nasleđa, očuvanje biodiverziteta i uređenje zaštićenih područja, bržu izgradnju i uređenje plave i zelene infrastrukture*". Klimatske promene sagledane su sa različitih aspekata: kroz njihov uticaj na ekonomsku koheziju i privredu, industriju, turizam, energetiku, poljoprivredu, proizvodnju hrane i ruralni razvoj, korišćenje i zaštitu prirodnih resursa (zemljište, voda, šume, biodiverzitet), uticaj na razvoj urbanih sredina i dr. Takođe, Nacrtom PPRS je u delu "*Prilagođavanje klimatskim promenama*" istaknuto

da: "postojećim politikama prostornog i urbanističkog planiranja nisu uspostavljene odgovarajuće veze između klimatskih promena i urbanizacije. Efikasno prilagođavanje na klimatske promene zahteva sveobuhvatan i fleksibilan pristup planiranju i projektovanju, koji u obzir uzima uticaj klimatskih promena i sve češće ekstremne vremenske uslove. Takođe, pri planiranju naselja ili njihovih delova, neophodno je primenjivati mere za ublažavanje efekta UOT". Zelena infrastruktura je Nacrtom PPRS prepoznata kao preduslov održivog urbanog razvoja, zaštite biodiverziteta, unapređenja kvaliteta životne sredine i konačno adaptacije na izmenjene klimatske uslove. Zelena infrastruktura našla se i u „Smernicama za ostvarivanje kvaliteta predela“ (i ruralnih i urbanih) gde je ukazano na potrebu za „rezervisanjem prostora za razvoj zelene infrastrukture kao mere prilagođavanja gradova na klimatske promene“. U skladu sa tim, definisani su opšti i posebni ciljevi u oblasti klimatskih promena, koji uključuju integrisanje koncepta zelene infrastrukture u planiranje održivog razvoja urbanih sredina. Razvoj zelene infrastrukture (ZI) deo je i „Smernica za uređenje urbanih naselja“. Razvoj ZI ostvariće se zaštitom i očuvanjem postojećih zelenih površina, planiranjem novih (urbane bašte, gradske šume, prakovi itd...).

Regionalni prostorni plan administrativnog područja Grada Beograda („Sl. list grada Beograda, br. 10/2004, 38/2011) ili RPP AP Beograda predstavlja dokument razvojnog planiranja i važan je instrument održivog razvoja administrativnog područja Grada Beograda, koji definiše osnovne ciljeve, smernice i postavke planiranja, uređenja i zaštite prostora. Planska rešenja se odnose samo na plansko područje za koji je plan donet, ali s obzirom na regionalne specifičnosti područja, složene odnose, međunarodni značaj metropole, RPP AP Beograda donosi i strateške smernice vezane za umrežavanje i saradnju Beograda i drugih gradova, opština i regiona u okruženju. Vizija razvoja Beograda zasnovana je na „*teritorijalnoj koheziji, policentričnosti i decentralizaciji, održivoj ekonomiji, pristupačnoj saobraćajnoj i drugoj infrastrukturi i razvijenom urbanom indentitetu*“. Osnovni principi razvoja Grada Beograda su: održivost, konkurentnost, kohezija, policentričnost, pristupačnost, indentitet, zdravlje i socijalna sigurnost. Regionalnim prostornim planom definisano je pet opštih ciljeva i osam strateških zadataka usmerenih ka zaštiti prostora, prostornom uređenju i razvoju. Plan navodi da je potrebno raditi na očuvanju prirodnih ekosistema, uspostavljanju sistema zelenih površina i njihovom boljem povezivanju, formiranju ekološke mreže i sl. Značajno je i poglavlje *Priroda, ekološki razvoj i zaštita* u okviru kog je detaljnije razrađena tematika prirodnih resursa i ekosistema. Efekti klimatskih promena na grad Beograd analizirani su u poglavlju „*Zaštita životne sredine, predela, prirodnih i kulturnih dobara*“. Regionalni plan prepoznaje značajno **ograničenje postojeće metodologije i prakse u planiranju i projektovanju koje je zasnovano na standardnim metodama i stacionarnosti klime**. Jedan od ciljeva u ovoj oblasti jeste da se, kako Plan navodi, u sektorske programe i strategije klimatske promene uključe kao činilac održivog razvoja.

Generalni urbanistički plan Beograda („Sl. list grada Beograda“, br. 11/2016) ili GUP 2021 je dokument razvojnog planiranja i utvrđuje osnovne elemente prostornog razvoja. Elementi dugoročne koncepcije urbanog razvoja Beograda definisani GUP-om su: preoblikovanje gradskog prostora, razvoj putem obimnih investicionih poduhvata, uspostavljanje veza između izgrađenih delova grada i prirodnog okruženja, racionalno korišćenje i očuvanje zemljiša, zaštita gradskog zelenila i preostalih prirodnih zelenih masiva, kontinuitet u planiranju saobraćaja i infrastrukture i dr. GUP je definisao tri osnovna cilja uređenja u sektorskoj oblasti *Zelene površine* i to: i) Razvoj sistema zelenih površina; ii) Očuvanje i unapređenje postojećih i planiranje novih zelenih površina; iii)

Ravnomerna prostorna distribucija. U prikazu bilansa površina angažovanog zemljišta u granicama GUP-a za 2010.godinu možemo uočiti da su zelene površine učestvovala sa 13.2% ili 10 290 ha u ukupnoj površini. Generalni plan naglašava da su zelene površine *“dobro od opšteg interesa”*, deo su klimatske i ekološke infrastrukture grada, a njihova uloga je multifunkcionalna: pozitivno utiču na stanovništvo i urbani biodiverzitet, unapređuju kvalitet životne sredine i ekonomsku dobit grada. Takođe, Generalni plan ističe da se *ključni efekti zelenih površina* na kvalitet životne sredine ispoljavaju kroz ublažavanje efekata toplotnih ostrva, redukcije zagađenja vazduha i buke, ublažavanje vetra, regulisanje režima atmosferskih voda i dr. Jedinstveni sistem zelenih površina planiran je kroz četiri komponente: i) Jezgro; ii) Unutrašnji prsten, iii) Spoljašnji prsten iv) Zelene veze. U bilansu planiranih zelenih površina (koji je trebalo dostići do 2021.godine) predviđeno je novih, dodatnih 5965 ha ili 7.7%. Tematika uticaja klimatskih promena na grad, urbanu (bio)klimu i urbanog ostrva toplote nije u dovoljnoj meri razmatrana, osim indirektno u poglavljima koja se odnose na zelene površine i kroz poglavlje *“Zaštita i unapređenje životne sredine”*.

U junu 2022.godine javnosti je predstavljen Elaborat za rani javni uvid u **Generalni Urbanistički Plan Beograda 2041**. GUP Beograda 2041, iako je njegova izrada započeta još 2019.godine, do danas nije usvojen. U kontekstu ove disertacije, treba istaći da je u Elaboratom prepoznat uticaj klimatskih promena na razvoj Beograda. Plan prepoznaje značaj i neophodnost prilagođavanja izmenjenim klimatskim uslovima, te izazovima koje klimatske promene donose. U okviru Plana (odnosno dostupnog Elaborata), predložene su različite mere prilagođavanja i ublažavanja posledica klimatskih promena poput razvoja održive urbane mobilnosti, unapređenje energetske efikasnosti, smanjenje emisija GHG, zaštite i očuvanja prirodnih resursa, kao i povećanje udela pod zelenim površinama i razvoj zelene infrastrukture. Osnovni ciljevi, planska rešenja i smernice koji se odnose na klimatske promene i zelenu infrastrukturu, predstavljeni su u okviru celine br. 8 *“Zaštita životne sredine”*. Različiti elementi zelene infrastrukture (od urbanih bašti, zelenih krovova, parkova, drvoreda i dr.) izdvojeni su kao instrumenti ublažavanja urbanog ostrva toplote. Elaboratom su javne zelene površine (JZP) označene su *kao dobro od opšteg interesa*. Ipak, ukazano je i da ova tematska oblast u domaćoj praksi nije zakonski uređena. Ono što zabrinjava jeste da GUP 2041 (odnosno Elaborat) navodi da postojeće šume i JZP obuhvataju svega 9% ukupne površine unutar granica GUP-a i da su prostorno vrlo neravnomerno raspoređene (četiri beogradske opštine učestvuju sa udelom većim od 65% od ukupne teritorije pod šumama i zelenim površinama). Tokom izrade Elaborata, pristupilo se i oceni *pristupačnosti postojećim šumama i zelenim površinama*, a rezultati analize pokazali su da čak 392 000 građana/ki živi u područjima deficitarnim zelenim površinama u funkciji rekreacije.

Plan generalne regulacije građevinskog područja sedišta jedinice lokalne samouprave – Grad Beograd (celine I-XIX) („Sl. list grada Beograda“, br. 20/16, 97/16, 69/17, 97/17, 72/21, 27/22, 45/23, 66/23, 91/23) ili PGR predstavlja osnovni plan regulacije kojim su definisana pravila uređenja i građenja na planskom području, a planski osnovu za njegovu izradu predstavlja Generalni urbanistički plan. Polazne osnove organizacije i uređenja prostora obuhvaćenog Planom jesu: i) Preoblikovanje gradskih prostora koju prati odgovarajuća planirana izgradnja u onim sektorima koji imaju najveće potrebe za novim lokacijama – privreda, sistem javnog zelenila i ekološka infrastruktura, nova stambena izgradnja; ii) Razvoj grada pomoću velikih razvojnih projekata; iii) Svaku planiranu izgradnju mora pratiti odgovarajuća saobraćajna i komunalna infrastruktura; iv) Povezivanje izgrađenog područja sa prirodom

okolinom; v) Plansko čuvanje transportnih koridora i zemljišta za budućnost. Plansko područje podeljeno je na 19 prostornih celina. Osnovi cilj PGR-a jeste uspešno odgovoriti na stvarne potrebe urbanog razvoja grada, u skladu sa realnim potencijalnim i ograničenjima uz poštovanje standarda zaštite životne sredine, kako bi se ostvarili maksimalni efekti za unapređenje kvaliteta života svih građana. Javne zelene površine su prepoznate PGR-om Beograda kao deo strukture, prostornog i istorijskog kontinuiteta grada, koje zauzimaju posebno mesto po značaju u pogledu zaštite prirode i njihove multifunkcionalne uloge. Plan predviđa očuvanje i unapređenje javnih zelenih površina. Dalje, Plan prepoznaje i zelenu infrastrukturu, njene različite (pojedinačne) elemente i njihovu ulogu u: unapređenju kvaliteta vazduha, smanjenju rizika od poplava, doprinosu javnom zdravlju, kvalitetu života, poboljšanju mikroklimе i dr. Analizom planskog dokumenta, primećuje se da je tematika zelenih površina obrađena i "pokrivena" značajnije u odnosu na uticaj urbanog ostrva toplote i izmenjenih klimatskih uslova na razvoj grada. Klimatske promene obrađene su indirektno, kroz mere za unapređenje energetske efikasnosti, korišćenje OIE, mere zaštite životne sredine i mere koje se posebno odnose na razvoj sistema zelenih površina.

Plan generalne regulacije sistema zelenih površina Beograda („Sl. list grada Beograda“, br. 110/19) ili PGR SZP Beograda izrađen je u sklopu IV faze projekta *“Zelena regulative Beograda”*, a potreba za izradom ovog planskog dokumenta proizišla je iz činjenice da se mere i rešenja definisana prethodno donetim planovima vezano za podizanje, uređenje, zaštitu i održavanje zelenih površina nisu sprovodile ili su se sprovodile samo delimično. Donošenjem PGR SZP uspostavljen je planski osnov razvoja zelene infrastrukture Beograda, koji ujedno predstavlja i instrument za sprovođenje javnih politika na nivou grada koje se odnose na prilagođavanje izmenjenim klimatskim uslovima. Izrada i usvajanje PGR SZP Beograda predviđena je *Programom zaštite životne sredine Beograda*, kako bi se sprovele preventivne mere, mere prilagođavanja i ublažavanja klimatskih promena, kako bi se postojeće zelene površine očuvale, kako bi se upravljanje sistemom zelenih površina unapredilo, kako bi se podržala biološka raznovrsnost i konačno, kako bi se šumskim ekosistemima i resursima upravljalo i koristilo na održiv način. Koncept planskog rešenja SZP zasnovan je na principima: i) Povezivanja; ii) Multifunkcionalnosti; iii) Pristupačnosti; iv) Očuvanja prirode; v) Karaktera predela. PGR SZP Beograda naglašava da su javne zelene površine i šume obuhvaćene planskim područjem *dobro od opšteg interesa*, pri čemu ih je neophodno očuvati i unaprediti, a njihovo planiranje organizovati u smeru planiranja *jedinstvenog sistema zelenih površina*. Zelene površine koje se nalaze u okviru drugih javnih i ostalih namena podjednako su važne za uspostavljanje jedinstvenog sistema.

PGR takođe uspostavlja **zelenu infrastrukturu grada**. Planom je predstavljena jedna od *ključnih uloga* zelenih površina i šuma kao tzv. **klimatske infrastrukture** grada zbog uticaja na temperaturu, vlažnost vazduha, vetar i ublažavanja efekta urbanog ostrva toplote (uticaj na mikroklimu grada), smanjenja nivoa buke, unapređenja kvaliteta vazduha i redukcije zagađujućih čestica, itd. Kako navodi Plan, na osnovu bilansa površina, postojeće šume i javne zelene površine zauzimaju 12.38% (9653.40 ha) ukupne površine, pri čemu šume i šumsko zemljište obuhvataju 9.55% (7444.5 ha), dok javne zelene površine (JZP) obuhvataju svega 2.83% teritorije ili 2208.9 ha. PGR SZP predviđa nove zelene površine u onim zonama koje su deficitarne zelenilom, na terenima gde se javljaju klizišta ili iz drugog razloga nisu pogodna za izgradnju itd... Planska rešenja dovešće do povećanja stepena ozelenjenosti. Ukoliko se planirana rešenja budu realizovala procenat ukupne teritorije pod navedenim tipovima zelenih

površina bio bi uvećan na 22.74%, odnosno 17 726.26 ha. Udeo šuma i šumskog zemljišta porastao bi na 16.48% ili 12 847.45ha, dok bi udeo javnih zelenih površina iznosio 6.26% ili 4878.81 ha. Drugim rečima, Planom je predviđeno 123 m² šuma i zelenih površina po glavi stanovnika do 2021.godine.

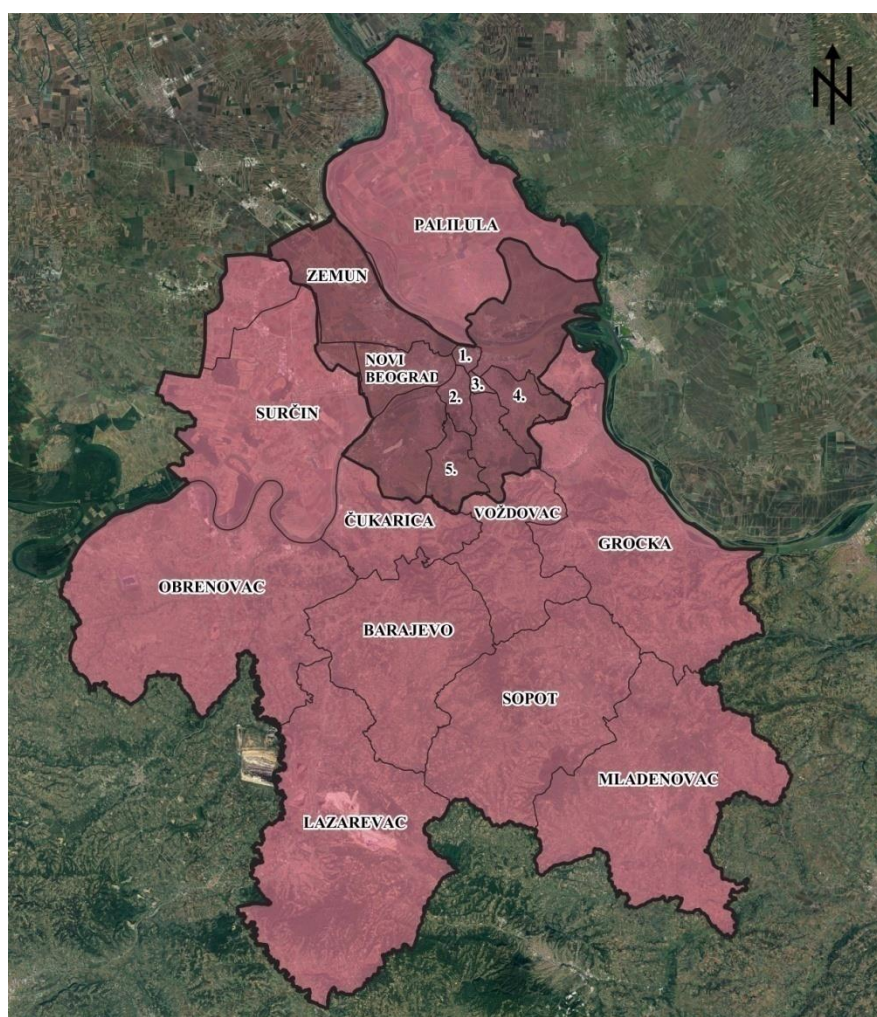
Sistem zelenih površina planiran je u šest prostorno-funkcionalnih celina: i) Jezgro; ii) Unutrašnji prsten; iii) Spoljašnji prsten; iv) Zelene veze; v) Kontinualno izgrađeno gradsko tkivo; vi) Diskontinualno izgrađeno područje. Kako bi se realizovao planirani sistem zelenih površina, PGR je definisao pravila uređenja i podizanja/građenja za tipske elemente sistema. U odnosu na način sprovođenja definisana su: i) Opšta pravila uređenja i građenja; ii) Pravila uređenja i građenja za neposrednu primenu. PGR SZP Beograda definisani su i *Normativi u planiranju sistema zelenih površina*, koji će u narednim poglavljima biti detaljnije predstavljani.

Poseban značajan PGR SZP Beograda ogleda se i u njegovom pristupu u prilagođavanju izmenjenim klimatskim uslovima i unapređenju urbane mikroklimе, uvođenju pojma klimatska infrastruktura, te su Planom posebno definisane ***“Ekološke mere smanjenja uticaja klimatskih promena na grad”*** kroz: i) Povećanje ekološkog efekta biotope na parceli i dostizanju ciljanog ekološkog indeksa; ii) Formiranje energetske plantaže (vrbe); iii) Formiranje sistema za prečišćavanje otpadnih voda i revitalizaciju zagađenih voda putem biljaka; iv) Planiranje održivog sistema prikupljanja atmosferskih voda.

GEOPROSTORNE KARAKTERISTIKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Geografski položaj grada Beograda

Grad Beograd glavni je grad, najveće urbano područje, saobraćajno čvorište, administrativni, kulturni, obrazovni, privredni, ekonomski i zdravstveni centar Republike Srbije. Leži na obalama dve reke – Save i Dunava, smešten na području Panonske makroregije. Nalazi se na 44°48' s.g.š. i 20°28' i.g.d. na prosečnoj nadmorskoj visini od 130m. Administrativno područje Grada Beograda čini 17 gradskih opština (karta br. 1), ukupne površine 3222 km², dok samo gradsko naselje Beograda zauzima površinu od 360 km² (Pavlović, 2019). Na teritoriji Grada Beograda, prema podacima Popisa stanovništva iz 2022.godine, živi 25.3% ukupnog stanovništva Srbije, dok na području gradskog naselja Beograda živi 18% ukupnog broja stanovnika države. Prosečna gustina naseljenosti Grada Beograda iznosi 521 st/km².



Legenda

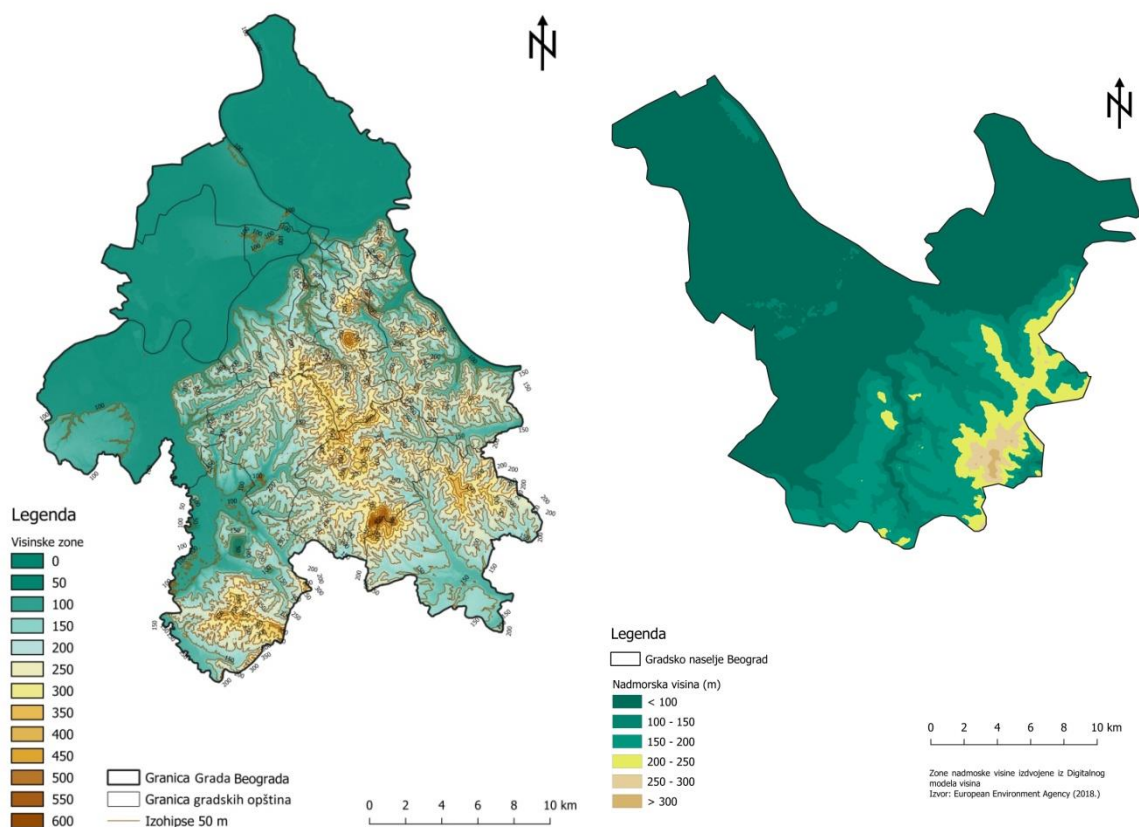
- | | | |
|---|---|-----------------|
|  | Gradsko naselje Beograd | 1. Stari Grad |
|  | GO Grada Beograda | 2. Savski Venac |
|  | Administrativno područje Grada Beograda | 3. Vračar |
| | | 4. Zvezdara |
| | | 5. Rakovica |

0 5 10 15 20 25 km

Karta br. 1: Administrativno područje Grada Beograda i gradsko naselje Beograd

Geomorfološke, geološke i pedološke karakteristike

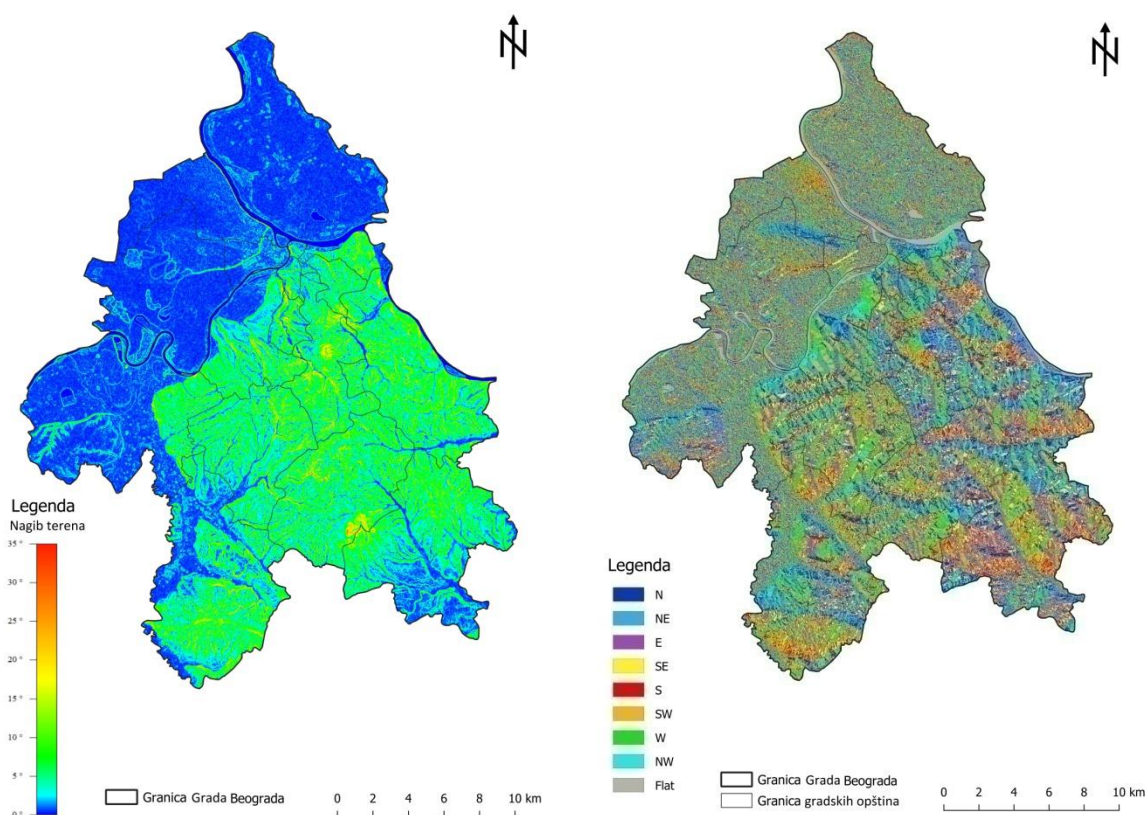
Reljef grada je u morfološkom i genetskom smislu veoma kompleksan, a zastupljeni su različiti oblici reljefa: tektonski, fluvijalni, abrazioni, kraški i eolski (LPUO Beograda 2020). Teren je delom ravničarski (sremsko-banatski deo), a delom brežuljkasto-brdoviti (šumadijski deo). Najveći deo teritorije grada pripada šumadijskom delu, koji je smešten na Šumadijskoj gredi. Grad se nalazi na sedam brežuljaka, beogradskoj (terazijska i bulbuderska terasa) i pinosavskoj fluviodenudacionoj površi, u dolinama i na dolinskim stranama Save i Dunava i njihovih manjih pritoka. U reljefu Beograda ističe se planina Avala, sa najvišim vrhom od 511 m.n.v. (Filipović i dr., 2020; Pavlović, 2019). Najviša kota Beograda (u širem smislu) nalazi se na planini Kosmaj (deo koji pripada GO Mladenovac, 628 m). Najviša kota užeg gradskog područja nalazi se na Torlaku (GO Voždovac, 303 m), dok se najniža kota nalazi na Adi Huji (70 m). Na području Beograda moguće je izdvojiti pet osnovnih geološko-geomorfoloških kategorija terena: i) niski i ravničarski tereni fluvijalnog genetskog tipa; ii) eolske i eolsko-akvatične zaravni Srema; iii) tereni neogenog pobrđa; iv) brdsko-planinski tereni; v) geotehnički tereni (LPUO Beograda, 2020).



Karta br. 2: Reljef teritorije Grada Beograda (levo), reljef teritorije gradskog naselja Beograd (desno)

Na teritoriji Grada Beograda, u pogledu eksponiranosti terena, najzastupljeniji su tereni sa jugozapadnom (SW) i zapadnom (W) ekspozicijom, koji zajedno obuhvataju 27.2% ukupne površine Grada, odnosno pojedinačno po 13.6%. Tereni sa istočnom ekspozicijom (E) učestvuju sa 12.7%, a oni sa severoistočnom (NE) učestvuju sa 12.5%. Neekspozirani tereni su najmanje zastupljeni i obuhvataju 1.8% ukupne teritorije. Nagib terena na području Grada Beograda ima vrednosti od 0° (ravan teren) do nešto više od 35° (Filipović i dr., 2020). Najviše su zastupljeni tereni sa nagibom do 5° (ravan

do blago nagnut teren), na površini od 2224 km², što čini 68.3% ukupne površine. Po zastupljenosti, slede ih tereni sa nagibom 5°-10° (blago nagnut od iskošen teren) na površini od 815 km² odnosno 25.2% ukupne teritorije Grada.



Karta br. 3: Nagib terena Grada Beograda (levo), Ekspozicija reljefa Grada Beograda (desno)

Na području koje obuhvata gradsko naselje Beograd najzastupljeniji su tereni sa zapadnom (W) ekspozicijom, sa udelom od 14.8%. Slede ih tereni sa jugozapadnom (SW) i severozapadnom ekspozicijom (NW) sa 13.8%, odnosno 13.6% (tabela br. 1). Najmanje zastupljeni su neeksponirani tereni sa udelom od 4.4% u ukupnoj površini gradskog naselja Beograd. Vrednosti uglova nagiba terena na području gradskog naselja Beograd kreću se od 0° (horizontalne površine) do maksimalnih 36°.

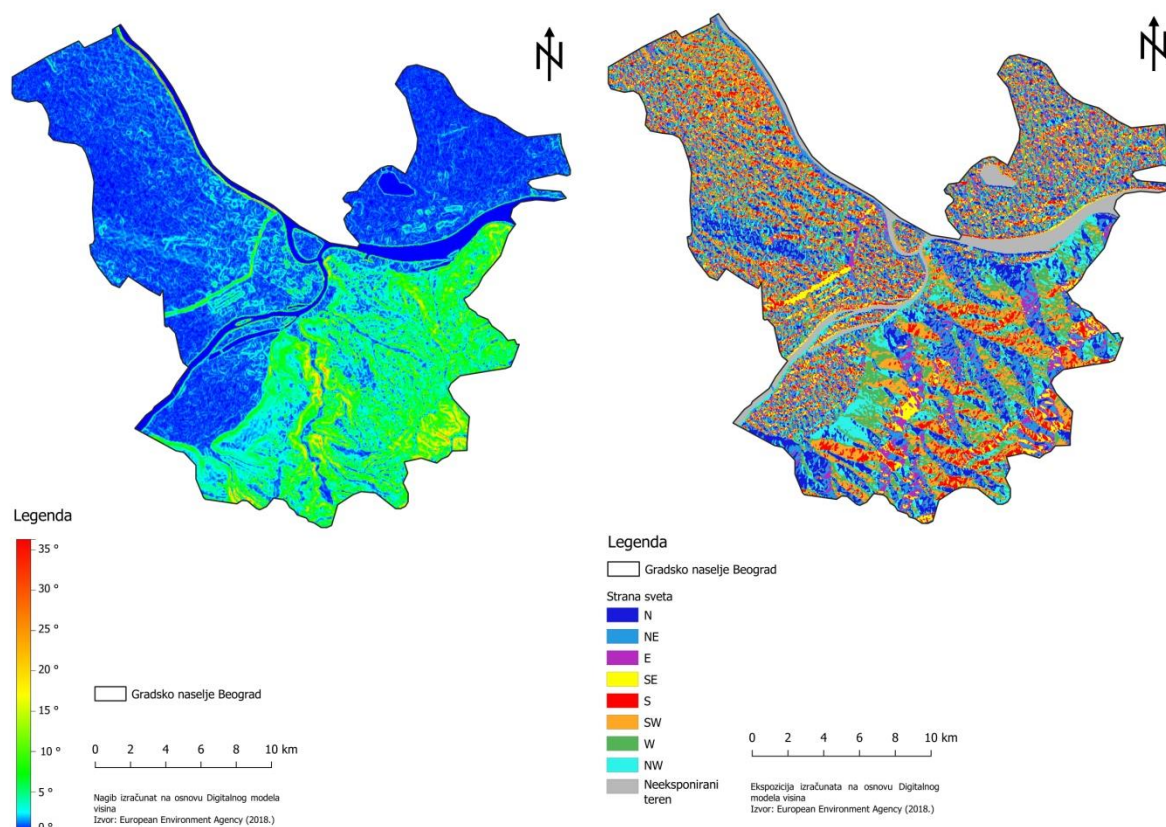
Tabela br. 1: Ekspozicija reljefa gradskog naselja Beograd

Strane sveta	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Neeksponirani teren	Ukupno
Udeo u ukupnoj površini (%)	13.2	11.7	9.4	8.6	10.5	13.8	14.8	13.6	4.4	100

Najzastupljeniji su tereni sa nagibom od 0° do 2°, koji učestvuju sa 61.5% u ukupnoj površini. Tereni sa nagibom od 2° do 5° zastupljeni su na 18.5% površina, dok tereni sa nagibom 5°-10° (blago nagnut od iskošen teren) učestvuju sa 15.1%. Najmanje su zastupljeni tereni gde je vrednost ugla nagiba veća od 30° sa svega 0.01% (tabela br. 2).

Tabela br. 2: Vrednosti nagiba terena na području gradskog naselja Beograd

Nagib terena (°)	<2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	>30	Ukupno
Udeo u ukupnoj površini (%)	61.5	18.5	15.1	3.8	0.9	0.2	0.04	0.01	100



Karta br. 4: Nagib terena (levo) i ekspozicija reljefa (desno) na području gradskog naselja Beograd

Geološke karakteristike Beograda odlikuju se složenom geološkom građom koju čine stene različite starosti. Geološku osnovu šumadijskog dela Beograda čine *kredni* i *sarmatski sediment* koji su prekriveni *marinskim sedimentima* Prartetisa i *lesom* glacijalnih faza pleistocena. Moćniji *les* nalazi se na području Zemuna, dok je Novi Beograd podignut na močvarnoj, nasutoj, kvartarnoj ravni Save. U okolini Beograda razvijen je *beogradski merokras* (područje GO Čukarica, naselja Sremčica, Banovo brdo, Košutnjak, Topčider) (Pavlović, 2019).

Kada govorimo o pedološkim karakteristikama Beograda, na području grada zastupljeni su različiti tipovi zemljišta koji su nastali pod uticajem različitih pedogenetskih faktora, poput: *hidromorfnih* zemljišta, *terestričnih* zemljišta i *antropogenih* zemljišta (jalovišta, pepelišta, meliorisana zemljišta i dr.) (LPUO Beograda, 2020).

Hidrološke karakteristike

Dva najznačajnija hidrološka objekta grada Beograda jesu reke Dunav i Sava. Dužina toka reke Dunav u Beogradu iznosi 60 km (potez od Starih Banovaca do Grocke), dok reka Sava u Beogradu teče dužinom od 30 km (LPUO Beograda, 2020). Srednji proticaj Dunava iznosi 5750 m³/s (Pavlović, 2020). Širina rečnog korita Save kreće se između 230m i 600m, a na ušću u Dunav njena širina iznosi 255m. Proticaj reke Save kod Beograda iznosi 1772 m³/s, dok je dubina na ušću u Dunav 17 m (LPUO Beograda, 2020; Pavlović, 2020). Obe reke imaju mali pad, što je uslovalo formiranje nekoliko rečih ostrva – ada, od kojih su najpoznatiji Veliko ratno ostrvo i Ada Ciganlija (LPUO Beograda, 2020). Prema podacima RHMZ Srbije, u 2023.godini srednji vodostaj reke Dunav kod Zemuna iznosio je 356 cm. Minimalni vodostaj Dunava u 2023.godini iznosio

je 185 cm (zabeležen dana 16.10.2023.), dok je maksimalni vodostaj iznosio 528 cm (zabeležen dana 26.05.2023.). Srednji godišnji vodostaj reke Save u Beogradu u 2023.godini bio je 316 cm. Minimalni vodostaj reke Save na mernoj stanici u Beogradu u 2023.godini iznosio je 142 cm (izmeren dana 16.10.2023.), dok je maksimalni iznosio 495 cm (izmeren dana 27.05.2023).

Hidrografsku mrežu čine i drugi manji tokovi, pritoke Save i Dunava. U južnom delu grada, koji se odlikuje brežuljkasto-brdovitim terenom dominiraju stalni vodotokovi Železničke, Ostružničke i Topčiderske reke koje gravitiraju Savi. Ovi rečni tokovi imaju promenljivi protok i u periodima obilnih padavina dobijaju bujični karakter. U severnom delu, koji se odlikuje ravničarskim terenom dominiraju kanalisani tokovi Ugrinovačke reke, Jarčine, Surčinskog i Galovičkog potoka i dr. Osim rečnih tokova, na području Beograda nalazi se i nekoliko jezera (veštačkih akumulacija) od kojih je najpoznatije Savsko jezero (GO Čukarica) na Adi Ciganliji. Tu su i jezera Duboki potok, Pariguz i Bela reka, smešteni u podnožju Avale (LPUO Beograda, 2020). Praćenje kvaliteta površinskih voda na području grada Beograda u nadležnosti je Gradskog zavoda za javno zdravlje Beograd u saradnji sa Sekretarijatom za zaštitu životne sredine (Izveštaj o SPU za GCAP Beograda, 2021).

Klimatske karakteristike

Prema Kepen-Gajgerovoj klasifikaciji klimata, klima Beograda pripada *Cfb tipu* – topla, umerena, vlažna klima koju karakterišu topla leta i maksimalna količina padavina koja se javlja tokom kasnog proleća i ranog leta (Mihajlović, 2018). Srednja godišnja temperatura vazduha u Beogradu tokom perioda 1991-2020.godina bila je 13.2°C, dok je u periodu 1961-1990.godina iznosila 11.9°C (izvor: RHMZ - meteorološki godišnjaci). Prosečna godišnja količina padavina u Beogradu tokom perioda 1961-2020.godina iznosila je 691.8mm (tabela br. 3). Najveća količina padavina beleži se tokom juna (93 mm) i maja meseca (71.5 mm), dok je “najsušniji” mesec februar sa prosečno 44 mm padavina (Čegar i dr., 2023; RHMZ). Tokom perioda 2000-2020.godina prosečna količina padavina u Beogradu iznosila je 704.3 mm. Grad Beograd pripada *košavskom* području. Košava najčešće duva u periodu jesenjih i zimskih meseci, u intervalima 2-3 dana (nekada i duže). Prosečna brzina košave iznosi 25-43 km/h, a pojedini naleti mogu dostići i brzinu od 130 km/h (LPUO Beograd, 2020). Ako posmatramo *ružu vetrova* tj. *čestinu vetrova po smerovima* u Beogradu dominiraju jugoistočni smer (košava) i smer zapad-severozapad (gornjak). Prosečan broj sunčanih sati u Beogradu tokom perioda 2000-2020.godina iznosio je 2212 h. Srednja vrednost atmosferskog pritiska iznosila je 1001 mb, a srednja vrednost relativne vlažnosti vazduha bila je 67%.

Tabela br. 3: Prosečna količina padavina u Beogradu, po mesecima, za period 1961-2020.godina (Izvor: Čegar i dr., 2023; Republički hidrometeorološki zavod Srbije, Meteorološki godišnjaci)

Period 1961- 2020	Jan	Feb	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avg	Sept	Okt	Nov	Dec	Sr.god.
Količina padavina u mm	48.9	44.0	49.1	55.1	71.5	93.0	66.4	53.2	55.0	47.6	51.9	56.1	691.8

U Tabeli br. 4 prikazane su srednje godišnje vrednosti temperature vazduha koje su izmerene u periodu 1991-2020.godina na meteorološkoj stanici Beograd Opservatorija, kao i srednja vrednost temperature referentnog perioda. Crvenom bojom označeno je 5

godina sa najvišim srednjim godišnjim vrednostima. Na osnovu prikazanih podataka, lako se može uočiti da je nakon 2011.godine zabeležen najveći broj rekordnih vrednosti.

Ako poredimo dva klimatska perioda, videćemo da je danas srednja godišnja temperatura vazduha u Beogradu viša za 1.3°C (tabela br. 5). Avgust u periodu 1991-2020.godine je za 2.4°C topliji u odnosu na avgust mesec u periodu 1961-1990. Jul je topliji za 2°C, a značajne promene zabeležene su i tokom zimskog dela godine, pa je januar danas topliji za 1.5°C. Tokom perioda 2011-2020.godina srednja godišnja temperatura u Beogradu bila je za 2.1°C viša u odnosu na period 1961-1990.godina. U istom periodu značajno je porastao prosečan broj "vreljih" dana (dani u kojima su maksimalne dnevne temperature bile više od 35°C) za 9 u odnosu na 2 koliko ih je bilo u periodu 1961-1990.godina. Takođe, porastao je i prosečan broj "tropskih dana" (maksimalna dnevna temperatura preko 30°C) za 26, kao i prosečan broj "tropskih noći" (minimalne dnevne temperature preko 20°C) za 22. Tropskih noći je danas 3.5 puta više u odnosu na referentni period 1961-1990.godina. Prosečan broj "mraznih dana" (minimalne dnevne temperature ispod 0°C) u periodu 2011-2020.godina iznosio je 43 i za 21 dan je niži u odnosu na prosek tokom perioda 1961-1990.godina (Strategija zelene infrastrukture grada Beograda, 2025).

Tabela br. 4: Srednje godišnje vrednosti temperature (°C) vazduha (Beograd Opservatorija, 1991-2020)

Godina	1991.	1992.	1993.	1994.	1995.	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.
07h	9.0	10.3	9.6	11.1	10.0	9.4	9.5	10.3	10.4	11.6
14h	15.1	17.2	16.5	17.6	16.2	15.0	15.2	16.3	15.9	18.3
21h	10.8	12.4	11.4	12.8	11.6	10.8	11.2	12.1	11.8	13.4
sr	11.4	13.1	12.2	13.6	12.4	11.5	11.8	12.7	12.5	14.2
max	16.1	18.2	17.5	18.8	17.5	16.1	16.4	17.6	17.2	19.4
Godina	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.
min	7.5	8.7	7.8	9.3	8.3	7.7	7.7	8.5	8.7	9.7
07h	10.5	11.3	10.3	10.3	9.8	10.5	11.6	11.7	11.4	10.9
14h	16.1	17.4	16.7	15.8	15.1	16.3	17.6	17.6	17.2	16.5
21h	12.1	13.0	12.2	11.9	11.3	12.1	13.4	13.4	13.1	12.5
sr	12.7	13.7	12.8	12.5	11.9	12.8	14.0	14.0	13.7	13.1
Godina	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.
max	17.5	18.6	17.8	17.0	16.3	17.4	18.7	18.9	18.4	17.6
min	8.7	9.6	8.5	8.7	8.1	8.8	9.7	9.9	9.7	9.2
07h	10.7	11.4	11.4	11.8	11.6	11.1	11.2	12.1	12.1	11.4
14h	16.8	17.8	17.3	17.6	17.7	17.0	17.6	18.1	18.5	17.4
21h	12.7	13.6	13.3	13.4	13.7	13.0	13.5	14.1	14.3	13.5
sr	13.2	14.1	13.8	14.1	14.2	13.5	13.9	14.6	14.8	14.0
max	17.9	19.0	18.4	18.6	18.8	18.2	19.0	19.3	19.8	18.8
min	9.0	9.6	9.7	10.3	10.0	9.5	9.5	10.5	10.4	9.9

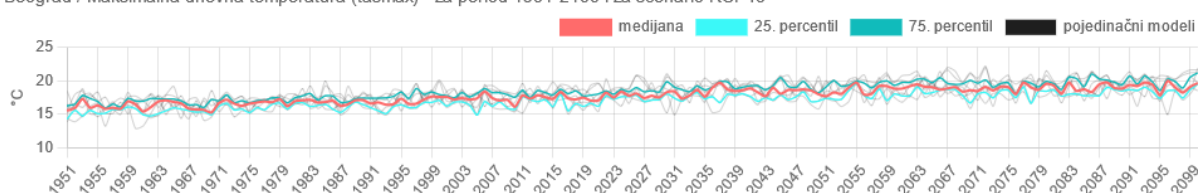
Tabela br. 5: Srednje mesečne temperature (°C) vazduha u Beogradu tokom dva klimatska perioda (Izvor: Čegar i dr., 2023; Republički hidrometeorološki zavod Srbije, Meteorološki godišnjaci)

Period	Jan	Feb	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avg	Sept	Okt	Nov	Dec	Sr.god.
1961-1990	0.4	2.8	7.2	12.4	17.2	20.1	21.8	21.4	17.7	12.5	7.0	2.3	11.9
1991-2020	1.9	3.8	8.3	13.6	18.2	21.9	23.8	23.8	18.5	13.3	8.1	3.0	13.2

Na kartama br. 5 i 6 prikazana je promena (porast) broja *tropskih noći* i *vrelih dana* tokom perioda 2011-2020.godina u odnosu na referentni period 1961-1990, na području Republike Srbije. Karte su generisane uz pomoć *Digitalnog atlasa klime Srbije*. Na grafikonima br. 1-4 predstavljene su maksimalna i minimalna temperatura (°C) u Beogradu za period 1951-2100.godina u odnosu na dva od četiri osnovna RCP scenarija (engl. *Representative Concentration Pathways*). Scenario RCP4.5 je *umeren scenario*, koji podrazumeva smanjenje nivoa emisija koji vodi do *umerenog zagrevanja* (oko 2°C-3°C do kraja veka u odnosu na predindustrijski period), dok scenario RCP8.5 predstavlja scenario u kome se postojeći trendovi emisija ne bi smanjivali, odnosno nastavili bi da rastu, što bi do kraja XXI veka moglo da uzrokuje porast globalne temperature za više od 4°C i ozbiljne posledice po ekosistem, ljudsko društvo i ekonomiju.

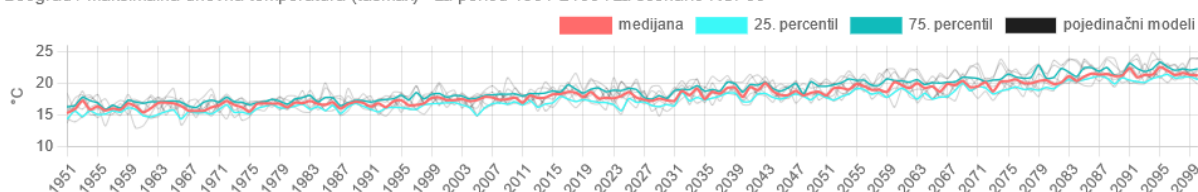
Grafikon br. 1: Maksimalna dnevna temperatura (°C) u Beogradu za period 1951-2100.godina i za scenario RCP4.5 (izvor: Digitalni atlas klime Srbije)

Beograd / Maksimalna dnevna temperatura (tasmax) - za period 1951-2100 i za scenario RCP45



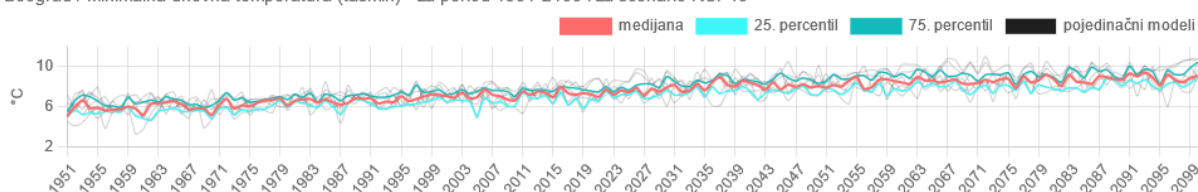
Grafikon br. 2: Maksimalna dnevna temperatura (°C) u Beogradu za period 1951-2100.godina i za scenario RCP8.5 (izvor: Digitalni atlas klime Srbije)

Beograd / Maksimalna dnevna temperatura (tasmax) - za period 1951-2100 i za scenario RCP85



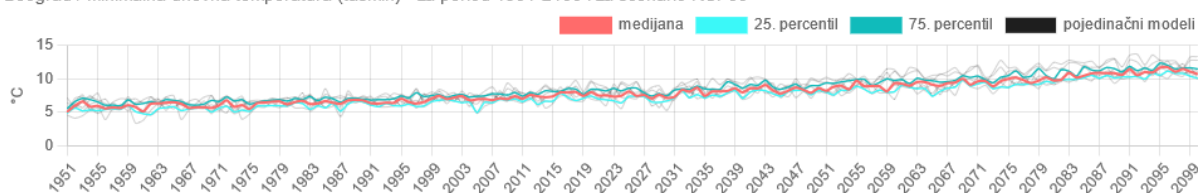
Grafikon br. 3: Minimalna dnevna temperatura (°C) u Beogradu za period 1951-2100.godina i za scenario RCP4.5 (izvor: Digitalni atlas klime Srbije)

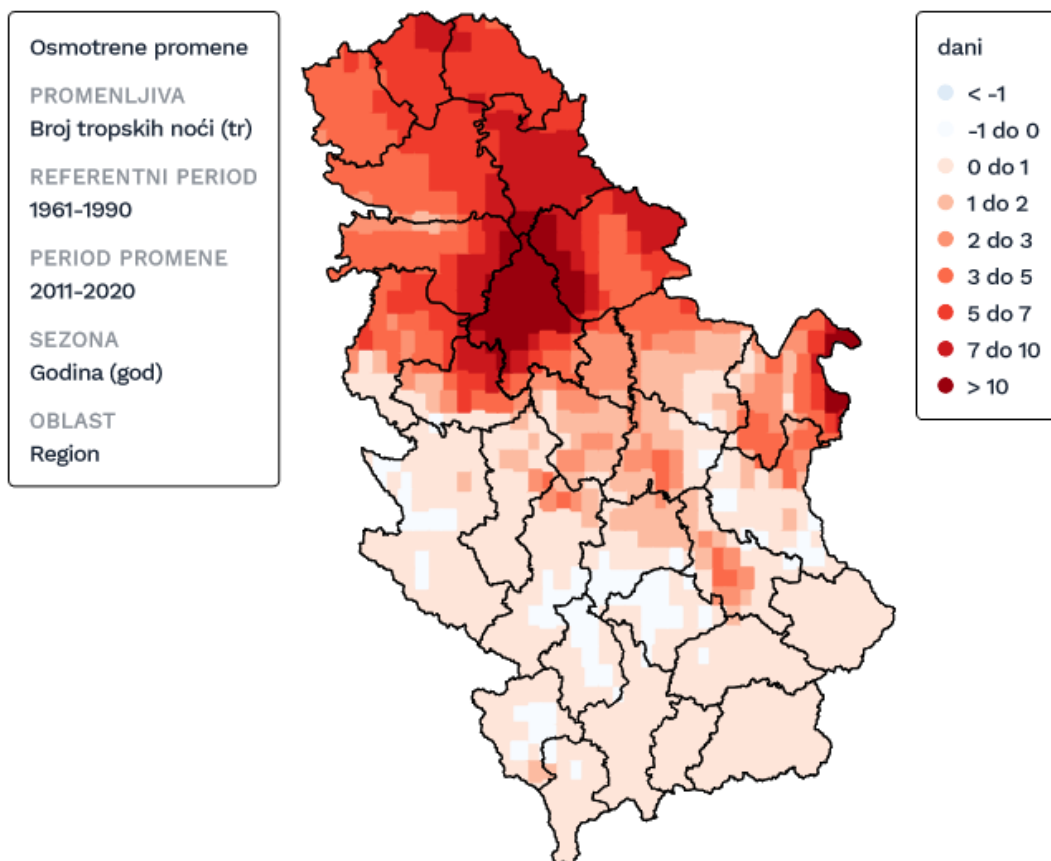
Beograd / Minimalna dnevna temperatura (tasmin) - za period 1951-2100 i za scenario RCP45



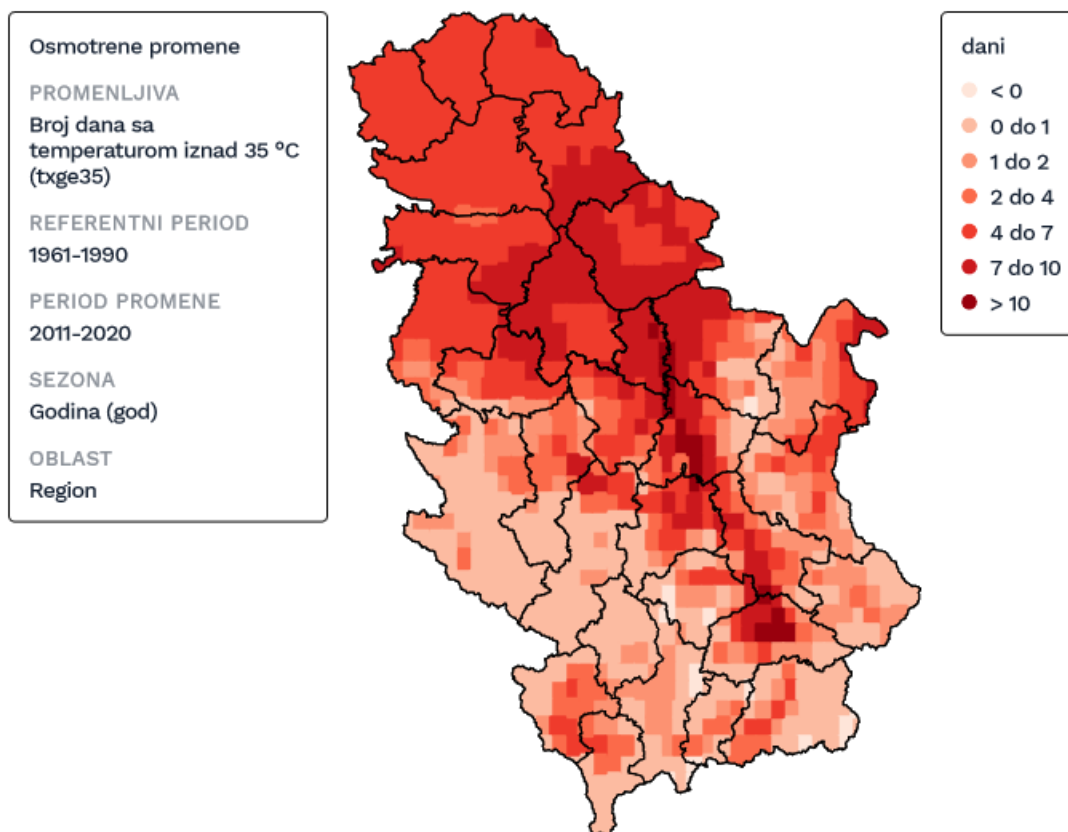
Grafikon br. 4: Minimalna dnevna temperatura (°C) u Beogradu za period 1951-2100.godina i za scenario RCP8.5 (izvor: Digitalni atlas klime Srbije)

Beograd / Minimalna dnevna temperatura (tasmin) - za period 1951-2100 i za scenario RCP85





Karta br. 5: Broj tropskih noći u Beogradu i Srbiji tokom perioda 2011-2020., Digitalni atlas klime Srbije



Karta br. 6: Broj vrelih dana u Beogradu i Srbiji tokom perioda 2011-2020., Digitalni atlas klime Srbije

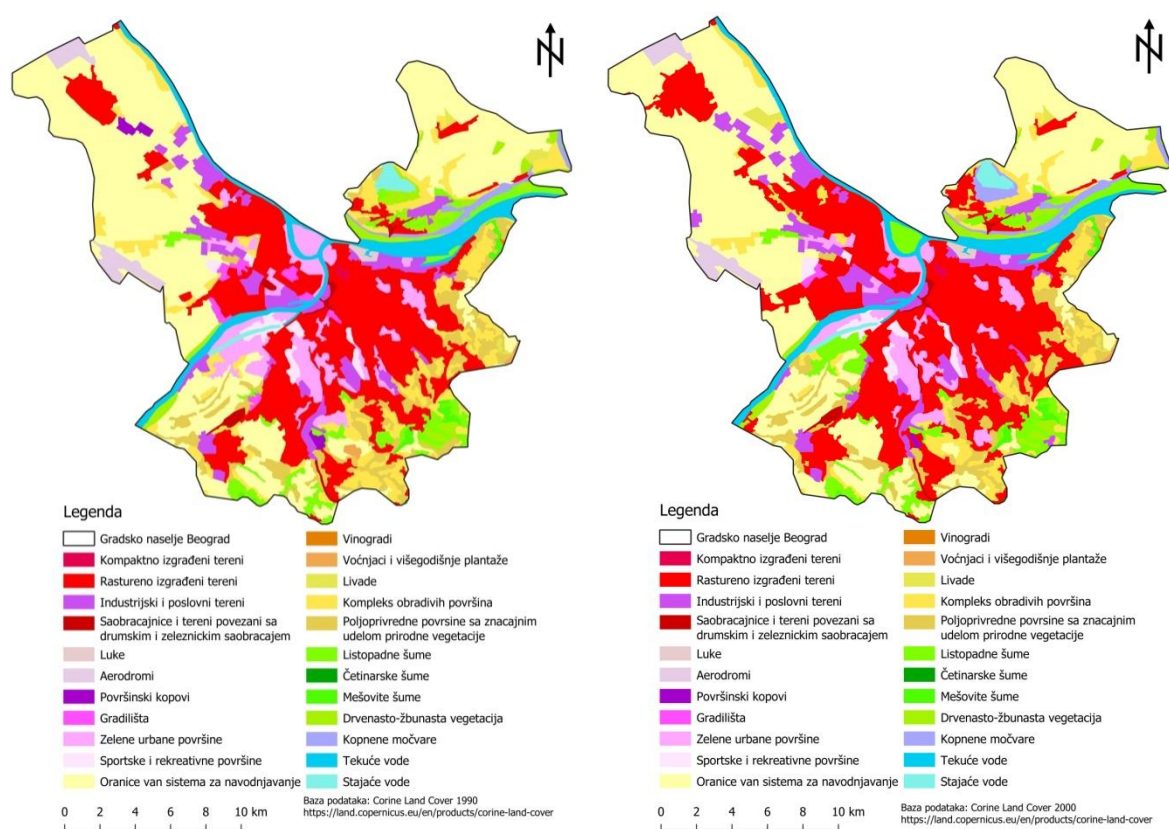
Način korišćenja zemljišta na teritoriji Beograda

Način na koji se zemljište koristi u Beogradu u velikoj meri određuje kvalitet života građana, ali i budući urbani razvoj. Zemljište je izuzetna ekonomska kategorija, posebno u Beogradu, gde ima visoku tržišnu vrednost, ali je osim toga i izuzetno značajan prirodni resurs i dobro od opšteg društvenog značaja. Kako je istaknuto u *Ekološkom atlasu Beograda* (2002), dosadašnji razvoj grada karakterisale su “*prostorno-funkcionalne promene u svim aspektima osnovnih urbanih funkcija*”. Grad se često nekontrolisano širio, što je dodatno opterećivalo njegovu urbanu matricu. Dva osnovna planirana razvojna pravca Beograda bili su: *podunavski* pravac i *posavsko-kolubarski* pravac koji se ujedno poklapaju sa najznačajnijim saobraćajnim pravcima kroz grad. Druge važnije saobraćajnice šire se radijalno u odnosu na pomenute saobraćajne pravce, determinišući na taj način zone nove izgradnje (Ekološki atlas Beograda, 2002).

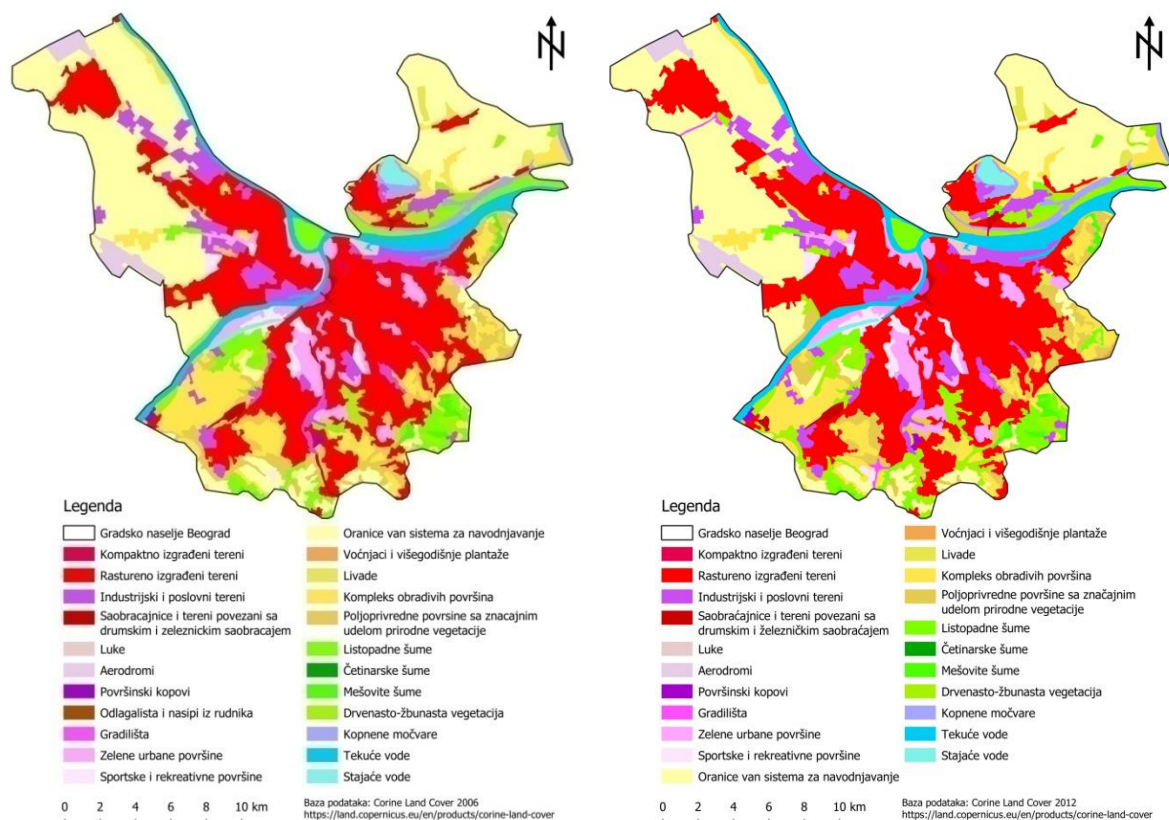
Ukoliko želimo da opišemo postojeći način planiranja, upravljanja i korišćenja zemljišta na teritoriji Beograda – možemo ga jednostavno opisati kao neodrživ i neracionalan. U periurbanim i ruralnim pojasevima poljoprivredno zemljište je često oduzimano na račun nekontrolisane i nelegalne izgradnje. U užem gradskom području dominira građevinsko zemljište, visoke gustine izgrađenosti, dok su zelene i slobodne površine vrlo fragmentisane, neravnomerno zastupljene, a pojedini delovi grada su izrazito deficitarni zelenilom (LPUO Beograda, 2020; Ekološki atlas Beograda, 2002). Nacrt novog GUP-a Beograda 2041 navodi da u zonama deficitarnim zelenilom živi oko 392 000 građana. Iako postojeća planska dokumentacija predviđa širenje zelenih površina, njihovo procentualno učešće u ukupnoj površini grada iz godine u godinu opada, a često su upravo zelene površine na meti nove stambeno-komercijalne izgradnje. Zelene površine su najzastupljenije na obodu grada, gde dominiraju šume. Neodrživo i neracionalno korišćenje zemljišta negativno utiče na kvalitet životne sredine i smanjuje sposobnost grada da efikasno odgovori na izmenjene klimatske uslove, te izazove koje klimatske promene donose: sve češće urbane poplave, suše, toplotni talasi. Način korišćenja zemljišta u velikoj meri odražava se i na pojačavanje efekta urbanog ostrva toplote, te stvara uslove za nastanak nepovoljnog termalnog komfora na gradskim površinama, što je moguće pratiti i utvrditi indikatorima poput različitih *bioklimatskih indeksa*, ali i praćenjem temperature površine tla (engl. *Land Surface Temperature, LST*) o čemu će kasnije biti više reči.

U nastavku biće predstavljen kartografski i tabelarni prikaz baze podataka o načinu korišćenja zemljišta *CORINE Land Cover*, za područje gradskog naselja Beograd, za godine 1990., 2000., 2006., 2012., i 2018., kao i način korišćenja zemljišta na osnovu CLC baze iz 2018.godine za administrativno područje Grada Beograda, kako bi se stekao opšti uvid u to kako se način korišćenja zemljišta na teritoriji grada menjao tokom vremena. *CORINE Land Cover* jedan je od najznačajnijih projekata *Copernicus* programa (engl. *Land Monitoring Service*) koji duže od 30 godina pruža podatke o pokrivenosti i načinu korišćenja zemljišta na teritoriji Evrope. Na osnovu uvida u bazu, zastupljene su sledeće kategorije korišćenja zemljišta: izgrađeni tereni (kompakti i rastureni), industrijski i poslovni tereni, saobraćajnice, luke, aerodrom, površinski kopovi, gradilišta, sportske i rekreativne površine, oranice van sistema navodnjavanja, voćnjaci, livade, kompleksi obradivih površina, listopadne, četinarske i mešovite šume, drvenasto-žbunasta vegetacija, kopnene močvare, tekuće i stajaće vode i dr.

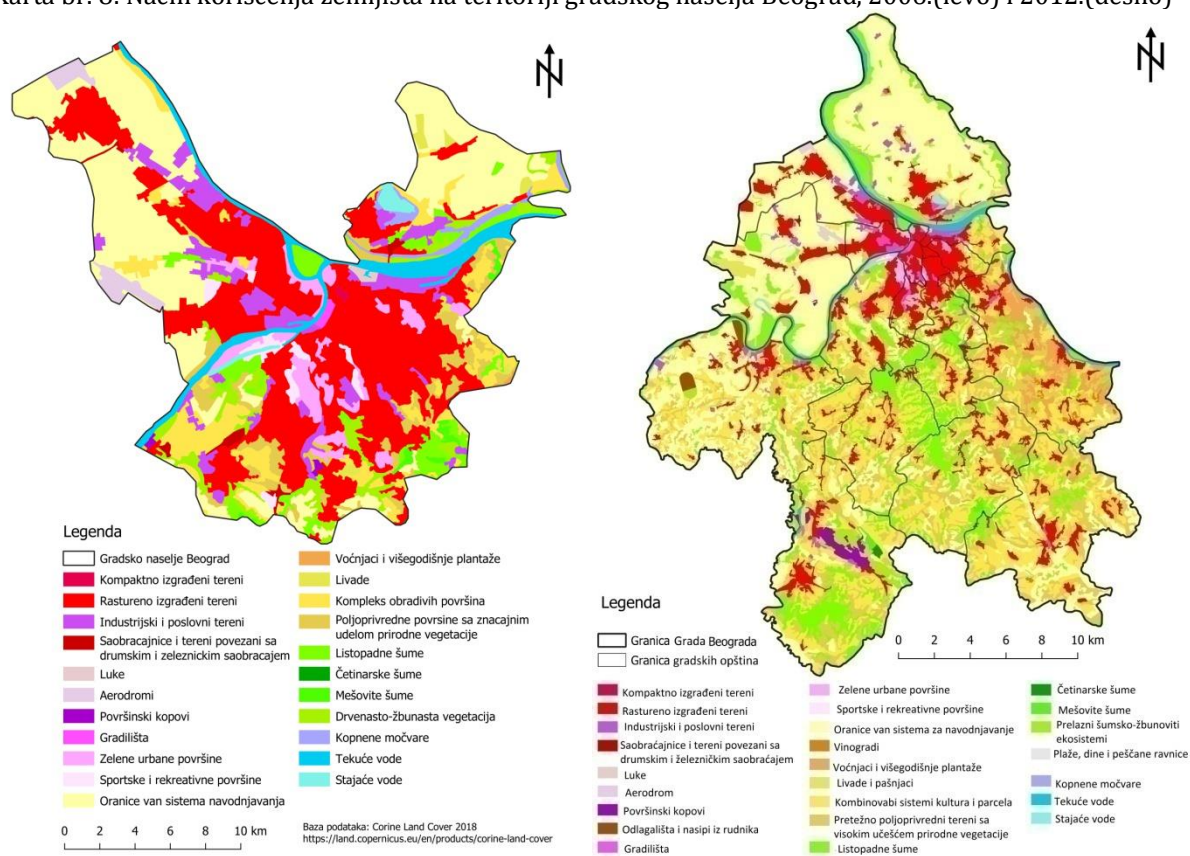
Uvidom u rezultate prikazane na kartama br. 7, 8 i 9 i tabeli br. 6 možemo primetiti da je došlo do izvesne promene u načinu korišćenja zemljišta na području gradskog naselja Beograd tokom perioda od 28 godina (1990-2018.godina). Registrovane promene u skladu su sa navodima svih relevantnih planskih i strateških dokumenata koji su proteklih godina doneti za područje Grada Beograda. Još jednom, evidentiran je porast zastupljenosti izgrađenih terena na uštrb poljoprivrednih površina, pa je tako udeo rastureno izgrađenih terena u ukupnoj površini gradskog naselja Beograd u 1990.godini iznosio 23.6%, dok je 2018.godine taj udeo iznosio oko 31% (preciznije rast od 7.48%). Takođe, povećan je udeo industrijskih i poslovnih terena za 1.6% (sa 5.1% na 6.7%). Sa druge strane, evidentno je smanjenje udela oranica (van sistema za navodnjavanje), kojih je 1990.godine 32.3%, da bi ih 2018.godine bilo 24.7% (preciznije udeo oranica je smanjen za 7.65%). Smanjen je udeo vinograda i voćnjaka, kao i udeo poljoprivrednih površina sa značajnim udelom prirodne vegetacije. Takođe, registrovano je smanjenje udela zelenih urbanih površina u ukupnoj površini razmatranog područja.



Karta br. 7: Način korišćenja zemljišta na teritoriji gradskog naselja Beograd, 1990.(levo) i 2000.(desno)



Karta br. 8: Način korišćenja zemljišta na teritoriji gradskog naselja Beograd, 2006.(levo) i 2012.(desno)



Karta br. 9: Način korišćenja zemljišta u 2018.god, gradsko naselje Beograd (levo) i Grad Beograd (desno)

Tabela br. 6: Način korišćenja zemljišta na području gradskog naselja Beograd, 1990. i 2018.godina

Klasa načina korišćenja zemljišta	Udeo u ukupnoj površini gradskog naselja Beograd(%)	
	1990.godina	2018.godina
Kompaktno izgrađeni tereni	0.08	0.08
Rastureno izgrađeni tereni	23.59	31.07
Industrijski i poslovni tereni	5.11	6.73
Saobraćajnice i tereni povezani sa drumskim i železničkim saobraćajem	0.63	0.64
Luke	0.19	0.19
Aerodromi	1.44	1.46
Površinski kopovi	0.40	0.14
Gradilišta	0.77	0.18
Zelene urbane površine	5.66	3.88
Sportske i rekreativne površine	1.14	1.34
Oranice van sistema za navodnjavanje	32.32	24.67
Vinogradi	0.02	0.01
Voćnjaci i višegodišnje plantaže	0.20	0.06
Livade	0.36	0.95
Kompleks obradnih površina	8.89	7.73
Poljoprivredne površine sa značajnim udelom prirodne vegetacije	6.19	5.12
Listopadne šume	3.71	4.27
Četinarske šume	0.01	0.01
Mešovite šume	0.54	0.61
Drvenasto-žbunasta vegetacija	2.38	4.18
Kopnene močvare	0.95	1.26
Tekuće vode	4.67	4.69
Stajaće vode	0.75	0.71
Ukupno (gradsko naselje Beograd)	100 %	

Socio-ekonomske karakteristike istraživanog područja

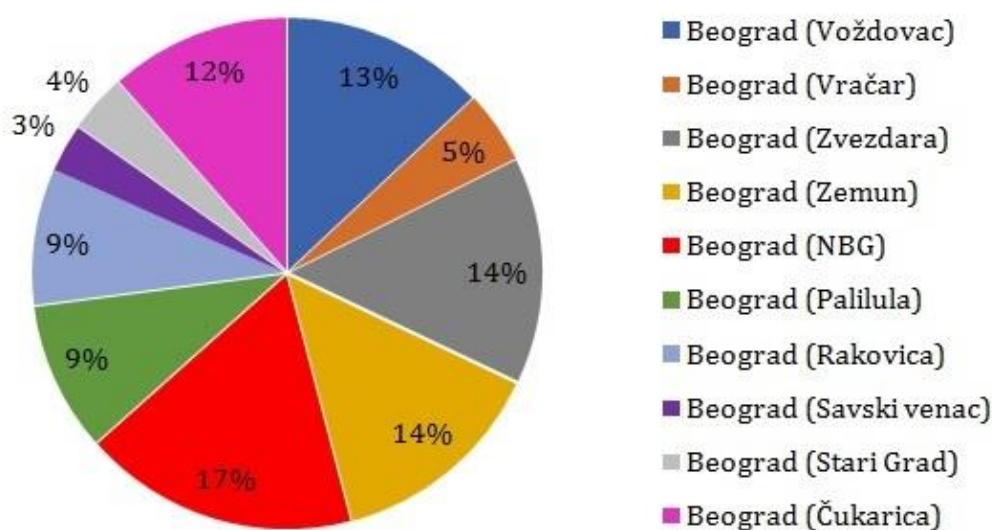
Prema podacima poslednjeg Popisa stanovništva Srbije iz 2022.godine u Gradu Beogradu živelo je 1 681 405 stanovnika, od čega 1 383 875 ili 82.3% na teritoriji gradskih naselja, dok je 297 530 ili 17.7% živelo u ostalim naseljima. Na teritoriji gradskog naselja Beograd živelo je 1 197 714 stanovnika ili 71.2% ukupnog broja. Ukoliko posmatramo međupopisni period 2011-2022.godina (tabela br. 7) možemo uočiti da je došlo do porasta broja stanovnika kako na teritoriji Grada Beograda (sa 1 659 440 stanovnika na 1 681 405 stanovnika), tako i na teritoriji samog naselja Beograd (sa 1 166 763 stanovnika na 1 197 714 stanovnika). Beograd je najgušće naseljeno područje Srbije, sa gustom naseljenosti daleko iznad republičkog proseka.

Tabela br. 7: Uporedni pregled broja stanovnika po godinama popisa 1948-2022.

Godina	1948.	1953.	1961.	1971.	1981.	1991.	2002.	2011.	2022.
Grad Beograd	634003	731837	942190	1209360	1470073	1602226	1576124	1659440	1681405
Gradska	437053	521114	721183	990272	1206235	1310920	1274924	1344844	1383875
Ostala	196950	210723	221007	219088	263838	291306	301200	314596	297530
Naselje Beograd	397678	477942	657302	899004	1087804	1168409	1119523	1166763	1197714
Beograd (Voždovac)	40145	47568	68277	116076	141143	143042	132747	138352	155909
Beograd (Vračar)	62158	75139	88422	84291	78862	69680	58386	56333	55406

Beograd (Zvezdara)	56177	66580	88919	112938	128753	140483	132621	151808	172625
Beograd (Zemun)	40428	49361	72896	109619	135313	141952	145632	157363	166049
Beograd (NBG)	9195	11339	33347	92200	173541	224424	217773	214506	209763
Beograd (Palilula)	35810	43752	69484	100249	113838	111693	103261	110637	113883
Beograd (Rakovica)	14082	15966	28613	50798	87067	97752	99000	108641	104456
Beograd (Savski venac)	54067	65366	74971	63531	53374	47682	42505	39122	36699
Beograd (Stari Grad)	67675	81311	96517	83742	73767	70791	55543	48450	44737
Beograd (Čukarica)	17941	21560	35856	85560	102146	120910	132055	141551	138187

Grafikon br. 5: Udeo stanovništva gradskog naselja Beograd po opštinama u odnosu na ukupan broj stanovnika naselja Beograd u 2022.godini

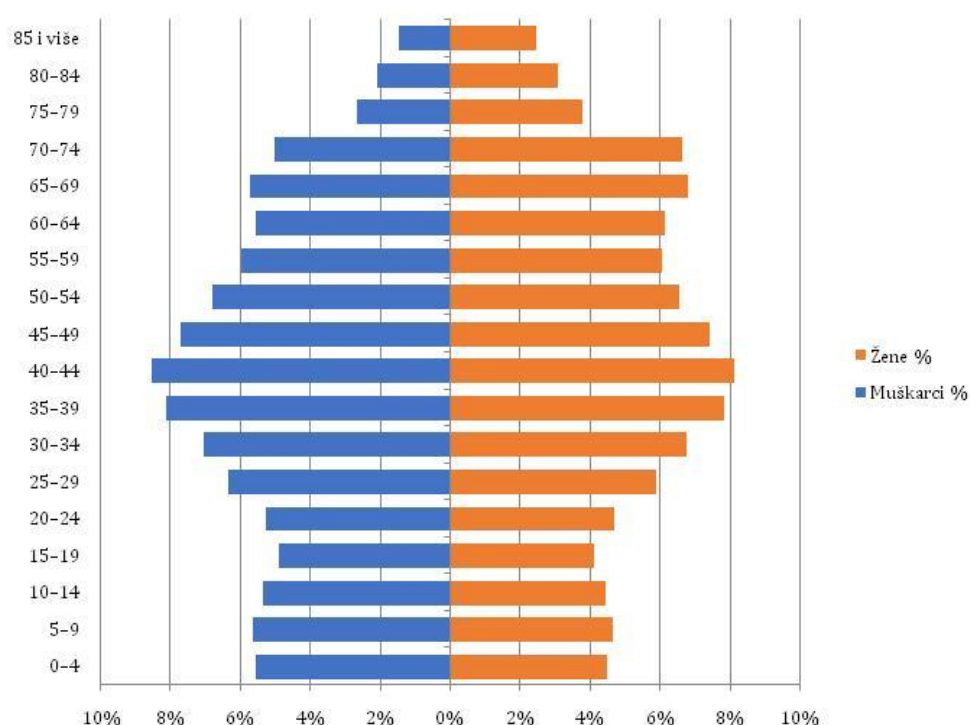


Prosečna starost stanovništva Beograda je 42.73 godine (za muškarce 41 godina, dok je prosečna starost žena u glavnom gradu Srbije 44.2 godine) i niža je od republičkog proseka koji iznosi 43.8 godina. Ukoliko posmatramo samo podatke Popisa za naselje Beograd, prosečna starost stanovništva je 42.71 godina (gde prosečna starost muškaraca iznosi 40.8 godina, a žena 44.4 godine). Udeo mladog stanovništva (0-14 godina) u odnosu na ukupan broj stanovnika naselja Beograd iznosi 15% (179 585 lica), dok udeo stanovništva starijeg od 65 godina iznosi 20.1% (240 952 lica). Indeks starenja prema podacima iz 2022.godine bio je 1.33. Punoletnih je 82%. Na teritoriji Grada živi više žena (52.7%) nego muškaraca (47.3%). Slično je i na nivou naselja Beograd gde je u polnoj strukturi više žena (53.5%), nego muškaraca (46.5%).

Tabela br. 8: Indikatori starosne strukture stanovništva Beograda u 2022.godini

Grad/Naselje	Ukupno	Starost		Prosečna starost	Indeks starenja	Učešće u ukupnom (%)	
		0-19	60+			0-19	60+
Grad Beograd	1681405	333453	445153	42.7	1.33	19.8	26.5
Gradska	1383875	273991	358805	41.0	1.30	19.8	25.9
Ostala	297530	59462	86348	44.2	1.45	20.0	29.0
Naselje Beograd	1197714	233427	311401	42.7	1.33	19.5	26.0

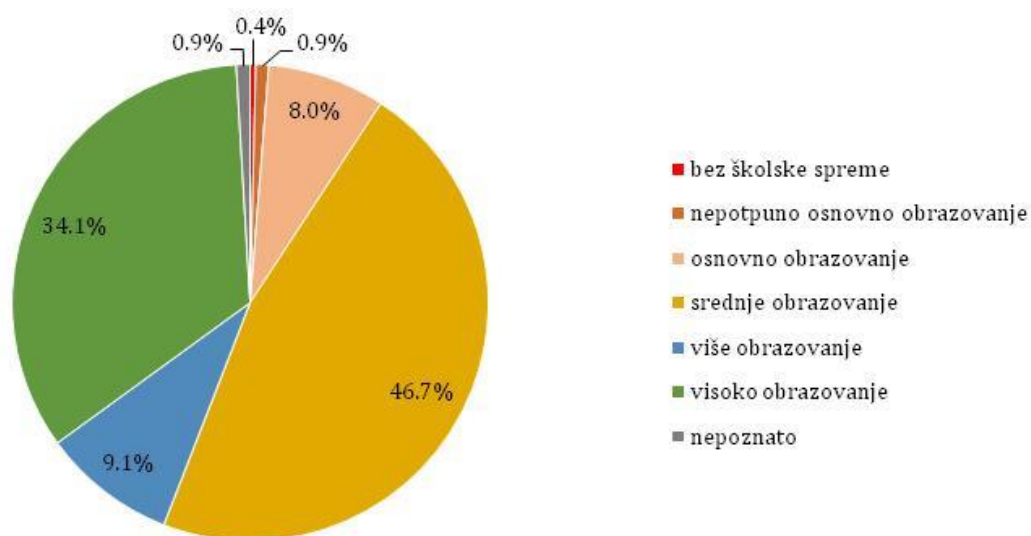
Grafikon br. 6: Stanovništvo naselja Beograd prema starosti i polu u 2022.godini



Kada posmatramo obrazovnu strukturu stanovništva Grada Beograda, podaci poslednjeg popisa ukazuju na povoljniju strukturu u odnosu na republički prosek: tako je onih bez školske spreme i sa nepotpunim osnovnim obrazovanjem 2% (29 065 lica), što je značajno niže u odnosu na 6.3% koliko iznosi republički prosek. Među njima dominiraju žene sa čak 74.3%. Stanovništvo sa osnovnim obrazovanjem učestvuje sa 10.6% (151 735 lica), među kojima je ponovo više žena nego muškaraca (58.7%). Najviše je građana i građanki sa stečenim srednjim obrazovanjem 51% (727 281 osoba). Više i visoko obrazovanje učestvuju sa 35.6% (507 894 lica) što je takođe iznad republičkog proseka koji iznosi 22.4%.

Ukoliko analiziramo podatke samo za naselje Beograd (grafikon br. 7) stanje obrazovne strukture je sledeće: udeo lica bez školske spreme i sa nepotpunim osnovnim obrazovanjem u ukupnom broju stanovnika iznosi 1.3% ili 12 795 lica, osobe sa stečenim osnovnim obrazovanjem učestvuju sa 8% (81 297 lica), a najviše je onih sa srednjim obrazovanjem (46.7%). U strukturi osoba bez školske spreme i sa nepotpunim osnovnim obrazovanjem na nivou naselja Beograd dominiraju žene sa 73.2%. Udeo osoba sa višim i visokim obrazovanjem je značajno iznad proseka i iznosi 43.1% ukupnog broja stanovnika naselja Beograd.

Grafikon br. 7: Udeo stanovništva naselja Beograd staro 15 i više godina prema školskoj spremi



Prema podacima Agencije za privredne registre (APR) Grad Beograd pripada I grupi stepena razvijenosti (iznad proseka). Od ukupnog broja stanovnika Grada Beograda koji je prema podacima Popisa iz 2022.godine iznosio 1 681 405, ekonomski aktivno stanovništvo (zaposleni i nezaposleni) obuhvatalo je 46.7%, dok je ekonomski neaktivno stanovništvo (deca mlađa od 15 godina, učenici i studenti stariji od 15 godina, penzioneri, lica sa prihodima od sopstvene imovine, lica koja obavljaju samo kućne poslove u svom domaćinstvu) učestvovalo u ukupnom udelu sa 53.3%. Radni kontingent (broj stanovnika u uzrastu od 15 do 64 godine) u Beogradu je 2022.godine iznosio 64.6% odnosno 1 086 113 stanovnika. Prema podacima dostupnim u publikaciji RZS-a "Opštine i regioni u Republici Srbiji", broj zaposlenih na 1000 stanovnika u 2022.godini iznosio je 402, što je iznad republičkog proseka koji je bio 347. Mladi u starosnoj grupi od 15 do 24 godine su 2022.godine učestvovali sa udelom od 14.2% u ukupnom broju zaposlenih. Odnos zaposlenih muškaraca i žena je relativno izjednačen (49.4% i 50.6%). Svega 0.25% zaposlenih su zavedeni kao registrovani individualni poljoprivrednici, dok su svi ostali zaposleni u nekom od pravnih lica. U strukturni zaposlenih, preduzetnici učestvuju sa 11.7%. Najviše je zaposlenih u sektoru trgovine na malo i veliko i popravke motornih vozila (16.6%), državne uprave i obaveznog socijalnog osiguranja (10.1%), zatim u sektoru administrativne i pomoćne uslužne delatnosti (9.5%), prerađivačke industrije (8.7%), kao i zdravstvene i socijalne zaštite (6.4%) i obrazovanja (5.8%).

Kada govorimo o strukturi nezaposlenih lica, prema podacima Republičkog zavoda za statistiku i Nacionalne službe za zapošljavanje, u Gradu Beogradu (stanje na dan 31.12.2022.godine) registrovano je 50 726 nezaposlenih lica, od čega su 49.3% oni koji prvi put traže zaposlenje. Više je nezaposlenih žena nego muškaraca, koje u strukturi nezaposlenosti učestvuju sa 62.4%. Od ukupnog broja nezaposlenih, 18.9% su lica bez kvalifikacija (nekvalifikovani i polukvalifikovani radnici, tj. teže zapošljiva kategorija) – što je značajno niže u odnosu na republički prosek koji iznosi 34.8%. Broj nezaposlenih na 1000 lica u 2022.godini iznosio je 30 i dvostruko je niži u odnosu na republički prosek koji je te godine bio 64.

MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Postupak izračunavanja bioklimatskih indeksa (klimatološki podaci i softver)

Za potrebe izračunavanja bioklimatskih indeksa na osnovu kojih je sprovedena procena spoljašnjeg termalnog komfora Beograda, korišćeni su klimatološki podaci dostupni u okviru *Meteoroloških godišnjaka* koje publikuje Republički hidrometeorološki zavod (RHMZ). Set podataka koji je korišćen ovom prilikom odnosio se na skup dnevnih vrednosti meteoroloških parametara koji su zabeleženi na meteorološkoj stanici Beograd Opservatorija (44°48', 20°28', 132nmv) tokom perioda od 30 godina, tačnije u periodu 1991-2020.godina. Ovaj vremenski okvir istraživanja izabran je iz razloga što se u klimatologiji koristi period od 30 godina kao *referentni klimatološki period* jer pruža dovoljno dug vremenski raspon koji je potreban kako bismo dobili pouzdan uvid u klimatske trendove na određenom području. Tridesetogodišnji period kao standard postavljen je od strane *Svetske meteorološke organizacije* (WMO) i kao takav opšte je prihvaćen u međunarodnoj i domaćoj naučnoj zajednici.

Baza klimatoloških podataka smatra se homogenom, potpunom i verifikovanom, s obzirom na njen izvor: RHMZ Srbije je referentna ustanova koja nosi punu odgovornost za prikupljanje i prezentovanje ovih podataka. Što se tiče konkretnih meteoroloških parametara, iz godišnjaka RHMZ preuzete su vrednosti osmatranja u 07h, 14h i 21h, kao i srednje dnevne vrednosti: vazdušnog pritiska (mb), temperature vazduha (°C) relativne vlažnosti vazduha (%), brzine vetra (m/s) i oblačnosti (u desetinama). Takođe, preuzeti su i podaci ekstrema – maksimalne i minimalne temperature vazduha koja je zabeležena na dnevnom nivou. Na osnovu izračunatih dnevnih vrednosti bioklimatskih indeksa određeni su trendovi na mesečnom, sezonskom i godišnjem nivou. Kada govorimo o sezonskoj analizi, korišćen je *meteorološki kriterijum* podele na godišnja doba: *proleće* (mart, april, maj), *leto* (jun, jul, avgust), *jesen* (septembar, oktobar, novembar), *zima* (decembar, januar, februar). Meteorološki kriterijum je odabran jer je praktičan i iz razloga što se često koristi u svrhe meteoroloških analiza. Kako zima u meteorološkom smislu obuhvata period od 01.decembra do 28/29.februara, prilikom određivanja trendova na sezonskom nivou i ocene spoljašnjeg termalnog komfora tokom zime, bilo je potrebno uključiti i podatke meteoroloških parametara koji su zabeleženi tokom decembra 1990.godine, kao i januara i februara 2021.godine.

Vrednosti bioklimatskih indeksa koji su korišćeni ovom prilikom (UTCI, Humidex, WBGT, HL, PhS, STI i PST) izračunate su uz pomoć softvera BioKlima 2.6, razvijenog od strane prof. dr Krzysztof Błażejczyk, u okviru Departmana za klimatologiju - Centra za razvoj i istraživanje bioklime, pri Institutu za geografiju i prostornu organizaciju (IGIPZ) Poljske akademije nauka. BioKlima 2.6 je besplatan softver, dostupan javnosti na web platformi IGIPZ-a i često je korišćen u bioklimatskim studijama, s obzirom da ovaj softver omogućava određivanje 60 različitih bioklimatskih i termofizioloških indeksa. Ulazni podaci u istraživanju podeljeni su u dve grupe: i) meteorološke parametre; ii) fiziološke parametre. Vrednosti meteoroloških parametara su kao što je naznačeno preuzeti iz godišnjaka RHMZ, dok su fiziološki parametri poput temperature čovekovog tela, metaboličkog odavanja toplote, brzine kretanja čoveka, toplotnih svojstava odeće i sl., unapred zadati, odnosno definisani standardom ISO 8996 "*Ergonomija toplotne sredine – utvrđivanje brzine metabolizma*" i podrazumevaju prosečnu odraslu osobu koja se kreće prosečnom brzinom od 4km/h (što odgovara brzini 1.1m/s) čija je vrednost metaboličke energije, odnosno radnog metabolizma 2.3 MET (135 Wm⁻²).

Prilikom pripreme seta podataka koji su korišćeni u proračunima, bilo je neophodno odrediti i *visinu sunca* (engl. *Sun altitude*, hSl), kao jedan od neophodnih parametara u evaluaciji termalnog komfora. Određivanje hSl je sprovedeno u skladu sa preporukama autora metodologije, a postupak odnosno način određivanja dostupan je u okviru "help paketa" softvera. Drugo, bilo je potrebno prilagoditi i podatke o oblačnosti: kako su u okviru godišnjaka RHMZ-a podaci o oblačnosti izraženi u desetinama, a softver zahteva podatke izražene u osminama (N8), sprovedena je konverzija, putem formule:

$$N8 = (N \cdot 10) / 12.5, \text{ gde } N \text{ predstavlja oblačnost u desetinama.}$$

Treće, prilikom izračunavanja indeksa UTCI koristi se podatak o brzini vetra izmerenoj na visini od 10m iznad tla (v10m), što je i deo standardne procedure definisane od strane *Svetske meteorološke organizacije* (WMO) koju primenjuje RHMZ u okviru svojih meteoroloških stanica. Međutim, za određivanje ostalih bioklimatskih indeksa koji su ovde primenjeni, koristi se brzina vetra na visini 1.1m (v). S obzirom da takav podatak nije dostupan u RHMZ godišnjacima, primenjena je logaritamska funkcija za njeno prilagođavanje koju su predložili Bröde i dr. (2012a):

$$v = v_{10m} \cdot (\log(10/0.01) / \log(1.1/0.01))$$

Poslednje, treba istaći da sastavni deo softverskog paketa BioKlima 2.6 čini i model koji se koristi za određivanje srednje temperature zračenja ili Tmrt (engl. *Mean radiant temperature*), što je značajno olakšalo sam postupak. U nastavku biće predstavljeno svih sedam bioklimatskih indeksa koji su primenjeni u doktorskoj disertaciji.

Univerzalni termalni klimatski indeks (UTCI)

Univerzalni termalni klimatski indeks (engl. Universal Thermal Climate Index – UTCI) je bioklimatski indeks razvijen 2009. godine od strane internacionalne grupe eksperata iz oblasti klimatologije, meteorologije, bioklimatologije, matematičkog modelovanja i fiziologije, okupljenih od strane Međunarodnog društva za biometeorologiju (ISB) i Svetske meteorološke organizacije. Zahvaljujući međunarodnoj istraživačkoj inicijativi *COST Action 730* u okviru *COST programa* (engl. *European Cooperation in Science and Technology*), indeks UTCI je validiran i definisan kao referentan indeks za procenu spoljašnjeg termalnog komfora (Błażejczyk i dr. 2013, Bajšanski, 2016; Jendritzky i dr. 2012). Njegova vrednost izražava se u stepenima Celzijusa (°C). UTCI je definisan kao "temperatura vazduha referentnog stanja koja uzrokuje istu reakciju modela kao stvarni uslovi" (Błażejczyk i dr. 2013; Lukić i dr., 2019). Prednost ovog indeksa ogleda se u tome što UTCI adekvatno reflektuje ljudsku fiziološku reakciju na stvarno toplotno okruženje na otvorenom, odnosno adekvatno opisuje uticaj spoljašnjih termalnih uslova na termalnu senzaciju kod čoveka, uzimajući u obzir različite mikroklimatske karakteristike poput temperature vazduha, relativne vlažnosti vazduha, brzinu vetra i radijaciju (Bröde i dr., 2012a; 2012b; 2013a, 2013b). UTCI je zasnovan na "Fialinom matematičkom multisegmentom modelu ljudske termoregulacije" koji je integrisan sa tzv. "adaptivnim modelom odevenosti" (Bajšanski, 2016; Fiala i dr., 2012; Haventih i dr., 2012). UTCI pripada *novoj generaciji* bioklimatskih indeksa koji omogućavaju da se prilikom procene termalnog komfora na otvorenom uzme u obzir prenos i razmena toplote, kako unutar čovekovog organizma, tako i između površine čovekovog tela i neposrednog okruženja (Błażejczyk i dr. 2013; 2014). Ovaj indeks je naišao na veliku primenu u međunarodnoj naučnoj zajednici (Błażejczyk & Kuchcik, 2021). UTCI se izračunava na sledeći način:

$$UTCI = f(t, f, v_{10m}, T_{mrt}) \quad (1)$$

Gde je: t = temperatura vazduha ($^{\circ}\text{C}$), f = relativna vlažnost vazduha (%), v_{10m} = brzina vetra (m/s) izmerena na visini od 10 m, T_{mrt} = mean radiant temperature ($^{\circ}\text{C}$).

Ovaj model obuhvata 10 različitih kategorija toplog i hladnog stresa, čije su granične vrednosti, kao i opis fiziološkog stresa kod čoveka predstavljene u tabeli koja sledi.

Tabela br. 9: UTCI kategorije termalnog stresa i nivo fiziološkog stresa kod čoveka (Błażejczyk i dr. 2013)

Kategorije termalnog stresa UTCI ($^{\circ}\text{C}$)	Nivo fiziološkog stresa kod čoveka	Skraćenice
$UTCI > 46$	Ekstreman toplotni stres	ETS
$38 < UTCI < 46$	Veoma jak toplotni stres	VJTS
$32 < UTCI < 38$	Jak toplotni stres	JTS
$26 < UTCI < 32$	Umeren toplotni stres	UTS
$9 < UTCI < 26$	Bez termalnog stresa	BTS
$0 < UTCI < 9$	Neznatan hladan stres	NHS
$-13 < UTCI < 0$	Umeren hladan stres	UHS
$-27 < UTCI < -13$	Jak hladan stres	JHS
$-40 < UTCI < -27$	Veoma jak hladan stres	VJHS
$UTCI < -40$	Ekstreman hladan stres	EHS

S obzirom da je istraživanje zasnovano na setu dnevnih vrednosti meteoroloških parametara izmerenih u terminima 07h, 14h i 21h, srednjim dnevnim vrednostima i ekstremima (minimalna i maksimalna temperatura vazduha), na osnovu toga izvedeni su sledeći UTCI subindeksi:

- $UTCI_{07h}$ (određen na osnovu meteoroloških parametara izmerenih u 07h)
- $UTCI_{14h}$ (određen na osnovu meteoroloških parametara izmerenih u 14h)
- $UTCI_{21h}$ (određen na osnovu meteoroloških parametara izmerenih u 21h)
- $UTCI_{sr}$ (određen na osnovu sr. dnevnih vrednosti meteoroloških parametara)
- $UTCI_{max}$ (određen uz korišćenje maksimalne dnevne temperature vazduha)
- $UTCI_{min}$ (određen uz korišćenje minimalne dnevne temperature vazduha)

Humideks (Humidex)

Humideks (engl. *Humidex*) je bioklimtaski indeks razvijen od strane kanadskih meteorologa tokom šesdesetih godina XX veka, kako bi se dobio indeks koji adekvatno opisuje uticaj visoke temperature i vlažnosti vazduha na toplotni stres (Lukić & Lukić, 2018). Njegova vrednost izražava se u stepenima Celzijusa ($^{\circ}\text{C}$). To je jednostavan indeks termalne udobnosti, zasnovan na samo dva meteorološka parametra i najčešće se primenjuje u bioklimatskoj analizi toplijeg dela godine, posebno letnjih meseci, (Pecelj i dr., 2015). Ovaj model su prvi put predložili Lally & Watson (1960) pod nazivom *Humiture*, da bi ga kasnije unapredili Masterson & Richardson (1979), pri Kanadskom atmosferskom zavodu za životnu sredinu (engl. *Atmospheric Environment Service of Canada*). Indeks je našao najveću primenu na prostoru Kanade, ali i drugim delovima sveta u kojima vladaju uslovi tople i vlažne klime (SAD, Evropa, Kina itd.). Takođe, daje dobre rezultate u oceni spoljašnjeg termalnog komfora u urbanim sredinama (Geletić i dr., 2018; Ghalhari i dr., 2022; Ghani i dr., 2021; Ho i dr., 2016; Lukić i dr., 2019; Rana i dr., 2013; Stredova i dr. 2015). *Kanadski centar za zdravlje i bezbednost na radu* (engl. *Canadian Centre for Occupational Health and Safety, CCOHS*)

preporučuje Humideks kao adekvatnu meru toplotnog stresa, posebno kada se govori o radu na otvorenom, gde su radnici ujedno izloženi i jakom fizičkom naporu. Tada, ukoliko su i bioklimatski uslovi nepovoljni (kombinacija visokih temperatura i vlažnosti vazduha), može doći do pojave određenih zdravstvenih rizika, pa čak i ozbiljnih stanja koje zahtevaju hitnu medicinsku reakciju. Najčešće tegobe koje se javljaju u takvim uslovima su: toplotni osip, toplotni grčevi, iscrpljenost i kao najteže stanje – toplotni udar, koji može pratiti potpun ili delimičan gubitak svesti (CCOHS, 2024; Lukić & Lukić, 2018; Pecelj i dr., 2015). Hrvatski zavod za zaštitu zdravlja i sigurnost na radu (HZJZ) takođe preporučuje ovaj indeks kao pouzdani kriterijum za procenu toplotnog stresa kod radnika na otvorenom, ali i za sve druge grupe građana koji borave na otvorenom. Tu se posebno izdvajaju osetljive grupe poput starijih osoba, hroničnih bolesnika, gojaznih osoba, dece i trudnica, siromašnih i dr. (Baum i dr., 2009). Takođe, nalazi pojedinih autora ukazuju na poveznicu uticaja visokih temperatura i visoke relativne vlažnosti vazduha na pojavu mentalnih bolesti, naročito depresije, gde su ugroženije žene i stari (Zhou i dr., 2023). Humideks se može odrediti pomoću sledećih formula (Baum i dr., 2009; Lukić, 2019; Lukić i dr., 2019; Pecelj i dr., 2015):

$$\text{Humidex} = t + 0.5555 * (vp - 10)$$

$$\text{Humidex} = t + 5/9 * ((6.112 * 10^{(7.5 \cdot t / (237.7 + t))} * H / 100 - 10)$$

Gde je: t – temperatura vazduha (°C), H – relativna vlažnost vazduha (%), vp – napon vodene pare (hPa) i $vp = 6.112 \cdot 10^{(7.5 \cdot t / (237.7 + t))} \cdot f / 100$

U tabeli br. 10 predstavljene su različite kategorije termalnog stresa i stepena ugodnosti (odnosno nelagodnosti) prema ovom modelu. Smatra se da nepovoljni uslovi koji se mogu manifestovati negativnim uticajem na zdravlje i blagostranje čoveka nastupaju onda kada vrednosti Humideksa pređu 30°C, a naročito kada su one više od 40°C (Dankers & Hiederer, 2008).

Tabela br. 10: Kategorije termalnog stresa i stepen ugodnosti prema indeksu Humidex (Baum i dr., 2009)

Granične vrednosti (°C) i stepen ugodnosti		Potencijalne tegobe
<29	Ugodno	Mala nelagodnost, moguć je umor tokom produžene fizičke aktivnosti
30–39	Umerena nelagodnost	Izvesna nelagodnost, iscrpljenost usled toplote je moguća tokom produžene fizičke aktivnosti
40–44	Velika nelagodnost	Izbegavati teške fizičke aktivnosti, mogućnost pojave toplotnih grčeva ili iscrpljenosti
45–54	Opasno	Produžena fizička aktivnost može dovesti do toplotnog udara
>55	Veoma opasno	Toplotni udar neizbežan ukoliko se fizička aktivnost nastavi

Kako je bioklimatska analiza zasnovana na skupu podataka koji obuhvataju dnevne vrednosti meteoroloških parametara izmerenih u terminima 07h, 14h i 21h, srednjim dnevnim vrednostima i ekstremima (minimalna i maksimalna temperatura vazduha), definisani su sledeći Humidex subindeksi:

- **Humidex_{07h}** (određen na osnovu meteoroloških parametara izmerenih u 07h)
- **Humidex_{14h}** (određen na osnovu meteoroloških parametara izmerenih u 14h)
- **Humidex_{21h}** (određen na osnovu meteoroloških parametara izmerenih u 21h)
- **Humidex_{sr}** (određen na osnovu sr. dn. vrednosti meteoroloških parametara)
- **Humidex_{max}** (određen uz korišćenje maksimalne dnevne temperature vazduha)
- **Humidex_{min}** (određen uz korišćenje minimalne dnevne temperature vazduha)

Temperatura mokrog termometra - Wet Bulb Globe Temperature (WBGT)

Temperatura mokrog termometra ili **Temperatura vlažnog kuglastog termometra** (engl. *Wet Bulb Globe Temperature, WBGT*) je bioklimatski indeks, odnosno indikator koji se primenjuje u proceni toplinskog stresa na čovekov organizam prilikom obavljanja različitih fizičkih aktivnosti u uslovima kada je osoba izložena direktnom sunčevom zračenju. Prilikom određivanja nivoa toplinskog stresa u obzir se uzima više parametara poput: temperature i vlažnosti vazduha, solarne radijacije i brzine vetra (Abdel-Ghany i dr., 2013; Phanprasit i dr., 2021; Zare i dr., 2019). WBGT se izražava u stepenima Celzijusa (°C). Indeks je prvi put razvijen 1957. godine od strane autora Yaglou & Minard, i ubrzo je našao primenu u sklopu američke vojske i marinaca – tačnije u cilju procene toplotnog stresa u kampovima za obuku, kako bi se prevenirali zdravstveni rizici izazvani prekomernom toplotom i jakim fizičkim naprezanjem (Budd, 2008). Nakon toga, WBGT doživljava značajan proboj i u naučnim istraživanjima. Ovaj indeks je osim u naučnoj, prepoznat i u stručnoj zajednici i industriji - WBGT je takođe još jedan od indeksa koji je preporučen od strane *Kanadskog centra za zdravlje i bezbednost na radu* (CCOHS) kao referentni indeks za procenu bioklimatskih uslova na radnom mestu, posebno kada se radi o zaposlenima koji obavljaju svoje radne zadatke na otvorenom. WBGT je preporučen i od strane *Savezne agencije SAD-a za bezbednost i zdravlje na radu* (engl. *Occupational Safety and Health Administration, OSHA*), te ima široku primenu ne samo u oblasti industrije, već i vojske, sportske medicine i dr. Vrednost indeksa WBGT izračunava se na osnovu ponderisanog zbira vrednosti temperature sa tri različita termometra, pomoću formule (Ghani i dr., 2021; Phanprasit i dr., 2021; Shin i dr., 2020; Zare i dr., 2019) :

$$WBGT=0.7 \times T_{nwb} + 0.2 \times T_g + 0.1 \times T_a$$

Gde je: T_{nwb} – temperatura vlažnog termometra, T_g – temperatura crnog globusnog termometra (predstavlja efekat solarne radijacije na čovekovo telo), T_a – ambijentalna temperatura/temperatura okoline, odnosno temperatura vazduha). U tabeli br. 11 predstavljene su različite kategorije termalnog stresa prema indeksu WBGT, kao i granične vrednosti za svaku od navedenih kategorija.

Tabela br. 11: Kategorije termalnog stresa i stepen ugodnosti prema indeksu WBGT (Zare i dr., 2019)

Gr. vrednosti (°C) kategorija termalog stresa	Termalna percepcija
< 18	Nema opasnosti
18.0 – 23.0	Opreznost
23.0 – 28.0	Krajnji oprez
28.0 – 30.0	Opasnost
≥30	Ekstremna opasnost

Kao i kod prethodno predstavljenih bioklimatskih indeksa i ovde je na osnovu različitih setova meteoroloških parametara koji su korišćeni u izračunavanju vrednosti indeksa WBGT, izvedeno nekoliko subindeksa:

- **WBGT_{07h}** (određen na osnovu meteoroloških parametara izmerenih u 07h)
- **WBGT_{14h}** (određen na osnovu meteoroloških parametara izmerenih u 14h)
- **WBGT_{21h}** (određen na osnovu meteoroloških parametara izmerenih u 21h)
- **WBGT_{sr}** (određen na osnovu sr. dn. vrednosti meteoroloških parametara)
- **WBGT_{max}** (određen uz korišćenje maksimalne dnevne temperature vazduha)
- **WBGT_{min}** (određen uz korišćenje minimalne dnevne temperature vazduha)

Toplotno opterećenje u čoveku - Heat Load (HL)

Toplotno opterećenje u čoveku (engl. *Heat Load*) ili HL je bezdimenzionalna veličina i njime se predstavlja opterećenje centralnog termoregulacionog sistema tokom procesa prilagođavanja na uslove spoljašnje sredine u kojoj se čovek nalazi (Pecelj i dr., 2015; Spanou i dr., 2010). Procena toplotnog opterećenja (HL) zasniva se na primeni modela *MENEX* (engl. *Man-ENVironment-heat-Exchange*) koji predstavlja model razmene toplote između čoveka i spoljašnjeg okruženja (Blazejczyk, 2001; Lukić & Filipović, 2024; Pantavou et al., 2011; Pecelj i dr., 2007; 2015; 2018). HL se određuje na osnovu tri glavna toplotna fluksa: *ukupna toplotna akumulacija* (S), *apsorbovana solarna radijacija* (R) i *gubitak toplote evaporacijom* (E) koja se izražava u Wm^{-2} (Lukić & Filipović, 2024; Pecelj i dr., 2012; 2013; 2015; 2018). Posebno je značajan u proceni uticaja intenzivnih toplotnih talasa i analizi uticaja ekstremnih vremenskih prilika na javno zdravlje. Indeks HL se može izračunati primenom sledećih formula (Blazejczyk, 2001; Lukić & Filipović, 2024; Pantavou et al., 2011; Theoharatos i dr., 2010):

$$HL = [(S+360)/360] [2-1/(1+R)], \text{ gde je } S \leq 0 Wm^{-2} \text{ i } E \geq -50 Wm^{-2} \quad (1)$$

$$HL = [(S+360)/360] [2+1/(1+R)], \text{ gde je } S > 0 Wm^{-2} \text{ i } E \geq -50 Wm^{-2} \quad (2)$$

$$HL = (E / -50) [(S+360)/360] [2-1/(1+R)], \text{ gde je } S \leq 0 Wm^{-2} \text{ i } E \leq -50 Wm^{-2} \quad (3)$$

$$HL = (E / -50) [(S+360)/360] [2+1/(1+R)], \text{ gde je } S > 0 Wm^{-2} \text{ i } E \leq -50 Wm^{-2} \quad (4)$$

Indeksom HL opisuje se sedam kategorija toplotnog opterećenja (od veoma hladnog do veoma toplog), a granične vrednosti za svaku od kategorija prikazane su u tabeli br. 12.

Tabela br. 12: Kategorije toplotnog opterećenja u čoveku (HL) i stepen udobnosti (Pecelj i dr., 2015)

Granične vrednosti	Stepen udobnosti
≤ 0.250	Veoma hladno
0.251 – 0.820	Hladno
0.821 – 0.975	Prohladno
0.976 – 1.025	Ugodno
1.026 – 1.180	Toplo
1.181 – 1.750	Vruće
> 1.751	Veoma vruće

U skladu sa dostupnim dnevnim vrednostima meteoroloških parametara, kao i kod prethodno predstavljenih bioklimatskih indeksa, razmatrani su sledeći subindeksi:

- **HL_{07h}** (određen na osnovu meteoroloških parametara izmerenih u 07h)
- **HL_{14h}** (određen na osnovu meteoroloških parametara izmerenih u 14h)
- **HL_{21h}** (određen na osnovu meteoroloških parametara izmerenih u 21h)
- **HL_{sr}** (određen na osnovu sr. dnevnih vrednosti meteoroloških parametara)
- **HL_{max}** (određen uz korišćenje maksimalne dnevne temperature vazduha)
- **HL_{min}** (određen uz korišćenje minimalne dnevne temperature vazduha)

Fiziološko naprezanje (PhS)

Fiziološko naprezanje (engl. *Physiological Strain, PhS*) je bezdimenzionalna veličina i primenjuje se za opisivanje intenziteta procesa prilagođavanja u toplom ili hladnom okruženju (Pecelj i dr., 2015; 2018). Može se definisati kao odnos razmene toplote konvekcijom i gubitka toplote isparavanjem, a ukazuje nam na složene fiziološke procese koji se odvijaju u čovekovom organizmu prilikom prilagođavanja uslovima spoljašnje sredine (Blazejczyk, 2005; Blazejczyk & Matzarakis, 2007; Blazejczyk i dr., 2012). Kao i kod indeksa *toplotnog opterećenja* (HL), procena *fiziološkog naprezanja* (PhS) takođe se zasniva se na modelu *MENEX* (Blazejczyk, 2005). PhS uslovljen je odnosom konvektivnog fluksa i fluksa isparavanja, a izračunava se pomoću formule (Blazejczyk, 2005; Pecelj i dr., 2015; 2018; Šušnjar & Pecelj 2014):

$$PhS = C/E$$

Gde je: C - razmena toplote konvekcijom, E - gubitak toplote evaporacijom.

Kakva će se fiziološka reakcija ispoljiti, odnosno koji stepen fiziološkog naprezanja će se manifestovati, zavisi od vrednosti indeksa PhS koji je zabeležen: ukoliko je izmerena vrednost indeksa PhS u opsegu 0.75 - 1.5 javlja se "*blagi odgovor termoregulationog*" sistema. Ukoliko je vrednost indeksa PhS viša od 1.5 stvaraju se uslovi za pojavu "*hladnog fiziološkog naprezanja*" koje se ispoljava kroz: snižavanje temperature kože, smanjenje periferne cirkulacije, povišen krvni pritisak, drhtanje i dr. Sa druge strane, ukoliko je vrednost indeksa niža od 0.75 stvaraju se uslovi za pojavu "*toplog fiziološkog naprezanja*" koje se ispoljava kroz: dehidraciju, ubrzani rad srca, povišenu perifernu cirkulaciju, intenzivno znojenje, porast temperature kože i dr. (Blazejczyk, 1999; 2005; Pecelj i dr., 2015; 2018). Opseg različitih kategorija fiziološkog naprezanja i opis stepena udobnosti prikazani su u tabeli br. 13.

Tabela br. 13: Opseg fiziološkog naprezanja (PhS) i stepen udobnosti (Blazejczyk, 2005; Pecelj i dr., 2015)

Granične vrednosti PhS	Stepen udobnosti
< 0.00	Ekstremno toplo naprezanje
0.00 – 0.25	Veliko toplo naprezanje
0.26 – 0.75	Umereno toplo naprezanje
0.76 – 1.50	Termoneutralno
1.51 – 4.00	Umereno hladno naprezanje
4.01 – 8.00	Veliko hladno naprezanje
> 8.00	Ekstremno hladno naprezanje

Za potrebe bioklimatske analize primenjeno je šest različitih PhS subindeksa, koji su definisani na sledeći način:

- **PhS_{07h}** (određen na osnovu meteoroloških parametara izmerenih u 07h)
- **PhS_{14h}** (određen na osnovu meteoroloških parametara izmerenih u 14h)
- **PhS_{21h}** (određen na osnovu meteoroloških parametara izmerenih u 21h)
- **PhS_{sr}** (određen na osnovu sr. dn. vrednosti meteoroloških parametara)
- **PhS_{max}** (određen uz korišćenje maksimalne dnevne temperature vazduha)
- **PhS_{min}** (određen uz korišćenje minimalne dnevne temperature vazduha)

Subjektivna temperatura (STI)

Subjektivna temperatura (engl. *Subjective temperature, STI*) bioklimatski je indeks koji se koristi za opisivanje subjektivnog toplotnog opterećenja koji oseća čovek pod uticajem uslova spoljašnjeg okruženja, u periodu pre prilagođavanja tela na date uslove (Pecelj, 2013; Pecelj i dr., 2015; 2017a). Subjektivna temperatura izražava se u stepenima Celzijusa (°C), a uslovljena je kako mikroklimatskim karakteristikama spoljašnje sredine (temperatura, vlažnost vazduha, brzina vetra, solarna radijacija), tako i razmenom toplote između čoveka i neposrednog okruženja (Šušnjar & Pecelj, 2014). STI zapravo predstavlja toplotno opterećenje koje se formira u sloju vazduha koji okružuje spoljašnji sloj odeće (Farajzadeh i dr., 2015; Pecelj i dr., 2015). Ovaj indeks na realističan način ilustruje odnose čoveka i njegove neposredne okoline i primenjiv je u analizi i simulaciji širokog spektra različitih ambijentalnih uslova (Blazejczyk, 2005; Pecelj, 2013). STI je izveden iz *modela razmene toplote između čoveka i okoline*, odnosno modela *MENEX* (Blazejczyk, 2004a, 2004b).

Postupak za izračunavanje indeksa STI predstavio je Blazejczyk (2005), a za efikasno i pouzdano određivanje vrednosti STI preporučuje se korišćenje softvera BioKlima 2.6. Indeksom *subjektivne temperature* moguće je opisati devet kategorija toplog i hladnog stresa, koje su predstavljene u tabeli ispod.

Tabela br. 14: Kategorije termalnog stresa i stepen udobnosti (STI) (Blazejczyk, 2005; Pecelj i dr. 2015)

Granične vrednosti STI (°C)	Stepen udobnosti
< -38.0	Ekstremno hladno
od -38.0 do -20.1	Veoma hladno
od -20.0 do -0.5	Hladno
od -0.4 do 22.5	Prohladno
od 22.6 do 31.9	Udobno
od 32.0 do 45.9	Toplo
od 46.0 do 54.9	Vruće
od 55.0 do 69.9	Veoma vruće
≥ 70	Sparno

S obzirom da je bioklimatska analiza spoljašnjeg termalnog komfora zasnovana na setu dnevnih vrednosti meteoroloških parametara izmerenih u terminima 07h, 14h i 21h, srednjim dnevnim vrednostima i ekstremima (minimalna i maksimalna temperatura vazduha), uskladu sa tim definisani su sledeći STI subindeksi:

- **STI_{07h}** (određen na osnovu meteoroloških parametara izmerenih u 07h)
- **STI_{14h}** (određen na osnovu meteoroloških parametara izmerenih u 14h)
- **STI_{21h}** (određen na osnovu meteoroloških parametara izmerenih u 21h)
- **STI_{sr}** (određen na osnovu sr. dn. vrednosti meteoroloških parametara)
- **STI_{max}** (određen uz korišćenje maksimalne dnevne temperature vazduha)
- **STI_{min}** (određen uz korišćenje minimalne dnevne temperature vazduha)

Fiziološka subjektivna temperatura (PST)

Fiziološka subjektivna temperatura (engl. *Physiological Subjective Temperature, PST*) definiše se kao subjektivni osećaj toplotne sredine od strane čoveka i predstavlja nivo termičkog stimulansa koji se nalazi u neposrednoj blizini površine kože nakon 15 do 20 minuta intenzivnog procesa adaptacije (Pecelj, 2013; Pecelj i dr., 2015; Šušnjar & Pecelj, 2014), odnosno predstavlja temperaturu koja se formira oko površine kože, pod

odećom, nakon procesa prilagođavanja (Blazejczyk i dr., 2012). Kako navode Pecelj i dr. (2015) *“termički uticaj sredine je predstavljen preko srednje temperature zračenja u okolini površine kože, a aktuelni ambijentalni uslovi utiču na intenzitet toplotne razmene između čoveka i atmosfere i ukupne toplotne akumulacije (S)”*. PST se izražava u stepenima Celzijusa (°C) i ovaj indeks je izveden iz modela *MENEX* (Blazejczyk & Matzarakis, 2007). Formulu za određivanje vrednosti indeksa PST predstavio je Blazejczyk (2011), a jednostavniji postupak njegovog izračunavanja omogućen je upotrebom softvera BioKlima 2.6. PST je pogodan za bioklimatsku evaluaciju u različitim okruženjima i daje uvid u generalnu bioklimatsku sliku analiziranog područja (Blazejczyk i dr., 2012; Farajzadeh i dr., 2012).

Pomoću indeksa PST moguće je predstaviti devet različitih kategorija termalnog stresa, a njihov opis i granične vrednosti za svaku od kategorija prikazani su u tabeli br. 15.

Tabela br. 15: Kategorije PST termalnog stresa i stepen udobnosti (Pecelj i dr. 2015)

Granične vrednosti PST (°C)	Stepen udobnosti
< -36.0	Smrznuto
od -36.0 do -16.0	Veoma hladno
od -16.1 do 4.0	Hladno
od 4.1 do 14.0	Prohladno
od 14.1 do 24.0	Udobno
od 24.1 do 34.0	Toplo
od 34.1 do 44.0	Vruće
od 44.1 do 54.0	Veoma vruće
>54.0	Preznojavanje

Slično kao i kod svih ostalih bioklimatskih indeksa koji su primenjeni u ovoj doktorskoj disertaciji i za PST indeks definisano je šest različitih subindeksa, u skladu sa setom meteoroloških podataka koji su korišćeni za njegovo izračunavanje:

- **PST_{07h}** (određen na osnovu meteoroloških parametara izmerenih u 07h)
- **PST_{14h}** (određen na osnovu meteoroloških parametara izmerenih u 14h)
- **PST_{21h}** (određen na osnovu meteoroloških parametara izmerenih u 21h)
- **PST_{sr}** (određen na osnovu sr. dn. vrednosti meteoroloških parametara)
- **PST_{max}** (određen uz korišćenje maksimalne dnevne temperature vazduha)
- **PST_{min}** (određen uz korišćenje minimalne dnevne temperature vazduha)

ANALIZA STK GRADSKOG NASELJA BEOGRAD

Univerzalni termalni klimatski indeks (UTCI)

Prvi bioklimatski indeks koji je primenjen u evaluaciji termalnog komfora na otvorenom gradskog naselja Beograd za potrebe ove doktorske disertacije jeste Univerzalni termalni klimatski indeks (UTCI). U tabeli br. 16 predstavljene su srednje godišnje vrednosti svih razmatranih UTCI subindeksa, a posebno crvenom bojom je istaknuto 5 godina sa najvišim zabeleženim srednjim vrednostima. Iz priloženog možemo videti da u poslednjoj deceniji istraživanog perioda (2011-2020.) imamo najviše zabeleženih najviših srednjih godišnjih vrednosti u odnosu na 30-to godišnji period obuhvaćen disertacijom (1991-2020.), posebno nakon 2015.godine, za sve posmatrane subindekse.

Tabela br. 16: Srednje godišnje vrednosti indeksa UTCI, 1991-2020.godina (crvenom bojom je označeno 5 godina sa najvišim srednjim vrednostima indeksa)

Godina	UTCI 07h	UTCI 14h	UTCI 21h	UTCI sr	UTCI max	UTCI min
1991	11.9	16.9	14.0	14.2	17.9	10.0
1992	12.0	17.3	14.8	14.9	18.5	10.3
1993	11.6	17.4	13.9	14.2	18.0	9.7
1994	13.6	19.1	15.6	16.3	20.5	11.7
1995	12.2	16.4	14.2	14.7	17.9	10.3
1996	9.8	14.2	11.7	12.0	15.5	7.9
1997	11.5	15.2	13.8	13.5	16.7	9.6
1998	13.0	17.3	15.7	15.5	18.7	11.2
1999	12.3	16.5	14.6	14.6	18.0	10.6
2000	12.4	17.6	15.3	15.2	19.1	10.3
2001	11.3	15.6	14.0	13.8	17.3	9.4
2002	12.1	17.2	14.7	14.8	18.6	10.2
2003	11.4	16.7	13.8	14.1	18.0	9.6
2004	10.5	15.2	13.1	13.1	16.6	8.8
2005	10.2	14.2	12.9	9.6	15.8	8.4
2006	11.8	16.3	14.0	14.1	17.6	10.0
2007	13.1	17.7	15.3	15.5	18.9	11.1
2008	12.6	17.2	14.7	14.9	18.7	10.7
2009	11.8	16.5	14.5	14.4	18.0	10.0
2010	11.2	15.1	13.3	13.3	16.4	9.4
2011	12.3	17.1	14.7	14.9	18.4	10.5
2012	12.7	17.7	14.8	15.2	19.1	10.9
2013	12.2	17.1	14.7	14.8	18.4	10.4
2014	12.6	17.2	14.5	14.8	18.5	11.0
2015	13.4	18.1	15.5	15.8	19.5	11.8
2016	13.1	16.9	14.9	14.9	18.4	11.4
2017	13.8	18.3	15.1	16.1	23.3	15.8
2018	14.2	18.8	16.3	16.4	20.2	12.5
2019	14.9	19.5	17.4	17.3	20.9	13.2
2020	14.4	18.6	16.6	16.6	20.1	12.8

Najviše srednje godišnje vrednosti 4 od 6 UTCI subindeksa zabeležene su tokom 2019.godine ($UTCI_{07h} = 14.9^{\circ}\text{C}$, $UTCI_{14h} = 19.5^{\circ}\text{C}$, $UTCI_{21h} = 17.4^{\circ}\text{C}$ i $UTCI_{sr} = 17.3^{\circ}\text{C}$) i 2017.godine ($UTCI_{max} = 23.3^{\circ}\text{C}$ i $UTCI_{min} = 15.8^{\circ}\text{C}$). Koliko je to značajno odstupanje u odnosu na prosek referentnog perioda možemo uočiti na osnovu podataka u tabeli 17.

Tabela br. 17: Srednja 30-to godišnja vrednost indeksa UTCI, tokom referentnog perioda 1991-2020.god

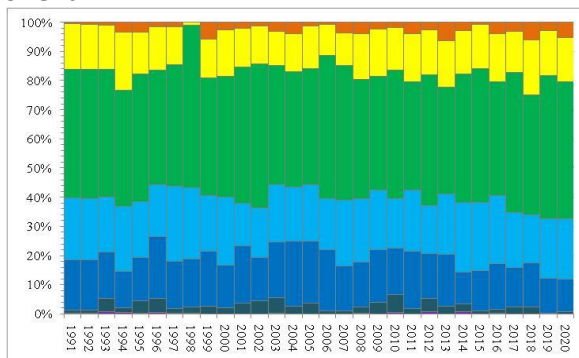
Sr. god.vr. ($^{\circ}\text{C}$) Ref. period 1991-2020.	UTCI 07h	UTCI 14h	UTCI 21h	UTCI sr	UTCI max	UTCI min
	12.33	16.96	14.61	14.64	18.46	10.65

Zatupljenost različitih kategorija toplotnog stresa prema indeksu UTCI, za svaku godinu tokom istraživanog perioda, prikazana je na grafikonu br. 8. Ukoliko posmatramo rezultate dobijene za subindeks $UTCI_{07h}$, jasno uočavamo da su u jutarnjim časovima (07h) tokom godine najzastupljeniji BTS dani "*bez termalnog stresa*" (9°C - 26°C) kojih je registrovano 4754, odnosno 43.4% u ukupnom broju dana. Slede NHS dani – *neznatan hladan stress* (0°C - 9°C) sa 20.2% ili 2213 takvih dana. Ono što je kod subindeksa $UTCI_{07h}$ zanimljivo jeste činjenica da kada posmatramo svaku deceniju istraživanog perioda posebno, videćemo da broj dana u najvišoj zabeleženoj kategoriji toplotnog stresa (jak toplotni stres, 32°C - 38°C) beleži kontinuiran porast. Tako, tokom prve decenije (1991-2000.) broj JTS dana iznosio je 78, u drugoj deceniji (2001-2010.) taj broj je bio 93, a tokom poslednje decenije (2011-2020.) taj broj je bio 141. Da se broj dana u višim kategorijama toplotnog stresa povećava kontinuirano, potvrđuju i rezultati prikazani na grafikonu br. 9 gde vidimo da su tokom 30-to godišnjeg perioda, godišnje vrednosti subindeksa $UTCI_{07h}$ rasle po stopi od $0.073^{\circ}\text{C}/\text{god}$. Ukupan broj dana u kategoriji "*jakog toplotnog stresa*" koji je izmeren u 07h bilo je 312, odnosno 2.85%. Slično je zabeleženo i kod subindeksa $UTCI_{min}$. Najviše je dana u BTS kategoriji (9°C - 26°C) koji učestvuju sa 47.4% (5192). Slede ih dani u NHS kategoriji (0°C - 9°C) sa 20.7% (2271). Na grafikonu br. 9 možemo videti da srednje godišnje vrednosti subindeksa $UTCI_{min}$ rastu po stopi od $0.099^{\circ}\text{C}/\text{god}$, što potvrđuje i činjenica da iz godine u godinu imamo sve veći broj dana u višim kategorijama termalnog stresa. Ukoliko uporedimo broj dana sa "*umerenim toplotnim stresom*" (UTS) videćemo da je on u prvoj deceniji istraživanog perioda iznosio 329, a u poslednjoj, trećoj deceniji iznosio je 449. Isto je i sa kategorijom "*jakog toplotnog stresa*" (JTS), kojih je tokom perioda 1991-2000.godina zabeleženo 4, a tokom perioda 2011-2020.godina 14 dana.

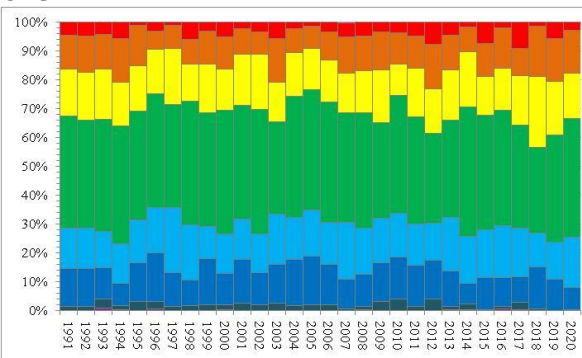
Dalje, kada posmatramo subindekse $UTCI_{14h}$ i $UTCI_{max}$ uočićemo nastavak sličnih trendova. Srednja godišnja vrednost $UTCI_{14h}$ raste stopom od $0.054^{\circ}\text{C}/\text{god}$, dok taj rast kod $UTCI_{max}$ iznosi $0.081^{\circ}\text{C}/\text{god}$. Najzastupljeniji su BTS dani sa 38.5% (4223) za $UTCI_{14h}$ i 38.6% (4226). Slede ih dani sa *umereno toplim stresom* sa 16.2% (1770) za $UTCI_{14h}$ i 16.7% za $UTCI_{max}$ (1828). Kod oba subindeksa broj dana u VJTS kategoriji (*veoma jak toplotni stres*, 38°C - 46°C) beleži pozitivnu razliku, kada poredimo prvu i poslednju deceniju istraživanog perioda. $UTCI_{14h}$: u kategoriji VJTS tokom perioda 1991-2000.godina registrovano je 143 dana, dok je tokom perioda 2011-2020.godina registrovano 172 dana. $UTCI_{max}$: u kategoriji VJTS tokom perioda 1991-2000.godina registrovano je 180 dana, dok je tokom perioda 2011-2020.godina registrovano 216 dana. Kod subindeksa $UTCI_{max}$ dani sa "*veoma jakim toplotnim stresom*" učestvuju sa 5.17%, dok kod $UTCI_{14h}$ taj udeo iznosi 4.06%. Na kraju, analizirani su subindeksi $UTCI_{21h}$ i $UTCI_{sr}$. Na grafikonu br. 9 možemo uočiti da srednje vrednosti indeksa $UTCI_{21h}$ imaju pozitivan trend rasta od $0.058^{\circ}\text{C}/\text{god}$, dok za $UTCI_{sr}$ taj trend iznosi $0.063^{\circ}\text{C}/\text{god}$. U oba slučaja najzastupljenija kategorija termalnog stresa je BTS (bez termalnog stresa), sa 44.7% (4901 dana) za $UTCI_{21h}$ i 43.6% (4777 dana) za $UTCI_{sr}$.

Grafikon br. 8: Zastupljenost različitih UTCI kategorija termalnog stresa po godinama (1991-2020)

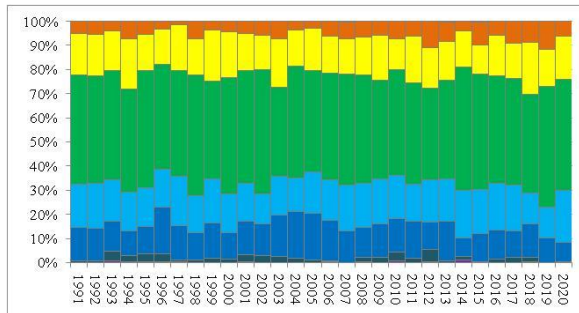
UTCI 07h



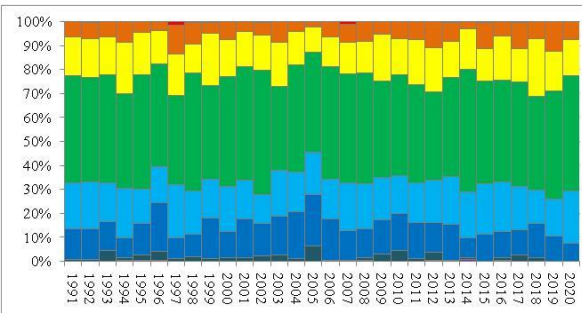
UTCI 14h



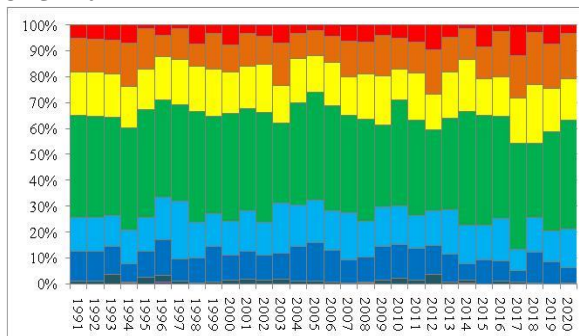
UTCI 21h



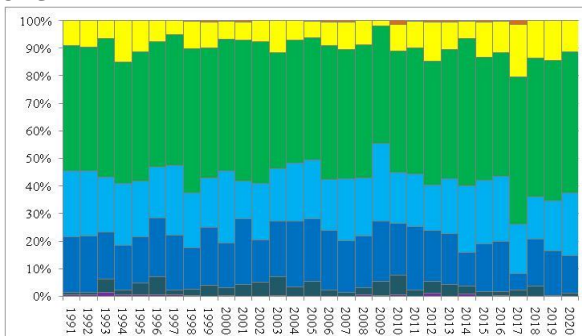
UTCI sr



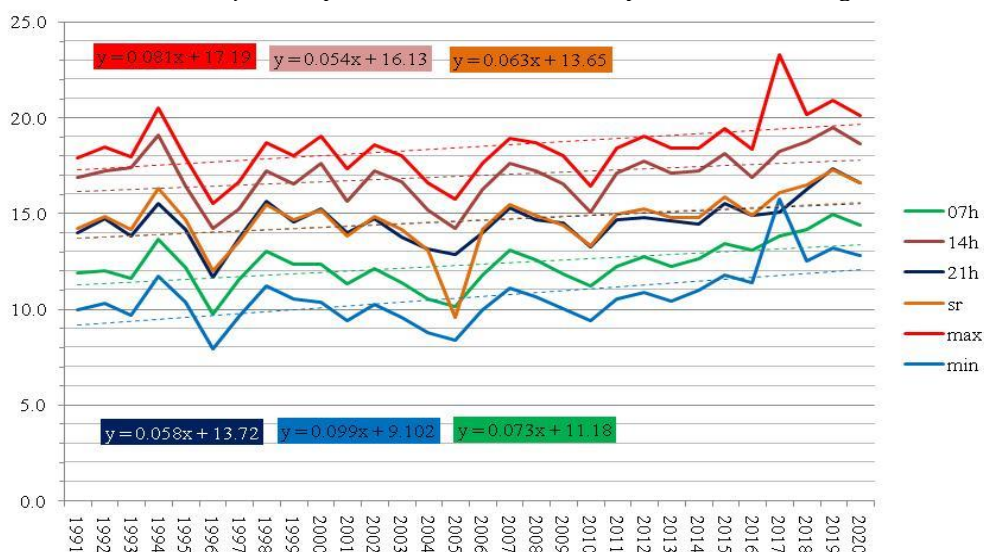
UTCI max



UTCI min



Grafikon br. 9: Godišnji trend promene indeksa UTCI, za period 1991-2020.godina



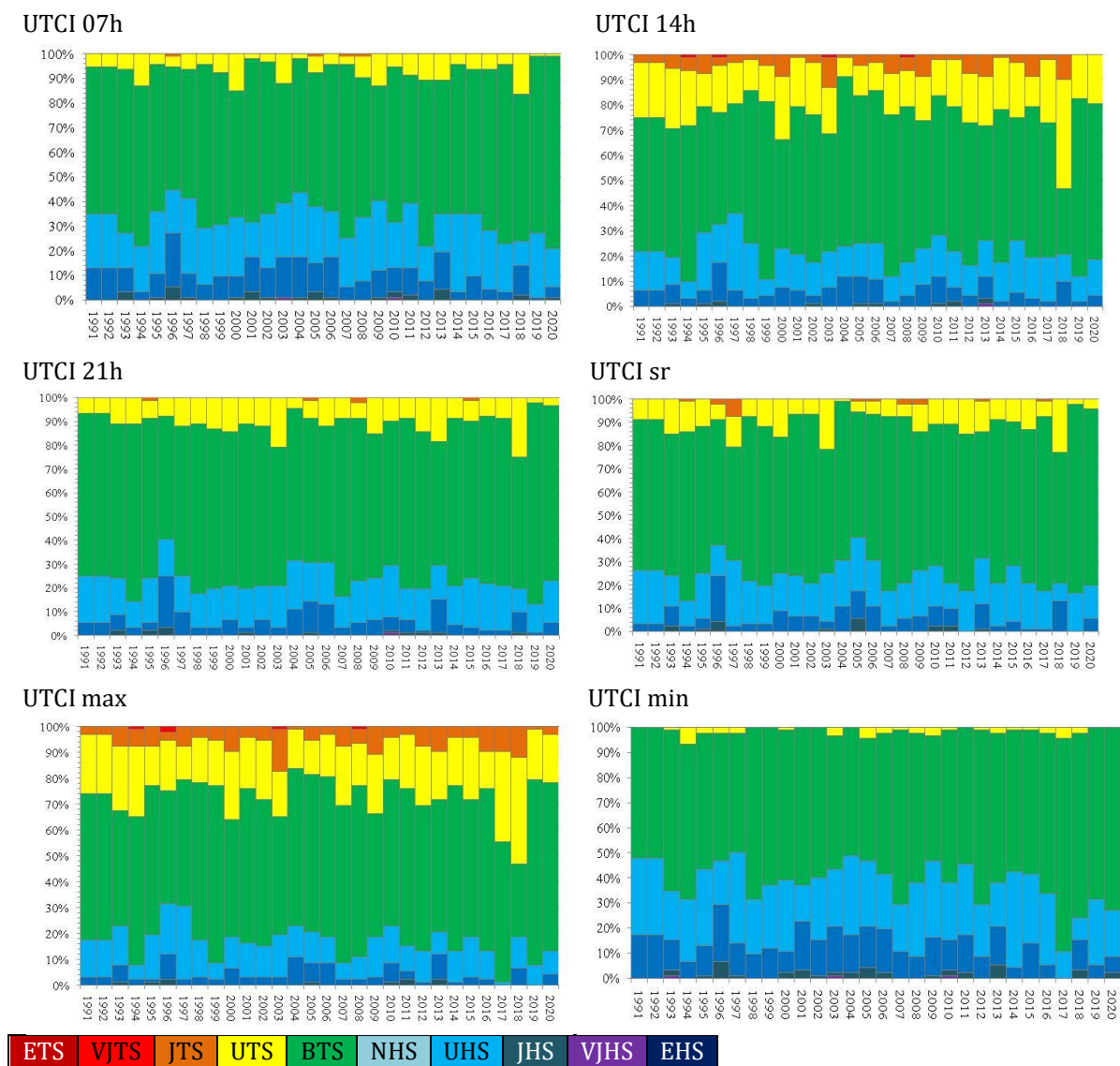
Osim analize godišnjih vrednosti bioklimatskog indeksa UTCI, radi detaljnijeg sagledavanja i evaluacije termalnog komfora na otvorenom u Beogradu, pristupilo se analizi **sezonskih vrednosti** i trendova koji su zabeleženi tokom perioda 1991-2020.godina. Sezonska analiza podrazumeva ocenu termalnog komfora tokom sva 4 godišnja doba (proleće, leto, jesen i zima) primenom 6 posmatranih UTCI subindeksa.

Grafikonom br. 10 predstavljen je udeo različitih kategorija termalnog stresa tokom **proleća 1991-2020.godine**, za svaki subindeks pojedinačno. Najdominantnija je kategorija *“bez termalnog stresa”* (9°C - 26°C), što ukazuje na povoljne bioklimatske uslove tokom prolećnih meseci, posebno tokom jutarnjih (07h) i večernjih (21h) časova. Kod subindeksa $\text{UTCI}_{07\text{h}}$ dani *bez termalnog stresa* učestvuju sa 60.4% (1671 dan) u ukupnom broju dana tokom 30 godina. Slede *neznatno hladni dani* (NHS) sa 21.3% (589 dana). Na osnovu dobijenih rezultata utvrđeno je da srednje prolećne vrednosti indeksa UTCI rastu iz godine u godinu, a taj trend za $\text{UTCI}_{07\text{h}}$ bio je $0.073^{\circ}\text{C}/\text{god}$. Najviša srednja prolećna vrednost indeksa $\text{UTCI}_{07\text{h}}$ zabeležena je 2018.godine i iznosila je 15.51°C . Ostale godine kada su registrovane visoke srednje prolećne vrednosti su 1994.god ($\text{UTCI}_{07\text{h}} = 15.1^{\circ}\text{C}$), 2017.god ($\text{UTCI}_{07\text{h}} = 14.85^{\circ}\text{C}$), 2007.god ($\text{UTCI}_{07\text{h}} = 14.72^{\circ}\text{C}$) i 2012.godina ($\text{UTCI}_{07\text{h}} = 14.69^{\circ}\text{C}$). Slično je i kod indeksa UTCI_{min} koji je ostvario pozitivan trend od $0.101^{\circ}\text{C}/\text{god}$ (grafikon br. 11). I ovde, još jednom najzastupljeniji su dani *“bez termalnog stresa”* sa udelom od 60.3%, odnosno 1665 takvih dana. Slede ih NHS dani (0°C - 9°C) sa 24.3% (672 dana). Najviša srednja prolećna vrednost subindeksa UTCI_{min} izmerena je 2017.godine i iznosila je 16.98°C , a sledi je 2018.godina sa 13.61°C .

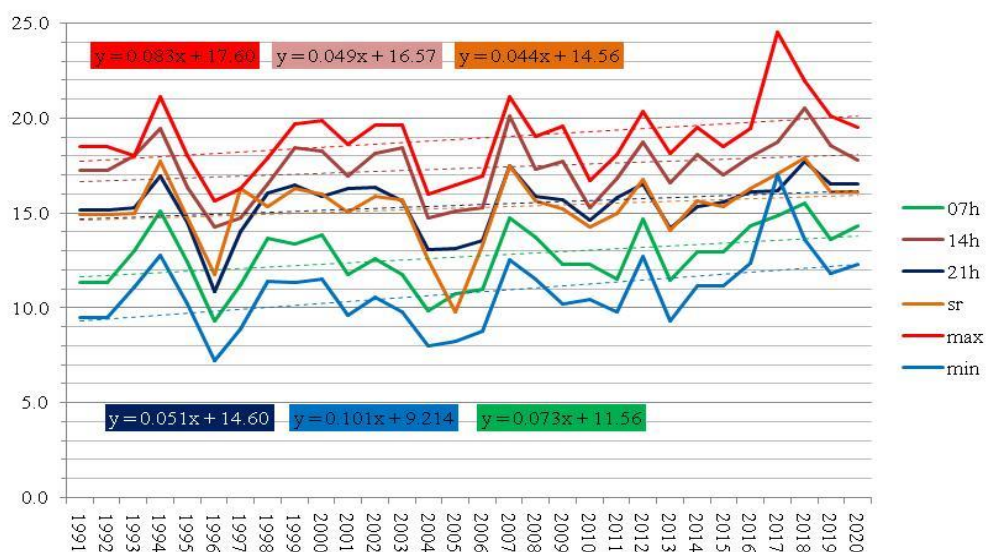
Analizirajući ostale subindekse uočavamo slične trendove. Srednje prolećne vrednosti indeksa $\text{UTCI}_{14\text{h}}$ zabeležile su pozitivan trend rasta od $0.049^{\circ}\text{C}/\text{god}$. Najviša srednja prolećna vrednost $\text{UTCI}_{14\text{h}}$ izmerena je 2018.godine i iznosila je 20.54°C . Sledi je 2007.godina sa 20.08°C . Visoke srednje prolećne vrednosti javile su se i tokom 2019.godine (18.56°C), 2017.godine (18.73°C), i 2012.godine (18.74°C). Posmatrajući udeo različitih kategorija termalnog stresa, vidimo da su kod subindeksa $\text{UTCI}_{14\text{h}}$ najviše zastupljene BTS kategorija sa 24.3% ili 1525 dana i UTS kategorija (26°C - 32°C) sa 18.5% ili 512 dana. Kada govorimo o subindeksu UTCI_{max} , grafikon br. 11 pokazuje pozitivan trend od $0.083^{\circ}\text{C}/\text{god}$. Najzastupljeniji su dani *bez termalnog stresa* sa 56.2% ili 1551 dan, a slede ih dani u kategoriji umerenog toplotnog stresa sa 20.7% ili 572 dana. Najviša srednja prolećna vrednost indeksa UTCI_{max} od 24.49°C izmerena je 2017.godine, a slede je 2018. i 2007.godina sa 21.94°C i 21.13°C .

Vrednosti subindeksa $\text{UTCI}_{21\text{h}}$ tokom perioda od 30 godina ostvarile su pozitivan trend od $0.051^{\circ}\text{C}/\text{god}$, što ukazuje na to da ćemo u budućnosti imati sve manje dana u kategorijama *hladnog stresa* u večernjim časovima. Taj trend se već sada uočava, što pokazuju rezultati komparacije prve i poslednje decenije istraživanog perioda, gde smo tokom prvih 10 godina (1991-2000.) imali 63 dana u kategoriji *“umerenog hladnog stresa”*, dok smo u poslednjoj deceniji (2011-2020.) zabeležili 44 takva dana. U procentualnom udelu najzastupljeniji su dani *bez termalnog stresa* sa 66.3% (1831 dan). Najviša srednja prolećna vrednost $\text{UTCI}_{21\text{h}}$ izmerena je 2018.god i iznosila je 17.72°C , a sledi je 2007.god sa 17.49°C . Subindeks UTCI_{sr} ostvario je takođe pozitivan trend od 0.044°C , a njegova najviša srednja prolećna vrednost izmerena je 2018.godine ($\text{UTCI}_{\text{sr}} = 17.88^{\circ}\text{C}$). Najviše je BTS dana sa 65.2% (1799 dana), a zatim NHS dana sa 17.6% (485 dana). Dani sa *umerenim toplotnim stresom* (UTS) učestvuju sa 10% i tokom 30 godina registrovani su 277 puta.

Grafikon br. 10: Zastupljenost različitih UTCI kategorija termalnog stresa, proleće 1991-2020.



Grafikon br. 11: Trend promene vrednosti indeksa UTCI, proleće 1991-2020.godina



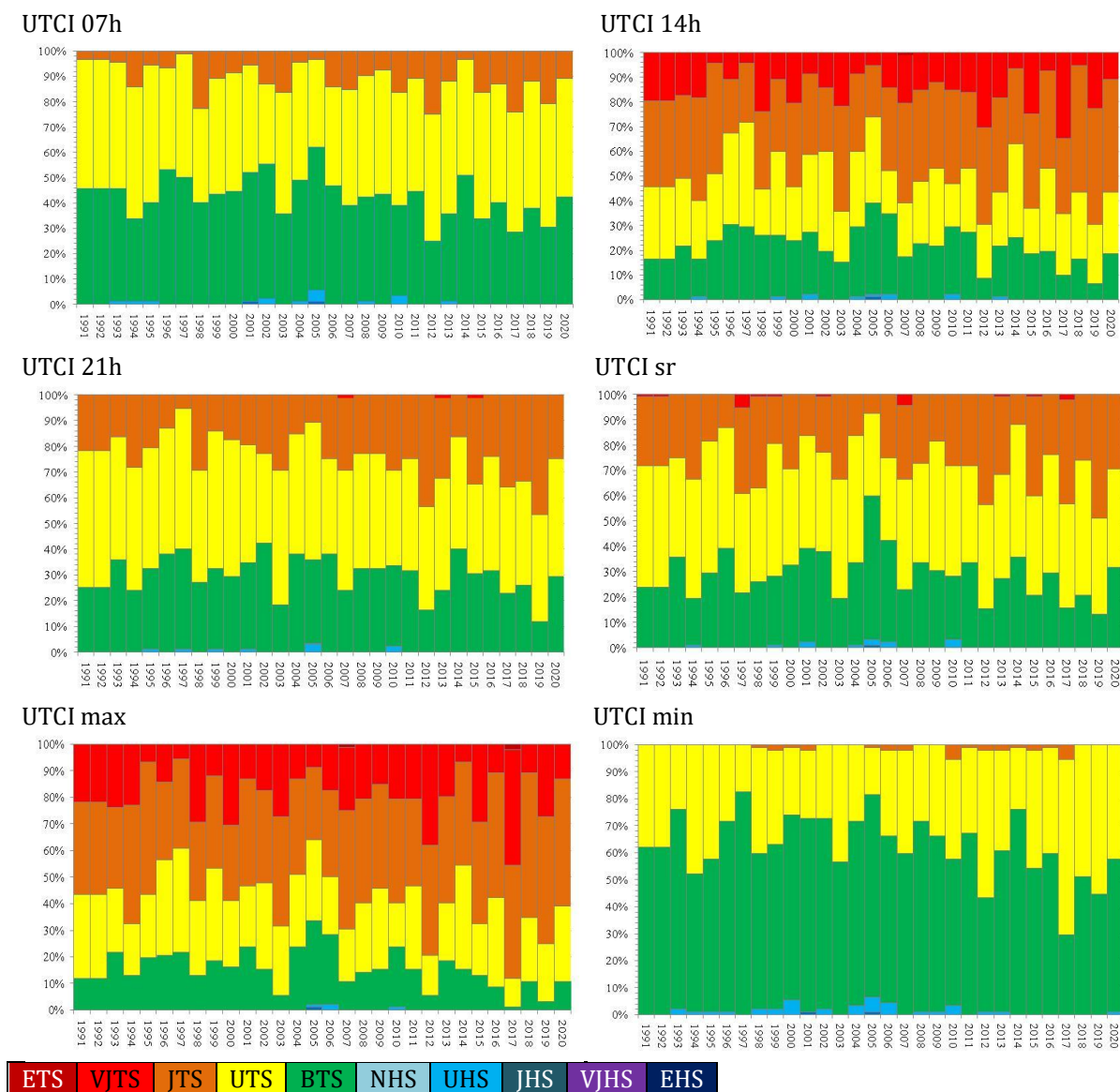
Leto predstavlja **najnepovoljniji deo godine** u Beogradu, **u pogledu bioklimatskih uslova i termalnog komfora**, s obzirom na visoke temperature, sve učestalije i intenzivnije toplotne talase i ekstremne vremenske prilike koje beležimo poslednjih godina. Tokom letnjih meseci u Beogradu najzastupljenije su sledeće kategorije termalnog stresa: “*UTS - umeren toplotni stres*” gde se UTCI vrednosti kreću u opsegu od 26°C do 32°C, “*JTS - jak toplotni stres*” (32°C-38°C) i “*VJTS – veoma jak toplotni stres*” (38°C-46°C), posebno kod subindeksa UTCI_{14h} i UTCI_{max}.

Na grafikonu br. 12 možemo videti da je tokom perioda od 30 godina srednja letnja vrednost subindeksa UTCI_{14h} rasla po stopi od 0.053°C/god. Najviša srednja letnja vrednost UTCI_{14h} izmerena je 2012.godine i iznosila je 34.79°C. Kao bioklimatski nepovoljne izdvajaju se i 2017.godina kada je srednja letnja vrednost UTCI_{14h} iznosila 34.28°C, kao i 2019.godina sa 33.98°C. Najzastupljenija kategorija termalnog stresa je JTS, sa 35.2% ili 971 danom. Slede UTS dani sa 27.4% (756 dana), dok kategorija VJTS učestvuje sa 15.4% (426 dana). Tokom leta u periodu 1991-2020.godina, dani u višim kategorijama toplotnog stresa učestvovali su 78% (2154 dana). Registrovan je samo 1 dan u kategoriji ETS (*ekstreman toplotni stres*, UTCI_{14h} >46°C) i to 2007.godine. Broj dana “*bez termalnog stresa - BTS*”, značajno je manji kada poredimo prvu i poslednju deceniju istraživanog perioda (210 naspram 157 dana). Sve navedeno ukazuje na pooštrevanje termalnog komfora tokom letnjeg perioda godine. Slično zapažamo i kod subindeksa UTCI_{max}. Broj BTS dana u prvoj deceniji istraživanja iznosio je 155, dok je tokom poslednjih 10 godina taj broj smanjen na 94 (grafikon br. 12). Ujedno broj dana sa “*veoma jakim toplotnim stresom - VJTS*” (38°C-46°C) povećan je sa 173 na 202. Najviše je dana sa “*jakim toplotnim stresom - JTS*” koji učestvuju sa 38.5%, a slede ih UTS dani sa 26.4% (729 dana). VJTS dani učestvuju sa 19.5% (538 dana). ETS dani za indeks UTCI_{max} registrovani su tri puta (1 u 2007.god i 2. u 2017.god). Srednje letnje vrednosti UTCI_{max} su tokom 30 godina rasle stopom od 0.068°C/god (grafikon br. 13). Srednja letnja vrednost UTCI_{max} je dostigla svoj maksimum 2017.godine (37.22°C), a slede je 2012.godina (30.96°C) i 2019.godina (35.04°C).

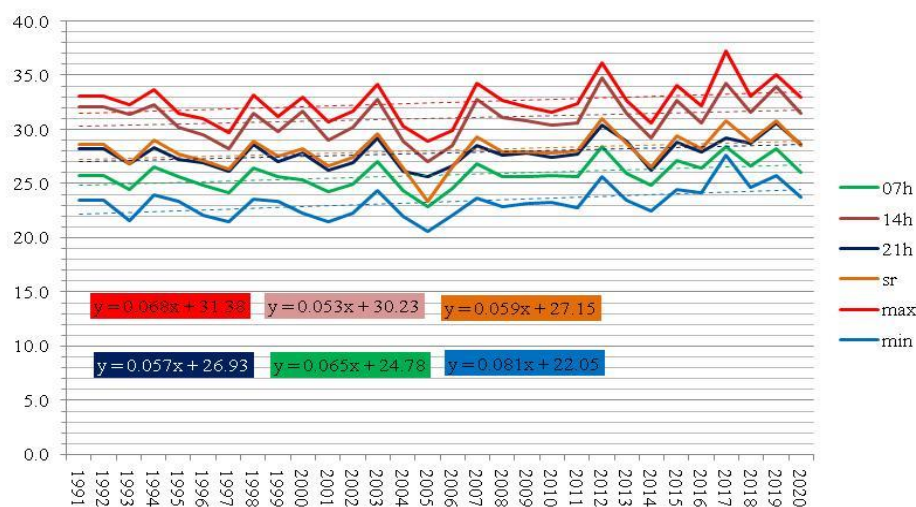
Najvišu stopu rasta srednjih letnjih vrednosti ostvario je subindeks UTCI_{min} sa 0.081°C/god. Maksimalna srednja letnja vrednost UTCI_{min} izmerena je 2017.godine, a sledi je 2019.godina sa 25.73°C, kao i 2012.godina sa 25.64°C. Da minimalne vrednosti indeksa UTCI rastu, pokazuje podataka da se broj dana sa “*neznatno hladnim stresom - NHS*” smanjio, sa 14 koliko ih je evidentirano u periodu 1991-2000.godina na 3 u periodu 2011-2020.godina. Istovremeno, broj dana sa *jakim toplotnim stresom* je povećan sa 4 tokom prve decenije istraživanja, na 14 koliko ih je evidentirano tokom perioda 2011-2020.godina. Najdominantnija je kategorija “*bez termalnog stresa*” sa 61.4% (1694 dana), a slede je UTS dani sa 36.1% ili 997 dana.

Pozitivan trend ostvaren je i kod dva poslednja subindeksa: srednje letnje vrednosti UTCI_{21h} rasle su stopom od 0.057°C, dok su vrednosti UTCI_{sr} ostvarile rast od 0.059°C/god. UTCI_{21h} je dostigao svoju maksimalnu srednju letnju vrednost 2019.godine (30.57°C), a UTCI_{sr} 2012.godine (30.96°C). Najzastupljenija kategorija termalnog stresa kod oba indeksa je UTS (26°C -32°C): UTCI_{21h} - UTS dani učestvuju sa 45.4% (1254 dana), a kod UTCI_{sr} sa 43.3% (1196 dana). Tokom večernjih časova (21h) ostvaren je značajan porast broja dana u kategoriji “*jak toplotni stres - JTS*”: u periodu 1991-2000.godina zabeleženo je 173 JTS dana, u periodu 2001-2010.godina 208 JTS dana, a tokom poslednje decenije istraživanog perioda (2011-2020.) 290 JTS dana.

Grafikon br. 12: Zastupljenost različitih UTCI kategorija termalnog stresa, leto 1991-2020.



Grafikon br. 13: Trend promene vrednosti indeksa UTCI, leto 1991-2020.godina



Na osnovu dobijenih rezultata, dolazi se do zaključka da su se **najznačajnije promene** u pogledu termalnog komfora na otvorenom desile upravo **tokom jesenjih meseci**. Analiza pokazuje pozitivan trend rasta srednjih jesenjih vrednosti svih posmatranih indeksa i rast broja dana u višim kategorijama termalnog stresa, što ukazuje na to da nas u budućnosti čekaju sve topliji i bioklimatski nepovoljniji jesenji dani.

Srednje jesenje vrednosti indeksa $UTCI_{07h}$ tokom posmatranog perioda rasle su po stopi od $0.108^{\circ}C/god$ (grafikon br. 15), a najviša srednja jesenja vrednost ovog indeksa izmerena je 2019.godine i iznosila je $16.29^{\circ}C$. Sledi je 2018.godina sa $14.6^{\circ}C$ i 2020.godina sa $14.51^{\circ}C$. U jutarnjim časovima (07h) dominiraju dani *bez termalnog stresa* sa 60% (1637 dana) u ukupnom zbiru. Slede ih NHS dani sa 24.2% (660 dana). Primetan je značajan porast broja dana u kategoriji *umerenog toplotnog stresa* ($26^{\circ}C$ - $32^{\circ}C$), kada poredimo tri decenije istraživanog perioda pojedinačno. Tokom prve i druge decenije broj UTS dana bio je približan (37 i 32), međutim u periodu 2011-2020.godina zabeleženo je 69 UTS dana – gotovo dvostruko više.

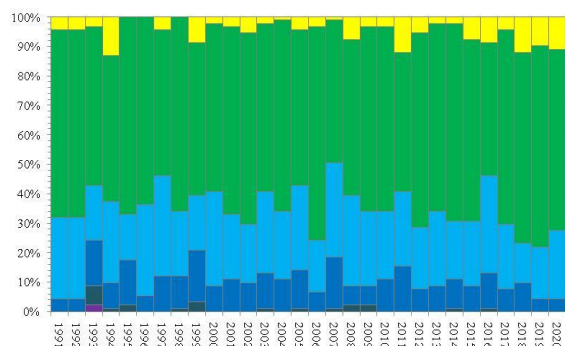
Subindeks $UTCI_{min}$ ostvario je najznačajniji pozitivni trend, u odnosu na sve ostale posmatrane subindekse, koji iznosi $0.141^{\circ}C/god$. To potvrđuje i značajan porast broja dana u UTS kategoriji: sa 9 i 13 dana sa *“umereno toplim stresom”* tokom prve i druge decenije istraživanog perioda, na 32 dana u poslednjoj deceniji. Generalno, dominiraju dani *“bez termalnog stresa”* sa 58.6% ili 1600 takvih dana, a slede ih dani sa *“neznatno hladnim stresom”* (NHS) sa 25.6% ili 698 dana. Najviša srednja jesenja vrednost indeksa $UTCI_{min}$ bila je $16.49^{\circ}C$, a izmerena je 2017.godine. Slede je 2019.god sa $14.9^{\circ}C$, 2020.god sa $13.49^{\circ}C$ i 2018.godina sa $13.25^{\circ}C$.

Kada govorimo o **subindeksu $UTCI_{14h}$** primetićemo sledeće: na grafikonu br. 15 registrovan je pozitivan trend rasta srednjih jesenjih vrednosti od $0.093^{\circ}C/god$. Najviša srednja jesenja vrednost $UTCI_{14h}$ od $22.08^{\circ}C$ izmerena je 2019.godine, a sledi je 2018.godina sa $20.55^{\circ}C$. Najviše je BTS dana (53.1% ili 1449 dana), a slede ih dani u UTS kategoriji (18.3% ili 501 dan). Subindeks $UTCI_{max}$ takođe beleži pozitivan trend od $0.104^{\circ}C/god$, a njegova najviša srednja jesenja vrednost izmerena je 2019.godine ($23.54^{\circ}C$). Druga najviša vrednost izmerena je 2017.godine ($23.42^{\circ}C$), a na trećem mestu nalazi se 2018.godina sa $21.66^{\circ}C$. Procentualno najzastupljeniji su BTS dani (54% ili 1474 dana), kao i UTS dani (19.2% ili 524 dana). Od 2008.godine sve češće beležimo dane u najvišoj kategoriji termalnog stresa (VJTS), kojih je ukupno bilo 24 - u periodu 2008-2020.godina čak 19, naspram 5 VJTS dana u periodu 1991-2007.godina.

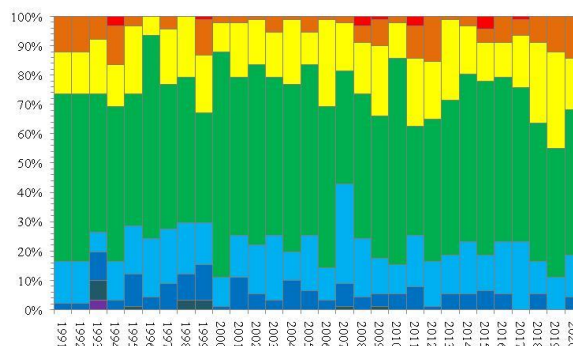
Srednja jesenja vrednost subindeksa $UTCI_{21h}$ je tokom 30 godina ostvarila pozitivan trend od $0.101^{\circ}C/god$, dok za $UTCI_{sr}$ taj trend iznosi $0.096^{\circ}C/god$. Najviša srednja jesenja vrednost subindeksa $UTCI_{21h}$ izmerena je 2019.godine ($18.21^{\circ}C$), a iste godine zabeležena je i najviša srednja jesenja vrednost $UTCI_{sr}$ ($18.75^{\circ}C$). Na drugom mestu, za oba subindeksa, nalazi se 2018.godina, kada je najviša srednja jesenja vrednost $UTCI_{21h}$ bila $17.23^{\circ}C$, a $UTCI_{sr}$ $17.42^{\circ}C$. Poredeći prvu i poslednju deceniju istraživanog perioda, kod oba subindeksa evidentiran je značajan porast broja dana u kategoriji *“umerenog toplotnog stresa”*: taj odnos kod subindeksa $UTCI_{21h}$ je 86 UTS dana (1991-2000.godina) i 122 UTS dana (2011-2020.godina). Za $UTCI_{sr}$ to je 96 UTS dana (1991-2000.godina) i 133 UTS dana (2011-2020.godina). Generalno najviše je dana *“bez termalnog stresa”* koji učestvuju sa 62.6% (ili 1708 dana) kod $UTCI_{21h}$ i 61.9% (ili 1691 dan) kod $UTCI_{sr}$. Dani sa *“neznatno hladnim stresom”* učestvuju sa 18.7% (ili 512 dana) za $UTCI_{21h}$ i 19.4% (ili 530 dana) za $UTCI_{sr}$ (grafikon br. 14).

Grafikon br. 14: Zastupljenost različitih UTCI kategorija termalnog stresa, jesen 1991-2020.

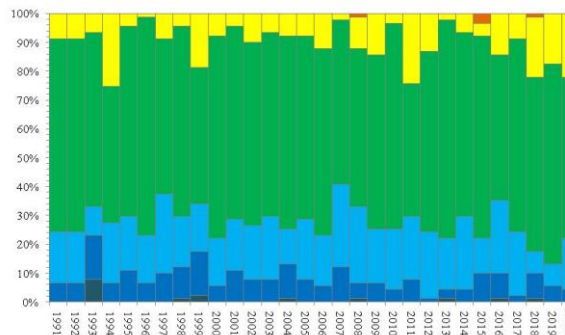
UTCI 07h



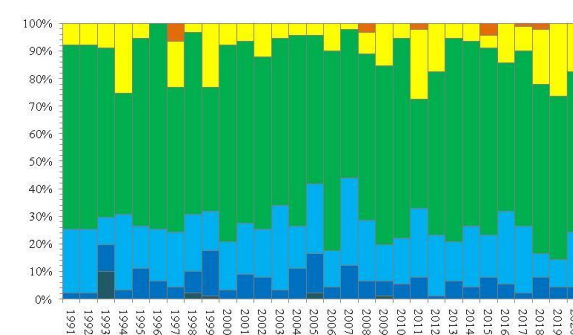
UTCI 14h



UTCI 21h



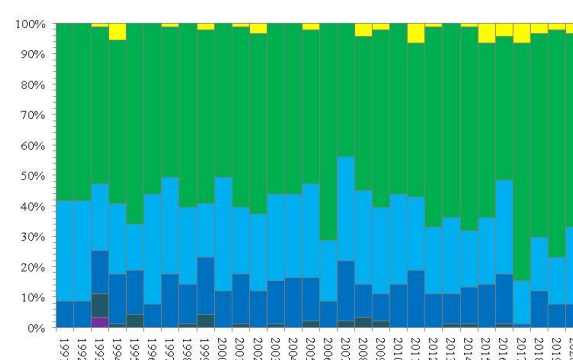
UTCI sr



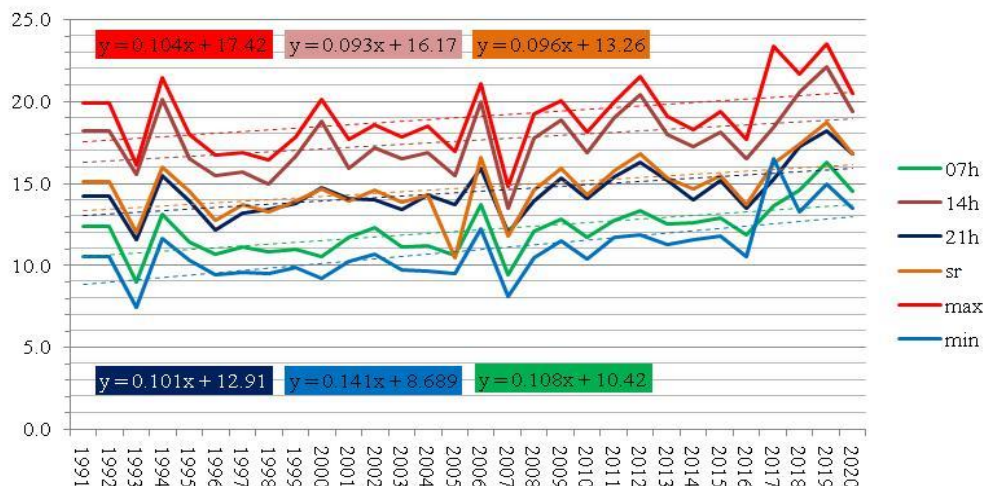
UTCI max



UTCI min



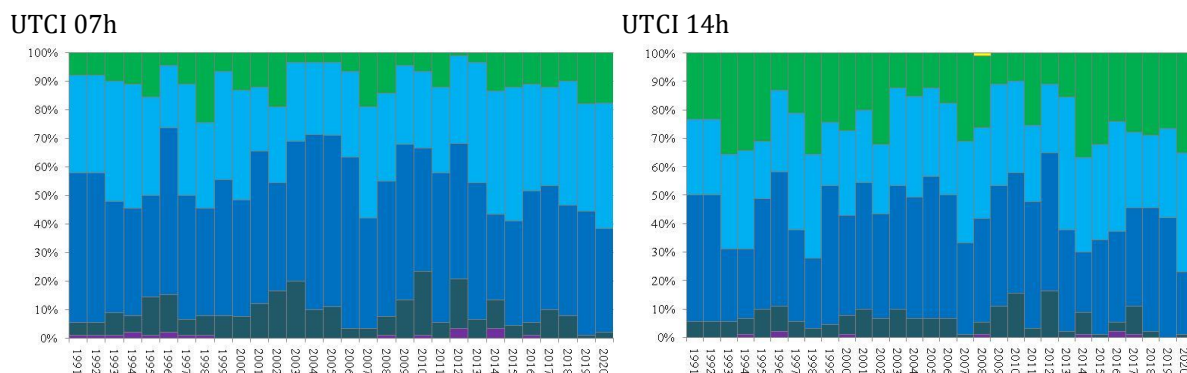
Grafikon br. 15: Trend promene vrednosti indeksa UTCI, jesen 1991-2020.godina



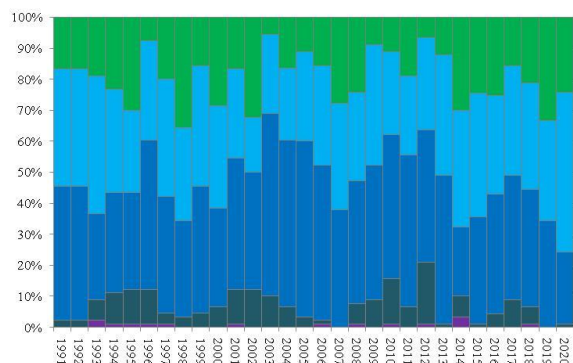
Na grafikonu br. 17 prikazan je trend po kojoj su se vrednosti 6 razmatranih UTCI subindeksa menjale tokom perioda od 30 godina. Za svaki od subindeksa ostvaren je **pozitivan trend**, što ukazuje na **kontinuiran porast srednjih zimskih vrednosti ispitivanih indeksa**, samim time možemo zaključiti da **zime u Beogradu postaju sve toplije**. Najbrže su rasle minimalne vrednosti UTCI, tačnije $UTCI_{min}$ sa $0.07^{\circ}C/god.$ Na drugom mestu je subindeks $UTCI_{max}$ sa trendom rasta od $0.058^{\circ}C/god.$ Sledi ih $UTCI_{07h}$ sa $0.053^{\circ}C/god.$ Srednje zimske vrednosti indeksa $UTCI_{21h}$ i $UTCI_{sr}$ rasle su stopom od $0.026^{\circ}C/god.$ a nešto višu stopu rasta ostvario je $UTCI_{14h}$ sa $0.028^{\circ}C/god.$ Što se najviših izmerenih srednjih zimskih vrednosti tokom 30-to godišnjeg perioda tiče, 5 od 6 subindeksa su svoje maksimalne vrednosti dostigli tokom zime 2019/20.godine: $UTCI_{07h} = 3.36^{\circ}C$, $UTCI_{14h} = 6.76^{\circ}C$, $UTCI_{21h} = 6.33^{\circ}C$, $UTCI_{max} = 8.4^{\circ}C$ i $UTCI_{min} = 2.34^{\circ}C$. Jedino je $UTCI_{sr}$ svoju najvišu srednju zimsku vrednost dostigao tokom zime 1997/98.godine, ali druga najtoplija zima posmatrana putem $UTCI_{sr}$ indeksa zabeležena je 2019.godine kada je ta vrednost iznosila $5.89^{\circ}C$. Kada govorimo o tridesetogodišnjem proseku, prosečna zimska vrednost subindeksa $UTCI_{07h}$ iznosila je $-1.52^{\circ}C$, prosečna vrednost $UTCI_{14h}$ iznosila je $1.61^{\circ}C$, prosečna vrednost $UTCI_{21h}$ bila je $0.53^{\circ}C$, a prosečna zimska vrednost $UTCI_{sr}$ bila je $0.5^{\circ}C$. Dalje, prosečna vrednost indeksa $UTCI_{max}$ tokom istraživanog perioda iznosila je $3.22^{\circ}C$, a indeksa $UTCI_{min}$ $-2.58^{\circ}C$. Zime sa značajnim odstupanjem vrednosti UTCI indeksa od 30-to godišnjeg proseka su bile i one 2015/16.godine, 2006/07.godine i 1997/98.godine.

Grafikon br. 16 prikazuje udeo različitih kategorija termalnog stresa tokom zimskih meseci istraživanog perioda. Na osnovu prikazanih rezultata možemo uočiti da dominiraju kategorije hladnog stresa: “*neznatan hladan stres – NHS*” ($0^{\circ}C-9^{\circ}C$) i “*umeren hladan stres – UHS*” ($-13^{\circ}C-0^{\circ}C$). Posmatrajući $UTCI_{07h}$ UHS dani učestvuju sa 45.7% (1238 dana), NHS dani 34.2% (927), a BTS dani (*bez termalnog stresa*) učestvuju sa 10.5% (284 dana). Kod subindeksa $UTCI_{14h}$ dani sa “*umereno hladnim stresom*” učestvuju sa 37.9% (1025 dana), a po zastupljenosti slede ih dani sa “*neznatno hladnim stresom*” sa 31.5% (853 dana). Dana *bez termalnog stresa* bilo je 650 ili 24%. Što se tiče subindeksa $UTCI_{21h}$ najviše je UHS dana njih 1087 ili 40.2%, zatim 897 NHS dana (33.1%) i 536 BTS dana (19.8%). Kategorija “*jako hladnog stresa – JHS*” najviše je prisutna kod subindeksa $UTCI_{min}$ odnosno u periodu kada se mere najniže vrednosti temperature vazduha, pa su tako kod $UTCI_{min}$ JHS dani učestvovali sa 10.4% ili 282 takva dana. UHS dani učestvovali sa udelom od 48.8%, odnosno 1321 dana. Kod subindeksa $UTCI_{max}$, osim dana sa *hladnim stresom*, u značajnoj meri bili su zastupljeni dani *bez termalnog stresa* sa 28.7% (776 dana).

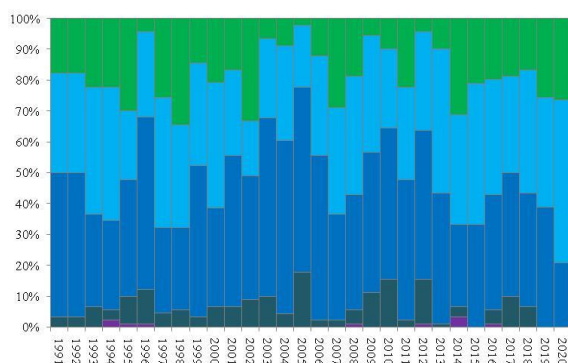
Grafikon br. 16: Zastupljenost različitih UTCI kategorija termalnog stresa, zima 1991-2020.



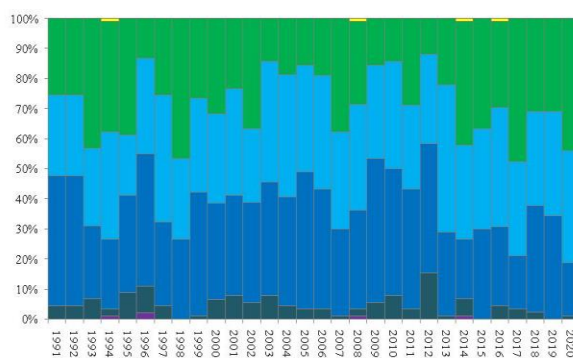
UTCI 21h



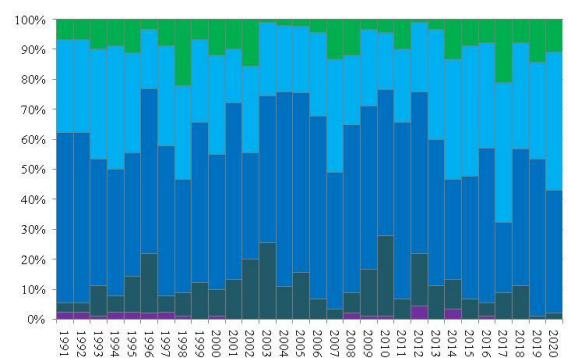
UTCI sr



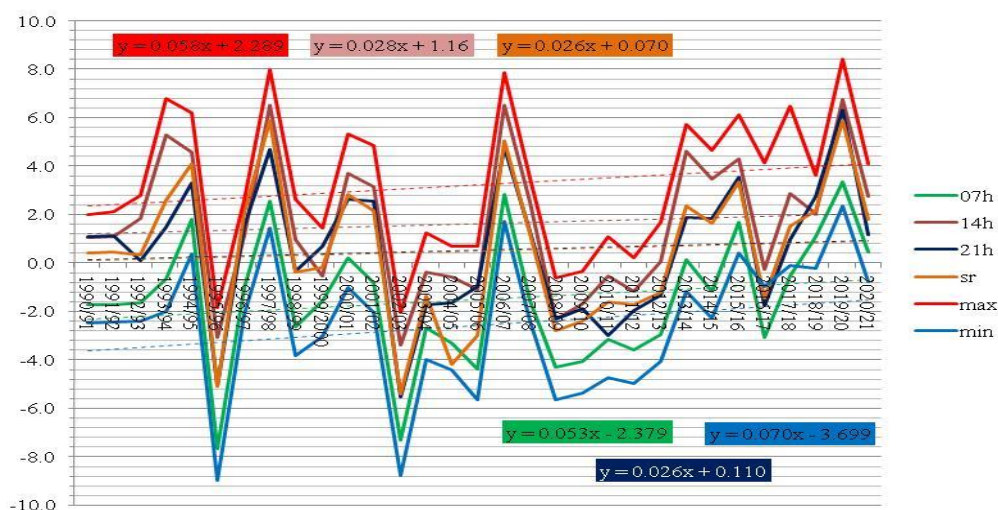
UTCI max



UTCI min



Grafikon br. 17: Trend promene vrednosti indeksa UTCI, zima 1991-2020.godina

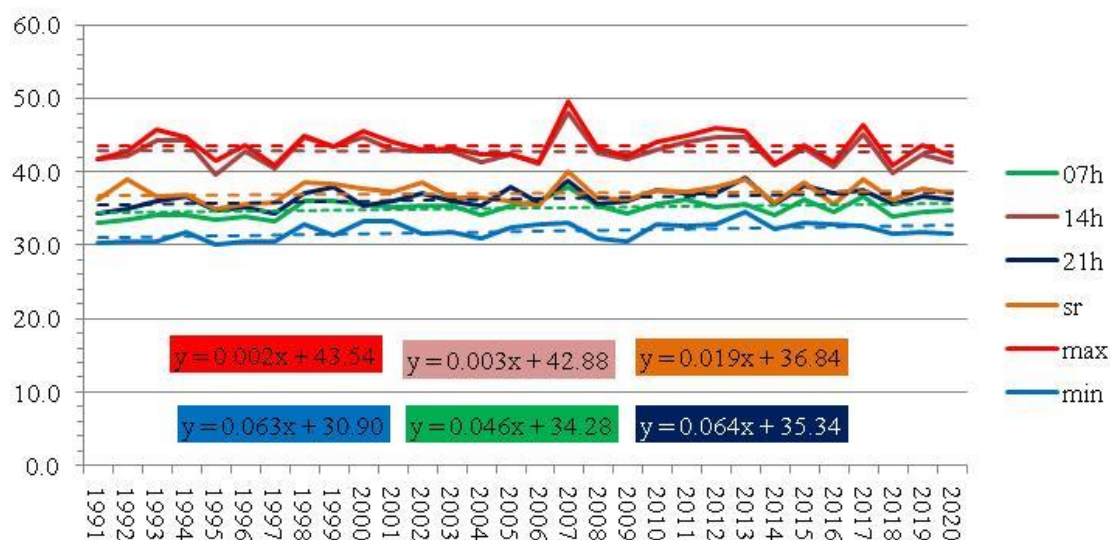


S obzirom da je analizom rezultata dobijenih tokom ovog istraživanja utvrđen pozitivan trend kod svih razmatranih UTCI subindeksa (njihovih srednjih sezonskih i godišnjih vrednosti), javila se potreba za **dodatnom analizom maksimalnih vrednosti** koje su različiti subindeksi ostvarivali tokom godina (grafikon br. 18). Utvrđeno je da maksimalne vrednosti indeksa $UTCI_{21h}$ i $UTCI_{min}$ ostvaruju najveći pozitivni trend: $0.064^{\circ}C/god$ i $0.063^{\circ}C/god$. Najsporije promene se odvijaju kod maksimalnih vrednosti subindeksa $UTCI_{max}$ i $UTCI_{14h}$ $0.002^{\circ}C/god$, odnosno $0.003^{\circ}C/god$. Subindeksi $UTCI_{sr}$ i $UTCI_{07h}$ takođe beleže rast svojih maksimalnih vrednosti tokom 30-to godišnjeg

perioda: $0.019^{\circ}\text{C}/\text{god}$ i $0.046^{\circ}\text{C}/\text{god}$. To nam ukazuje, da ukoliko se navedeni trendovi nastave, u budućnosti možemo očekivati dostizanje novih rekorda.

Najviše izmerene vrednosti 4 od 6 razmatranih indeksa tokom perioda od 30 godina (1991-2020.godina) zabeležene su 2007.godine. Svoje maksimalne vrednosti indeksi UTCI_{07h} , UTCI_{14h} i UTCI_{max} dostigli su 24.jula 2007.godine, kada je izmerena i najviša ikada temperatura vazduha u Srbiji (44.9°C , Smederevska Palanka, RHMZ) i iznosile su: $\text{UTCI}_{07h} = 37.9^{\circ}\text{C}$, $\text{UTCI}_{14h} = 48.1^{\circ}\text{C}$, $\text{UTCI}_{\text{max}} = 49.47^{\circ}\text{C}$. Subindeks UTCI_{sr} dostigao je svoju najvišu vrednost dva dana ranije, 22.jula 2007.godine od 40.03°C . Što se tiče subindeksa UTCI_{21h} i UTCI_{min} , njihove maksimalne vrednosti izmerene su 2013.godine: $\text{UTCI}_{21h} = 29.\text{jul}$ (39.11°C) i $\text{UTCI}_{\text{min}} = 22.\text{jun}$ (34.52°C).

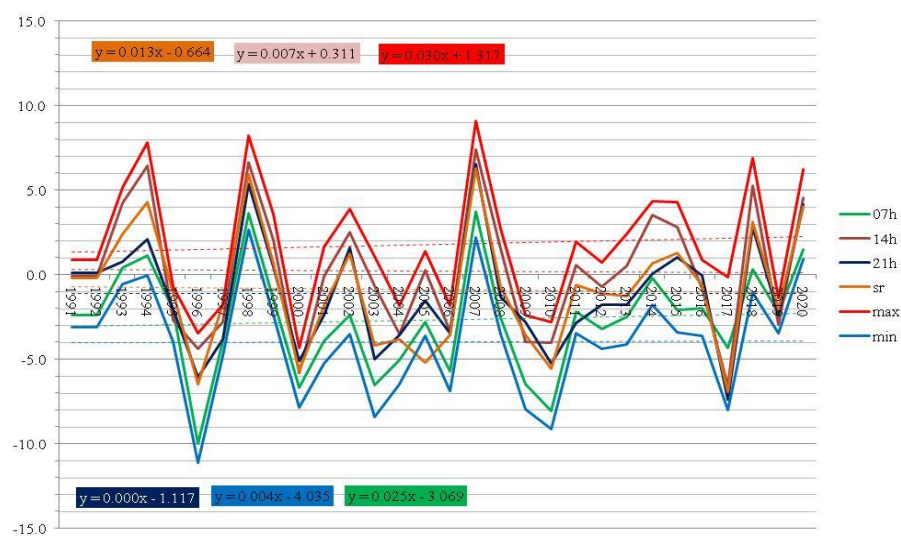
Grafikon br. 18: Trend maksimalnih vrednosti indeksa UTCI tokom perioda 1991-2020.godina



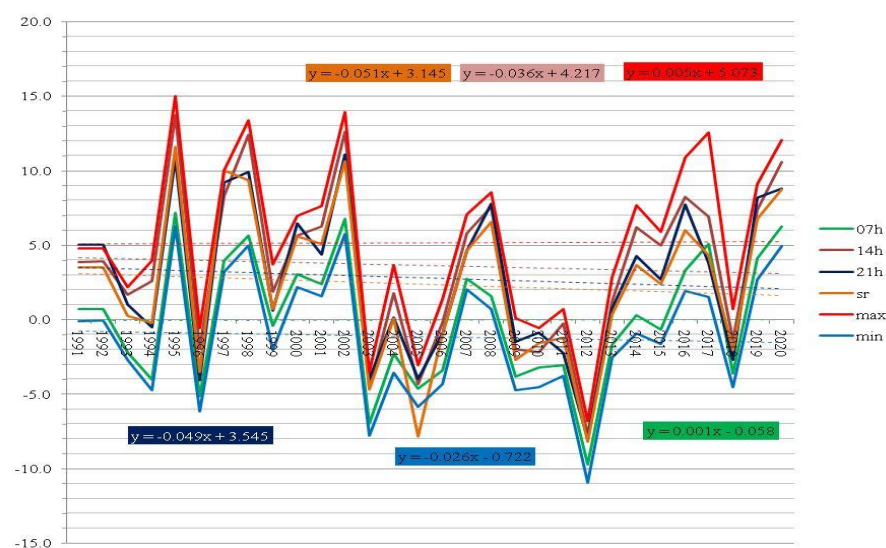
Bioklimatska evaluacija termalnog komfora na otvorenom primenom indeksa UTCI kroz analizu godišnjih i sezonskih vrednosti razmatranih subindeksa daju nam uvid u opštu bioklimatsku sliku centralnog područja Beograda. Međutim, kako bismo dobili još detaljniji uvid, dodatno su **analizirane vrednosti svih subindeksa na mesečnom nivou**. Na grafikonima ispod prikazani su rezultati po mesecima tokom godine.

Kada uporedimo zimske mesece (**decembar, januar i februar**) možemo uočiti da su se najznačajnije promene desile tokom decembra meseca, gde je u periodu 1991-2020.godina ostvaren osetan rast srednjih decembarskih vrednosti svih 6 subindeksa. Tako je sr. decembarska vrednost UTCI_{07h} rasla po stopi od $0.160^{\circ}\text{C}/\text{god}$, za UTCI_{min} taj trend je iznosio $0.159^{\circ}\text{C}/\text{god}$, za UTCI_{max} $0.123^{\circ}\text{C}/\text{god}$, UTCI_{sr} $0.116^{\circ}\text{C}/\text{god}$, a za UTCI_{14h} i UTCI_{21h} trend je bio sličan: $0.111^{\circ}\text{C}/\text{god}$ i $0.110^{\circ}\text{C}/\text{god}$. Tokom svih jesenjih meseci (**septembar, oktobar i novembar**) zabeležen je rast srednjih mesečnih vrednosti svih posmatranih indeksa, ali taj pozitivan trend najizraženiji je bio tokom novembra meseca, kod subindeksa UTCI_{max} i UTCI_{21h} gde je iznosio $0.153^{\circ}\text{C}/\text{god}$ odnosno $0.155^{\circ}\text{C}/\text{god}$. Poredeći prolećne mesece (**mart, april i maj**) primećujemo da se najznačajniji pozitivni trend javio tokom aprila, gde su srednje aprilske vrednosti subindeksa rasle po sledećim stopama: UTCI_{max} $0.189^{\circ}\text{C}/\text{god}$, UTCI_{14h} $0.151^{\circ}\text{C}/\text{god}$, UTCI_{sr} $0.116^{\circ}\text{C}/\text{god}$, UTCI_{07h} $0.138^{\circ}\text{C}/\text{god}$, UTCI_{21h} $0.110^{\circ}\text{C}/\text{god}$ i UTCI_{min} $0.140^{\circ}\text{C}/\text{god}$. Tokom svih letnjih meseci (**jun, jul i avgust**) ostvaren je rast srednjih mesečnih vrednosti indeksa, a najviše stope rasta zabeležene su tokom jula meseca.

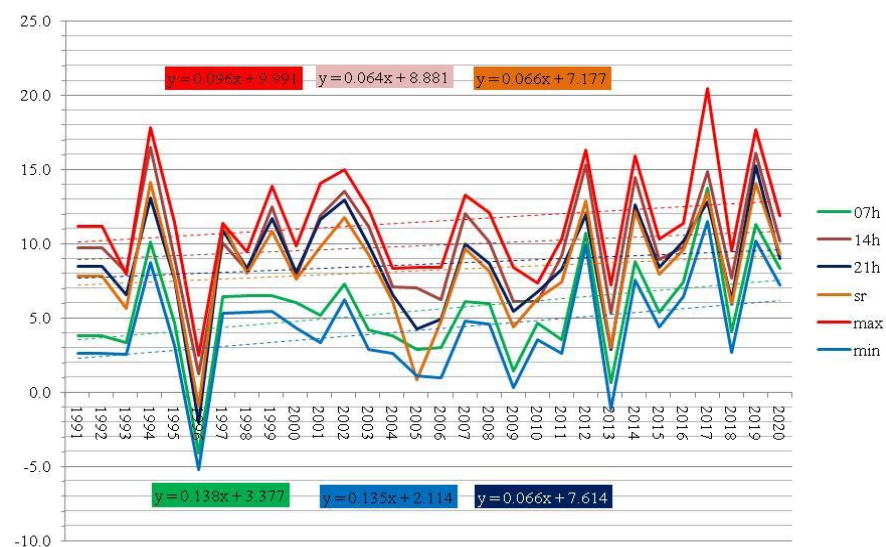
Grafikon br. 19: Trend promene vrednosti indeksa UTCI, po mesecima, 1991-2020.godina



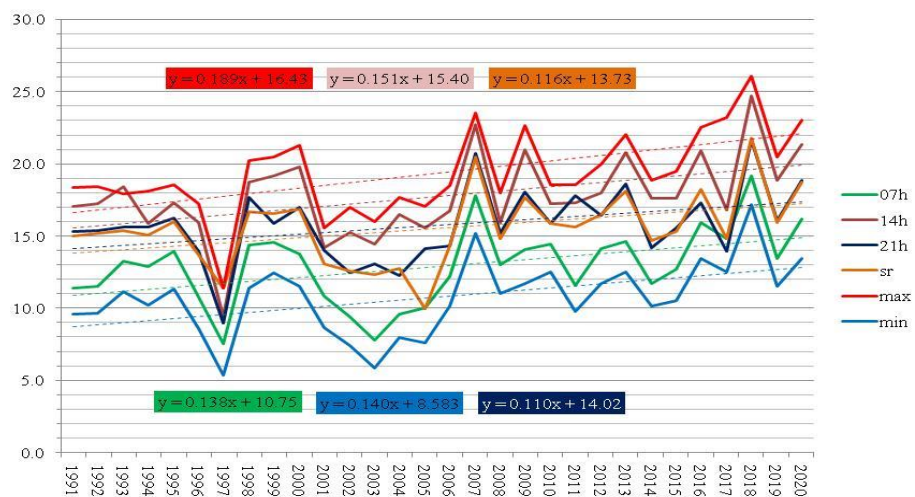
UTCI Januar 1991-2020.



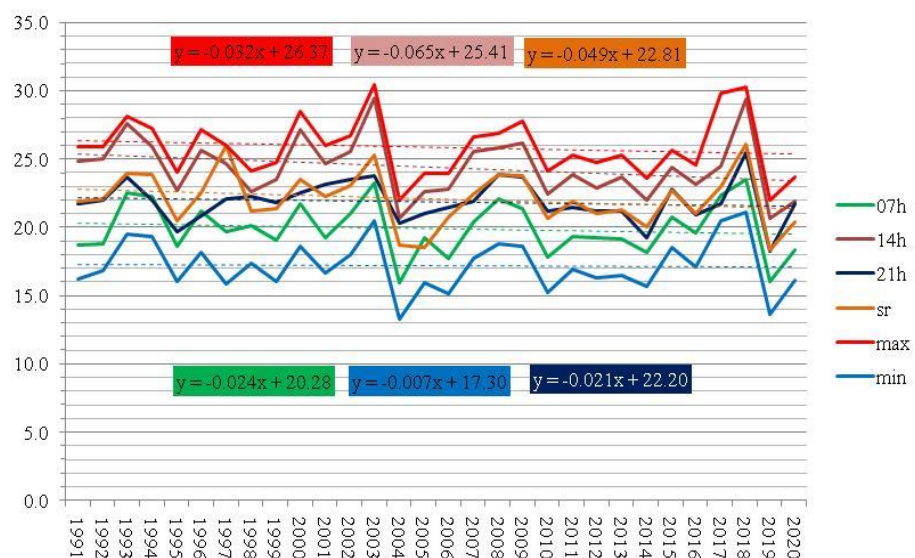
UTCI Februar 1991-2020.



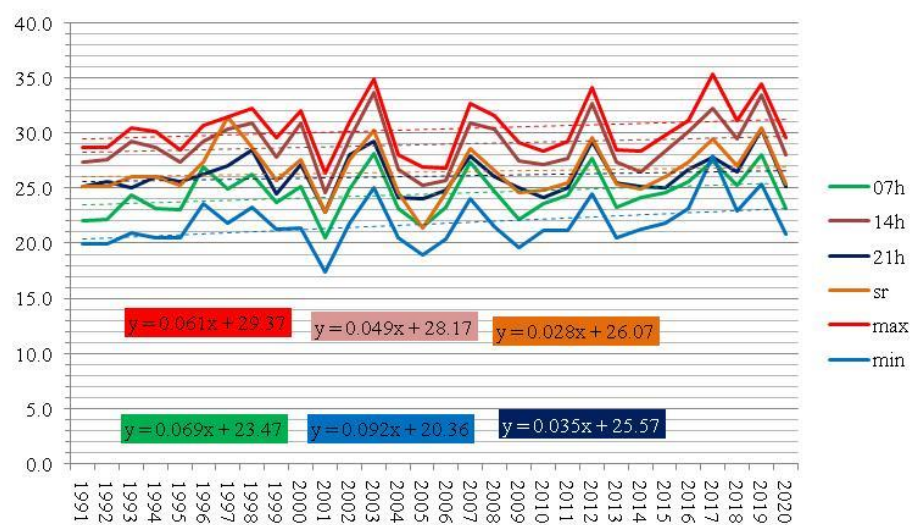
UTCI Mart 1991-2020.



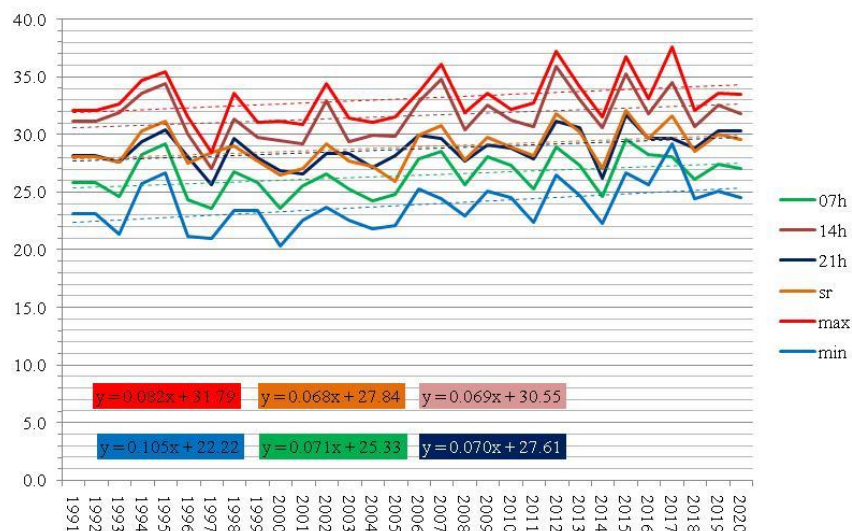
UTCI, April 1991-2020.



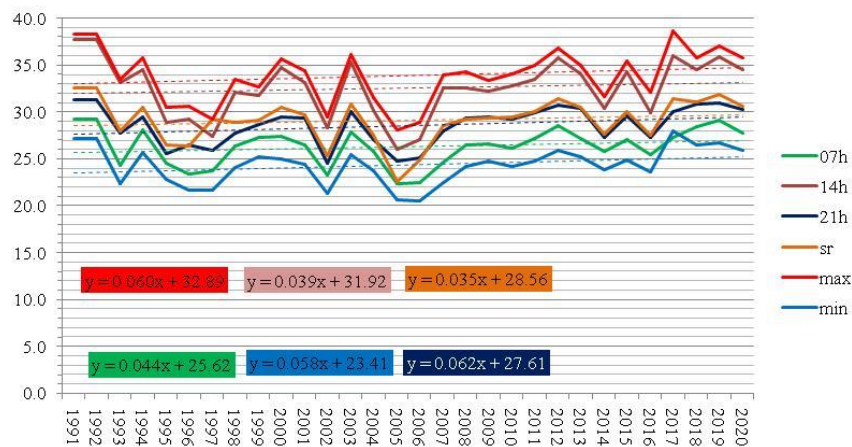
UTCI, Maj 1991-2020.



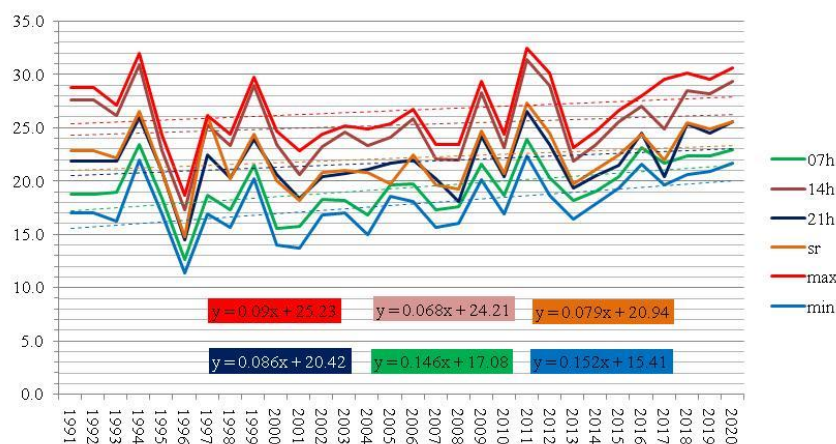
UTCI, Jun 1991-2020.



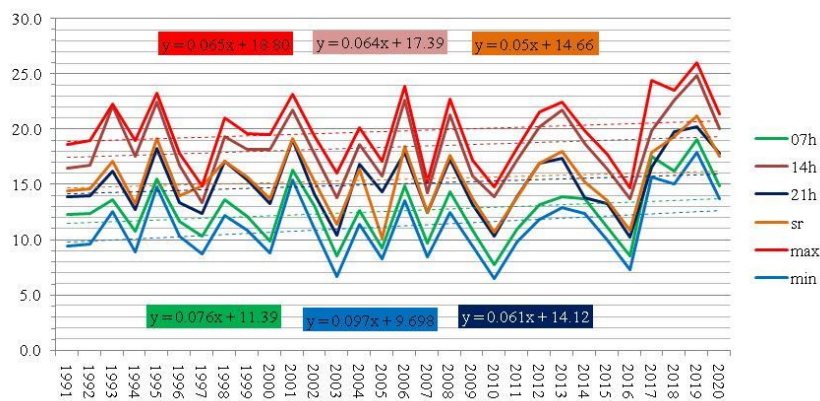
UTCI, Jul 1991-2020.



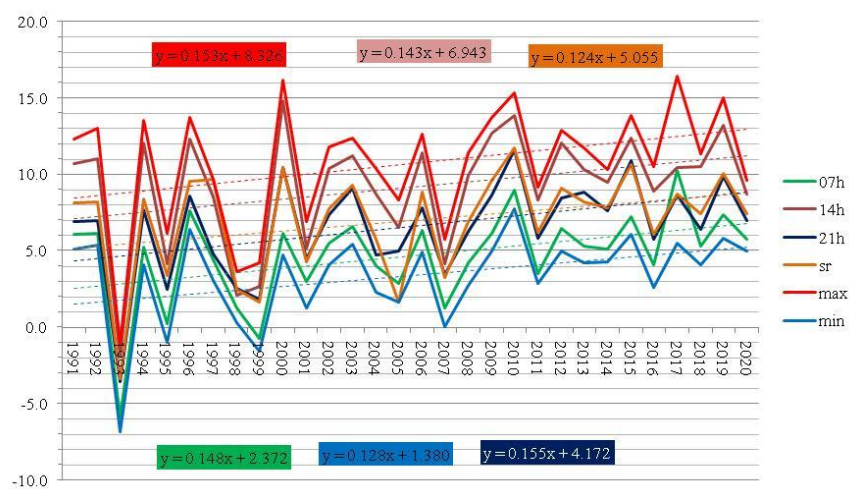
UTCI, August 1991-2020.



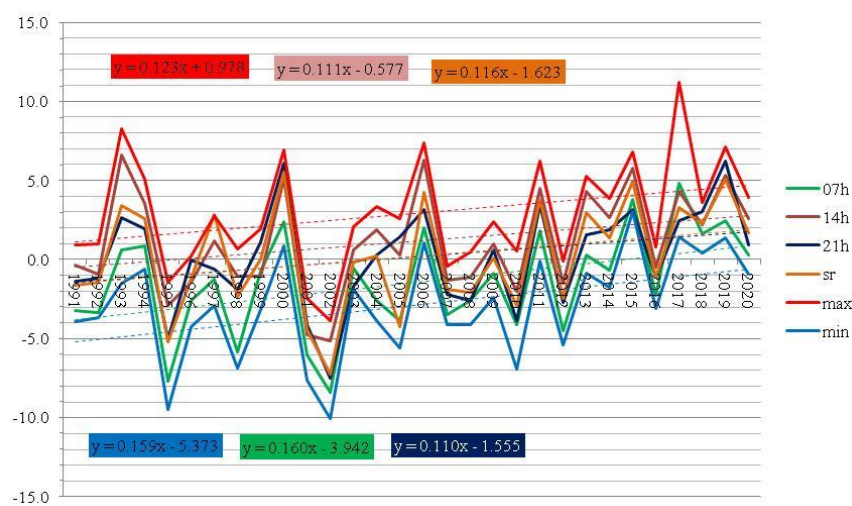
UTCI, Septembar, 1991-2020.



UTCI, Oktobar 1991-2020.



UTCI, November 1991-2020.



UTCI, Decembar 1991-2020.

Humideks (Humidex)

Kako se bioklimatski indeks Humidex računa kao funkcija temperature vazduha i relativne vlažnosti vazduha, pogodan je pre svega za evaluaciju letnjeg dela godine (Pecelj i dr., 2015). Zbog toga je ovom prilikom, akcenat stavljen na analizu relacija temperature i vlažnosti tokom letnjih meseci i termalni komfor koji proizilazi iz tog odnosa. Zastupljenost različitih kategorija termalnog stresa tokom leta, u periodu 1991-2020.godina, prikazana je na grafikonu br. 20. Posmatrajući rezultate za subindeks Humidex_{07h} možemo uočiti da je najzastupljenija kategorija termalnog stresa "ugodno" ($\text{Humidex} < 29^{\circ}\text{C}$) sa 82.9% u ukupnom broju letnjih dana, ili njih 2287. Međutim istovremeno možemo uočiti trend opadanja broja dana u kategoriji "ugodno" i porast broja dana u kategoriji "umerena nelagodnost" ($30^{\circ}\text{C} - 39^{\circ}\text{C}$). Ukoliko rezultate posmatramo po decenijama istraživanja, videćemo da je broj dana sa umerenom nelagodnošću iznosio 109 u prvoj deceniji (1991-2000.), u drugoj deceniji (2001-2010.) iznosio je 157, a u poslednjoj, trećoj deceniji (2011-2020.) iznosio je 207. Pojedinačno, najveći broj dana u kategoriji "umerena nelagodnost", na godišnjem nivou, za subindeks Humidex_{07h} zabeležen je 2019.godine (33 dana), zatim 2012.godine (28 dana), 2015.godine (26 dana) i 2017.godine (25 dana). Subindeks $\text{Humidex}_{\min}$ pokazuje apsolutnu dominaciju "ugodnih" dana sa udelom od 98.9%, ali se nakon 2000.godine sve češće javljaju dani sa umerenom nelagodnošću, kojih je najviše bilo 2010.god. (7 dana).

Rezultati analize zastupljenosti različitih kategorija termalnog stresa kod subindeksa Humidex_{14h} pokazuju trend opadanja dana bez termalnog stresa, odnosno "ugodnih" dana ($\text{Humidex} < 29^{\circ}\text{C}$), dok sa druge strane raste broj dana u kategoriji "velike nelagodnosti" ($40^{\circ}\text{C} - 44^{\circ}\text{C}$). Poredeći rezultate po decenijama, tokom prve decenije zabeleženo je 352 *ugodna* dana, tokom druge decenije 335 *ugodnih* dana, a tokom poslednje decenije 264 *ugodna* dana. Istovremeno, u periodu 1991-2000.godina, broj letnjih dana u kojima je registrovana "velika nelagodnost" iznosio je 26, u periodu 2001-2010.godina iznosio je 61, dok je u periodu 2011-2020.godina iznosio 71. U ukupnom zbiru, najzastupljeniji su dani u kojima se vrednost subindeksa Humidex_{14h} kretao u opsegu od 30°C do 39°C (umerena nelagodnost), sa udelom od 59.8%.

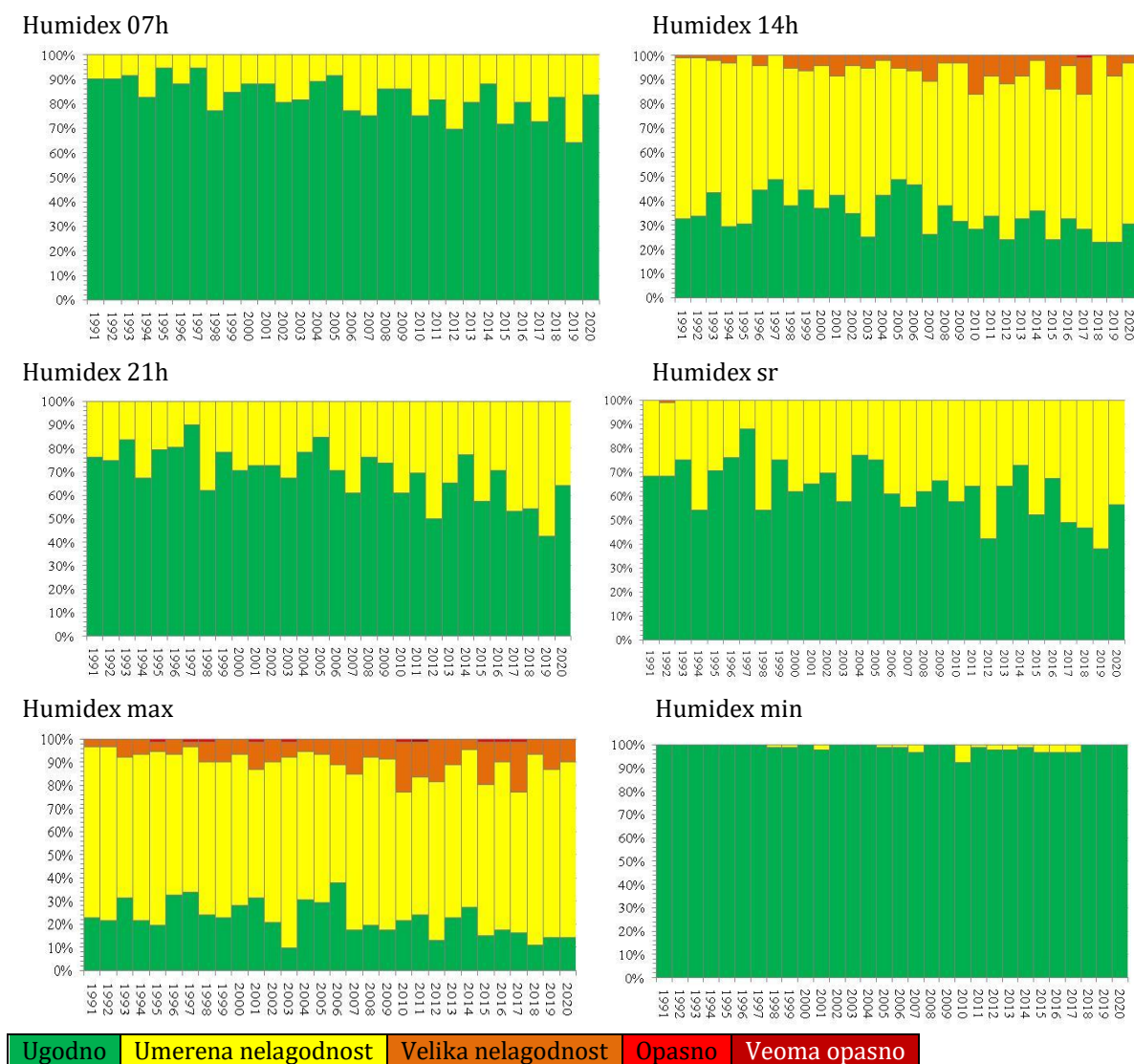
Subindex $\text{Humidex}_{\max}$ takođe pokazuje trend opadanja broja dana u kategoriji "ugodno" i rast broja dana kada je termalni stres pripadao kategoriji "velike nelagodnosti". Poredeći rezultate po decenijama za subindex $\text{Humidex}_{\max}$, tokom prve decenije zabeleženo je 238 *ugodna* dana, tokom druge decenije 217 *ugodnih* dana, a tokom poslednje decenije 161 *ugodan* dan. Sa druge strane, u periodu 1991-2000.godina, broj letnjih dana u kojima je registrovana "velika nelagodnost" iznosio je 54, u periodu 2001-2010.godina iznosio je 96, dok je u periodu 2011-2020.godina iznosio 117. Procentualno, najzastupljeniji su dani sa "umerenom nelagodnošću" ($30^{\circ}\text{C} - 39^{\circ}\text{C}$) sa 67.6% ili 1867 takvih dana.

Kod subindeksa Humidex_{21h} i $\text{Humidex}_{\text{sr}}$ javljaju se veoma slični trendovi, kao i kod svih predhodno predstavljenih subindeksa. Humidex_{21h} beleži pad broja "ugodnih dana", dok istovremeno raste broj dana sa "umerenom nelagodnošću", što znači da i večeri tokom leta postaju sve bioklimatski nepovoljnije. Veoma je važno da tokom večeri i noći bioklimatski uslovi budu povoljniji, kako bi ljudsko telo imalo priliku da se odmori od visokog termalnog stresa kom je izloženo tokom veoma toplih letnjih dana. Međutim, kada imamo pojavu nepovoljnog termalnog komfora i tokom kasnih večernjih časova, ljudski organizam ima manju mogućnost oporavka i odmora, što kod pojedinih osoba,

koje pripadaju osjetljivim grupama, može izazvati dodatne zdravstvene tegobe. Tako je u večernjim časovima (21h) termalni stres bio u opsegu od 30°C do 39°C (*umerena nelagodnost*) tokom leta u periodu 2011-2020.godina čak 364 puta, naspram 218 puta tokom prve decenije istraživanih godina (1991-2000). U ukupnom zbiru za subindeks Humidex_{21h} "*umereno nelagodni dani*" učestvuju sa 30.5%. *Ugodnih* dana bilo je 1919, sa udelom od 69.5%.

Ono što je kod subindeksa Humidex_{sr} značajno jeste da su ***svih 5 godina sa najvećim brojem dana kada se termalni stres na srednje dnevnom nivou kretao u opsegu od 30°C do 39°C, zabeležni tokom poslednjih 10 godina istraživanih godina.*** Pojedinačno, najviše ih je registrovano 2019.godine (57), zatim 2012.godine (53), potom sledi 2018.godina (49), 2017.godina (47) i 2015 godina (44). Ukupan broj *umereno nelagodnih* dana za subindeks Humidex_{sr} tokom poslednje decenije (2011-2020.) bio je 411, dok je tokom prve decenije istraživanja zabeleženo 282 ovakva dana. U ukupnom broju dana tokom leta 1991-2020.godine, *umereno nelagodni* dani učestvuju sa 36.9%, odnosno 1018 takvih dana. Tokom tridesetogodišnjeg perioda zabeleženo je 1741 *ugodan* dan ili 63.1%.

Grafikon br. 20: Zastupljenost različitih Humidex kategorija termalnog stresa, leto, 1991-2020.god.



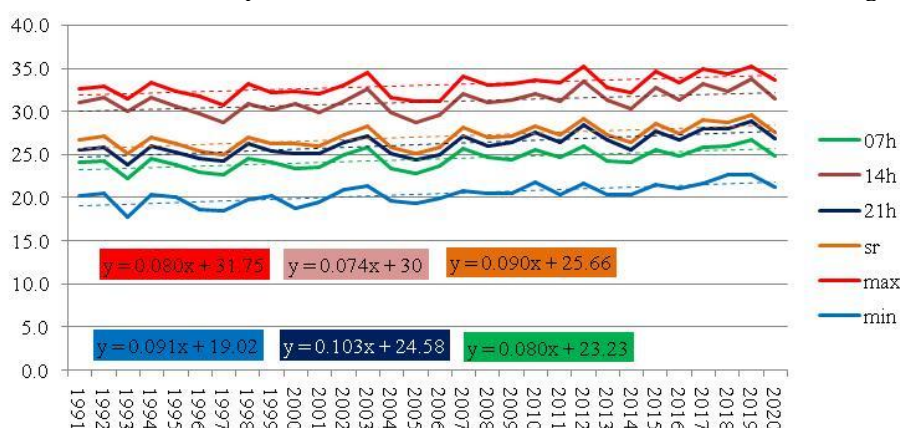
U tabeli br. 18 prikazane su srednje letnje vrednosti indeksa Humidex tokom perioda od 30 godina (1991-2020.). Crvenom bojom označeno je 5 godina sa najvišim srednjim letnjim vrednostima za svaki od razmatranih subindeksa. Rezultati pokazuju da su gotovo sve najviše srednje letnje vrednosti zabeležene tokom poslednjih 10 godina (nakon 2011.godine). Kao bioklimatski najnepovoljnije izdvajaju se 2019.godina, kada su zabeležene najviše srednje letnje vrednosti 4 subindeksa ($\text{Humidex}_{07h} = 26.78^{\circ}\text{C}$, $\text{Humidex}_{14h} = 33.71^{\circ}\text{C}$, $\text{Humidex}_{21h} = 28.9^{\circ}\text{C}$ i $\text{Humidex}_{sr} = 29.64^{\circ}\text{C}$). Najviša srednja letnja vrednost subindeksa Humidex_{max} izmerena je tokom leta 2012.godine i iznosila je 35.24°C , dok je za Humidex_{min} najviša srednja letnja vrednost od 22.72°C zabeležena 2018.godine. Visoke srednje letnje vrednosti Humidexa javljale su se i tokom 2015. i 2017.godine.

Tabela br. 18: Srednje letnje vrednosti indeksa Humidex, za period 1991-2020.godina (crvenom bojom je označeno 5 godina sa najvišim srednjim vrednostima indeksa)

Godina	HUM 07h	HUM 14h	HUM 21h	HUMsr	HUMmax	HUMmin
1991	24.07	31.07	25.63	26.67	32.60	20.27
1992	24.26	31.59	25.85	27.09	32.86	20.55
1993	22.22	30.03	23.76	25.10	31.53	17.81
1994	24.49	31.55	26.05	27.07	33.34	20.33
1995	23.86	30.58	25.23	26.26	32.32	20.02
1996	23.01	29.70	24.52	25.47	31.69	18.64
1997	22.73	28.70	24.21	24.93	30.76	18.56
1998	24.50	30.93	26.27	27.05	33.20	19.83
1999	24.07	30.20	25.49	26.28	32.23	20.20
2000	23.45	30.93	25.19	26.30	32.41	18.85
2001	23.61	29.93	25.11	25.99	32.06	19.46
2002	24.99	31.18	26.37	27.25	33.09	20.90
2003	25.80	32.62	27.15	28.33	34.45	21.44
2004	23.42	29.82	25.11	25.90	31.60	19.64
2005	22.81	28.73	24.40	25.10	31.17	19.36
2006	23.76	29.54	25.04	25.89	31.23	19.91
2007	25.69	32.08	27.15	28.10	34.06	20.76
2008	24.71	30.99	25.96	27.03	32.99	20.52
2009	24.45	31.34	26.38	27.19	33.14	20.55
2010	25.62	32.08	27.52	28.25	33.60	21.78
2011	24.70	31.13	26.48	27.25	33.37	20.44
2012	26.01	33.53	28.48	29.23	35.24	21.67
2013	24.27	31.29	26.66	27.30	32.79	20.40
2014	24.06	30.28	25.49	26.38	32.13	20.31
2015	25.63	32.83	27.75	28.59	34.62	21.54
2016	24.87	31.28	26.73	27.40	33.34	21.04
2017	25.81	33.18	28.05	28.96	34.98	21.67
2018	26.00	32.30	27.99	28.68	34.40	22.72
2019	26.78	33.71	28.90	29.64	35.23	22.70
2020	24.85	31.45	26.84	27.55	33.60	21.26

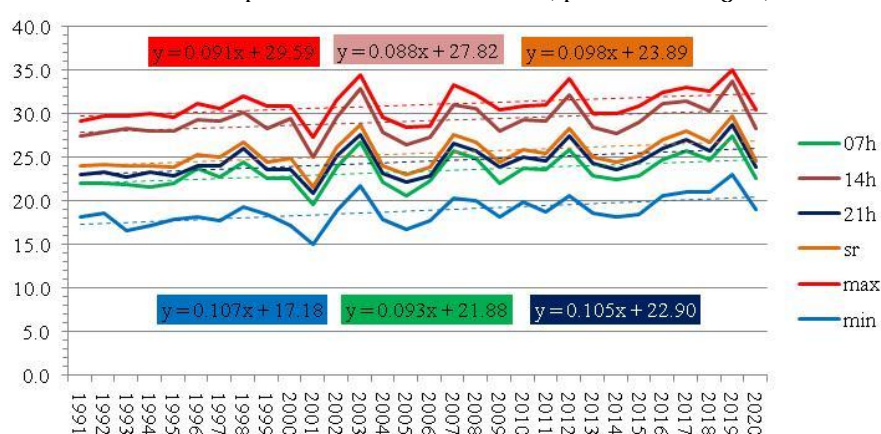
Na grafikonu br. 21 prikazan je trend promene vrednosti indeksa Humidex, **tokom leta u periodu od 30 godina**. Svi posmatrani subindeksi ostvarili su pozitivan trend, što jasno ukazuje na to da srednje letnje vrednosti ovog indeksa rastu iz godine u godinu. Najizraženiji trend zabeležen je kod subindeksa Humidex_{21h} koji iznosi 0.103°C/god. Sledi Humidex_{min} sa pozitivnim trendom od 0.091°C/god, a potom Humidex_{sr} gde taj trend iznosi 0.090°C/god. Vrednost subindeksa Humidex_{max} i Humidex_{07h} raste po gotovo identičnoj stopi od 0.080°C/god, dok kod Humidex_{14h} to iznosi 0.074°C/god.

Grafikon br. 21: Trend promene vrednosti indeksa Humidex, leto, 1991-2020.godina



Kako bi se dobio detaljniji uvid u izmene letnjih bioklimatskih uslova u centralnoj zoni Beograda tokom 30-to godišnjeg perioda, posebno su prikazani trendovi za svaki od **letnjih meseci (jun, jul i avgust)**. Poredeći rezultate dobijene, koji su prikazani na grafikonima ispod, uočava se da su najizraženije promene nastupile tokom juna meseca 1991-2020.godine. Kod svih 6 razmatranih subindeksa registrovan je značajan pozitivan trend rasta letnjih vrednosti. Najviši trend rasta beleže subindeksi Humidex_{min} sa 0.107°C/god i Humidex_{21h} sa rastom od 0.105°C/god. Slede ih subindeksi Humidex_{sr} i Humidex_{07h} sa trendom od 0.098°C/god, odnosno 0.093°C/god. Humidex_{max} beleži pozitivan trend od 0.091°C/god, a kod Humidex_{14h} to je 0.088°C/god.

Grafikon br. 22: Trend promene indeksa Humidex, po mesecima (jun, 1991-2020.god.)

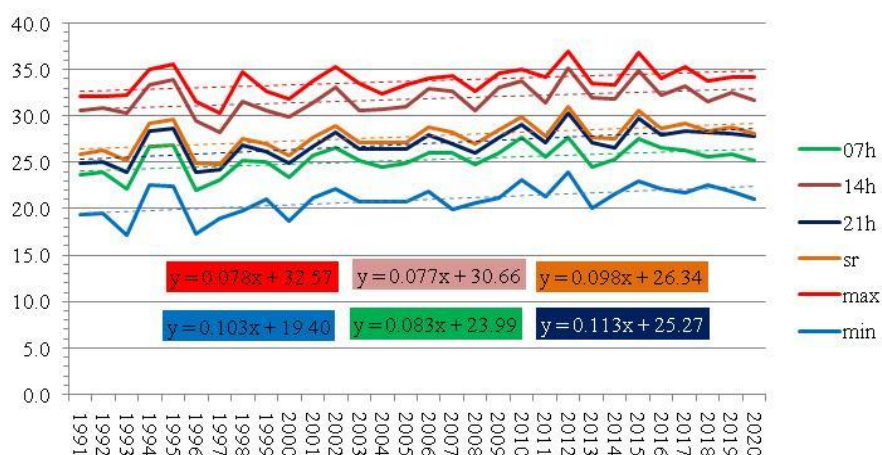


Humidex, Jun, 1991-2020

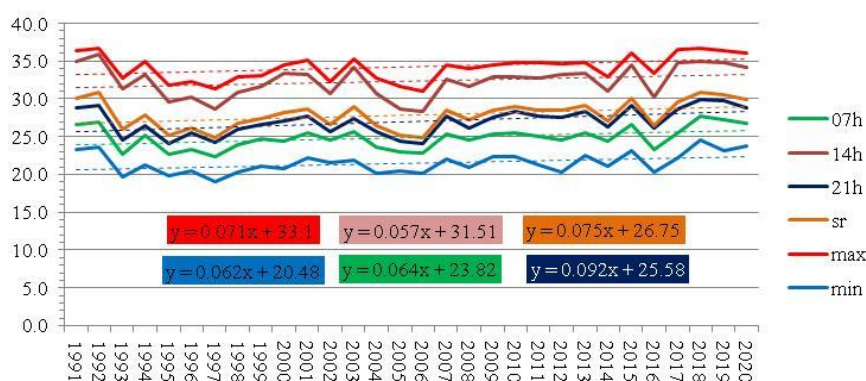
Kada govorimo o julu mesecu, treba izdvojiti subindeks Humidex_{21h} čije srednje mesečne vrednosti rastu stopom od 0.113°C/god. Isto važi i za avgust mesec, gde je takođe subindeks Humidex_{21h} ostvario najvišu stopu rasta od 0.092°C/god, što potvrđuje prethodno iznete zaključke – da iz godine u godinu večernji časovi tokom

toplih letnjih dana u Beogradu postaju bioklimatski sve nepovoljniji, što može dodatno ugroziti opšte blagostanje građana i građanki i kvalitet života u urbanoj sredini.

Grafikon br. 23: Trend promene indeksa Humidex, po mesecima (jul i avgust 1991-2020.god.)



Humidex, Jul,1991-2020.



Humidex, Avg,1991-2020.

S obzirom da je tokom analize srednjih letnjih i srednje mesečnih vrednosti indeksa Humidex uočen pozitivan trend porasta vrednosti svih analiziranih subindeksa, odlučeno je da se dodatna pažnja posveti i analizi trenda maksimalnih vrednosti. Na Grafikonu br. 24 prikazan je trend za maksimalne vrednosti indeksa Humidex, dok su u tabeli br. 19 predstavljene maksimalne vrednosti svih subindeksa po godinama istraživanog perioda.

Maksimalne vrednosti subindeksa **Humidex_{min}** ostvarile su najveći rast tokom perioda 1991-2020.godina, po stopi od 0.093°C/god. Sledi Humidex_{07h} sa pozitivnim trendom od 0.090°C/god, a zatim Humidex_{21h} sa stopom od 0.084°C/god. Maksimalna vrednost indeksa Humidex_{14h} rastu po stopi od 0.083°C/god, a kod Humidex_{max} taj trend iznosi 0.066°C/god. Maksimalne vrednosti indeksa Humidex_{sr} rastu "najsporije" u poređenju sa drugim subindeksima, po stopi od 0.017°C/god.

Najviša maksimalna dnevna vrednost subindeksa **Humidex_{max}** u periodu 1991-2020.godina izmerena je 20.jula 2011.godine i iznosila je 54.97°C, što je predstavljalo rezultat kombinacije visoke temperature vazduha od 34°C i veoma visoke relativne vlažnosti vazduha od 90%. Najviše maksimalne dnevne vrednosti subindeksa **Humidex_{07h}** i **Humidex_{min}** izmerene su istog datuma 13.juna 2010.godine i iznosile su 36.48°C i 34.19°C. Najviša maksimalna dnevne vrednosti subindeksa Humidex_{14h} iznosila je 45.55°C i izmerena je 6.avgusta 2017.godine.

Grafikon br. 24: Trend promene maksimalnih letnjih vrednosti indeksa Humidex, 1991-2020.god.

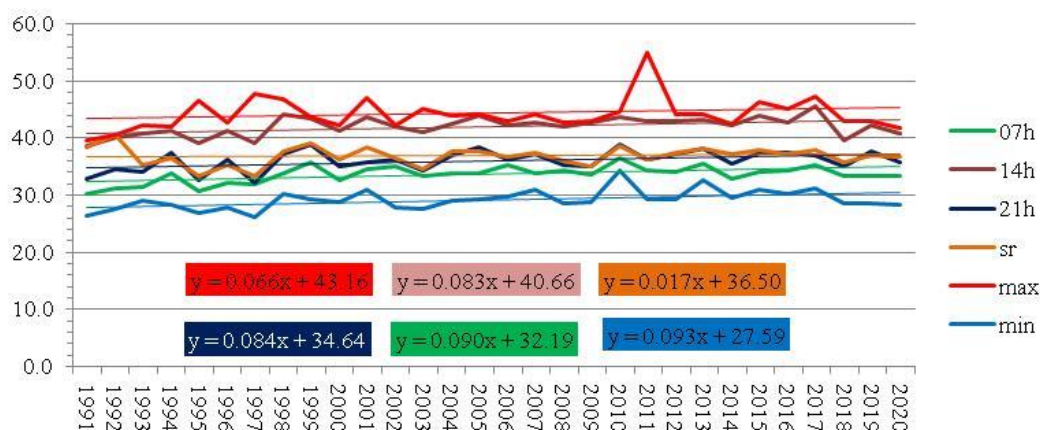


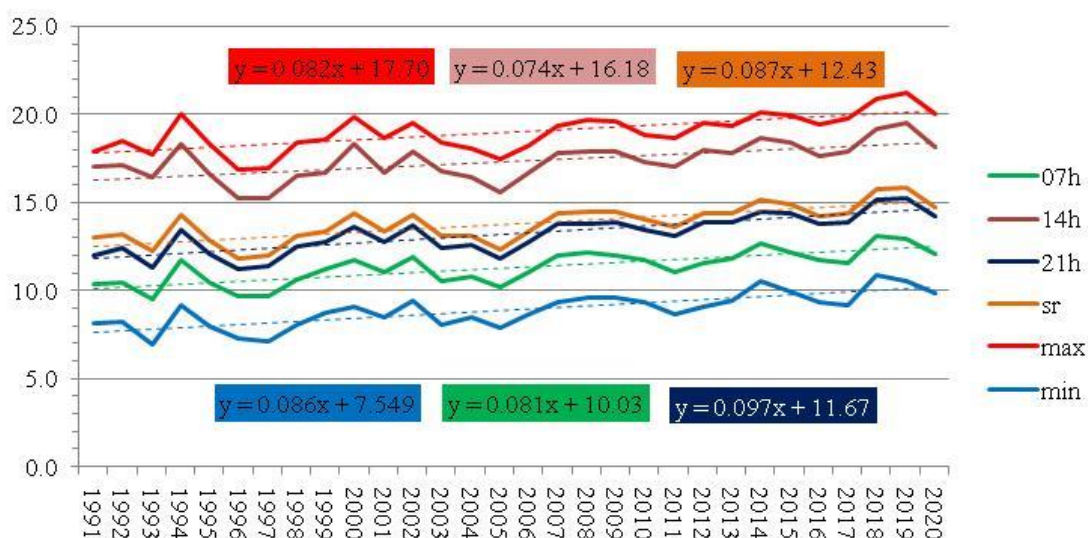
Tabela br. 19: Maksimalne letnje vrednosti indeksa Humidex, za period 1991-2020.godina

Godina	MAX HUM 07h	MAX HUM 14h	MAX HUM 21h	MAX HUMsr	MAX HUMmax	MAX HUMmin
1991	30.18	38.45	32.82	38.33	39.62	26.14
1992	31.22	39.89	34.43	40.50	40.63	27.35
1993	31.31	40.63	33.90	35.21	42.33	28.83
1994	33.83	41.24	37.24	36.36	41.95	28.13
1995	30.71	39.00	32.62	33.28	46.46	26.65
1996	32.05	41.18	36.21	35.15	42.65	27.69
1997	31.83	38.99	32.14	33.21	47.66	25.98
1998	33.73	44.09	36.98	37.67	46.72	30.17
1999	35.78	43.43	38.67	38.98	43.59	29.18
2000	32.50	41.22	34.99	36.06	42.21	28.75
2001	34.59	43.69	35.66	38.36	47.01	30.75
2002	34.93	41.84	36.20	36.25	42.15	27.79
2003	33.41	40.78	34.13	34.52	45.20	27.50
2004	33.84	42.46	36.84	37.56	43.88	28.81
2005	33.83	43.92	38.32	37.66	44.09	29.03
2006	35.32	42.19	36.06	36.72	42.87	29.68
2007	33.77	42.73	37.15	37.44	44.29	30.71
2008	34.42	41.89	35.07	35.93	42.81	28.34
2009	33.51	42.71	34.90	34.87	43.06	28.54
2010	36.48	43.49	38.61	38.66	44.58	34.19
2011	34.38	42.92	36.22	36.09	54.97	29.09
2012	34.16	42.74	36.98	37.28	44.10	29.17
2013	35.40	43.12	37.97	38.19	44.06	32.41
2014	32.79	42.15	35.43	37.02	42.49	29.27
2015	34.05	43.73	37.30	37.84	46.33	30.89
2016	34.35	42.58	37.16	37.15	45.03	30.10
2017	35.38	45.55	36.86	37.87	47.24	31.15
2018	33.36	39.34	34.88	35.57	43.01	28.44
2019	33.43	42.18	37.48	36.86	43.02	28.42
2020	33.30	40.70	35.72	36.63	41.88	28.15

Iako se Humidex pokazao kao indeks koji pogoduje najpre bioklimatskoj evaluaciji toplijeg dela godine, za potrebe ove doktorske disertacije, analizirane su i srednje godišnje vrednosti za svaki od razmatranih subindeksa. Na grafikonu br. 25, prikazan je trend rasta vrednosti različitih Humidex indeksa na godišnjem nivou. Nalazi analize godišnjih vrednosti se podudaraju sa rezultatima dobijenim tokom analize letnjih meseci, te na osnovu dobijenih rezultata možemo zaključiti da se i na godišnjem nivou beleži pozitivan trend. Ako posmatramo subindekse zasebno, vidimo da “najbrže” rastu srednje godišnje vrednosti indeksa Humidex_{21h} po stopi od $0.097^{\circ}\text{C}/\text{god}$, a sledi ga Humidex_{sr} sa pozitivnim trendom od $0.087^{\circ}\text{C}/\text{god}$, kao i Humidex_{min} sa trendom od $0.086^{\circ}\text{C}/\text{god}$. Srednja godišnja vrednost subindeksa Humidex_{max} raste po stopi od $0.082^{\circ}\text{C}/\text{god}$, a za Humidex_{14h} taj trend iznosi $0.074^{\circ}\text{C}/\text{god}$.

Godine 2019. je zabeležena najviša srednja godišnja vrednost za 4 subindeksa: $\text{Humidex}_{14h} = 19.48^{\circ}\text{C}$, $\text{Humidex}_{21h} = 15.23^{\circ}\text{C}$, $\text{Humidex}_{sr} = 15.78^{\circ}\text{C}$ i $\text{Humidex}_{max} = 21.24^{\circ}\text{C}$. Najviše srednje godišnje vrednosti za Humidex_{07h} i Humidex_{min} izmerene su 2018.godine i iznosile su 13.1°C i 10.89°C . Godina 2018., takođe je značajna i za ostale subindekse jer je to druga godina sa najvišim srednje godišnjim vrednostima, što znači da smo dve godine za redom (2018. i 2019.) imali do tada najviše godišnje vrednosti Humideksa u razmatranom 30-to godišnjem periodu. Tako je npr. samo godinu dana ranije (2018.god.) srednje godišnji Humidex_{max} iznosio 20.9°C , a Humidex_{14h} 19.18°C .

Grafikon br. 25: Godišnji trend promene vrednosti indeksa Humidex, za period 1991-2020.godina



Temperatura mokrog termometra - Wet Bulb Globe Temperature (WBGT)

U tabeli br. 20 predstavljene su srednje godišnje vrednosti svih razmatranih WBGT subindeksa, a posebno crvenom bojom je istaknuto 5 godina sa najvišim zabeleženim srednjim vrednostima. Iz priloženog možemo uočiti da je tokom poslednje decenije istraživanih godina, imamo najviše zabeleženih najviših srednjih godišnjih vrednosti u odnosu na 30-to godišnji period (1991-2020.godina), a posebno nakon 2014.godine, za sve posmatrane subindekse. Dve godine koje se posebno ističu su 2019.godina kada je 4 od 6 razmatranih WBGT subindeksa zabeležilo svoje najviše srednje godišnje vrednosti i 2018.godina kada je subindeksi WBGT_{min} i WBGT_{07h} dosegli svoju najvišu srednju godišnju vrednost tokom tridesetogodišnjeg perioda.

Tabela br. 20: Srednje godišnje vrednosti indeksa WBGT, za period 1991-2020.godina (crvenom bojom je označeno 5 godina sa najvišim srednjim vrednostima indeksa)

Godina	07h	14h	21h	sr	max	min
1991	13.56	17.36	14.37	15.01	18.20	11.98
1992	13.81	17.54	14.92	15.37	18.39	12.46
1993	13.21	17.13	14.29	14.77	17.92	11.68
1994	14.61	18.31	15.60	16.06	19.38	13.05
1995	13.81	17.30	14.78	15.18	18.38	12.33
1996	13.39	16.54	14.28	14.60	17.52	11.92
1997	13.34	16.53	14.39	14.66	17.55	11.81
1998	13.91	17.26	15.49	15.31	18.39	12.35
1999	14.30	17.45	15.25	15.56	18.57	12.84
2000	14.53	18.25	15.63	16.04	19.21	12.95
2001	14.18	17.41	15.18	15.49	18.64	12.67
2002	14.70	18.05	15.71	16.06	19.08	13.19
2003	13.88	17.41	14.93	15.33	18.36	12.39
2004	14.04	17.25	15.10	15.38	18.29	12.64
2005	13.68	16.78	14.66	14.94	17.90	12.32
2006	14.18	17.37	15.17	15.49	18.34	12.75
2007	14.69	17.97	15.76	16.07	18.90	13.10
2008	14.84	18.06	15.76	16.14	19.13	13.30
2009	14.75	18.09	15.87	16.17	19.15	13.29
2010	14.65	17.77	15.64	15.94	18.74	13.18
2011	14.13	17.57	15.34	15.62	18.55	12.71
2012	14.46	18.06	15.78	16.06	19.00	12.96
2013	14.62	18.02	15.84	16.10	18.95	13.19
2014	15.19	18.56	16.21	16.56	19.49	13.87
2015	14.83	18.41	16.12	16.41	19.37	13.49
2016	14.59	17.92	15.78	16.03	19.03	13.14
2017	14.47	18.02	15.78	16.06	19.21	13.02
2018	15.45	18.89	16.58	16.93	19.95	14.10
2019	15.33	19.05	16.64	16.95	20.12	13.88
2020	14.77	18.25	16.05	16.31	19.39	13.44

Grafikon br. 26 prikazuje udeo različitih WBGT kategorija termalnog stresa, tokom godina za svaki od 6 WBGT subindeksa koji su ovom prilikom razmatrani. Na grafikonu br. 27 prikazan je trend promene WBGT subindeksa tokom istraživnog perioda. U tabeli br. 21 prikazane su srednje tridesetogodišnje vrednosti referentnog perioda za 6 WBGT subindeksa. Na osnovu dobijenih rezultata možemo uočiti izmenu bioklimatskih uslova i trend pooštavanja termalnog stresa tokom godina.

Tabela br. 21: Srednja 30-to godišnja vrednost indeksa WBGT, tokom referentnog perioda 1991-2020.god

Sr. god.vr. (°C) Ref. period 1991-2020.	WBGT07h	WBGT14h	WBGT21h	WBGT sr	WBGT max	WBGT min
	14.33	17.75	15.43	15.75	18.77	12.87

Da vrednosti termalnog stresa mereno indeksom WBGT rastu, pokazuje sledeće: kada posmatramo rezultate bioklimatske analize najtoplijeg dela dana (subindeksi WBGT_{14h} i WBGT_{max}) uočava se trend porasta broja dana u višim kategorijama toplotnog stresa. Tako je kod **subindeksa WBGT_{max}** broj dana na godišnjem nivou u kategoriji “*ekstremne opasnosti*” (WBGT≥30°C) tokom prve decenije istraživnog perioda (1991-2000.) bio 136, tokom naredne decenije 180, a tokom poslednje decenije (2011-2020.) bio je 235. Najviše dana sa “*ekstremnom opasnošću*” zabeleženo je 2017.godine (34), zatim 2015.godine (33) i 2019.godine (31). Ukupno je takvih dana bilo 551 (5%). Osim toga, zabeležen je i porast broja dana u kategoriji “*opasnost*” (28°C-30°C) sa 231 i 247 na 287 dana, koji su u ukupnom broju dana učestvovali sa 7%. Na godišnjem nivou najzastupljeniji su *dani u kojima nije bilo opasnosti* (WBGT<18°C), sa udelom od 45.4% (4972 dana). Ipak zabeležen je umeren trend opadanja broja dana u ovoj kategoriji: tokom prve decenije bilo ih je 1706, tokom druge decenije zabeleženo je 1668 (nešto manje), da bi ih tokom treće decenije istraživnog perioda bilo 1598. Dani u kategoriji “*opreznosti*” (18°C-23°C) bili su zastupljeni sa 20.8%, dok su dani u kategoriji “*krajnji oprez*” (23°C-28°C) učestvovali sa 21.8%. Srednje godišnje vrednosti subindeksa WBGT_{max} ostvarile su rast od 0.049°C/god. Srednja godišnja vrednost WBGT_{max} referentnog perioda (1991-2020.godina) iznosila je 18.77°C, dok je najviša srednja godišnja vrednost ovog subindeksa izmerena 2019.godine kada je iznosila 20.12°C. Sledi je 2018.godina sa 19.95°C.

Slično zapažamo i kod **subindeksa WBGT_{14h}** (koji je određen na osnovu dnevnih vrednosti meteoroloških parametara izmerenih u 14h): broj dana u kategoriji “*ekstremne opasnosti*” gotovo je udvostručen tokom perioda od tri decenije. U periodu 1991-2000.godina zabeleženo je 74 *ekstremno opasna* dana, deceniju kasnije bilo ih je 105, da bi tokom perioda 2011-2020.godina zabeleženo njih 133. Najviše “*ekstremno opasnih dana*” registrovano je 2015.godine (23), 2010.godine (22) i 2017.godine (20). Tokom 30 godina zabeleženo je ukupno 312 *ekstremno opasnih* dana. Više je i dana u kategoriji “*opasnost*” (28°C-30°C): tokom prve i druge decenije istraživnog perioda zabeleženo ih je 183 odnosno 197, da bi ih tokom treće decenije (2011-2020.godina) bilo 247. U ukupnom broju dana, dani u kategoriji “*opasnost*” učestvovali su sa 5.7% (ili 627 takvih dana). Nešto je više dana i u kategoriji “*krajnje opreznosti*” (23°C-28°C): tokom prve i druge decenije njihov broj je bio skoro ujednačen 741 i 743, da bi ih u periodu 2011-2020.godina bilo 759. Dana sa “*krajnjom oprežnošću*” je bilo 2243 odnosno 20.5%. Najviše je dana u kojima “*nema opasnosti*” (WBGT<18°C) sa udelom od 49.8% ili 5458 takvih dana. Treba istaći da je registrovano i neznatno smanjenje broja dana bez opasnosti sa 1859 tokom prve decenije na 1754 tokom poslednje. Srednje godišnje vrednosti subindeksa WBGT_{14h} ostvarile su rast od 0.046°C/god tokom perioda od 30 godina. Srednja godišnja vrednost WBGT_{14h} referentnog perioda iznosila je 17.75°C, dok

je najviša srednja godišnja vrednost ovog subindeksa izmerena 2019.godine kada je iznosila 19.05°C. Sledi je 2018.godina sa 18.89°C.

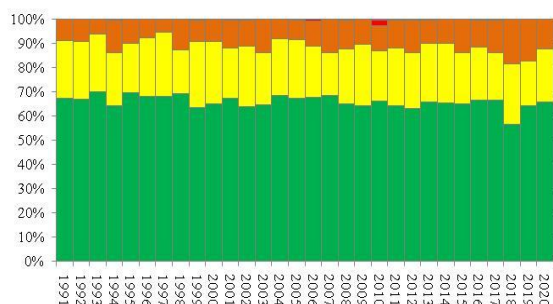
Kada govorimo o vrednostima termalnog stresa u jutarnjim časovima koje su predstavljene subindeksom $WBGT_{07h}$ zapažamo sledeće: srednje godišnje vrednosti **subindeksa $WBGT_{07h}$** ostvarile su rast od 0.049°C/god, što je uticalo i na porast broja dana u višim kategorijama toplotnog stresa. Tako je broj dana u kategoriji "*krajnji oprez*" uvećavan iz decenije u deceniju, sa 330 (prva decenija) i 402 (druga decenija), na 478 dana tokom perioda nakon 2011.godine. Dani u kategoriji termalnog stresa "*krajnji oprez*" u ukupnom broju dana učestvovali su sa 11% odnosno bilo je 1210 takvih dana. Očekivano, u jutarnjim časovima najviše je dana u kojima "*nema opasnosti*" kojih je zabeleženo ukupno 7225 ili 65.9%. Po zastupljenosti slede dani u kategoriji "*opreznost*" (18°C-23°C) sa udelom od 22.8% ili 2495 takvih dana. Najviša srednja godišnja vrednost subindeksa $WBGT_{07h}$ izmerena je 2018.godine, kada je iznosila 15.45°C, a sledi je 2019.godina sa 15.33°C. Srednja godišnja vrednost $WBGT_{07h}$ referentnog perioda iznosila je 14.33°C.

Kod **subindeksa $WBGT_{min}$** registrovan je pozitivan trend porasta srednjih godišnjih vrednosti po stopi od 0.054°C/god kao i značajan porast broja dana u kategoriji "*krajnjeg opreza*" (23°C-28°C) tokom tri decenije razmatranog perioda. Tako je u periodu 1991-2000.godina zabeleženo 51 takav dan, već naredne decenije (2001-2010.godina) bilo ih je 98, da bih ih u periodu 2011-2020.godina bilo 146. Slično, rastao je i broj dana u kategoriji "*opreznost*" sa 714 koliko ih je bilo tokom prve decenije, na 801 tokom druge decenije i konačno na 860 dana koliko ih je registrovano nakon 2011.godine. Dana u ovoj kategoriji termalnog stresa bilo je 2375 ili 21.7%. Najzastupljeniji su dani u kategoriji "*nema opasnosti*" ($WBGT < 18^{\circ}C$) sa udelom od 75.6% (8286 takvih dana). Najviša srednja godišnja vrednost subindeksa $WBGT_{min}$ izmerena je 2018.godine kada je iznosila 14.1°C. Na drugom mestu je 2019.godina sa srednjom godišnjom vrednošću subindeksa od 13.88°C. Srednja 30-to godišnja vrednost $WBGT_{min}$ referentnog perioda iznosila je 12.87°C.

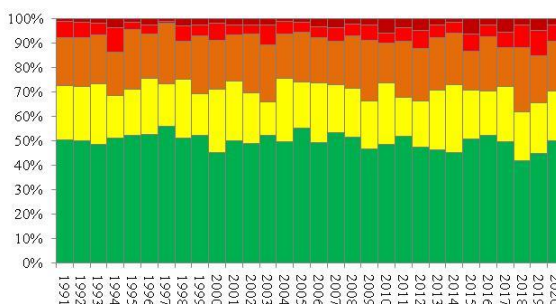
Izmenjeni mikroklimatski uslovi uticali su i na promene termalnog komfora u večernjim satima, mereno **subindeksom $WBGT_{21h}$** (određeno na osnovu dostupnih meteoroloških podataka zabeleženih u 21h). Tokom 3 decenije istraživanog perioda ostvaren je značajan porast broja dana u kategoriji "*opasnost*" (28°C-30°C): sa 9 "*opasnih*" dana koji su registrovani u periodu 1991-2000.godina na 43 (2001-2010.godina) i 53 opasna dana (2011-2020.godina). Najviše dana "*opasnih*" dana zabeleženo je 2017.godine (17). Tokom perioda od 30 godina ukupno ih je bilo 105. Evidentan je i porast broja dana u kategoriji "*krajnje opreznosti*" (23°C-28°C) sa 478 (I decenija) na 509 (II decenija) i konačno 610 takvih dana (III decenija). Porast broja dana u višim kategorijama termalnog stresa potvrđuje i rast srednjih godišnjih vrednosti ovog subindeksa po stopi od 0.058°C/god. U ukupnom broju dana, najviše je dana u kategoriji "*nema opasnosti*" koji učestvuju sa 61.2% (6707 dana), a slede ih dani u kategoriji "*opreznost*" sa 23.1% (2535 dana). Najviša srednja godišnja vrednost subindeksa $WBGT_{21h}$ izmerena je 2019.godine kada je iznosila 16.64°C. Na drugom mestu je 2018.godina sa srednjom godišnjom vrednošću subindeksa od 16.58°C. Srednja 30-to godišnja vrednost $WBGT_{min}$ referentnog perioda iznosila je 15.43°C. Sličan trend registrovan je i kod **subindeksa $WBGT_{sr}$** čije su srednje godišnje vrednosti tokom 30 godina rasle po stopi od 0.054°C/god. Najviša srednja godišnja vrednost $WBGT_{sr}$ izmerena je 2019-te (16.95°C).

Grafikon br. 26: Zastupljenost različitih WBGT kategorija termalnog stresa, po godinama, 1991-2020.

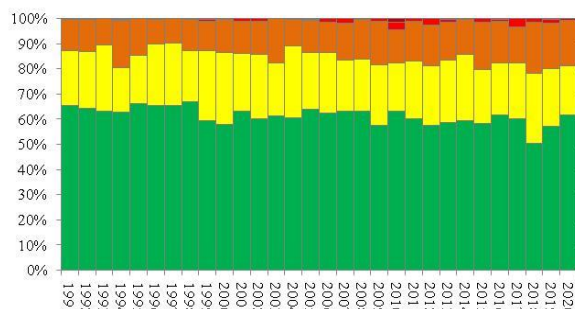
WBGT 07h



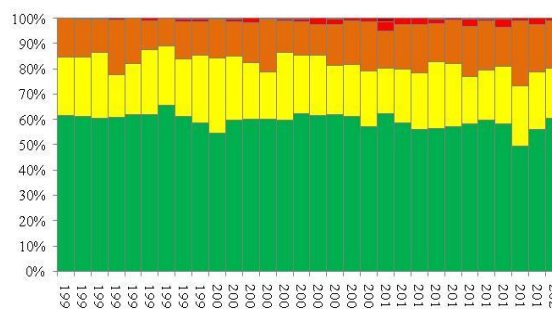
WBGT 14h



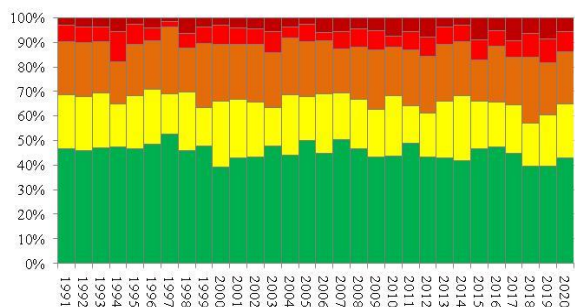
WBGT 21h



WBGT sr



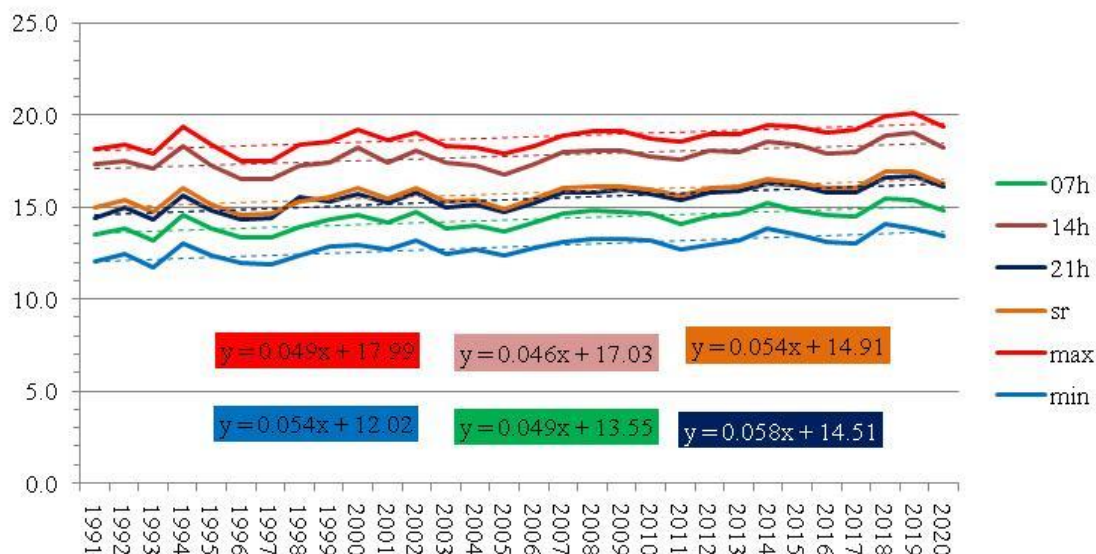
WBGT max



WBGT min



Grafikon br. 27: Trend promene (rasta) indeksa WBGT na godišnjem nivou, za period 1991-2020.



U nastavku predstavljeni su rezultati bioklimatske analize primenom WBGT indeksa tokom **proleća u periodu 1991-2020.godina**. Procentualno učešće različitih kategorija toplotnog stresa tokom perioda od 30 godina prikazano je grafikonom br. 28, dok grafikon br. 29 prikazuje srednje godišnje vrednosti 6 razmatranih WBGT subindeksa i trend promene tih vrednosti tokom protekle tri decenije. U tabeli br. 22 prikazane su srednje prolećne vrednosti 6 WBGT subindeksa tokom referentnog perioda.

Tabela br. 22: Srednja prolećna vrednost indeksa WBGT, tokom referentnog perioda 1991-2020.god

Sr. prolećna vr. (°C) Ref. period 1991-2020.	WBGT _{07h}	WBGT _{14h}	WBGT _{21h}	WBGT sr	WBGT max	WBGT min
	13.75	17.45	15.00	15.33	18.49	12.17

Najviše srednje prolećne vrednosti svih 6 posmatranih subindeksa izmerene su 2018.godine i to: WBGT_{07h}=15.53°C, WBGT_{14h}=19.3°C, WBGT_{21h}=16.89°C, WBGT_{sr}=17.2°C, WBGT_{max}=20.31°C i WBGT_{min}=13.92°C. Takođe, kod svih subindeksa evidentiran je trend porasta srednjih prolećnih vrednosti tokom perioda od 30 godina: kod subindeksa WBGT_{21h} taj rast je bio najbrži sa 0.058°C/god, a slede ga subindeksi WBGT_{max} i WBGT_{sr} sa gotovo identičnim trendom od 0.050°C/god. Donekle slično su rasle i srednje prolećne vrednosti subindeksa WBGT_{min} i WBGT_{07h} sa 0.048°C/god odnosno 0.046°C/god. Tokom perioda od 30 godina najsporije su rasle srednje prolećne vrednosti subindeksa WBGT_{14h} sa 0.039°C/god.

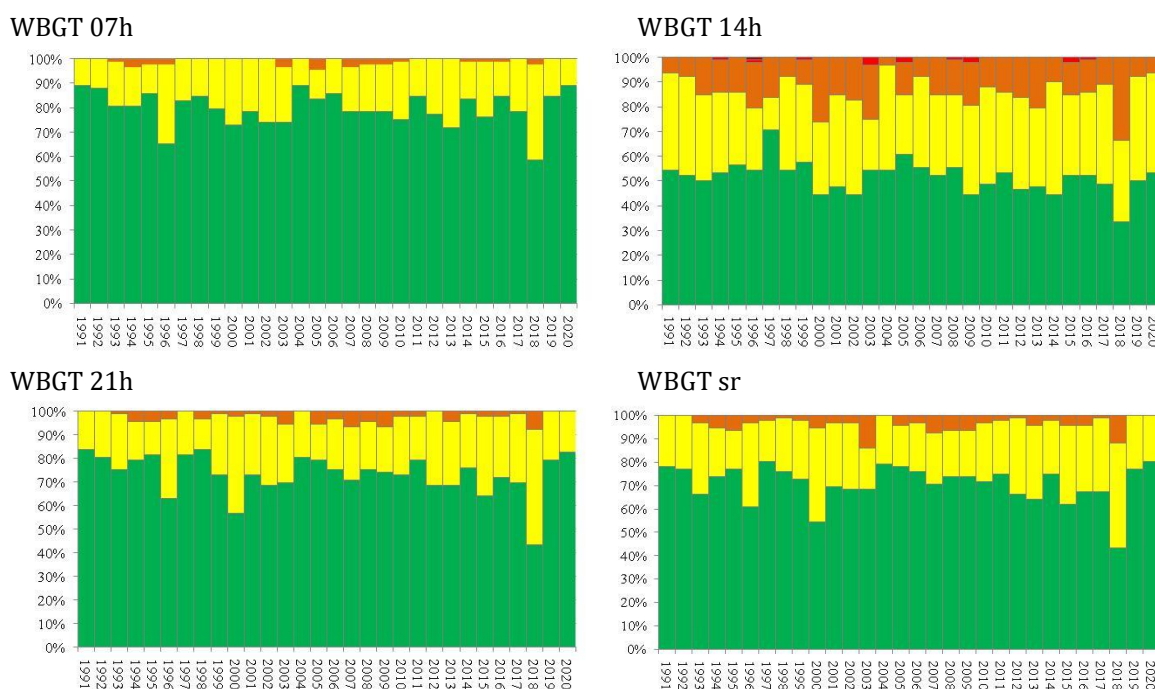
Porast srednjih prolećnih vrednosti WBGT indeksa uticao je na porast broja dana u višim kategorijama termalnog stresa. Na priloženom grafikonu možemo jasno uočiti da je takav trend posebno izražen kod **subindeksa WBGT_{max}** gde je u kategoriji "*krajnje opreznosti*" (23°C-28°C) tokom I i II decenije istraživanog perioda zabeleženo 153 odnosno 160 takvih dana, dok ih je nakon 2011.godine registrovano 191. Najviše dana sa "*krajnjim oprezom*" zabeleženo je 2018.godine (39). U ukupnom broju prolećnih dana, dani u ovoj kategoriji termalnog stresa su učestvovali sa 18.3% (504 dana). Takođe, kod istog subindeksa evidentiran je i umeren porast broja dana u kategoriji "*opreznost*" (18°C-23°C) sa 317 koliko ih je bilo u periodu 1991-2000.godina na 355 (2001-2010.godina) i 360 (2011-2020.godina). Ukupno, dana u kategoriji "*opreznost*" bilo je 1032 ili 37.4%. Procentualno, najzastupljeniji su dani u kojima nije bilo opasnosti (WBGT<18°C) sa 43.3% (1195 dana). Važno je istaći da je broj dana u ovoj, bioklimatski najpovoljnijoj kategoriji, opadao iz decenije u deceniju (što je ujedno i posledica rasta srednjih prolećnih vrednosti WBGT indeksa) sa 442 koliko ih je zabeleženo u periodu 1991-2000.godina na 362 u periodu 2011-2020.godina.

Sličan trend registrovan je i kod **subindeksa WBGT_{14h}**: broj dana u kategoriji "*krajnji oprez*" (23°C-28°C) ostvario je umeren porast kada poredimo tri decenije istraživanog perioda, pa je tako u periodu 1991-2000.godina zabeleženo 124 dana u ovoj kategoriji termalnog stresa, dok je nakon 2011.godina zabeleženo njih 134. Najviše dana sa "*krajnjim oprezom*" registrovano je tokom proleća 2018.godine (31 dan), a u ukupnom broju dana učestvovali su sa 13.9% (384 dana). Takođe, registrovan je i porast broja dana u kategoriji "*opreznost*" (18°C-23°C), gde ih je tokom I decenije bilo 288, tokom II decenije 309, a tokom treće decenije 339 (ukupno 936 ili 33.9%). Najzastupljeniji su bili dani u kategoriji "*nema opasnosti*" sa 51.6% odnosno 1425 takvih dana. Ujedno, broj dana u pomenutoj kategoriji je tokom tri decenije opadao, usled rasta prolećnih vrednosti WBGT indeksa, te porasta broja dana u višim kategorijama termalnog stresa. Tako je dana u kojima "*nema opasnosti*" u periodu 1991-2000.godina bilo 504, da bi ih u periodu 2011-2020.godina bilo 444.

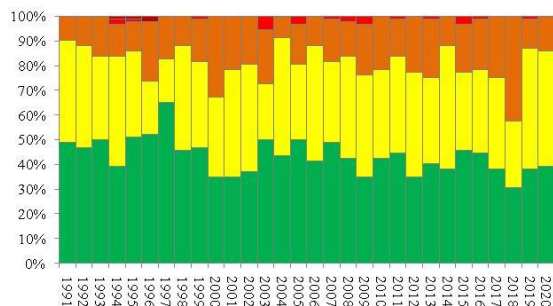
Očekivano, kada posmatramo rezultate dobijene za **subindeks WBGT_{min}**, koji je predstavljen termalni komfor izveden na osnovu minimalne temperature vazduha, najviše je prolećnih dana u kojima nije bilo opasnosti, odnosno vrednosti subindeksa bile su niže od 18°C. *Dani bez opasnosti* u ukupnom broju dana učestvovali su sa 92.7%, dok je dana kada je termalni komfor pripadao kategoriji “*opreznost*” (18°C-23°C) bilo svega 202 odnosno 7.3% (najviše ih je registrovano 2018.godine – 25 takvih dana). Slično je i kod **subindeksa WBGT_{07h}**, kojim je predstavljen termalni komfor u jutarnjim časovima (07h), gde je takođe najdominantnija kategorija termalnog stresa ona u kojoj *nema opasnosti* po građane (WBGT<18°C). Takvih dana je bilo 2201 ili u odnosu na ukupan broj prolećnih dana tokom razmatranog perioda 79.8%. Dani sa “*oprezom*” (18°C-23°C) bili su zastupljeni sa 19.2% (531 dan). Tokom istraživanog perioda zabeleženo je svega 28 prolećnih dana u kojima je termalni stres prešao prag za kategoriju “*krajnji oprez*” (23°C-28°C).

Kada posmatramo rezultate dobijene za **subindeks WBGT_{21h}**, odnosno vrednosti termalnog komfora u večernjim satima (na osnovu meteoroloških podataka prikupljenih merenjima u 21h) uočićemo da je poredeći tri decenije istraživanog perioda došlo do porasta broja dana u kategoriji “*opreznost*” sa 205 (1991-2000.godina) na 254 (2011-2020.godina), dok je istovremeno smanjen broj dana u kategoriji *bez opasnosti*: sa 697 koliko ih je zabeleženo tokom I decenije, na 647 koliko ih je zabeleženo tokom III decenije istraživanog perioda. Dana u kategoriji *bez opasnosti* bilo je ukupno 2023 ili 73.3%, dok su dani u kategoriji “*opreznost*” (18°C-23°C) učestvovali sa 24.1% (666 dana). Dana u kategoriji “*krajnji oprez*” bilo je 71. Poslednji razmatrani **subindeks** bio je **WBGT_{sr}** koji je određen na osnovu srednjih dnevnih vrednosti meteoroloških parametara. Uvidom u priloženi grafikon, uočićemo da su i ovde najučestaliji *dani bez opasnosti* sa 70.9% ili 1956 takvih dana. Na drugom mestu su dani u kojima je vrednost termalnog komfora pripada kategoriji “*opreznost*” (18°C-23°C) sa 25.4% odnosno 700 takvih dana. Dana u kategoriji “*krajnjeg opreza*” bilo je 104 odnosno 3.7%.

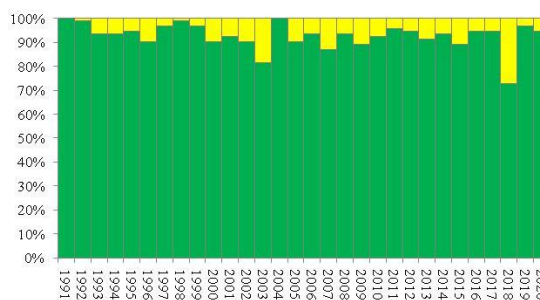
Grafikon br. 28: Zastupljenost različitih WBGT kategorija termalnog stresa, proleće, 1991-2020.



WBGT max

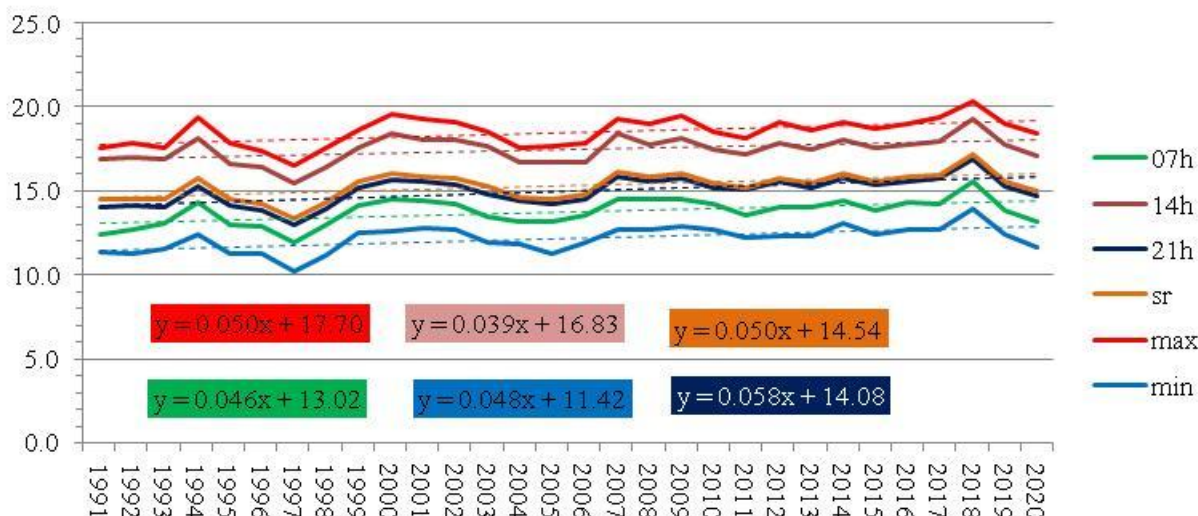


WBGT min



Nema opasnosti Opreznost Krajnji oprez Opasnost Ekstremna opasnost

Grafikon br. 29: Trend promene (rasta) indeksa WBGT, tokom proleća 1991-2020.



Grafikonom br. 30 predstavljena je zastupljenost različitih kategorija toplotnog stresa koje su zabeležene u Beogradu, **tokom leta u periodu od 30 godina**, dok je na grafikonu br. 31 prikazan trend rasta srednjih letnjih vrednosti 6 WBGT subindeksa u periodu 1991-2020.godina. Na osnovu dobijenih rezultata evidentiran je trend pooštavanja bioklimatskih i mikroklimatskih uslova, te sve nepovoljnijeg termalnog komfora koji se javlja na teritoriji centralnog gradskog područja u Beogradu tokom letnjih meseci.

Kod svih 6 WBGT subindeksa uočen je rast srednjih letnjih vrednosti u periodu od 30 godina koji je obuhvaćen doktorskom disertacijom. Srednje letnje vrednosti subindeksa $WBGT_{21h}$ najbrže su rasle – prosečno, godišnje za $0.062^{\circ}C$. Na drugom mestu se nalazi subindeks $WBGT_{sr}$ sa pozitivnim trendom od $0.057^{\circ}C/god$, a sledi ga $WBGT_{min}$ sa $0.055^{\circ}C/god$. Srednje letnje vrednosti subindeksa $WBGT_{max}$ godišnje su rasle za $0.050^{\circ}C$, dok su najsporije rasle vrednosti subindeksa $WBGT_{07h}$ i $WBGT_{14h}$ gde je taj trend iznosio $0.048^{\circ}C/god$ odnosno $0.045^{\circ}C/god$. Čak 5 od 6 WBGT subindeksa su svoje najviše srednje letnje vrednosti tokom 30-to godišnjeg perioda dosegli tokom leta 2019.godine ($WBGT_{07h}=23.72^{\circ}C$, $WBGT_{14h}=27.62^{\circ}C$, $WBGT_{21h}=24.92^{\circ}C$, $WBGT_{sr}=25.34^{\circ}C$ i $WBGT_{max}=28.56^{\circ}C$), dok je subindeks $WBGT_{min}$ svoju najvišu srednju letnju vrednost tokom posmatranog perioda zabeležio 2018.godine ($WBGT_{min}=21.29^{\circ}C$).

Kada posmatramo zastupljenost različitih kategorija termalnog stresa tokom letnjih meseci u Beogradu, na osnovu prikazanih rezultata na grafikonu br. 30 možemo uočiti da su bioklimatski uslovi najnepovoljniji u onom delu dana kada beležimo najviše temperature vazduha ($WBGT_{max}$ i $WBGT_{14h}$). Takođe, sve učestalije ekstremne

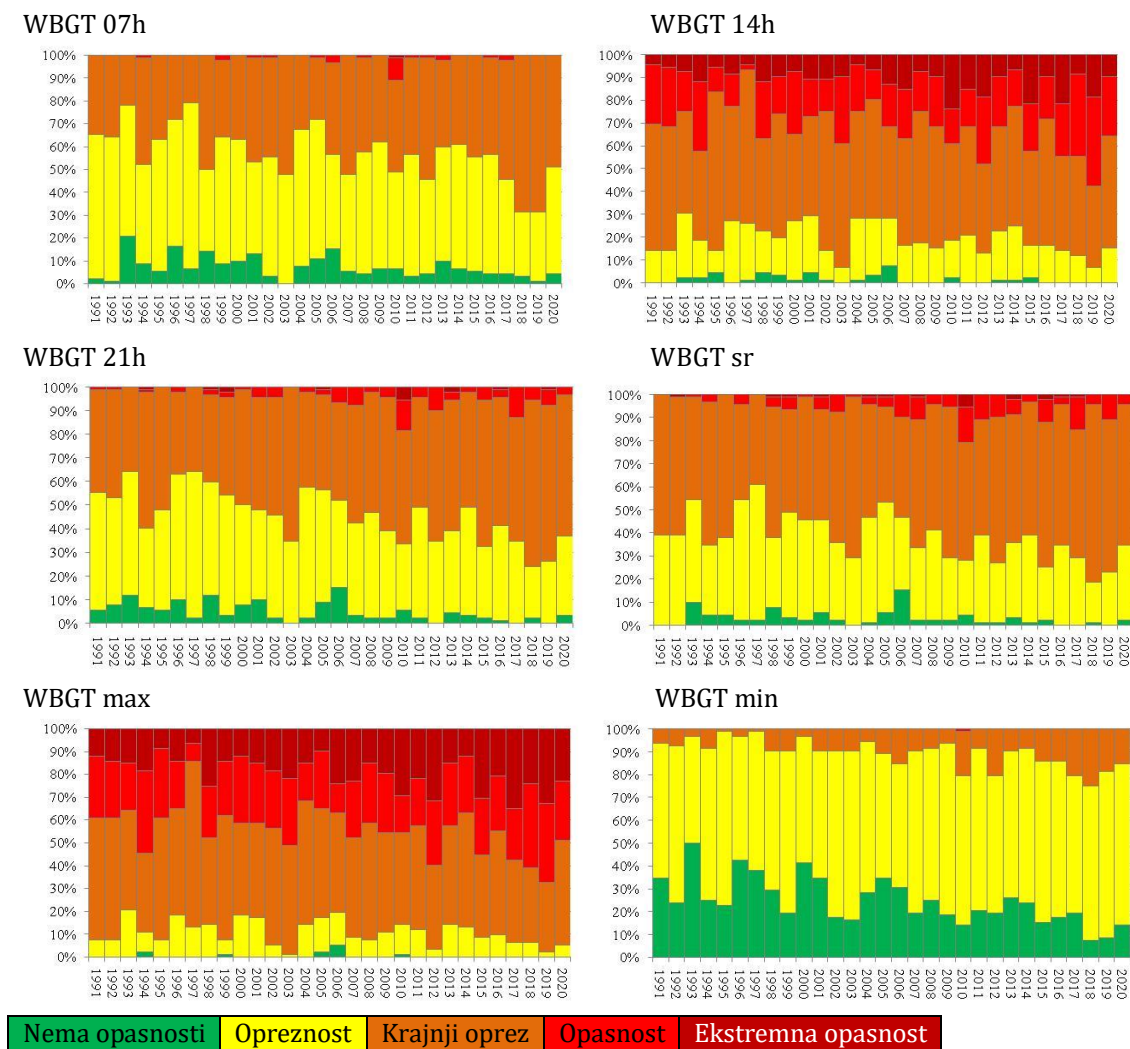
vremenske prilike i toplotni talasi uticali su na značajan porast broja dana u kategoriji “*ekstremne opasnosti*” ($WBGT \geq 30^{\circ}C$), posebno kod **subindeksa** $WBGT_{max}$. Tako je npr. broj dana u najvišoj kategoriji termalnog stresa “*ekstremne opasnosti*” u periodu 1991-2000.godina iznosio 129, u periodu 2001-2010.godina bio je 176, da bi u periodu 2011-2020.godine taj broj bio 226. Najviše dana u kategoriji “*ekstremne opasnosti*” zabeleženo je tokom leta 2012.godine (29), 2019.godine (30) i 2017.godine (32). Ukupno 531 dan ili 19.2%. Zabeležen je porast broja dana i u kategoriji “*opasnost*” ($28^{\circ}C-30^{\circ}C$) koji su u ukupnom broju letnjih dana tokom perioda od 30 godina učestvovali sa udelom od 24.8% ili 683 takva dana. Najviše je bilo dana u kategoriji “*krajnjeg opreza*” ($23^{\circ}C-28^{\circ}C$): 1248 dana odnosno 45.2%. Nakon 2011.godine nije zabeležen nijedan dan koji je pripadao kategoriji “*nema opasnosti*”. Kada govorimo o vrednostima termalnog (dis)komforta u 14h na dnevnom nivou tokom letnjih meseci ($WBGT_{14h}$) najviše je bilo dana u kategoriji “*krajnjeg opreza*” koji su učestvovali sa 48.7% (1345 dana). Zabeležen je rast broja dana u višim kategorijama termalnog stresa – tako je broj “*opasnih*” dana tokom I i II decenije istraživanog perioda iznosio 173 i 180, da bi tokom III decenije bilo zabeleženo čak 227 “*opasnih*” dana (ukupno 580 ili 21%). Najviše “*opasnih*” dana bilo je zabeleženo tokom leta 2019.godine (36) i 2018.godine (33). Broj dana u kategoriji “*ekstremne opasnosti*” ($WBGT \geq 30^{\circ}C$) je skoro udvostručen: sa 71 dana (1991-2000.godina) i 103 dana (2001-2010.godina) na 129 (2011-2020.godina). Najviše “*ekstremno opasnih*” dana zabeleženo je tokom leta 2010.godine (22), kao i 2015.godine (20) i 2017.godine (20). Ukupno je takvih dana tokom perioda od 30 godina, tokom letnjih meseci bilo 303 tj. 11%.

Tokom letnjih meseci, generalno možemo reći da je stepen termalne nelagode prilikom boravka na otvorenom, najniži ranim jutarnjim časovima ($WBGT_{min}$ i $WBGT_{07h}$). Kod **subindeksa** $WBGT_{min}$ možemo videti značajno veće učešće broja dana u kojima “*nema opasnosti*” u odnosu na druge subindekse: 24.7% ili 680 takvih dana. Ipak, registrovan je značajan pad broja dana u ovoj kategoriji, koji je danas gotovo dvostruko niži: *dana bez opasnosti* je u periodu 1991-2000.godina bilo 301, tokom naredne decenije (2001-2010.godina) zabeleženo ih je 220, da bi ih nakon 2011.godine bilo zabeleženo svega 159. U ukupnom zbiru, najbrojniji su dani u kojima su se vrednosti subindeksa $WBGT_{min}$ kretali u opsegu $18^{\circ}C-23^{\circ}C$, odnosno pripadali kategoriji “*opreznost*”: 1789 dana tj. 64.8%. Broj dana u kategoriji “*krajnjeg opreza*” dana je skoro tri puta veći: sa 50 dana koliko je registrovano u periodu 1991-2000.godine, na 97 koliko ih je bilo u periodu 2001-2010.godina i konačno na čak 143 u periodu 2011-2020.godina. Ukupno 290 takvih dana ili 10.6%. Slične trendove primećujemo i kod **subindeksa** $WBGT_{07h}$: broj dana u kojima “*nema opasnosti*” opada i danas je dvostruko manji (tokom prve decenije istraživanog perioda zabeleženo je 86 takvih dana, da bi ih nakon 2011-te bilo samo 43). Sa druge strane broj dana u kategoriji “*krajnjeg opreza*” je rastao tokom perioda od 30 godina: kada poredimo tri decenije istraživanja taj broj je iznosio redom: 318, 380 i konačno 458. Ukupno 1156 dana u kategoriji “*krajnjeg opreza*” ili 41.9% u ukupnom zbiru. Procentualno, najviše je bilo dana u kategoriji “*opreznost*”: 1381 dan ili 50%.

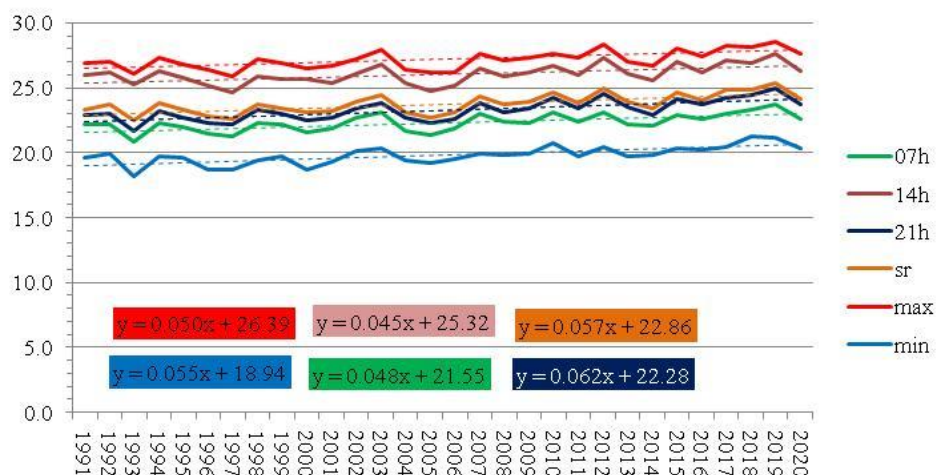
Slični trendovi nastavljaju se i kod poslednja dva razmatrana subindeksa ($WBGT_{21h}$ i $WBGT_{sr}$). U večernjim satima ($WBGT_{21h}$) najzastupljeniji su dani u kategoriji “*krajnjeg opreza*” sa 49.8% (1375 dana), čiji je broj kontinuirano uvećavan: kada poredimo tri decenije taj broj iznosio je redom 398 dana, 451 dan i 526 dana. Takođe, u večernjim časovima, broj “*opasnih*” dana veći je čak 5 puta: u periodu 1991-2000.godina “*opasnih*” dana bilo je 10, u periodu 2001-2010.godina bilo ih je 43, da bi ih nakon 2011.godine bilo registrovano čak 52. Kod subindeksa $WBGT_{sr}$ takođe je došlo do značajnog porasta

broja *opasnih* dana: sa 18 koliko ih je zabeleženo tokom I decenije, na 61 *opasan* dan tokom II decenije i konačno 71 *opasan* dan tokom III decenije (ukupno 150 takvih dana). Najzastupljenija kategorija termalnog stresa bila je “*krajnji oprez*” sa 1534 dana odnosno 55.6%, a na drugom mestu je kategorija “*opreznost*” sa 977 dana ili 35.4%.

Grafikon br. 30: Zastupljenost različitih WBGT kategorija termalnog stresa, leto, 1991-2020.



Grafikon br. 31: Trend promene (rasta) indeksa WBGT, tokom leta 1991-2020.



Procentualna zastupljenost različitih kategorija toplotnog stresa koje su zabeležene u Beogradu, **tokom jeseni u periodu 1991-2020.godine** prikazane su na grafikonu br. 32, dok je na grafikonu br. 33 prikazan trend rasta srednjih jesenjih vrednosti 6 WBGT subindeksa tokom 30 godina. Rezultati analize pokazuju da srednje jesenje vrednosti svih razmatranih WBGT subindeksa postepeno rastu tokom godina.

Najbrže su rasle vrednosti subindeksa $WBGT_{min}$ sa stopom od $0.064^{\circ}C/god.$ Vrlo slično, rasle su i srednje jesenje vrednosti subindeksa $WBGT_{21h}$ sa $0.063^{\circ}C/god.$ Srednje vrednosti subindeksa $WBGT_{14h}$ i $WBGT_{sr}$ ostvarile su gotovo identičan rast sa $0.062^{\circ}C/god.$ Kod subindeksa $WBGT_{07h}$ taj trend je iznosio $0.060^{\circ}C/god,$ dok je za $WBGT_{max}$ to bilo $0.054^{\circ}C/god.$ Najviše srednje jesenje vrednosti svih WBGT subindeksa zabeležene su tokom jeseni 2019.godine ($WBGT_{07h}=16.06^{\circ}C$, $WBGT_{14h}=20.55^{\circ}C$, $WBGT_{21h}=17.54^{\circ}C$, $WBGT_{sr}=17.97^{\circ}C$, $WBGT_{max}=21.72^{\circ}C$ i $WBGT_{min}=14.93^{\circ}C$).

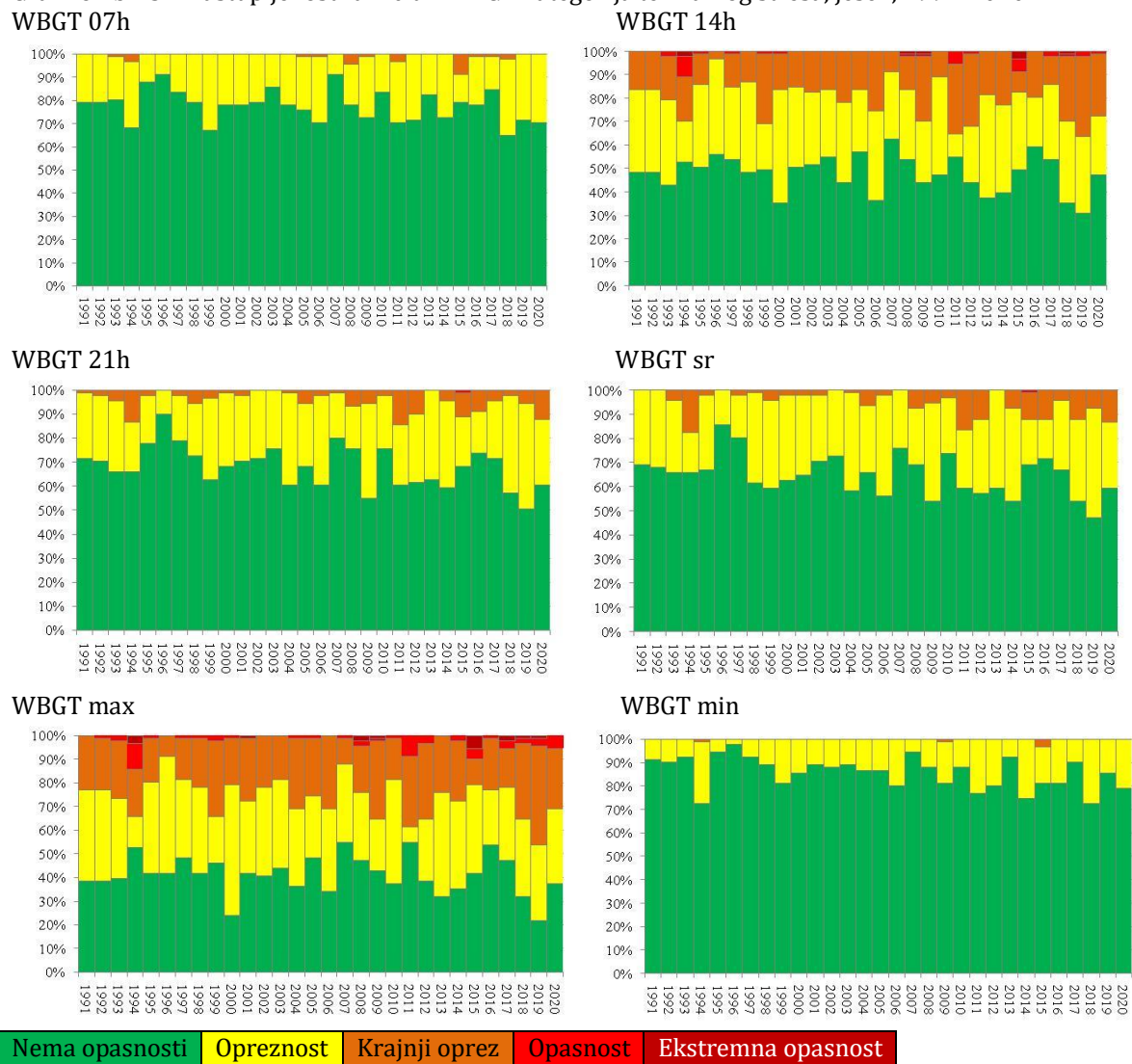
Takođe, analizom dobijenih rezultata uočen je trend porasta broja dana u višim kategorijama termalnog stresa kod svih ispitivanih subindeksa. To je posebno uočljivo kada posmatramo **subindeks $WBGT_{max}$** : tri kategorije beleže značajan rast: “*krajnji oprez*” ($23^{\circ}C-28^{\circ}C$), “*opasnost*” ($28^{\circ}C-30^{\circ}C$) i “*ekstremna opasnost*” ($WBGT \geq 30^{\circ}C$). Tako je npr. broj dana u kategoriji “*krajnjeg opreza*” tokom I decenije istraživanog perioda bio 188, tokom II decenije bio je 212, da bi tokom III decenije taj broj iznosio 236 dana (ukupno 636 dana u kojima je termalni komfor u Beogradu tokom jeseni nosio ocenu “*krajnjeg opreza*” ili 23.3% ukupno posmatranog perioda). Broj “*opasnih*” dana je takođe uvećan poredeći tri decenije istraživanog perioda: sa 7 i 19 dana, na 31 dan koliko ih je evidentirano nakon 2011.godine (ukupno 57 takvih dana). Dani u kategoriji “*ekstremne opasnosti*” zabeleženi su u 16 slučajeva, a najviše takvih dana registrovano je tokom jeseni 2015.godine i to 5 (u periodu 2011-2020.godina bilo ih je ukupno 9). Tokom jeseni najzastupljeniji su dani u kojima “*nema opasnosti*” ($WBGT < 18^{\circ}C$) sa udelom od 41.2% (1124 dana). Na drugom mestu su dani u kategoriji “*opreznost*” ($18^{\circ}C-23^{\circ}C$) sa udelom od 32.9% (897 dana). Slično je i kod **subindeksa $WBGT_{14h}$** gde su takođe dani u kojima “*nema opasnosti*” bili najprisutniji sa 48% (1310 dana), a koje slede dani u kategoriji “*opreznost*” sa 31.7% ili 865 takvih dana. Broj dana u kategoriji “*krajnjeg opreza*” rastao je tokom tri decenije istraživanog perioda, te je iznosio: 145 dana (I decenija), 159 dana (II decenija) i 210 dana (III decenija) – ukupno 514 dana ili 18.8%. Dani u kojima su se vrednosti termalnog komfora nalazili u opsegu “*ekstremne opasnosti*” zabeleženi su u 8 slučajeva, a najviše ih je bilo 2015.godine (3 dana).

Očekivano, broj dana u kojima “*nema opasnosti*” najveći je kod subindeksa **$WBGT_{07h}$** i **$WBGT_{min}$** gde je to ujedno i dominantna kategorija termalnog stresa na sezonskom nivou. Udeo takvih dana kod $WBGT_{min}$ iznosi čak 85.7% (ili 2341 dan) dok je kod $WBGT_{07h}$ taj procenat nešto niži i iznosi 77.7% (ili 2121 dan). Kod oba subindeksa registrovan je umeren porast broja dana u kategoriji “*opreznost*” ($18^{\circ}C-23^{\circ}C$). Tako je kod $WBGT_{min}$ taj broj poredeći tri decenije istraživanja bio: 102 dana (I decenija), 116 dana (II decenija) i 166 (III decenija) – ukupno 384 dana ili 14.1%. Kod $WBGT_{07h}$ taj odnos je sledeći: 182 dana (I decenija), 184 dana (II decenija) i 217 dana (III decenija) – ukupno 583 dana ili 21.4%.

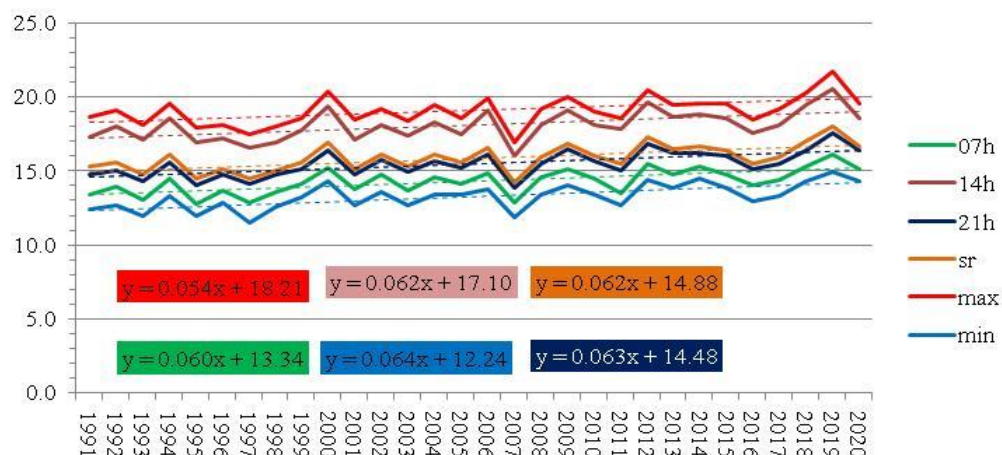
Dani u kojima “*nema opasnosti*” su u značajnoj meri zastupljeni i kod preostala dva **subindeksa $WBGT_{21h}$** i **$WBGT_{sr}$** , s tim što se njihov broj kod oba subindeksa smanjuje iz deceniju u deceniju. *Dani bez opasnosti* su u večernjim časovima ($WBGT_{21h}$) učestvovali sa 68.1% u ukupnom broju jesenjih dana (1859 dana), dok je kod $WBGT_{sr}$ taj udeo

iznosio 64.8% (1769 dana). Dani u kategoriji “opreznost” su kod subindeksa WBGT_{21h} bili zastupljeni sa udelom od 27.5%, a najviše takvih dana zabeleženo je tokom jeseni 2019.godine (40). Takođe, broj dana u ovoj kategoriji rastao kada poredimo tri decenije istraživanog perioda: 219 dana (1991-2000.), 255 (2001-2000.) i 275 (2011-2020.).

Grafikon br. 32: Zastupljenost različitih WBGT kategorija termalnog stresa, jesen, 1991-2020.



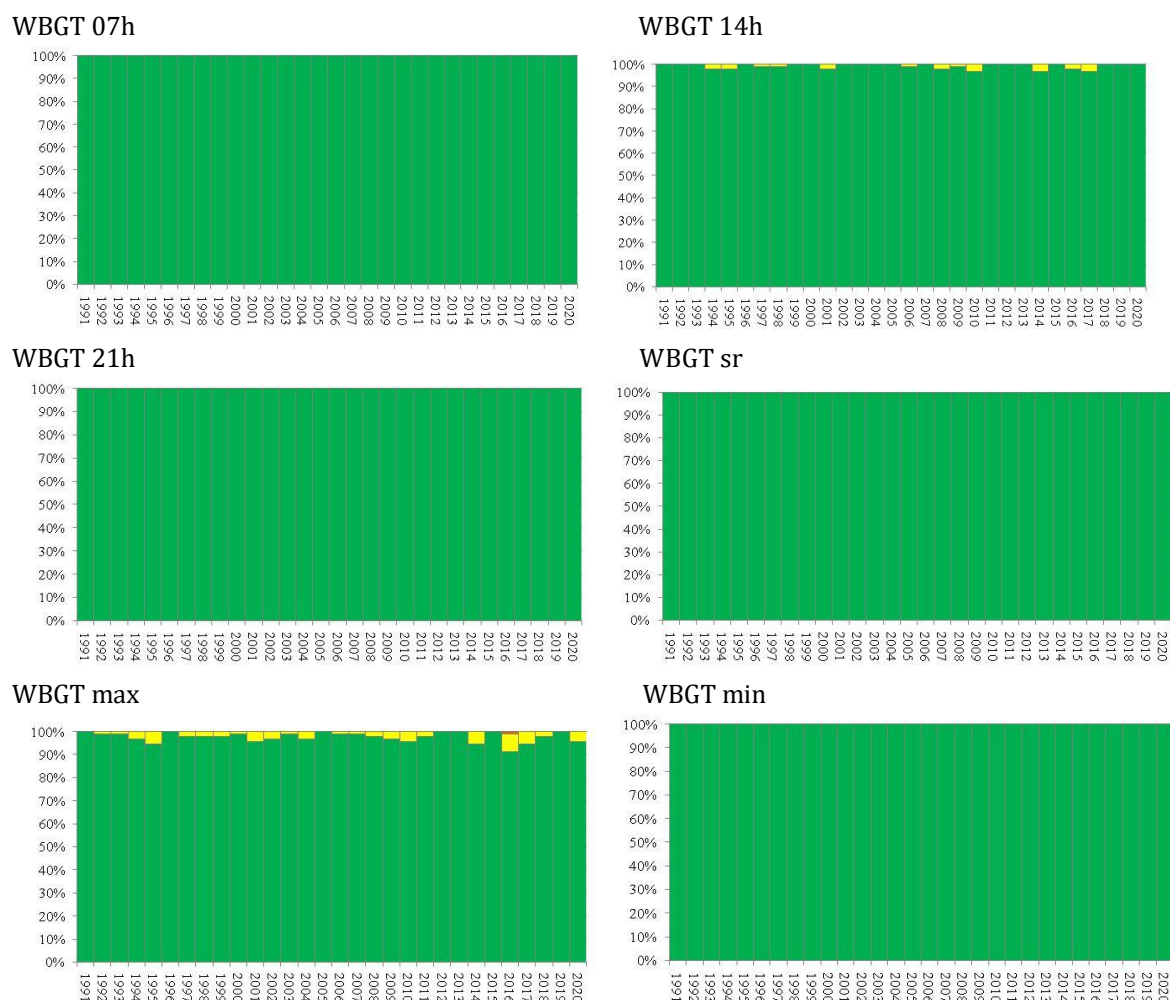
Grafikon br. 33: Trend promene (rasta) indeksa WBGT, tokom jeseni 1991-2020.



Grafikon br. 34 prikazuje udeo različitih kategorija termalnog stresa tokom **zime u periodu 1991-2020.godina**, dok grafikon br. 35 prikazuje srednje godišnje vrednosti 6 razmatranih WBGT subindeksa i trend promene tih vrednosti tokom tri decenije istraživanog perioda. Očekivano, ubedljivo dominiraju dani u kojima “*nema opasnosti*”, odnosno vrednosti WBGT indeksa na dnevnom nivou su najčešće ispod 18°C, osim kod dva subindeksa WBGT_{14h} i WBGT_{max}, kod kojih je zabeležen izvestan broj dana u kategoriji “*opreznost*” (18°C-23°C). Tokom perioda od 30 godina, uočen je blag porast broja dana u datoj kategoriji, kada poredimo svaku deceniju zasebno kod subindeksa WBGT_{max}. Takođe, evidentiran je umeren porast zimskih vrednosti svih WBGT subindeksa, pri čemu se izdvaja WBGT_{sr} čije su srednje zimske vrednosti rasle po stopi od 0.064°C/god. Na drugom mestu se nalazi subindeks WBGT_{07h} sa 0.061°C/god. Srednje zimske vrednosti subindeksa WBGT_{21h} su tokom istraživanog perioda rasle po stopi od 0.060°C/god, a kod subindeksa WBGT_{max} ta vrednost je bila 0.059°C/god.

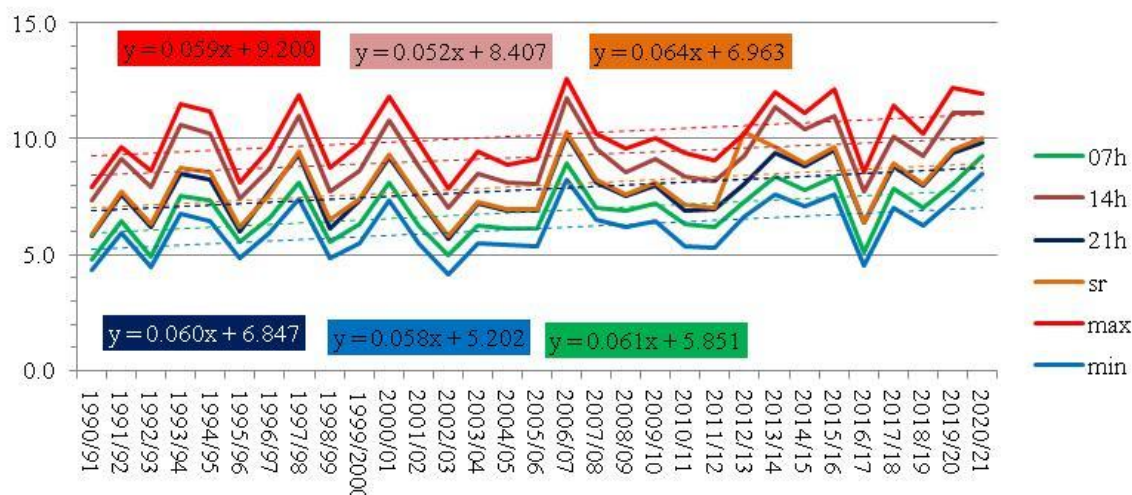
Najviše srednje zimske vrednosti dva subindeksa WBGT_{07h} i WBGT_{min} izmerene su tokom zime 2020/21.godine, kada su iznosile 9.25°C i 8.52°C, dok su kod preostala četiri subindeksa najviše srednje zimske vrednosti tokom ovog 30-to godišnjeg perioda zabeležene tokom zime 2006/07.godine i to: WBGT_{14h}=11.74°C, WBGT_{21h}=10.17°C, WBGT_{sr}=10.26°C i WBGT_{max}=12.59°C.

Grafikon br. 34: Zastupljenost različitih WBGT kategorija termalnog stresa, zima, 1991-2020.



Nema opasnosti	Opreznost	Krajnji oprez	Opasnost	Ekstremna opasnost
----------------	-----------	---------------	----------	--------------------

Grafikon br. 35: Trend promene (rasta) indeksa WBGT, tokom zime 1991-2020.



Dodano, pored analize termalnog komfora na godišnjem i sezonskom nivou, rezultati za bioklimatski indeks WBGT su analizirani i na **mesečnom nivou**, kako bi se dobio detaljniji uvid u registrovane promene. Analizom mesečnih vrednosti svih 6 WBGT subindeksa za svaki mesec u godini uočen je trend porasta srednjih mesečnih vrednosti. Tokom 30 godina referentnog perioda 1991-2020.godine, najbrže su rasle srednje mesečne vrednosti WBGT indeksa **tokom jesenjih meseci** – posebno tokom **septembra i novembra**. Tako su npr. srednje novembarske vrednosti subindeksa WBGT_{14h} rasle stopom od 0.088°C/god, a subindeksa WBGT_{max} i WBGT_{sr} gotovo identičnom stopom od 0.079°C/god. Najviše srednje novembarske vrednosti tokom perioda od 30 godina svih 6 subindeksa registrovane su 2019.godine. Srednje septembarske vrednosti subindeksa WBGT_{21h} ostvarile su pozitivan trend, pri čemu vrednosti ovog subindeksa rastu po stopi od 0.075°C/god. Treba izdvojiti i subindeks WBGT_{min} čije su srednje septembarske vrednosti rasle po stopi od 0.073°C/god.

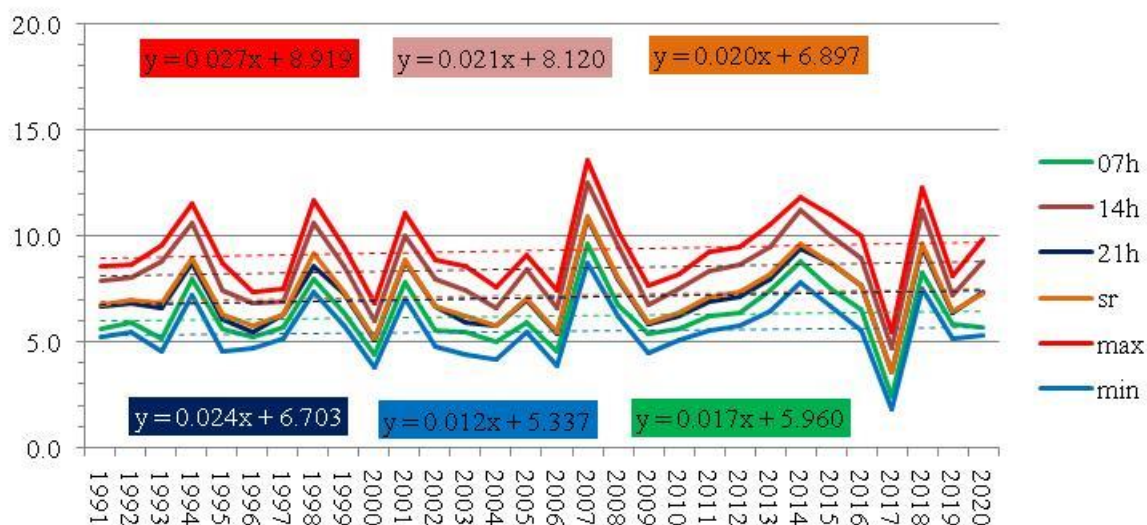
Kada posmatramo **prolećne mesece** (mart, april i maj), možemo uočiti da su se najznačajnije promene javile tokom marta i aprila. Srednje martovske vrednosti subindeksa WBGT_{21h} rasle su po stopi od 0.080°C/god, dok je taj trend za subindeksa WBGT_{sr} iznosio 0.073°C/god. Subindeksi WBGT_{07h} i WBGT_{min} ostvarili su veoma sličan trend rasta srednjih martovskih vrednosti od 0.071°C/god. Kada posmatramo rezultate dobijene za april mesec, možemo uočiti da su najbrže rasle vrednosti subindeksa WBGT_{max} sa 0.079°C/god, a sledi ga subindeks WBGT_{21h} sa pozitivnim trendom od 0.073°C/god. Najviše srednje aprilske vrednosti svih 6 WBGT subindeksa izmerene su aprila 2018.godine.

Što se **zimskih meseci** tiče (decembar, januar i februar), sa grafikona koji su prikazani u nastavku teksta, možemo uočiti da su se najintenzivnije promene odvale tokom **decembra** 1991-2020.godina, gde su srednje decembarske vrednosti subindeksa WBGT_{sr} i WBGT_{21h} rasle po stopi od 0.068°C/god, a slede ih WBGT_{max} i WBGT_{14h} sa 0.066°C/god. Najviše srednje decembarske vrednosti subindeksa WBGT_{07h} i WBGT_{min} izmerene su decembra 2020.godine, dok su preostala 4 subindeksa svoje najviše srednje decembarske vrednosti tokom 30 godina istraživanog perioda dosegili 2019.godine.

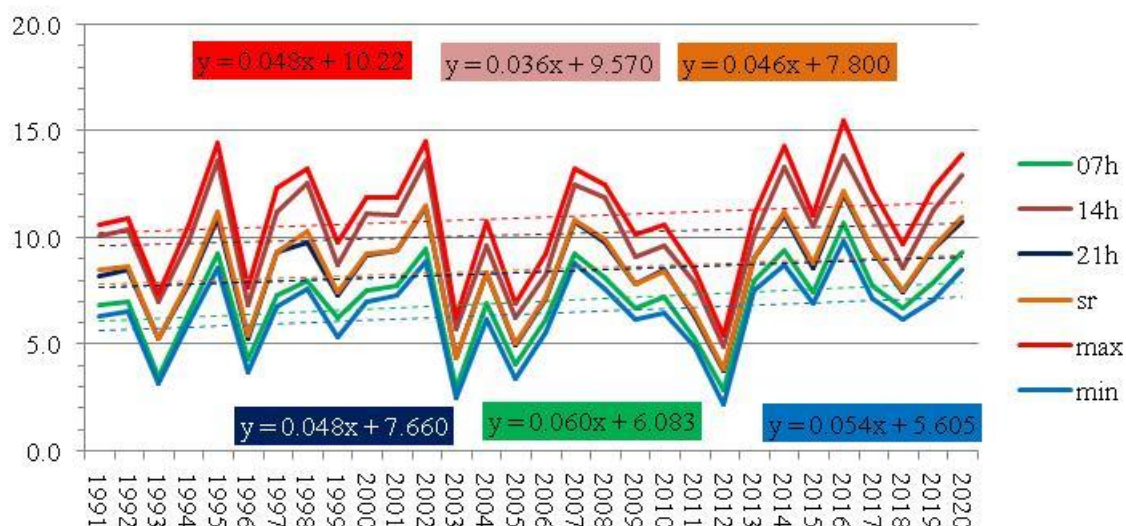
Tokom sva tri **letnja meseca** (jun, jul i avgust) zabeležen je značajan porast srednjih mesečnih vrednosti, što je bilo i očekivano. Po vrednostima, posebno se izdvaja jun mesec. Najviše srednje junske vrednosti svih 6 subindeksa izmerene su 2019.godine.

Grafikon br. 36: Trend promene indeksa WBGT, po mesecima, tokom perioda 1991-2020.

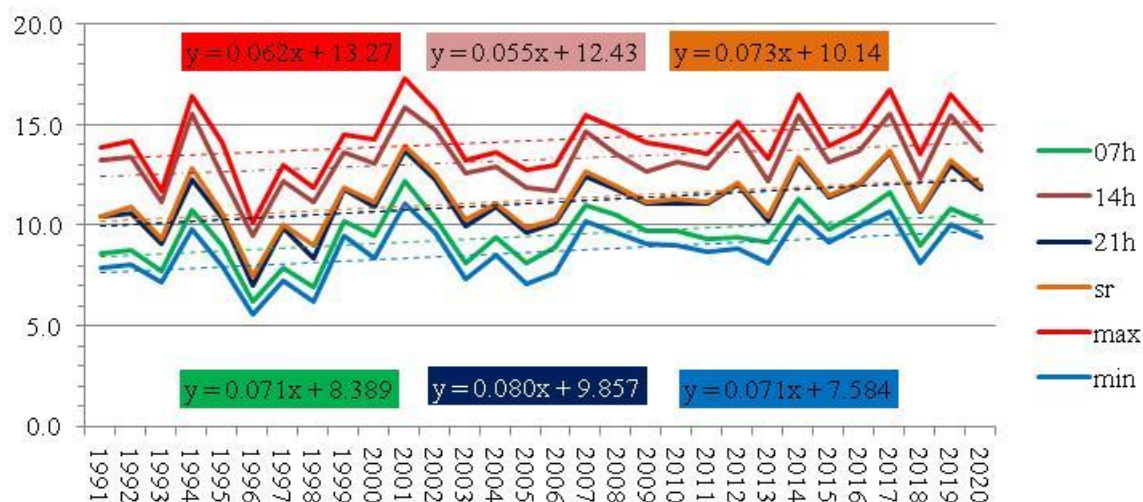
WBGT, januar, 1991-2020.



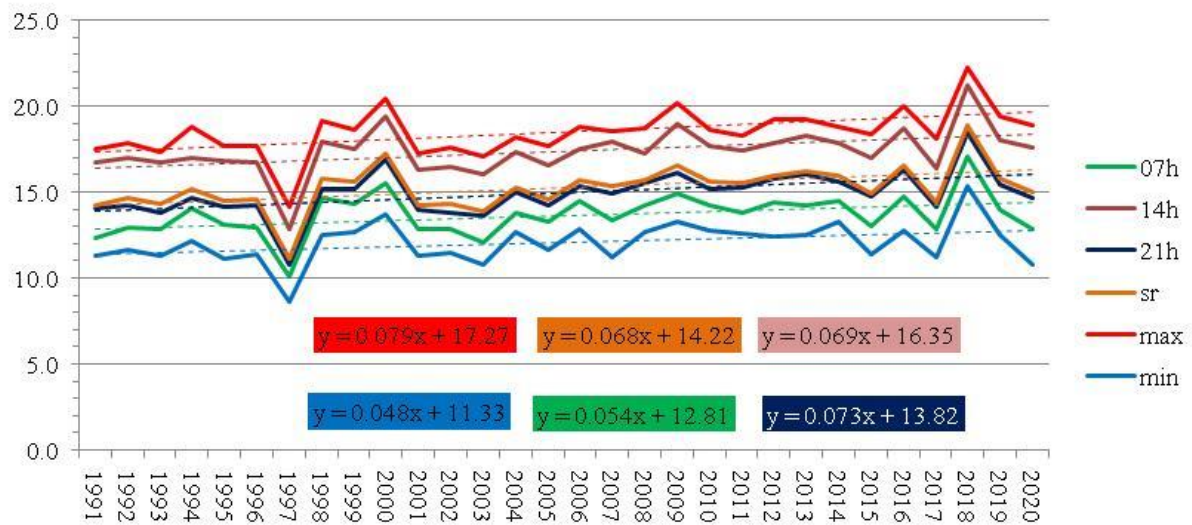
WBGT, Februar, 1991-2020.



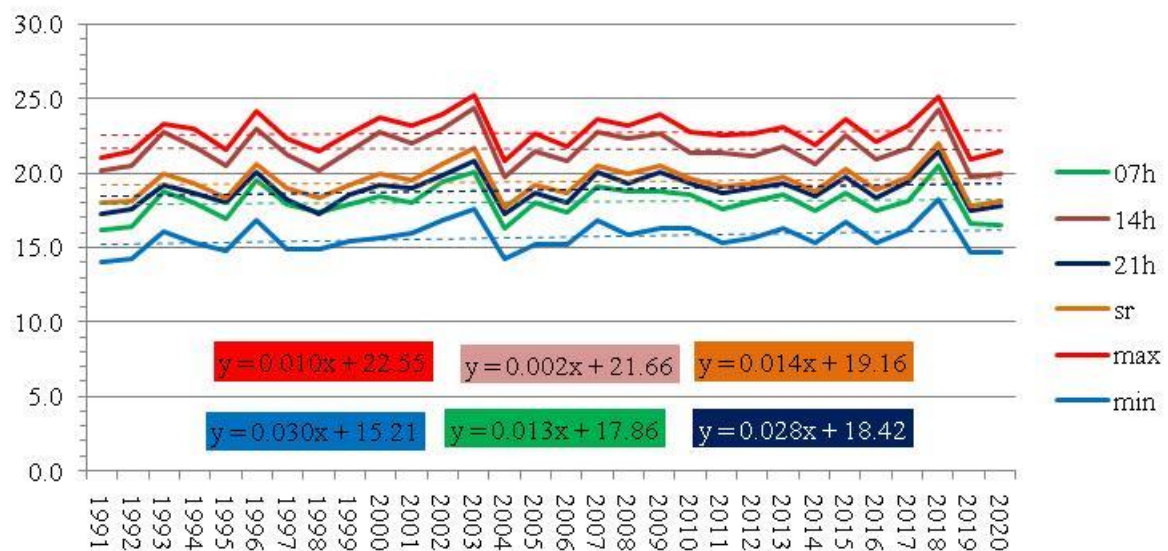
WBGT, Mart, 1991-2020.



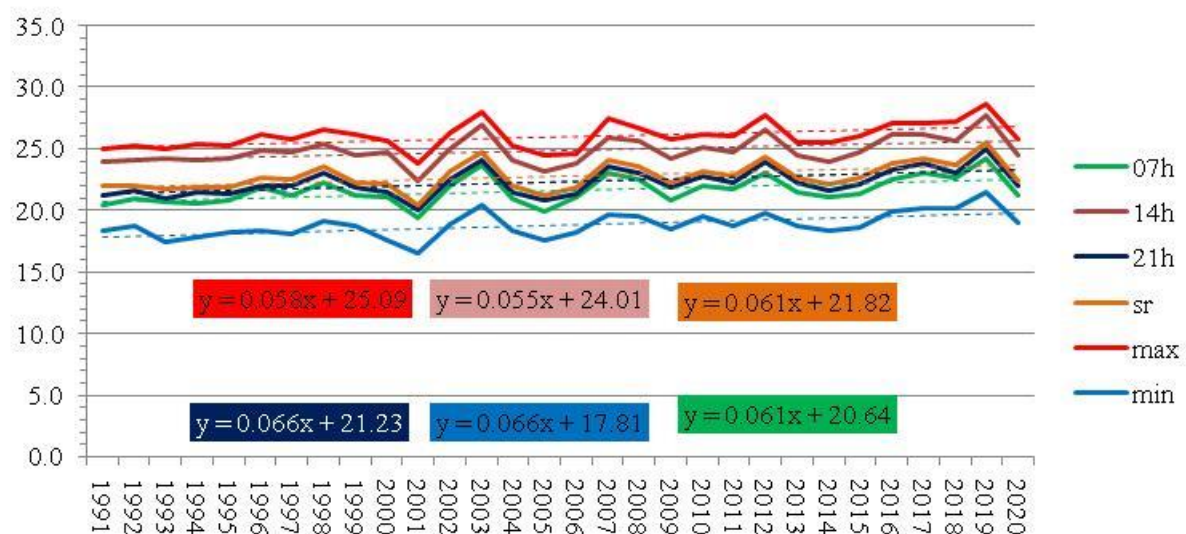
WBGT, April, 1991-2020.



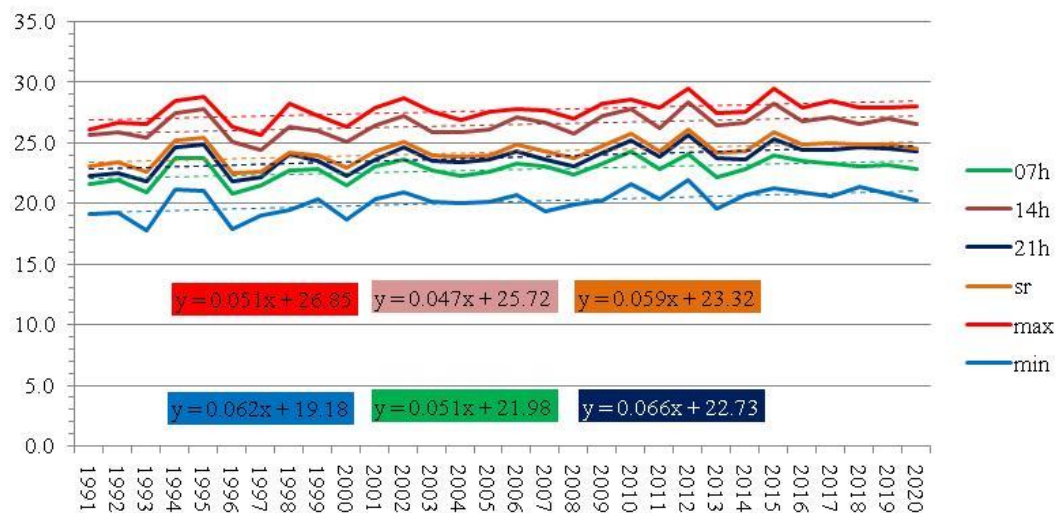
WBGT, Maj, 1991-2020.



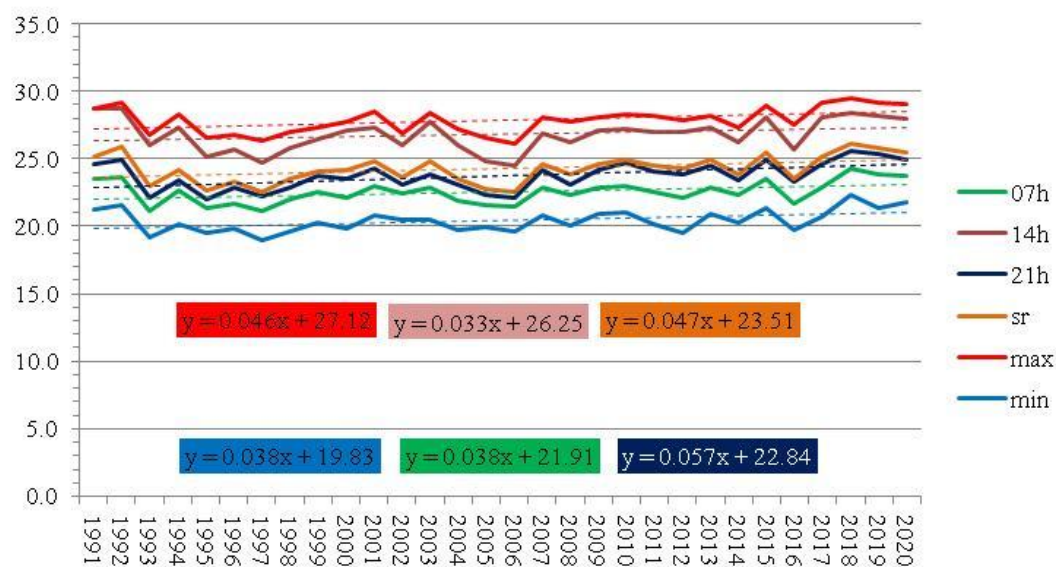
WBGT, Jun, 1991-2020.



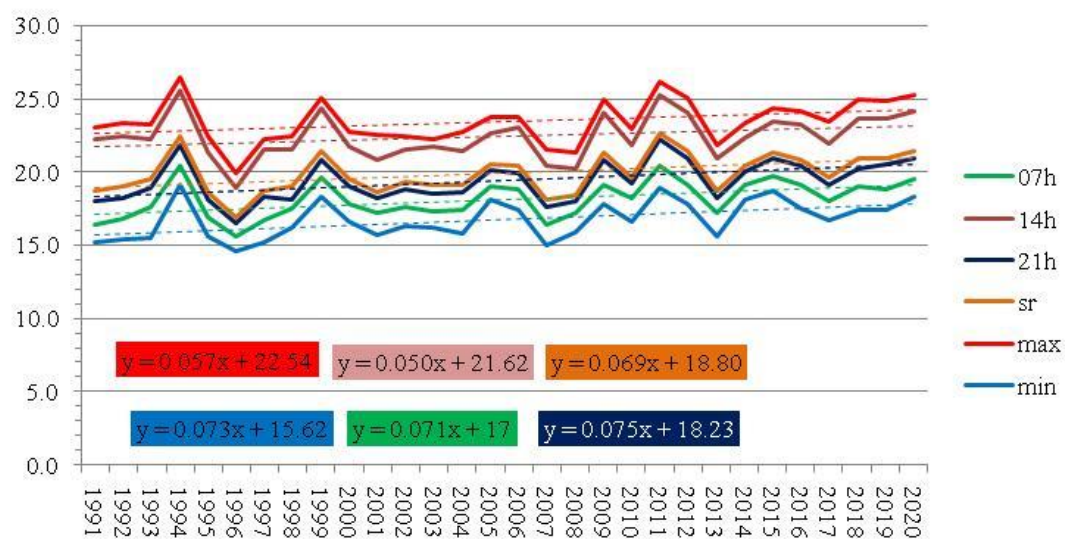
WBGT, Jul, 1991-2020.



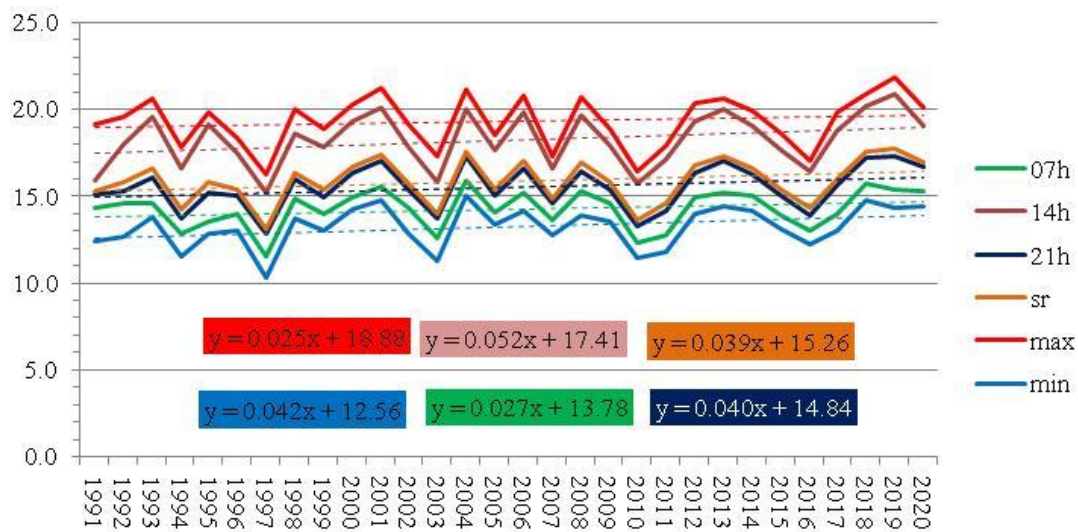
WBGT, August, 1991-2020.



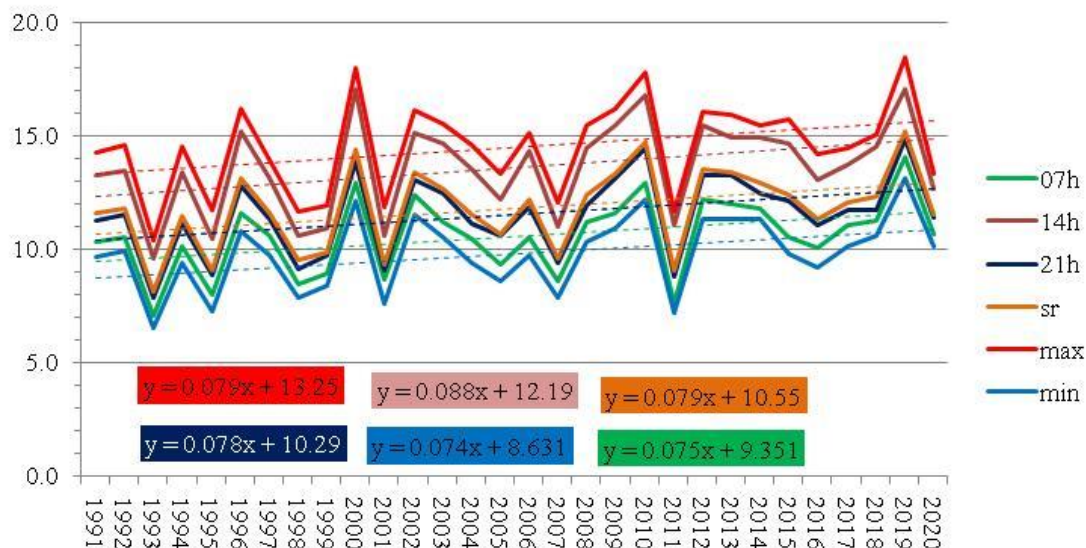
WBGT, Septembar, 1991-2020.



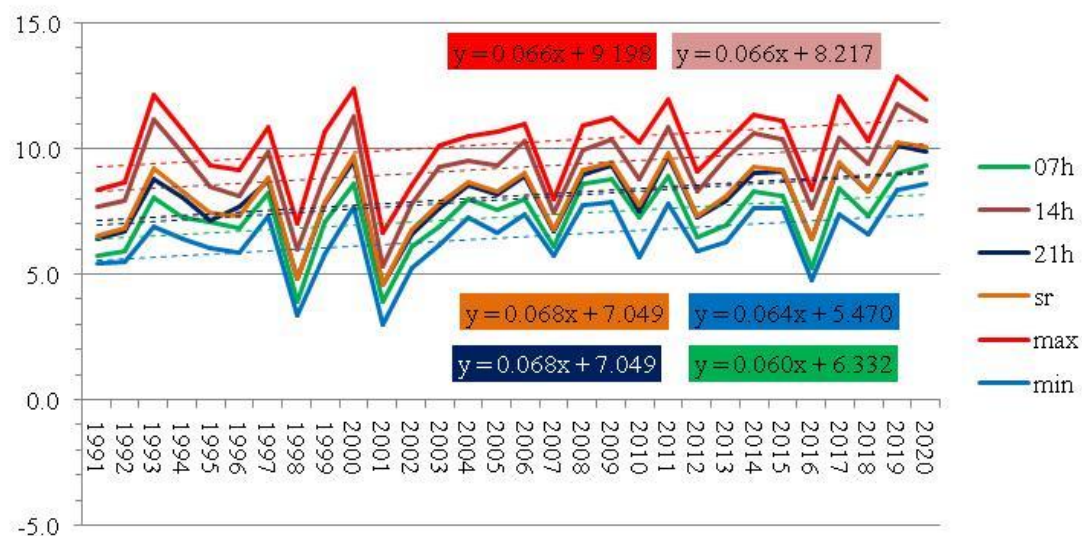
WBGT. Oktobar, 1991-2020.



WBGT, Novembar, 1991-2020.



WBGT, Decembar, 1991-2020.



Toplotno opterećenje u čoveku - Heat Load (HL)

Rezultati analize **godišnjih vrednosti** indeksa Heat Load (HL) pokazuju sledeće: tokom perioda 1991-2020.godina zabeležen je umeren porast broja dana sa izraženijim toplotnim opterećenjem, odnosno broj dana kada su vrednosti HL indeksa bile u rasponu od 1.026 do 1.180 (kategorija "*toplo*") i od 1.181 do 1.750 (kategorija "*vruće*") čime su verifikovani nalazi do kojih su došli Lukić & Filipović (2024). To se odnosi kako na terminske vrednosti (HL_{07h} , HL_{14h} , HL_{21h}) tako i na srednje dnevne vrednosti (HL_{sr}), ali minimalne i maksimalne (HL_{min} , HL_{max}). Ako posmatramo subindeks HL_{14h} , videćemo da dominiraju dani kada je termalni komfor pripadao kategoriji sa najvišim vrednostima ("*veoma vruće*", $HL_{14h} > 1.751$) i takvih dana je bilo 3314, odnosno 30% ukupno razmatranog perioda. Dana u kojima je subindeks HL_{14h} registrovan u opsegu 1.181 – 1.750 (*vruće*) bilo je 2112, što znači da su dve kategorije najvišeg toplotnog opterećenja bile zastupljene sa čak 49% tokom razmatranog perioda (grafikon br. 37). Najveći broj dana kada je HL_{14h} bio iznad granične vrednosti za "*veoma vruće*" ($HL > 1.715$) zabeležen je 2012.godine (144), zatim 2000.godine (142) i 2018.godine (137). Godine 2012. je ujedno izmerena i najviša srednja godišnja vrednost subindeksa HL_{14h} koja je iznosila 1.923.

Kada posmatramo vrednosti subindeksa HL_{max} , vidimo kao i kod prethodnog, na grafikonu br. 38 blagi rast u godišnjim vrednostima (0.002/god). Procentualno najzastupljenija je kategorija "*veoma vruće*" sa 3552 takvih dana, odnosno 32.4% u ukupnom broju dana. Sledi kategorija "*vruće*" sa 2178 dana, odnosno 19.9%, što znači dve najviše kategorije toplotnog opterećenja učestuju sa 52.3% u ukupnom broj dana tokom 30 godina. Najviša srednja godišnja vrednost indeksa HL_{max} tokom perioda 1991-2020.godina zabeležena je 2000.godine kada je iznosila 2.029, a sledi je 2012.godina kada je vrednost HL_{max} iznosila 2.012.

Kada posmatramo subindeks HL_{07h} , vidimo da dominiraju dani kada su vrednosti indeksa bile u rasponu od 0.976 do 1.025 (*ugodno*), tj. 4500 takvih dana, odnosno 41% ukupno posmatranog perioda, što znači da je posmatrano na dnevnom nivou za boravak na otvorenom, najpogodniji prepodnevni deo dana. Vrednosti subindeksa HL_{07h} su tokom 30-to godišnjeg perioda nešto sporije rasle u odnosu na prethodna dva prikazana subindeksa (0.001/god) (grafikon br. 38). Ipak taj rast je bio dovoljan da se gotovo udvostruči broj dana u najvišoj kategoriji toplotnog opterećenja (*veoma vruće*) ukoliko poredim rezultate za svaku deceniju istraživanog perioda ponaosob. Tako smo u prvoj deceniji imali 88 "*veoma vrućih*" dana, u drugoj deceniji 87 "*veoma vrućih*" dana, a u poslednjoj 151 takav dan. Najviša srednja godišnja vrednost indeksa HL_{07h} izmerena je 2012.godine kada je iznosila 1.176, a sledi je 2000.godina sa vrednošću od 1.151.

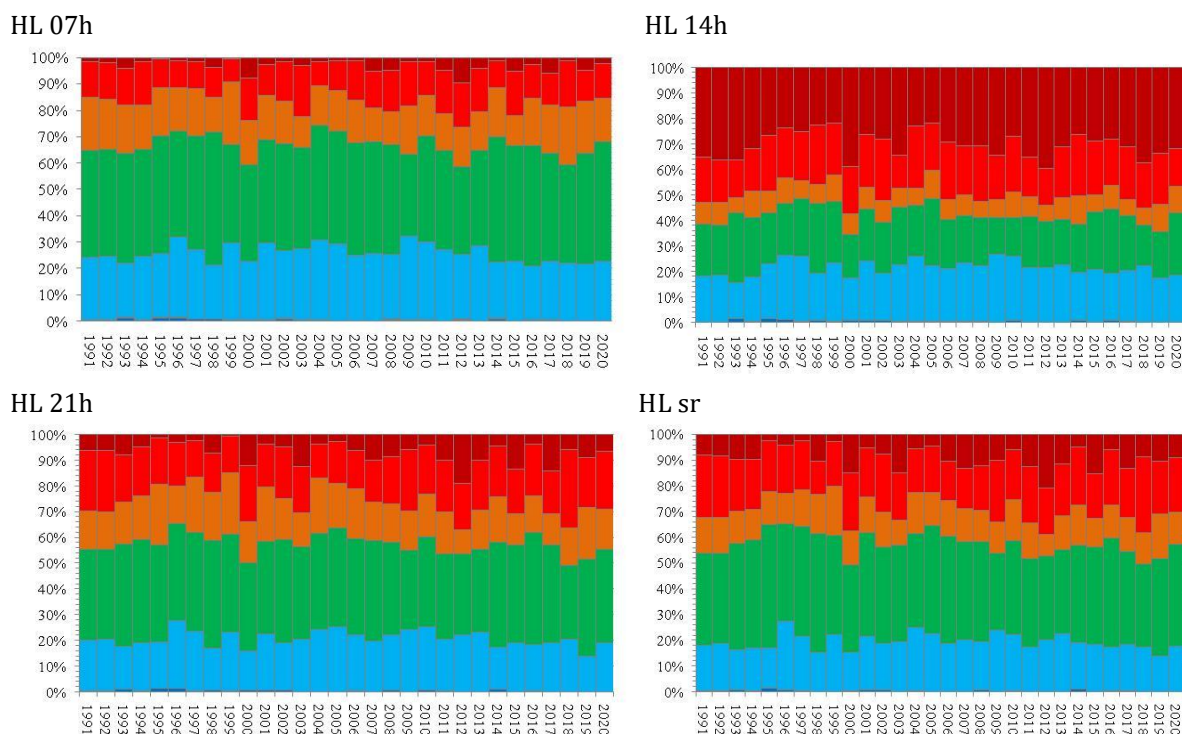
Subindeksi HL_{21h} i HL_{sr} su ostvarili gotovo identičan rast u godišnjim vrednostima sa stopom od 0.002/god, a takođe iste godine (2012.) su zabeležene i njihove najviše srednje godišnje vrednosti $HL_{21h} = 1.316$ i $HL_{sr} = 1.366$. Kada posmatramo rezultate za subindeks HL_{21h} videćemo da je najviše "*ugodnih*" dana ($0.976 < HL < 1.025$) tj. 4035 takvih dana ili 19.9% u ukupnom zbiru. Dani kada su vrednosti toplotnog opterećenja pripadale nekoj od dve najviše kategorije (*vruće* ili *veoma vruće*) učestvovali su sa 25.9% u ukupnom zbiru, odnosno 2064 (18.9%) i 774 (7%) takvih dana.

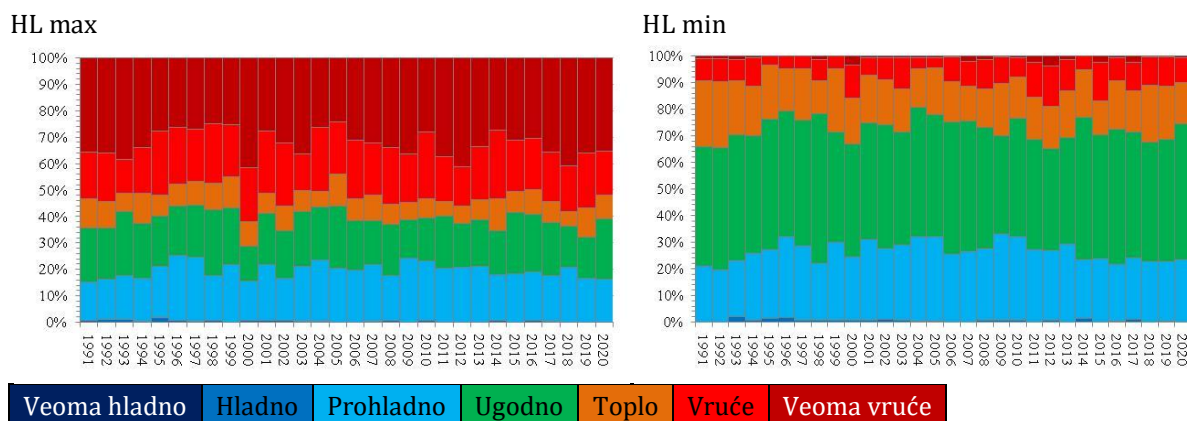
Kod subindeksa HL_{sr} takođe je najzastupljenija kategorija "*ugodno*" sa 4177 takvih dana ili 38.1% u ukupnom broju dana. Međutim ono što privlači pažnju jeste broj dana u

kategoriji “*veoma vruće*” kojih je ukupno bilo 1002 (9.14%). Ukoliko posmatramo odvojeno svaku od decenija istraživnog perioda, videćemo da broj dana u najvišoj kategoriji toplotnog opterećenja raste. Tako je u prvoj deceniji istraživnog perioda (1991-2000.) broj “*veoma vrućih*” dana iznosio 267, u narednoj deceniji (2001-2010.) iznosio je 326, dok je u poslednjoj deceniji iznosio 409. Ukoliko se vratimo korak unazad, na subindeks HL_{max} primetićemo slično: tokom poslednje decenije evidentirano je 1274 “*veoma vrućih*” dana, dok je deceniju ranije taj broj iznosio 1124, a još jednu deceniju ranije 1154 – što znači da danas imamo dodatnih 100 dana u najvišoj kategoriji. Ako pogledamo decenijski prosek, možemo reći da po godini imamo i po 10 dana više u kategoriji “*veoma vruće*” za subindeks HL_{max} .

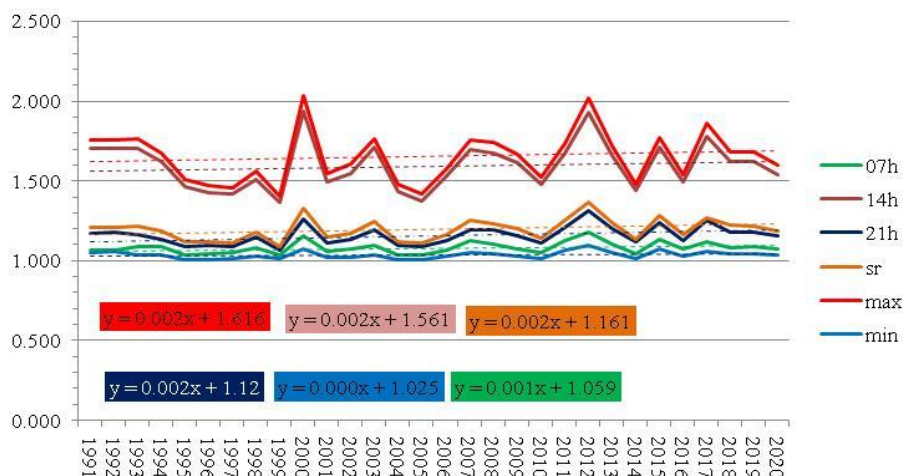
Kada analiziramo poslednji subindeks HL_{min} vidimo da je trend promene bio nešto blaži u odnosu na sve druge subindekse, ali i kod ovog indeksa zabeležene su izvesne promene. Kao i kod prethodnih, i među zabeleženim vrednostima HL_{min} registrujemo konstantan porast broja dana u kategoriji “*veoma vruće*”. Tako je tokom prve decenije (1991-2000.) taj broj iznosio 32, tokom naredne decenije (2001-2010.) 30, a tokom poslednje decenije istraživnog perioda (2011-2020.) taj broj je bio 53. Slično je i sa kategorijom toplotnog opterećenja “*vruće*” (1.181-1.750) gde u periodu 1991-2000.godina imamo 269 “*vrućih*” dana, u periodu 2001-2010.godina 298 “*vrućih*” dana, a u periodu 2011-2020.godina imamo 404 *vruća* dana. U ukupnom broju dana, procentualno, kod indeks HL_{min} najzastupljeniji su dani u kategoriji “*ugodno*” sa 45.9% ili 5032 takva dana, a slede ih dani u kategoriji “*prohladno*” (0.821-0.975) sa 25.9% (2840 dana). Najviša srednja godišnja vrednost HL_{min} tokom 30-to godišnjeg perioda iznosila je 1.100 i zabeležena je 2012.godine.

Grafikon br. 37: Zastupljenost različitih HL kategorija toplotnog opterećenja, po godinama (1991-2020)





Grafikon br. 38: Trend promene indeksa HL na godišnjem nivou, za period 1991-2020.



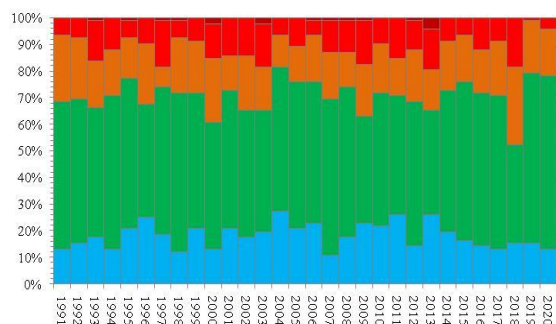
Posmatrano u odnosu na druge mesece u godini, **termalni komfor** na otvorenom ocenjen indeksom HL, **najpovoljniji je tokom prolećnih meseci** (mart, april, maj), posebno tokom jutarnjih (HL_{07h}) i večernjih časova (HL_{21h}) (grafikon br. 39). Takođe, tokom prolećnih meseci trend promene je bio dosta manje izražen u odnosu na vrednosti indeksa HL tokom letnjih i jesenjih meseci, kada su te promene bile dosta očiglednije. Kada posmatramo rezultate subindeksa HL_{14h} , možemo zaključiti su procentualno najzastupljenije kategorije “*vruće*” (1.181-1.750) i “*veoma vruće*” (>1.751) sa 820 odnosno 737 takvih dana ili ti 56% ukupnog broja dana tokom tridesetogodišnjeg perioda. Dani kada su vrednosti HL_{14h} ocenjene kao “*ugodne*” (0.976-1.025) učestvuju sa 19% (526 dana). Najviša srednja prolećna vrednost subindeksa HL_{14h} izmerena je 2000.godine kada je iznosila 1.760.

Najviša srednja prolećna vrednost subindeksa HL_{07h} zabeležena je 2018.godine (1.095), a iste godine registrovane su najviše srednje vrednosti subindeksa HL_{21h} (1.204) i HL_{sr} (1.253). Najveći broj dana u kategoriji “*ugodno*” (0.976 – 1.025) javlja se kod subindexa HL_{07h} sa 1450 takvih dana ili 52%. Subindeksi HL_{21h} i HL_{sr} imaju podjednak broj dana u kategoriji “*ugodno*” – 1251 dan ili 55%. Na drugom mestu kod oba subindeksa javljaju se dani kada je toplotno opterećenje pripadalo kategoriji “*toplo*” (1.026 – 1.180) sa 21% u ukupnom broju dana (581, odnosno 580 dana).

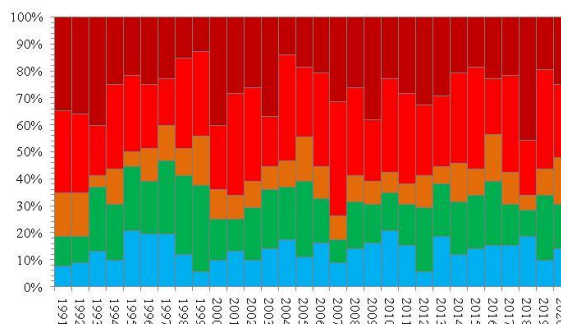
Najviše srednja prolećna vrednost subindeksa HL_{max} registrovana je 2000.godine kada je iznosila 1.843, a sledi je 2018.godina sa 1.807. Najviše srednja prolećna vrednost subindeksa HL_{min} registrovana je 2016.godine kada je iznosila 1.148.

Grafikon br. 39: Zastupljenost različitih HL kategorija toplotnog opterećenja, proleće (1991-2020)

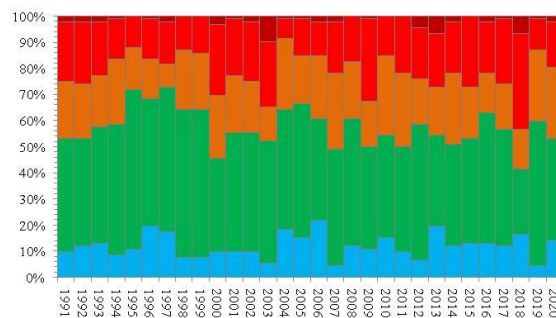
HL 07h



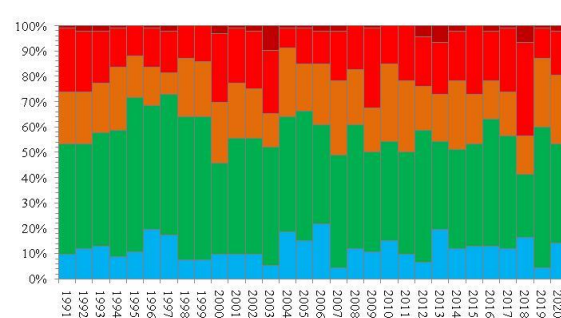
HL 14h



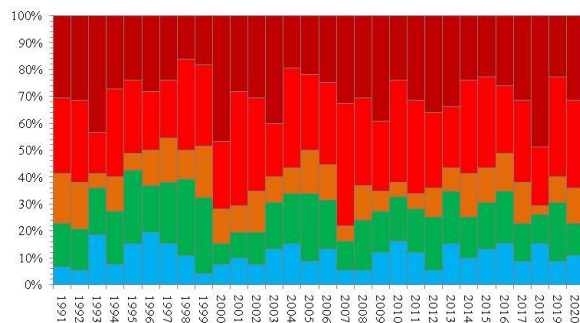
HL 21h



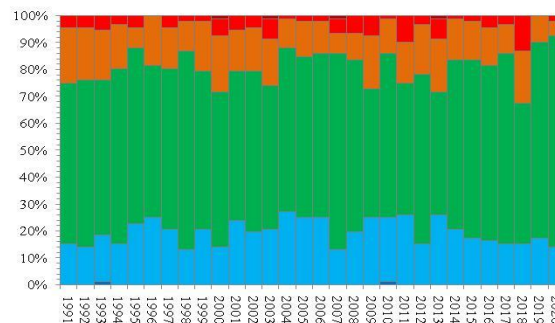
HL sr



HL max



HL min



Veoma hladno

Hladno

Prohladno

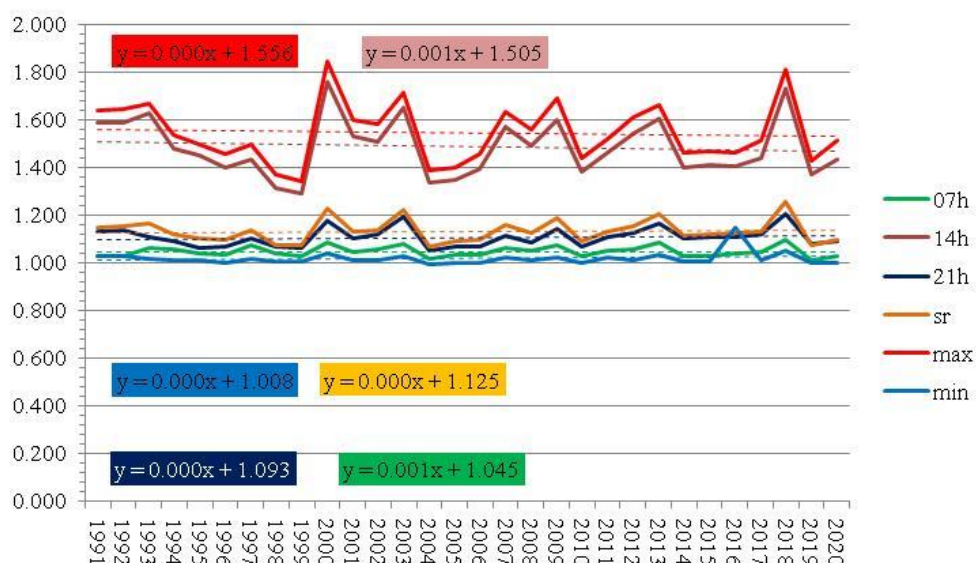
Ugodno

Toplo

Vruće

Veoma vruće

Grafikon br. 40: Trend promene indeksa HL, proleće, 1991-2020.



Letnji meseci (jun, jul, avgust) predstavljaju najmanje povoljne mesece tokom godine, kada se javljaju najviše temperature i najviše vrednosti toplotnog opterećenja (HL), koje prilikom dužeg boravka na otvorenom i dužoj izloženosti nepovoljnim bioklimatskim uslovima mogu izazvati različite zdravstvene tegobe kod čoveka. Na grafikonu br. 41, možemo jasno uočiti trend smanjenja broja dana sa nižim vrednostima toplotnog opterećenja (kategorija “*ugodno*”, označena zelenom bojom), ali i rast broja dana sa najvišim vrednostima toplotnog opterećenja, posebno kod subindeksa HL_{14h} i HL_{max} (označene nijansama crvene boje).

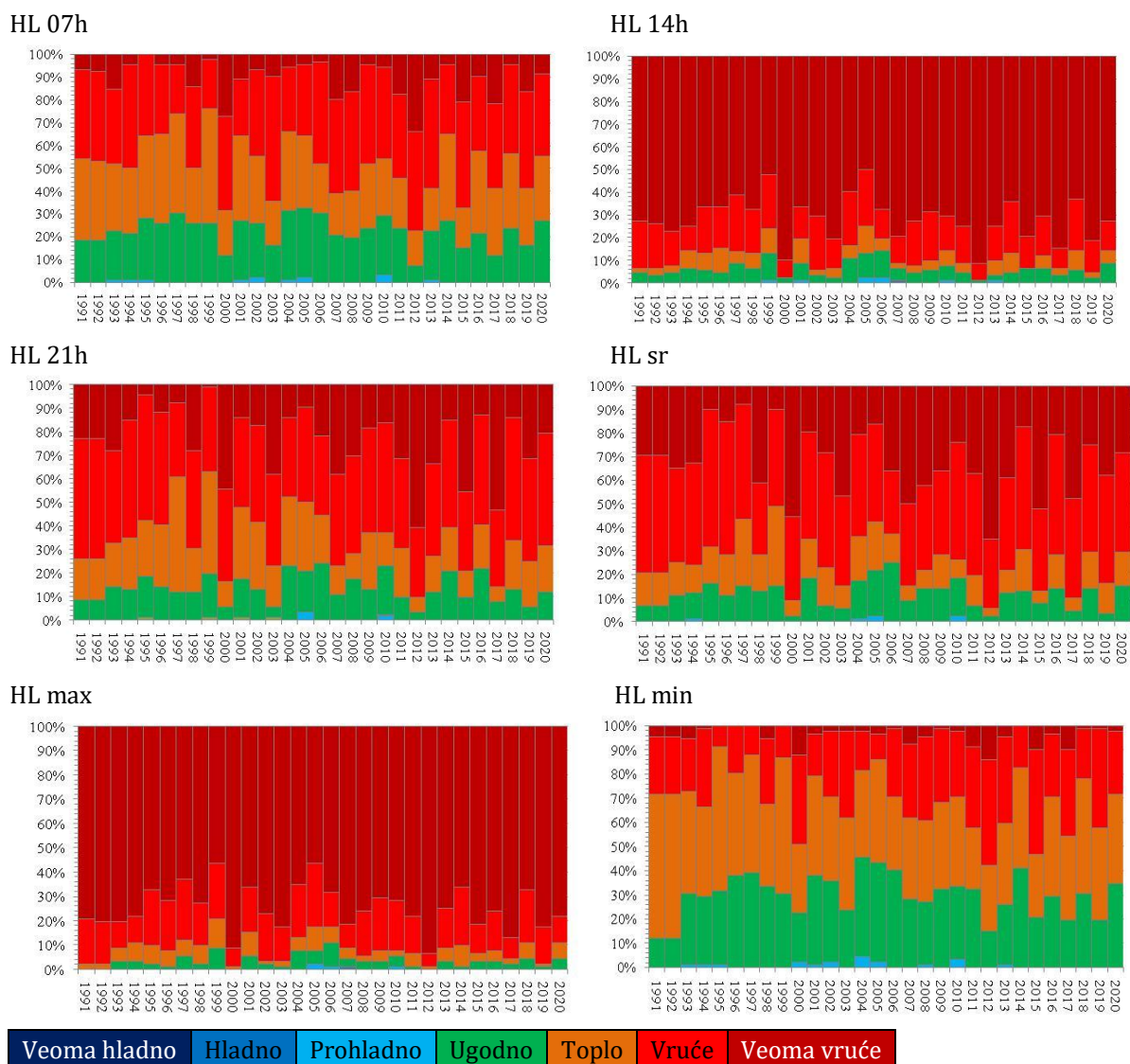
Ako posmatramo subindeks HL_{14h} , možemo lako uočiti dominaciju najviše kategorije toplotnog opterećenja ($HL > 1.751$), gde je broj dana u kategoriji “*veoma vruće*” iznosio 1974, odnosno čak 71% ukupnog broja dana tokom 30 godina. Vrednosti ovog indeksa su tokom posmatranog perioda rasle po godišnoj stopi od 0.004, te sličan trend i visok udeo “*veoma vrućih*” dana možemo očekivati i u budućnosti (grafikon br. 42). Najviša srednja letnja vrednost indeksa HL_{14h} zabeležena je 2000.godine (3.451) i 2012.godine (3.437). Subindeks HL_{max} zabeležio je još izraženiju stopu rasta koja je iznosila 0.005/god, a najviše srednje letnje vrednosti ovog indeksa izmere su 2000.godine (3.668), 2012.godine (3.664) i 2017.godine (3.419). Ovde je takođe najzastupljenija najviša kategorija toplotnog opterećenja, gde se 2064 dana nalazilo u kategoriji “*veoma vruće*”, odnosno 74.8% u ukupnom broju dana. Sledi je kategorija “*vruće*” (1.181-1.750) sa 16.8% odnosno 464 dana.

Toplotno opterećenje najniže je u ranim jutarnim časovima tokom toplih letnjih dana, što nam pokazuje subindeks HL_{07h} , kada je zabeležno 618 “*ugodnih*” dana sa vrednostima indeksa u opsegu 0.976 – 1.025, iliti nešto više od 22% ukupnog razmatranog perioda. Takođe, slične rezultate dobijamo i kod subindeksa HL_{min} gde je “*ugodnih*” dana bilo 807 ili 29.2%. Tokom tri decenije primetan je konstantan porast vrednosti oba subindeksa, gde kod HL_{07h} ta stopa iznosi 0.003/god, dok za subindeks HL_{min} iznosi 0.002/god. Najviša srednja letnja vrednost subindeksa HL_{07h} izmerena je 2012.godine, kada je iznosila 1.591. Iste godine je zabeležna i najviša srednja letnja vrednost subindeksa HL_{min} koja je iznosila 1.374.

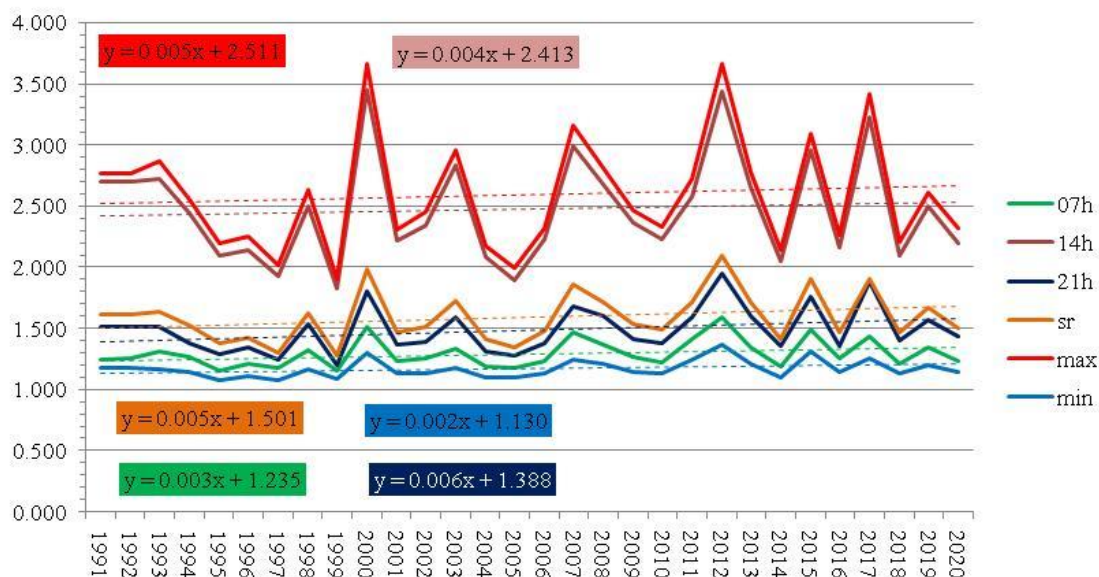
Najviša srednja letnja vrednost indeksa HL_{sr} izmerena je 2012.godine i iznosila je 2.091, a slede je 2000.godina sa 1.975, dok se na trećem mestu nalazi 2016.godina sa vrednošću subindeksa od 1.906. Stopa rasta indeksa HL_{sr} na godišnjem nivou iznosi 0.005, što ovaj subindeks svrstava u sam vrh prema zabeleženim promenama. Ako posmatramo različite kategorije termalnog opterećenja koje su zabeležene na srednje dnevnom nivou, najviše je onih dana u kategoriji “*vruće*” – 1180 ili 42.7%. Slede ih “*veoma vrući*” dani – 879 dana ili 31.5%, što znači da dve kategorije sa najvišim toplotnim opterećenjem učestvuju sa 74.2%. *Ugodnih* dana je bilo 317 ili 11.5%.

Kod subindeksa HL_{21h} registrovana je najveća stopa rasta koja je tokom perioda 1991-2020.godina iznosila 0.006/god. Najzastupljenije su najviše kategorije toplotnog opterećenja “*vruće*” sa 1147 dana i “*veoma vruće*” sa 667 dana, koje zajedno učestvuju sa 65.7% u ukupnom zbiru. Dani u kojima je srednja vrednost indeksa HL_{21h} bila u opsegu 0.976-1.025 za “*ugodno*” učestvuju sa 13.3% (367 dana). *Topli* dani kada je vrednost HL_{21h} bila u opsegu 1.026-1.180 učestvuju sa 20.6%, odnosno 570 takvih dana. Najviša srednja letnja vrednost indeksa HL_{21h} iznosila je 1.946 i izmerena je 2012.godine. Sledi je 2017.godina, kada je ta najviša srednja letnja vrednost u 21h iznosila 1.874.

Grafikon br. 41: Zastupljenost različitih kategorija toplotnog opterećenja, leto, 1991-2020.



Grafikon br. 42: Trend promene indeksa HL, leto, 1991-2020.



Osim tokom letnjih meseci, ***najznačajnije promene*** u pogledu spoljašnjeg termalnog komfora registrovane su i tokom ***jeseni u periodu 1991-2020.godine***. Na grafikonu br. 43 možemo uočiti porast broja dana u višim kategorijama HL toplotnog opterećenja “*toplo*”, “*vruće*” i “*veoma vruće*”, ali i blago opadanje broja dana u kategoriji “*prohladno*” (0.821-0.975). Te promene nisu u izražene u stepenu u kom su promene prisutne tokom letnjeg perioda analiziranog u ovom radu, ali su svakako prisutne i ukazuju na izmenu bioklimatskih uslova tokom jesenjih meseci, kao i na porast temperatura tokom septembra, oktobra i novembra. Najviše srednje jesenje temperature svih razmatranih subindeksa zabeležene su 2012.godine i to za: $HL_{07h} = 1.116$, $HL_{14h} = 1.758$, $HL_{21h} = 1.244$, $HL_{sr} = 1.266$, $HL_{max} = 1.813$ i $HL_{min} = 1.074$.

Najveći broj dana u kategoriji “*ugodno*” (0.976 – 1.025) zabeležen je kod subindeksa HL_{min} i HL_{07h} i to 1471 i 1388 dana, odnosno oko 50% (HL_{07h}) i 51.9% (HL_{min}) ukupnog broja dana tokom tridesetogodišnjeg perioda. Kod subindeksa HL_{21h} i HL_{sr} udeo “*ugodnih*” dana iznosi 44% (1208) i 46.5% (1273).

Kada posmatramo subindeks HL_{14h} , najzastupljeniji su dani koji su pripadali kategoriji “*vruće*” (1.181 – 1.750) – 723 takva dana ili nešto više od 26%. Tu je i kategorija “*veoma vruće*” sa 596 takvih dana ili 21.8%, što znači da je udeo dana u kojima je toplotno opterećenje izmereno u 14h pripadalo najvišim kategorijama, tokom jesenjih meseci, iznosio oko 49%. Kod subindeksa HL_{max} broj “*veoma vrućih*” dana bio je 659, odnosno 24.1%, a “*vrućih*” dana je bilo 761, odnosno 27.9%. Zajedno, *vrući* i *veoma vrući* dani učestvovali su sa 51.7% u ukupnom broju.

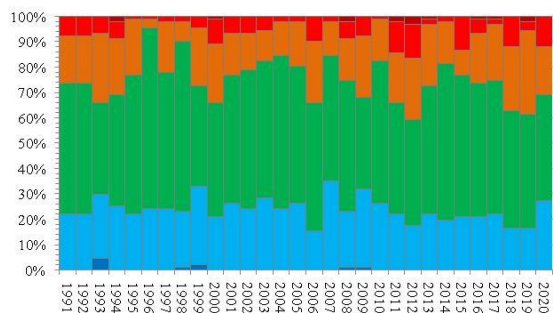
Ono što je kod jeseni u periodu 1991-2020.godina zanimljivo jeste broj dana u kategoriji “*veoma vruće*” kod subindeksa HL_{sr} , gde je u periodu 1991-2010.godina zabeleženo 24 dana u pomenutoj kategoriji, dok je u poslednjoj deceniji istraživanog perioda (2011-2020.godina) taj broj gotovo udvostručen na 44 takva dana. Slično je i kod subindeksa HL_{07h} , gde je tokom prvih 20 godina registrovano samo 5 dana u kategoriji “*veoma vruće*”, a tokom poslednjih 10 godina zabeleženo je 10 takvih dana (najviše 3 dana u 2012.godini). To je još izraženije kod subindexa HL_{21h} , gde je u periodu 1991-2010.godina u kategoriji “*veoma vruće*” zabeleženo 15 takvih dana, tok je u periodu 2011-2020.godina taj broj iznosio 36, što znači da je došlo do porasta od 140%.

Broj termalno najnepovoljnijih dana značajno je porastao i kada posmatramo subindeks HL_{max} , pa je tako u prvoj deceniji (1991-2000.godina) bilo 204 *veoma vruća* dana, u drugoj deceniji (2001-2010.godina) 193 *veoma vruća* dana, a u poslednjoj deceniji istraživanog perioda (2011-2020.godina) 262 *veoma vruća* dana.

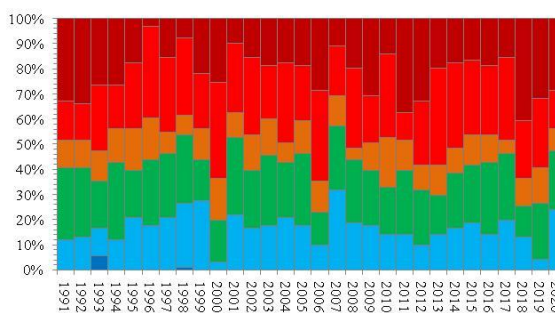
Tokom perioda od 30 godina, najviši trend rasta godišnjih vrednosti zabeležen je kod subindeksa HL_{max} i HL_{14h} – sa pozitivnim trendom od 0.005/god. Slede ih subindeksi HL_{21h} i HL_{sr} sa pozitivnim trendom od 0.002/g, a na trećem mestu nalazi se subindeks HL_{07h} sa trendom od 0.001/god (grafikon br. 44). Važno je napomenuti da srednja godišnja vrednost HL_{07h} nakon 2011.godine nije bila ispod 1.005, što u godinama pre toga nije bio slučaj. Slično važi i za subindeks HL_{min} gde tokom poslednjih 6 godina istraživanog perioda (2015-2020.), njegova vrednost nije išla ispod 1.002. Na osnovu dobijenih rezultata, ali i na osnovu uvida u meteorološke godišnjake RHMZ-a za period nakon 2020.godine (za 2021., 2022., i 2023.godinu), možemo očekivati da će se ovakvi trendovi nastaviti i u budućnosti, što će rezultovati većim toplotnim opterećenjem tokom jesenjih dana na području centralne urbane zone Beograda.

Grafikon br. 43: Zastupljenost različitih kategorija toplotnog opterećenja, jesen 1991-2020.

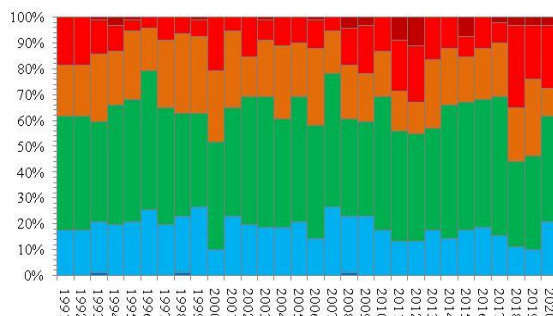
HL 07h



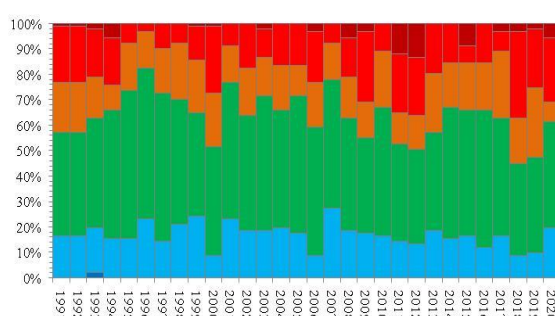
HL 14h



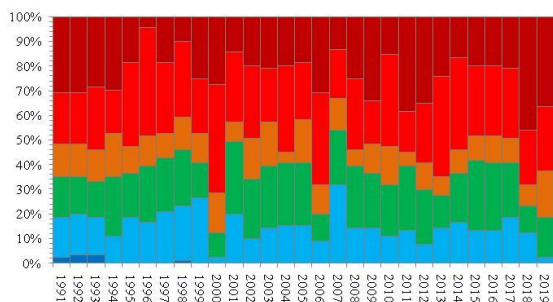
HL 21h



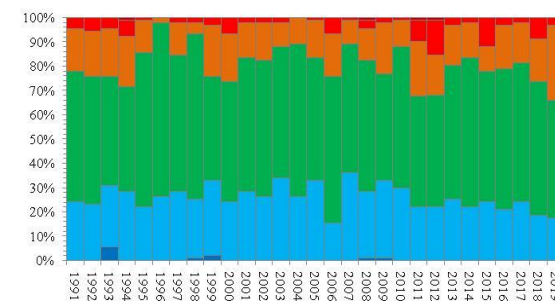
HL sr



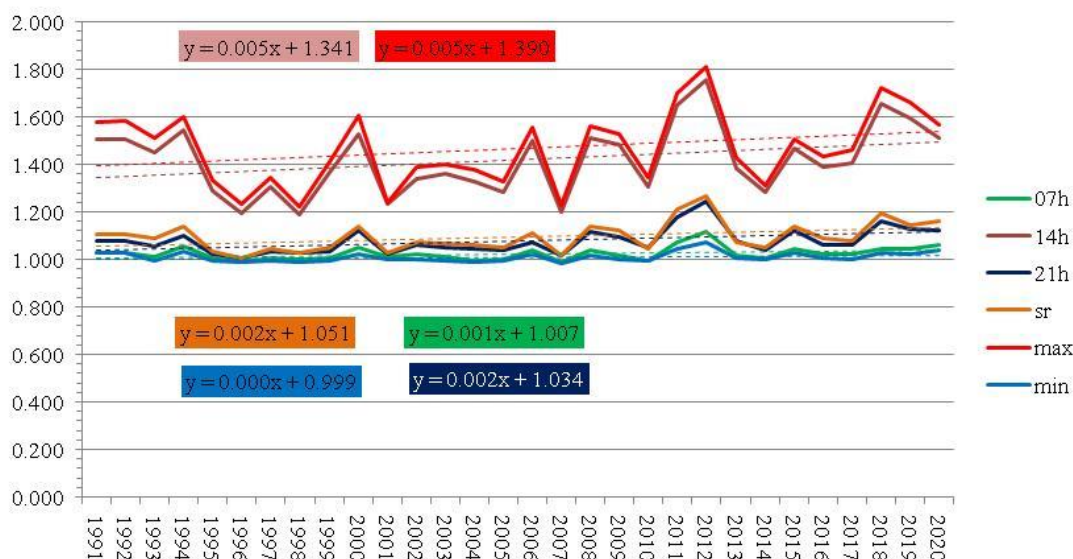
HL max



HL min



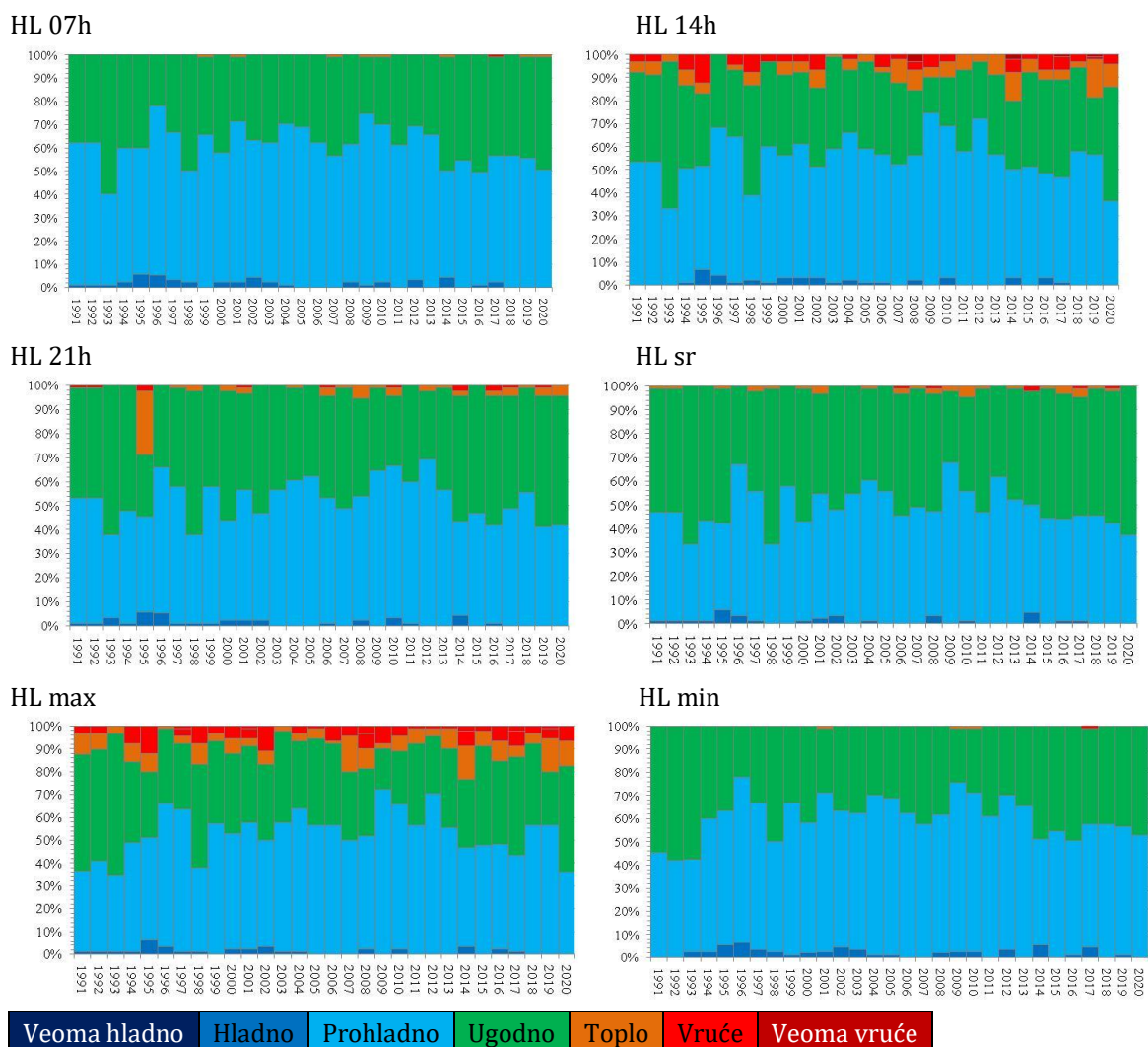
Grafikon br. 44: Trend promene indeksa HL, jesen, 1991-2020.



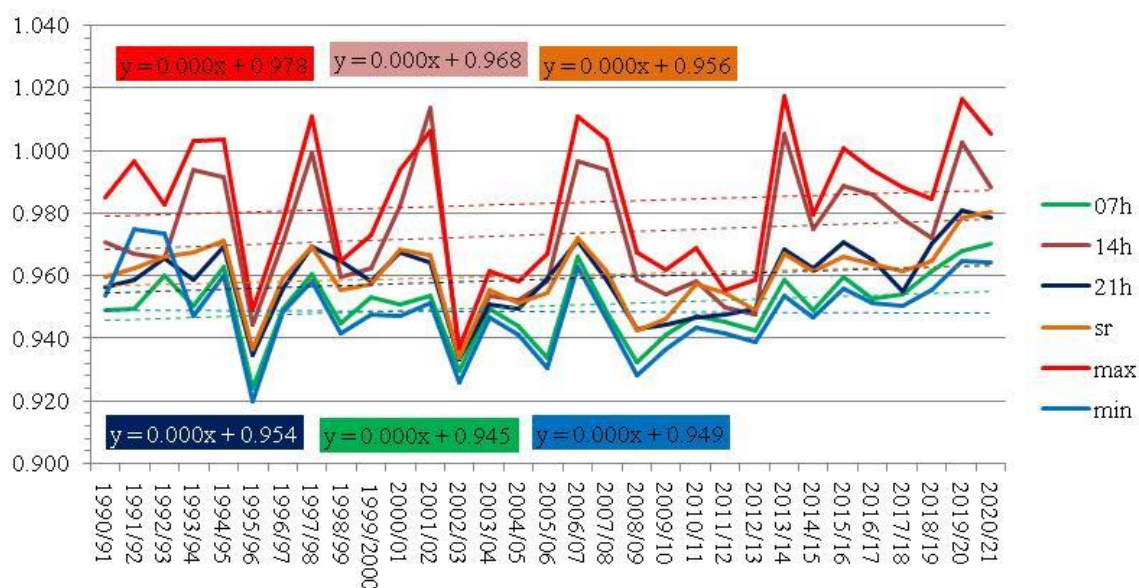
Poredeći godišnja doba tokom 30 godina, **najmanje izražene promene** u toplotnom opterećenju, **zabeležene su tokom zime u periodu 1991-2020.godine** (grafikon br. 46). Na grafikonu br. 45 možemo uočiti blag pad broja dana u kategoriji “*prohladno*” (0.821 – 0.975), kao i blag porast dana u višim kategorijama toplotnog opterećenja, pre svega u kategoriji “*ugodno*” (0.976-1.025). Dve dominantne kategorije su “*prohladno*” i “*ugodno*” kod svih razmatranih subindeksa.

S obzirom da govorimo o najhladnijim mesecima u godini (januar, februar i decembar), zabeležen je i određen broj dana u kategoriji “*hladno*” (0.251-0.820). Najviša srednja zimska vrednost subindeksa HL_{07h} izmerena je tokom zime 2020/21.godine i iznosila je 0.970, a sledi je zima 2019/20.godine sa 0.968. Za subindeks HL_{21h} najviša srednja zimska temperatura izmerena je tokom zime 2019/20.godine kada je iznosila 0.981, a zatim je sledi zima 2020/21.godine kada je ta vrednost iznosila 0.978. Najviša srednja zimska vrednost subindeksa HL_{sr} izmerena je tokom zime 2020/21.godine i iznosila je 0.980, a sledi je zima 2019/20.godina sa 0.979. Subindeks HL_{14h} je zabeležio svoju najvišu srednju zimsku vrednost tokom zime 2001/02.godine, a slede je 2013/14. i 2019/20. godina sa vrednostima od 1.005 i 1.002. Najviša srednja zimska vrednost subindeksa HL_{max} izmerena je zime 2013/14., kada je iznosila 1.017 i zime 2019/20.godine kada je iznosila 1.016

Grafikon br. 45: Zastupljenost različitih kategorija toplotnog opterećenja, zima 1991-2020.



Grafikon br. 46: Trend promene indeksa HL, zima, 1991-2020.



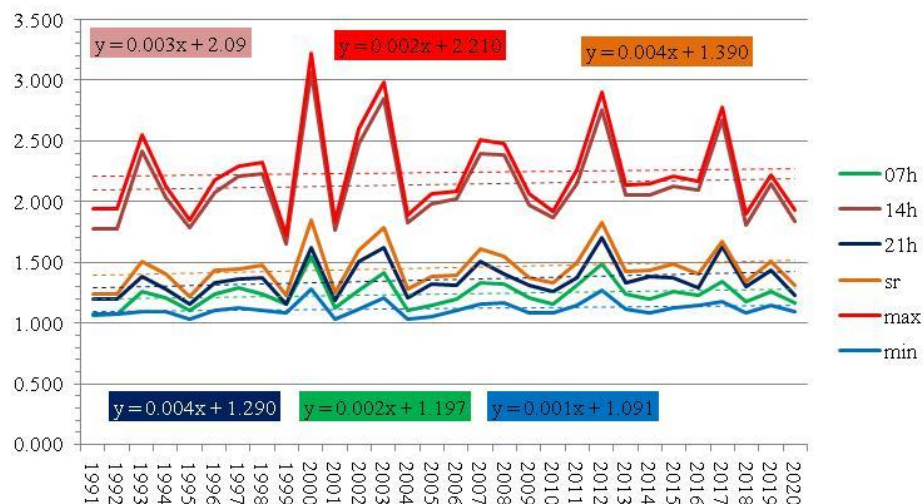
Kako bi se stekao detaljniji i potpuniji uvid u način na koji su se vrednosti termalnog opterećenja u čoveku menjale tokom prethodnih 30 godina u Beogradu, tačnije u periodu 1991-2020.godina, na grafikonima koji slede, prikazn je **trend promene indeksa Heat Load (HL), po odabranim mesecima**. Ovom prilikom izdvojeni su **meseci tokom kojih su zabeležene naznačajnije promene**: tri letnja meseca (jun, jul i avgust), kao i tri jesenja meseca (septembar, oktobar i novembar). Ranije u tekstu, navedeno je da su se upravo tokom leta i jeseni u periodu 1991-2020.godine desile najznačajnije promene.

Toplotno opterećenje u čoveku zabeležilo je najveći “rast” tokom **jula meseca** (1991-2020.godine). Ukoliko posmatramo grafikon za jul, možemo uočiti da godišnja vrednost subindeksa HL_{max} (crvena linija) raste stopom od 0.009/god. Gotovo identičan pozitivan trend javlja se i kod subindeksa HL_{sr} i HL_{21h} (narandžasta i tamno plava linija) koji iznosi 0.009/god. Zatim sledi subindex HL_{14h} (ljubičasta linija) sa pozitivnim trendom rasta godišnje vrednosti od 0.007/god, kao i subindeks HL_{07h} (zelena linija) gde taj trend iznosi 0.006/god. Najsporije su rasle vrednosti subindeksa HL_{min} gde je trend iznosio 0.004/god. Trend koji je zabeležen tokom jula meseca (za svih 30 godina) najveći je pozitivan trend rasta, kako među letnjim mesecima, tako i u odnosu na sve druge mesece tokom godine.

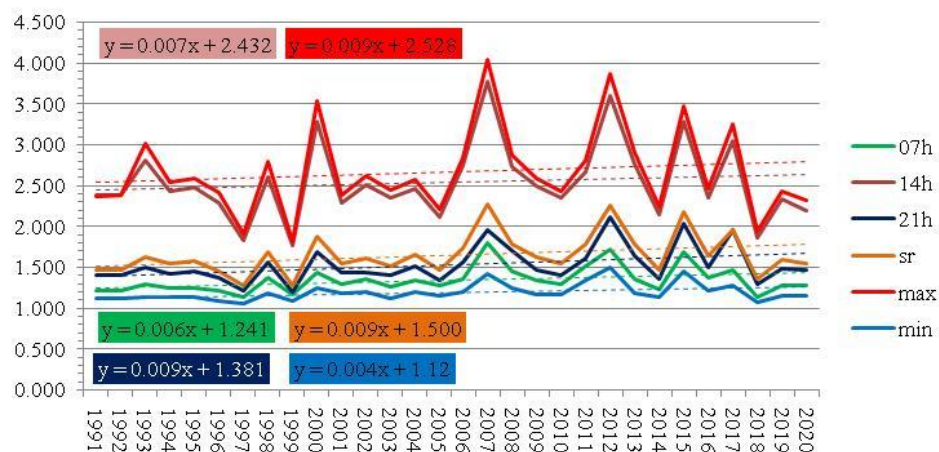
Među jesenjim mesecima svakako treba izdvojiti **septembar**. Ukoliko posmatramo grafikon za septembar, možemo uočiti da godišnja vrednost subindeksa HL_{max} (crvena linija) raste stopom od 0.009/god. Sledi je HL_{14h} (ljubičasta linija) sa trendom od 0.008/god. Na trećem mestu su subindeksi HL_{sr} i HL_{21h} , sa trendom od 0.006/god, a na poslednjem mestu HL_{07h} i HL_{min} sa trendom rasta od 0.002/god.

Vrednosti trenda promene odnosno rasta za ostale odabrane mesece (jun, avgust, oktobar i novembar) prikazani su na grafikonima koji slede u nastavku teksta.

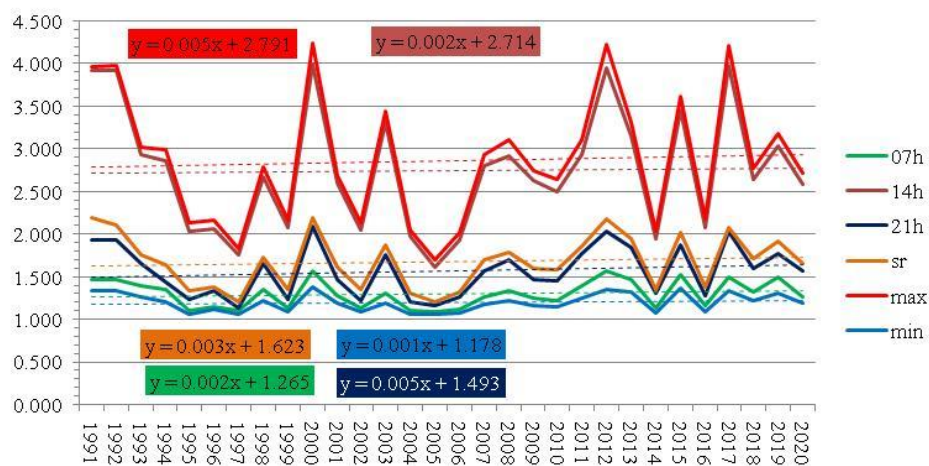
Grafikon br. 47: Trend promene indeksa HL, po odabranim mesecima, 1991-2020.



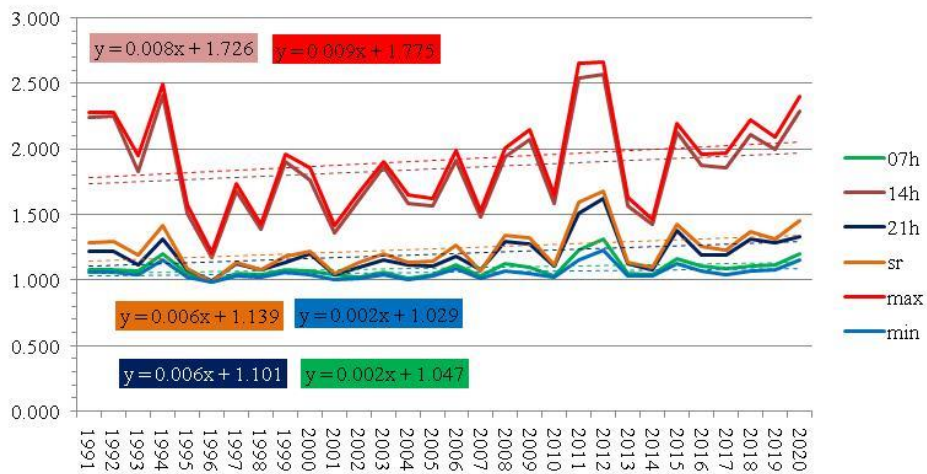
HL, Jun, 2019-2020.



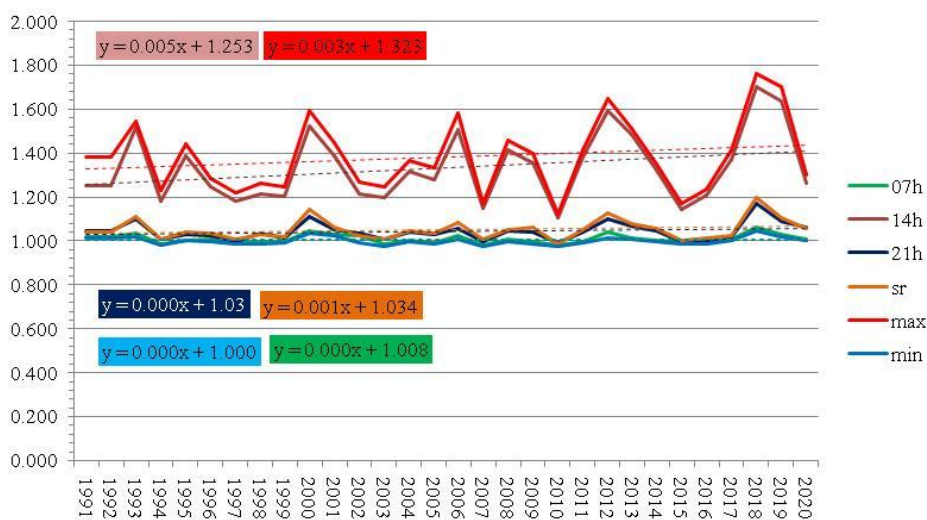
HL, Jul, 1991-2020.



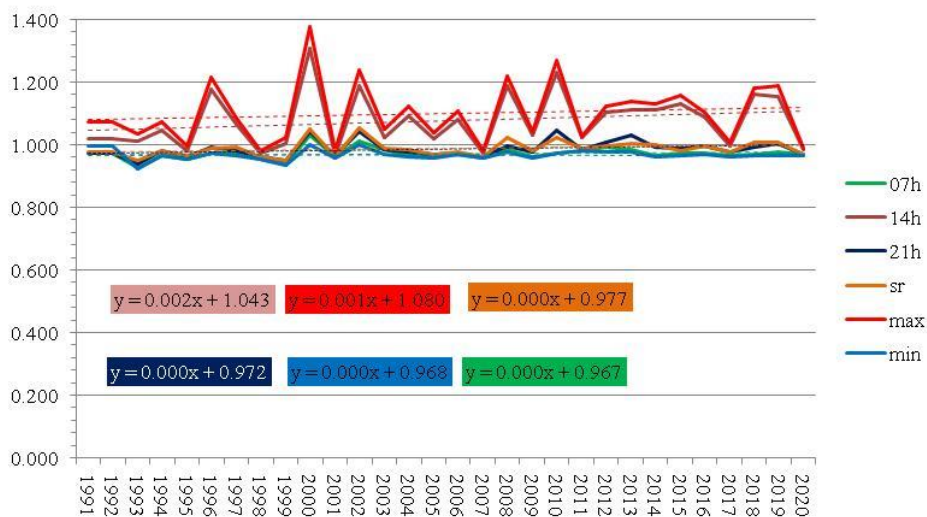
HL, Avg, 1991-2020.



HL, Sept, 1991-2020.



HL, Okt, 1991-2020.



HL, Nov, 1991-2020.

Fiziološko naprezanje (PhS)

Bioklimatski indeks PhS ili fiziološko naprezanje bezdimenzionalna je veličina koja nam pomaže u razumevanju intenziteta procesa adaptacije čovekovog organizma na uslove sredine u kojoj se nalazi, bilo da se radi o hladnom ili toplom okruženju (Pecelj i dr., 2015). Upravo ovaj indeks omogućava bolje razumevanje odgovora tela, odnosno reakcije termoregulacionog sistema. Na grafikonu br. 48 prikazan je udeo različitih kategorija fiziološkog naprežanja koje su zabeležene na godišnjem nivou u periodu 1991-2020.godina u Beogradu, za svaki od posmatranih PhS subindeksa. Srednje godišnje vrednosti indeksa PhS predstavljene su na grafikonu br. 49. Na osnovu dobijenih rezultata, evidentiran je porast broja dana u kategorijama *toplog* naprežanja, na godišnjem nivou, za svih 6 PhS subindeksa.

Radi lakšeg praćenja i razumevanja rezultata, treba imati na umu da se vrednosti različitih kategorija fiziološkog naprežanja kreću u opsegu od <0.00 za *ekstremno toplo* do >8.00 za *ekstremno hladno* naprežanje. Odnosno **što je vrednost PhS indeksa niža, ona je bliža termoneutralnom naprežanju** (0.76–1.50) ili **ukoliko je manja od 0.75 onda pripada nekoj od kategorija toplog naprežanja**. Ukoliko je vrednost indeksa PhS **veća od 1.51**, u tom slučaju govorimo o nekoj od **kategorija hladnog naprežanja**. Za razliku od ostalih indeksa koji su primenjeni za potrebe bioklimatske analize u ovom istraživanju, gde više vrednosti indeksa označavaju kategorije toplotnog stresa poput “*toplo, vruće, veoma vruće* i sl.”, kod PhS indeksa imamo obrnutu situaciju gde **niže vrednosti indeksa na skali opisuju kategorije toplog naprežanja**.

Kod **subindeksa PhS_{07h}**, koji je određen na osnovu meteoroloških parametara izmerenih u jutarnjim časovima (07h), uočen je porast broja “*termoneutralnih*” dana poredeći prvu i poslednju deceniju istraživanog perioda: sa 653 na 718. Takođe, možda još značajnije, registrovan je porast broja dana u kategoriji “*UTN - umereno toplo naprežanje*” (0.26-0.75). Tako je, u periodu 1991-2000.godina zabeleženo 103 UTN dana, u periodu 2001-2010.godina 111 UTN dana, a tokom perioda 2011-2020.godina bilo ih je 167. Najviše su zastupljeni dani sa “*UHN - umerenim hladnim naprežanjem*” (1.51-4.00), sa udelom od 63.7% (6974 dana). Slede ih “*termoneutralni*” dani sa 18.2%. Srednja 30-to godišnja vrednost PhS_{07h} tokom referentnog perioda iznosila je 2.63. Nakon 2011.godine, 8 od 10 godina su zabeležile vrednost PhS_{07h} nižu od 30-to godišnjeg proseka, a najniža je izmerena 2019.godine i iznosila je 2.36.

Slično je i kod **subindkesa PhS_{min}**. Tokom perioda od 30 godina, uočen je porast “*termoneutralnih*” dana, posebno kada poredimo prvu i poslednju deceniju: sa 430 na 580. Takođe, važno je istaći i porast broja dana sa “*umereno toplim naprežanjem*” sa 11 na 35 (čak 3 puta više). Takvih dana bilo je najviše u 2012.godini (11), ali i 2015. i 2017.godine (6). Najzastupljeniji su dani sa “*umereno hladnim naprežanjem*”, njih 7618 ili 69.5%. Slede ih dani sa “*velikim hladnim naprežanjem*”, njih 1815 ili 16.6%. Na trećem mestu su “*termoneutralni*” dani sa 13.1% (1437). Srednja 30-to godišnja vrednost PhS_{min} tokom referentnog perioda iznosila je 2.83. Nakon 2011.godine 8 od 10 godina su zabeležile vrednost PhS_{min} nižu od 30-to godišnjeg proseka, a najniža srednja godišnja vrednost subindeksa je izmerena 2019.godine i iznosila je 2.55.

Tabela br. 23: Srednja 30-to godišnja vrednost indeksa PhS, tokom referentnog perioda 1991-2020.god.

Sr. god.vr. ref. period 1991-2020.	PhS 07h	PhS 14h	PhS 21h	PhS sr	PhS max	PhS min
	2.63	1.87	2.37	2.32	1.74	2.83

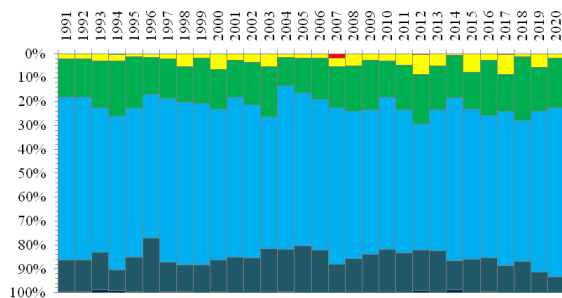
Dalje, ukoliko posmatramo rezultate dobijene za **subindex PhS_{14h}** (određen na osnovu dnevnih vrednosti meteoroloških parametara izmerenih u 14h) zapažamo slične trendove: poredeći 30-to godišnji period uočava se opadanje broja dana u kategoriji “VHN - *veliko hladno naprezanje*” (4.01 - 8.00) i porast broja dana u kategorijama “VTN - *veliko toplo naprezanje*” (0.00-0.25) i “ETN - *ekstremno toplo naprezanje*” (PhS<0.00). Tako je broj VHN dana smanjen sa 348 na 295, dok je broj VTN dana povećan sa 301 na 356. Takođe, broj ETN dana uvećan je sa 82 na 118 (poredeći prvu i poslednju deceniju istraživanog perioda). Najviše dana sa *ekstremno toplim* naprežanjem bilo je 2017.godine (28), 2015.godine (25) i 2012.godine (24). Dominiraju dani sa “*umereno hladnim naprežanjem*” sa udelom od 42.8%, a slede ih “*termoneutralni*” dani sa 19.4%. Po zastupljenosti, na trećem mestu nalaze se dani sa “*umereno toplim naprežanjem*” sa 17%. Dani u kategorijama *toplog* naprežanja zajedno učestvuju sa 28.3%. Srednja 30-to godišnja vrednost PhS_{14h} tokom referentnog perioda iznosila je 1.87. Najniža srednja godišnja vrednost zabeležena je 1992.godine (1.48). Nakon 2011.godine 6 od 10 godina zabeležile su vrednost PhS_{14h} nižu od 30-to godišnjeg proseka.

Subindeks PhS_{max} pokazuje sledeće: evidentiran je porast broja dana u kategoriji “*veliko toplo naprežanje*” sa 344 na 404 (60 dana više poredeći prvu i poslednju deceniju istraživanog perioda, dok je tokom druge decenije zabeležen sličan broj VTN dana – 335). Slično, broj dana sa “ETN – *ekstremno toplim naprežanjem*” tokom prve i druge decenije istraživanog perioda bio je 110 odnosno 113, dok je tokom poslednje decenije zabeleženo čak 160 ETN dana. Najviše ETN dana registrovano je 2017. i 2015.godine (po 33), kao i 2012.godine (28). Dani u kategorijama *toplog* naprežanja zajedno učestvuju sa 31.7% u ukupnom broju dana. Najviše je dana sa “*umereno hladnim naprežanjem*” (41% ili 4493 dana). *Termoneutralni* dani učestvuju sa 19.8%. Srednja 30-to godišnja vrednost PhS_{max} tokom referentnog perioda bila je 1.74. Nakon 2011.godine 7 od 10 godina zabeležile su vrednost PhS_{max} nižu od 30-to godišnjeg proseka, dok je srednja godišnja vrednost subindeksa PhS_{max} preostale 3 godine u poslednjoj deceniji istraživanog perioda bila gotovo jednaka 30-to godišnjem proseku (1.75). Najniža srednja godišnja vrednost zabeležena je 2019.godine i iznosila je 1.48, a sledi je 2018.godina sa 1.58, kao i 2020.godina sa 1.59.

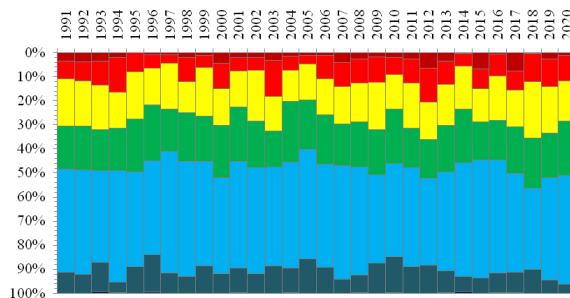
Poslednja dva analizirana subindeksa bila su **PhS_{21h}** i **PhS_{sr}** koji su određeni na osnovu dnevnih vrednosti meteoroloških parametara izmerenih u večernjim časovima (21h), odnosno srednjih dnevnih vrednosti meteoroloških parametara. Srednja 30-to godišnja vrednost PhS_{21h} tokom referentnog perioda bila je 2.37, a PhS_{sr} 2.32. Nakon 2011.godine i za PhS_{21h} i za PhS_{sr} srednja godišnja vrednost tokom 9 od 10 godina je bila niža od 30-to godišnjeg proseka, a najniža je kod oba subindeksa registrovana 2019.godine (PhS_{21h} = 2.07 i PhS_{sr} = 2.05). Sledi je 2020.godina sa 2.17 za PhS_{21h} i 2.14 za PhS_{sr}. Takođe, kod oba subindeksa evidentiran je porast broja dana u kategoriji “*veliko toplo naprežanje*”. Kada poredimo sve tri decenije istraživanog perioda možemo primetiti da je kod subindeksa PhS_{21h} broj VTN dana tokom I decenije bio 9, tokom II decenije 14, a tokom III decenije je zabeleženo čak 50 VTN dana. Najviše VTN dana je registrovano tokom 2012., 2015. i 2017.godine (po 12). Slično, uočen je i rast broja dana u kategoriji “UTN - *umereno toplog naprežanja*”: tokom I decenije bilo ih je 262, tokom II decenije 282, a tokom III decenije je zabeleženo čak 374 UTN dana. Što se PhS_{sr} tiče stanje je sledeće: broj VTN dana tokom prve i druge decenije bio je gotovo ujednačen (26 i 27), da bi tokom III decenije zabeleženo čak 78 (skoro 3 puta više). Kod oba subindeksa najzastupljeniji su dani sa “*umereno hladnim naprežanjem*” sa 57.3%, odnosno 56.3%.

Grafikon br. 48: Zastupljenost različitih kategorija fiziološkog naprežanja po godinama (1991-2020.)

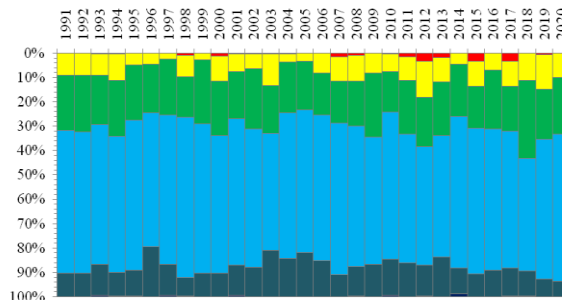
PhS 07h



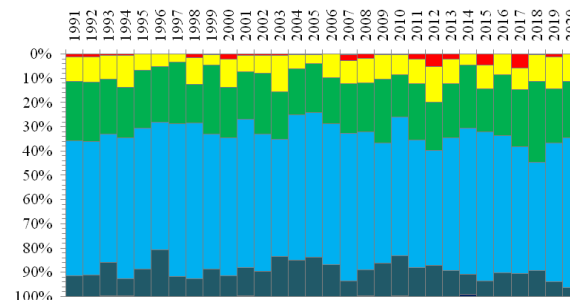
PhS 14h



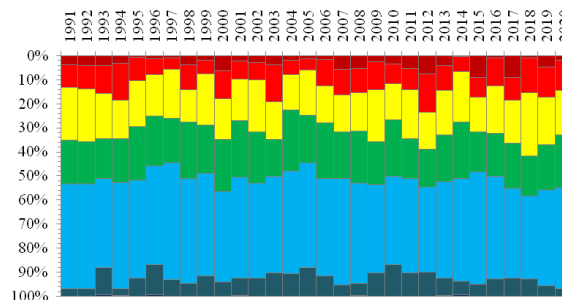
PhS 21h



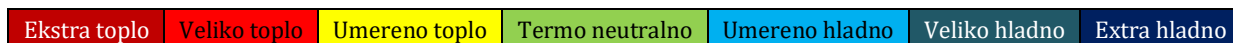
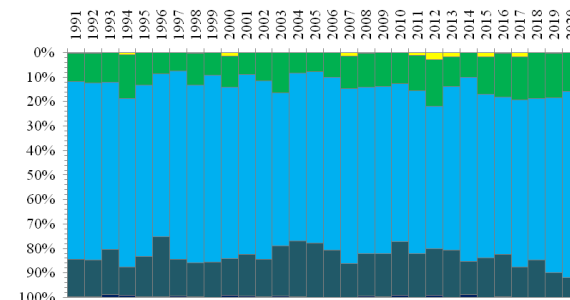
PhS sr



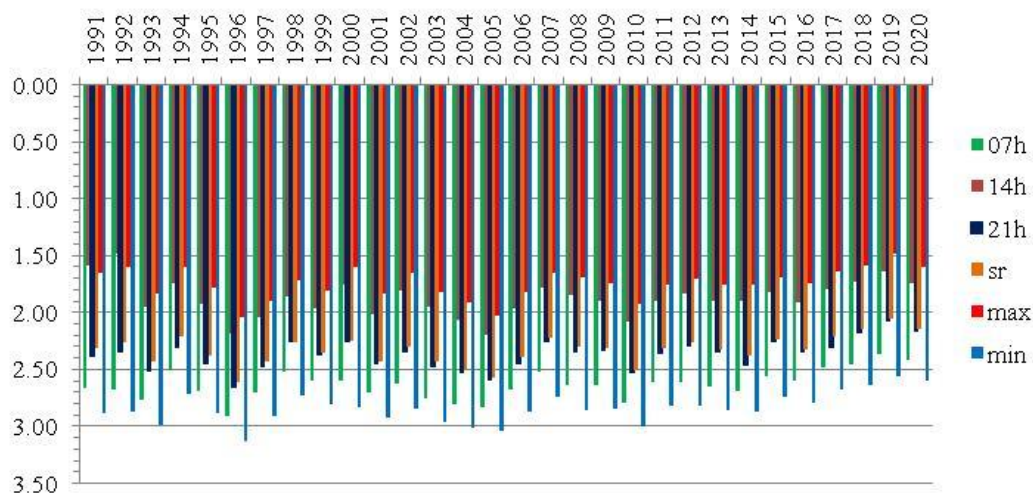
PhS max



PhS min



Grafikon br. 49: Srednje godišnje vrednosti indeksa PhS (07h, 14h, 21h, sr, max, min), 1991-2020.godina



Na grafikonu br. 50 prikazan je udeo različitih kategorija fiziološkog naprežanja tokom **proleća u periodu 1991-2020.godina**, dok su na grafikonu br. 51 predstavljene srednje prolećne vrednosti 6 PhS subindeksa, za svaku godinu. U tabeli br. 24 predstavljene su srednje 30-to godišnje prolećne vrednosti PhS tokom referentnog perioda.

Tabela br. 24: Srednja prolećna vrednost indeksa PhS, tokom referentnog perioda 1991-2020.god.

Sr. prolećna vr. ref. period 1991-2020.	PhS 07h	PhS 14h	PhS 21h	PhS sr	PhS max	PhS min
	2.62	1.76	2.29	2.26	1.59	2.87

Subindeks PhS_{07h} opisuje intenzitet fiziološkog naprežanja koji čovek oseća prilikom boravka na otvorenom u jutarnjim časovima. Ono što je značajno, a što se može uočiti na grafikonu ispod, jeste primetan pad broja dana u kategoriji “VHN - *veliko hladno naprežanje*”, što prolećne dane u jutarnjim časovima čini prijatnijim. Poredeći tri decenije istraživanog perioda, videćemo da je broj VHN dana bilo sličan tokom prve dve decenije (99 i 100), međutim tokom poslednje zabeleženo ih je 64 (1/3 manje). Najzastupljeniji su dani sa “*umereno hladnim naprežanjem*” kojih je bilo 2162 ili 78.3%. Slede ih “*termoneutralni*” dani sa 11.8% (327 dana). Srednja 30-to godišnja prolećna vrednost PhS_{07h} tokom referentnog perioda bila je 2.62, a najniža zabeležena 2.3 (2018.godine). Nakon 2011.godine, 7 od 10 godina su zabeležile nižu srednju prolećnu vrednost od 30-to godišnjeg proseka.

Subindeks PhS_{min} beleži slične trendove: registrovan je pad broja dana u kategoriji “*veliko hladno naprežanje*”, sa 125 i 121 (prva i druga decenija istraživanog perioda) na 83 (treća decenije). Kada posmatramo različite kategorije fiziološkog naprežanja, najveći udeo obuhvataju dani sa “*umereno hladnim naprežanjem*” 84.4% (2330 dana). Slede VHN dani, njih 329 ili 11.9%. *Termoneutralnih* dana bilo je 97 odnosno 3.5%. Srednja 30-to godišnja prolećna vrednost PhS_{min} tokom referentnog perioda bila je 2.87, a najniža zabeležena 2.52 (2018.godine). Nakon 2011.godine, 7 od 10 godina su zabeležile nižu srednju prolećnu vrednost od 30-to godišnjeg proseka.

Kod **subindeksa PhS_{14h}** i **PhS_{max}** izdvaja se sledeće: oba indeksa registrovala su porast broja *termoneutralnih* dana kada poredimo tri decenije istraživanog perioda. Tako je za PhS_{14h} broj *termoneutralnih* dana u periodu 1991-2000.godina bio 249, u periodu 2001-2010.godina 277, a u periodu 2011-2020.godina bio je 299. Najzastupljeniji bili su dani sa “*umereno hladnim naprežanjem*”, njih 1280 ili 46.4% koje slede *termoneutralni* dani sa 29.9% ili 825 dana. Kod subindeksa PhS_{max} broj *termoneutralnih* dana u periodu 1991-2000.godina iznosio je 270, tokom perioda 2001-2010.godina 311, a tokom perioda 2011-2020.godina bilo ih je 316 (neznatn porast). I kod ovog subindeksa najviše je dana sa “*umereno hladnim naprežanjem*” koji u ukupnom udelu učestvuju sa 41.7% (1150 dana). Na drugom mestu se nalaze *termoneutralni* dani sa 32.5% (897 dana). Srednja 30-to godišnja prolećna vrednost PhS_{14h} tokom referentnog perioda bila je 1.76, a najniža zabeležena 1.45 (2018.godine). Srednja 30-to godišnja prolećna vrednost PhS_{14h} tokom referentnog perioda bila je 1.59, a najniža zabeležena 1.31 (2018.godine). Za oba subindeksa, nakon 2011.godine, 7 od 10 godina su zabeležile nižu srednju prolećnu vrednost PhS od 30-to godišnjeg proseka.

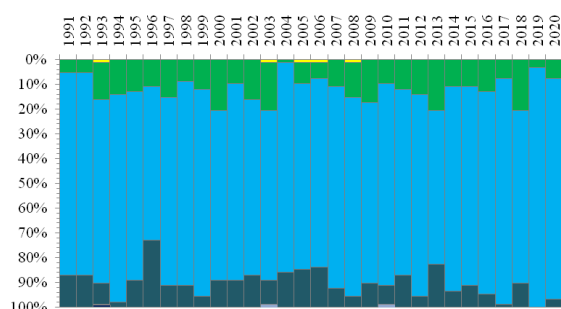
U večernjim satima, određeno na osnovu meteoroloških parametara izmerenih u 21h, fiziološko naprežanje najčešće je odgovaralo kategoriji “*umereno hladnog naprežanja*” za **PhS_{21h}**. UHN dani su učestvovali sa 71.6% (ili 1975 dana) u ukupnom broju dana tokom proleća 1991-2020.godine. Po zastupljenosti, na drugom mestu nalaze se

termoneutralni dani, njih 576 ili 20.9%. Dani sa “*velikim hladnim naprežanjem*” bili su na trećem mestu sa 6.4% (ili 176 dana). Srednja 30-to godišnja prolećna vrednost PhS_{21h} tokom referentnog perioda bila je 2.29, a najniža je zabeležena 2018.godine i iznosila je 1.97. Kao i kod prethodnih subindeksa, nakon 2011.godine, 7 od 10 godina su zabeležile nižu srednju prolećnu vrednost PhS od 30-to godišnjeg proseka.

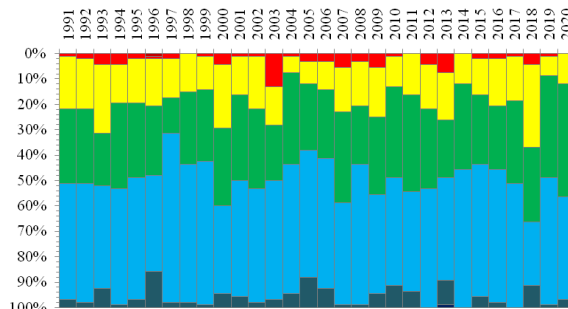
Poslednji razmatrani PhS subindeks, kada govorimo o prolećnoj sezoni, bio je onaj određen na osnovu srednjih dnevnih vrednosti meteoroloških parametara (PhS_{sr}). Na dnevnom nivou, tokom proleća 1991-2020.godina, najviše je bilo dana u kategoriji “UHN - umereno hladno naprežanje” sa 70.6% (1949 dana). Slede ih *termoneutralni* dani sa 22.5% (620 dana). Dana sa “*velikim hladnim naprežanjem*” bilo je 136 ili 4.9%. Najmanje je dana sa “*umereno toplim naprežanjem*” (31 dan). Srednja 30-to godišnja prolećna vrednost PhS_{sr} tokom referentnog perioda bila je 2.26, a najniža je zabeležena 2018.godine i iznosila je 1.93. Tokom poslednje decenije istraživanog perioda (1991-2020.godina) 7 od 10 godina su zabeležile nižu srednju prolećnu vrednost PhS od trideseto godišnjeg proseka.

Grafikon br. 50: Zastupljenost različitih kategorija fiziološkog naprežanja tokom proleća, 1991-2020.

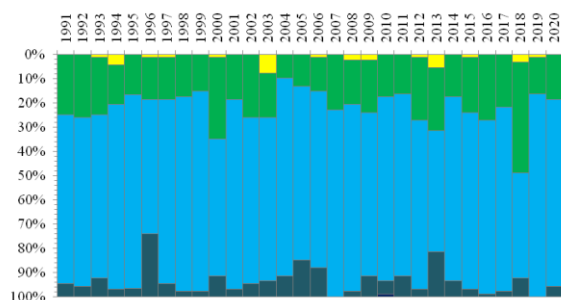
PhS_{07h}



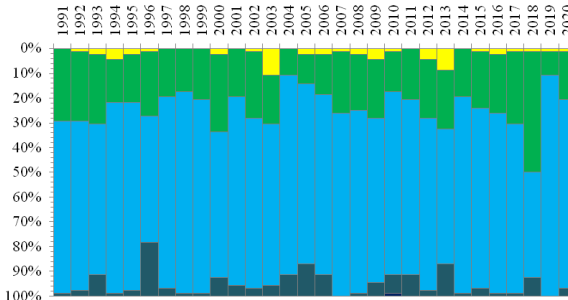
PhS_{14h}



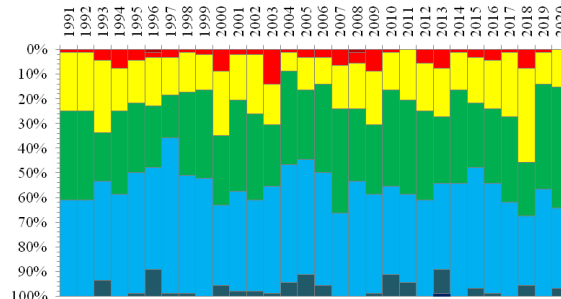
PhS_{21h}



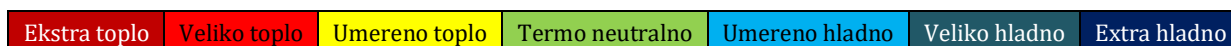
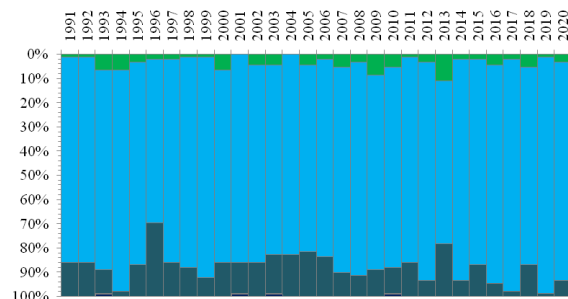
PhS_{sr}



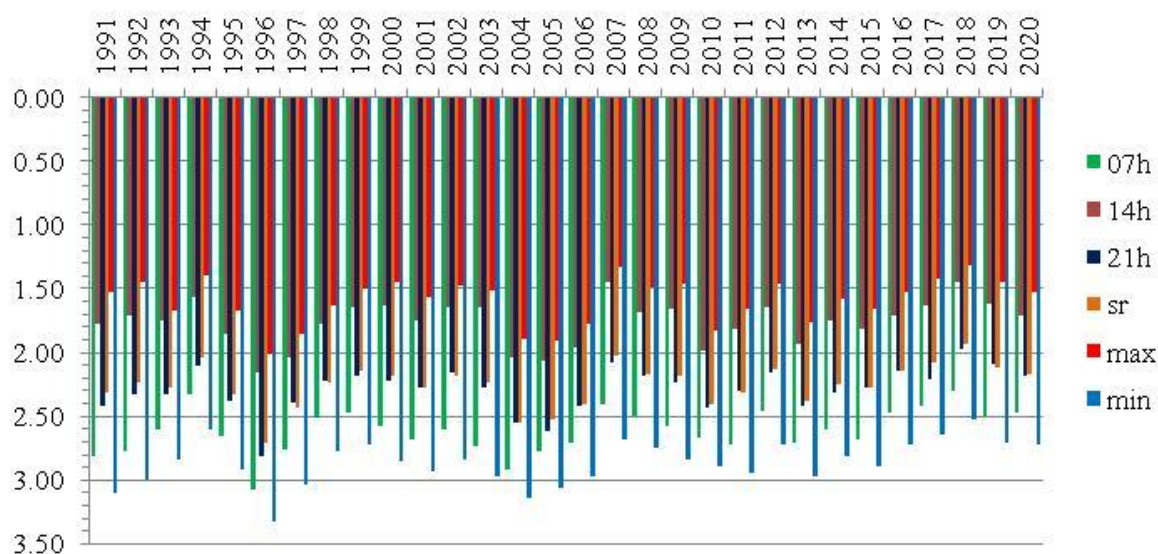
PhS_{max}



PhS_{min}



Grafikon br. 51: Srednje prolećne vrednosti PhS, 1991-2020.godina (07h, 14h, 21h, sr, max, min)



Kako bi se detaljnije sagledale promene koje su se desile tokom prolećnih meseci razmatranog perioda, rezultati bioklimatske analize predstavljeni su za svaki mesec ponaosob (***mart, april i maj***). Na grafikonima ispod možemo uočiti trend opadanja srednjih mesečnih vrednosti indeksa PhS tokom marta, aprila i maja.

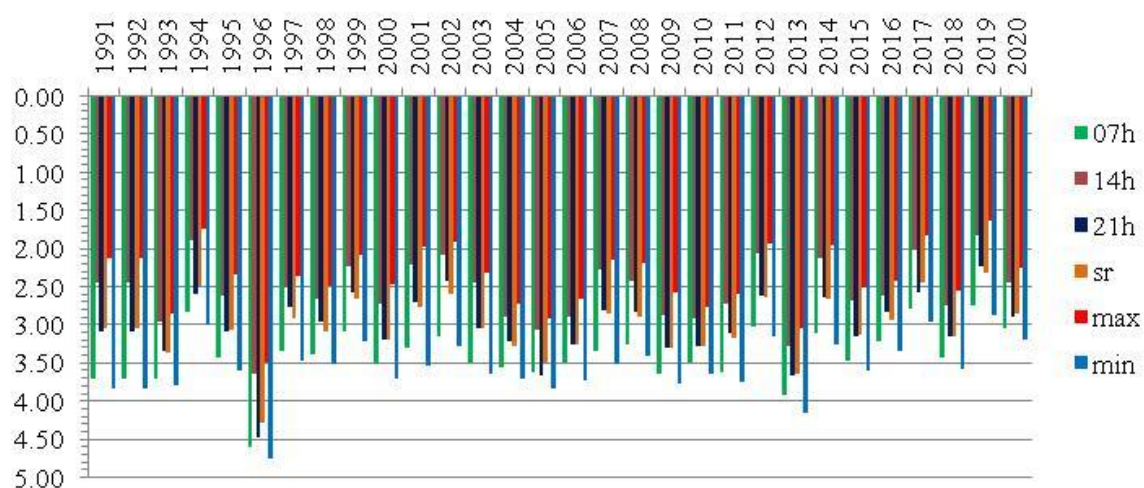
Najniže srednje mesečne vrednosti subindeksa su očekivano izmerene tokom maja meseca, kada je ona za PhS_{14h} iznosila 0.59, a za PhS_{max} 0.51 i to 2003.godine. Iste godine zabeležena je i najniža srednja majska vrednost sa subindeks PhS_{07h} od 1.54. Tri subindeksa su svoje najniže srednje mesečne vrednosti tokom maja dostigli 2018.godine i to $PhS_{21h}=1.22$, $PhS_{sr}=1.15$ i $PhS_{min}=1.83$ (tabela br. 25).

Tokom aprila u periodu 1991-2020.godina svih 6 PhS subindeksa su svoje najniže srednje mesečne vrednosti dostigli 2018.godine ($PhS_{07h}=1.94$, $PhS_{14h}=0.99$, $PhS_{21h}=1.55$, $PhS_{sr}=1.52$, $PhS_{max}=0.85$ i $PhS_{min}=2.18$). Sledi je 2007.godina, sa sledećim vrednostima: $PhS_{07h}=2.17$, $PhS_{14h}=1.15$, $PhS_{21h}=1.79$, $PhS_{sr}=1.76$, $PhS_{max}=1.06$ i $PhS_{min}=2.49$. Srednje 30-to godišnje aprilske vrednosti za svaki od PhS subindeksa prikazani su u narednoj tabeli. Što se marta meseca tiče, najniže srednje martovske vrednosti svih PhS subindeksa zabeležene su tokom 2019.godine. U tabeli br. 25 predstavljene su i srednje 30-to godišnje vrednosti indeksa PhS za mart mesec, tokom referentnog perioda.

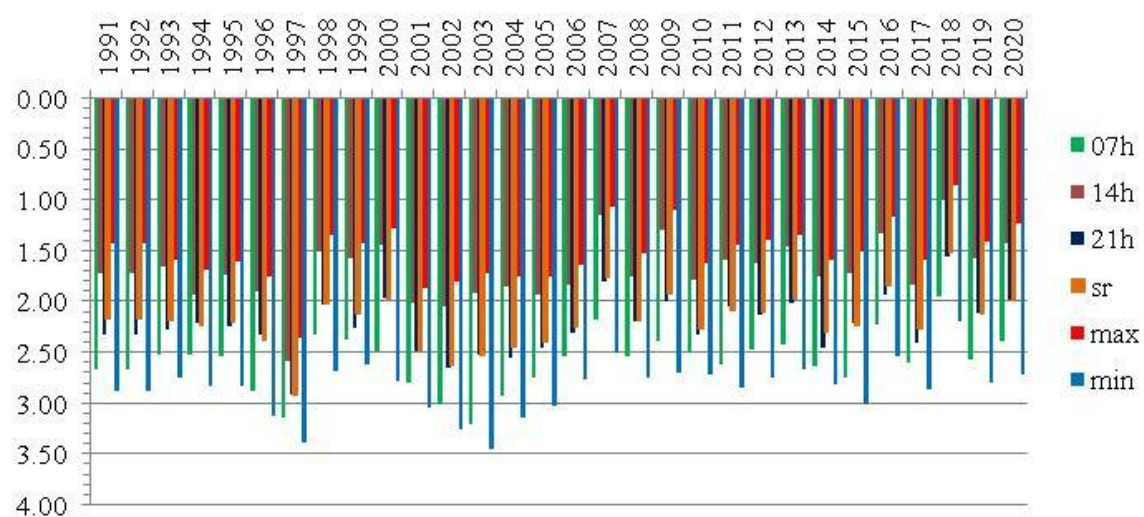
Tabela br. 25: Srednja mesečna vrednost indeksa PhS tokom referentnog perioda (30-to godišnji proseki) i najniža srednja minimalna vrednost PhS zabeležena tokom perioda istraživanja (mart, april i maj)

Mesec/PhS vrednosti		PhS 07h	PhS 14h	PhS 21h	PhS sr	PhS max	PhS min
MART	sr.mes.vr. ref. period	3.39	2.55	3.01	3.02	2.36	3.54
	najniža sr. mesečna vr	2.74	1.81	2.21	2.31	1.63	2.86
APRIL	sr.mes.vr. ref. period	2.58	1.68	2.23	2.19	1.50	2.84
	najniža sr. mesečna vr	1.94	0.99	1.55	1.52	0.85	2.18
MAJ	sr.mes.vr. ref. period	1.88	1.05	1.63	1.55	0.91	2.20
	najniža sr. mesečna vr	1.54	0.59	1.22	1.15	0.51	1.83

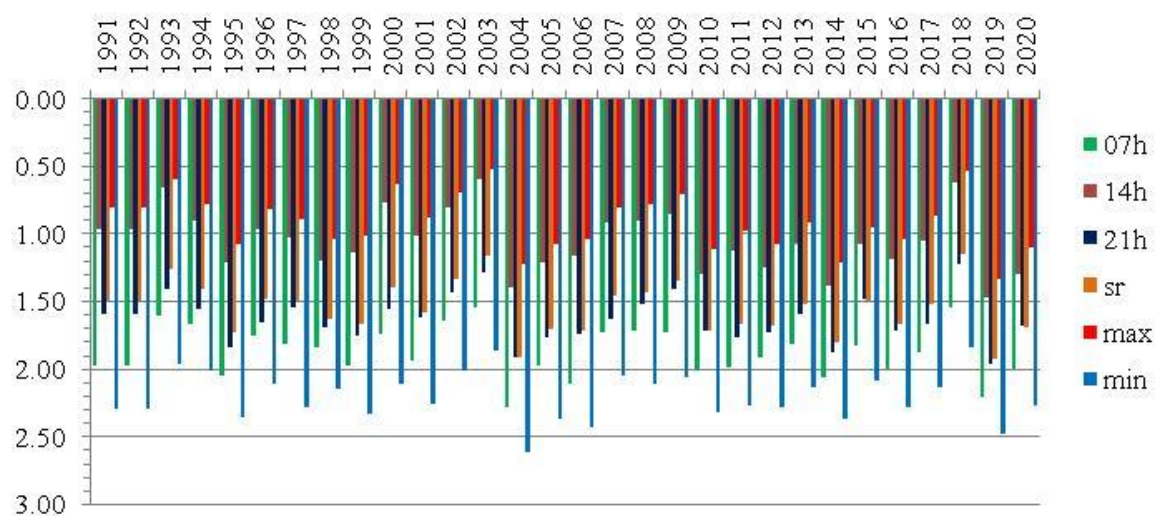
Grafikon br. 52: Srednje mesečne vrednosti indeksa PhS: mart, april, maj, 1991-2020.godina



PhS, Mart, 1991-2020.



PhS, April, 1991-2020.



PhS, Maj 1991-2020.

Na grafikonu br. 53 prikazan je udeo različitih kategorija fiziološkog naprezanja tokom **leta u periodu 1991-2020.godina**, dok su na grafikonu br. 54 predstavljene srednje letnje vrednosti 6 PhS subindeksa, za svaku godinu. U tabeli br. 26 predstavljene su srednje 30-to godišnje letnje vrednosti PhS tokom referentnog perioda.

Tabela br. 26: Srednja letnja vrednost indeksa PhS, tokom referentnog perioda 1991-2020.godina

Sr. letnja vr. ref. period 1991-2020.	PhS 07h	PhS 14h	PhS 21h	PhS sr	PhS max	PhS min
	1.33	0.55	1.06	0.99	0.44	1.61

Kada posmatramo rezultate bioklimatske analize letnje sezone, uočavamo da je kod dva **subindeksa** došlo do značajnog porasta broja dana u kategoriji “ETN - *ekstremno toplo naprezanje*” – to su **PhS_{14h}** i **PhS_{max}**. Kod **PhS_{14h}** broj dana u ovoj kategoriji fiziološkog naprezanja tokom prve i druge decenije istraživanja bio je veoma sličan (76 i 79 dana). Međutim, tokom treće decenije, odnosno nakon 2011.godine zabeleženo je 112 ETN dana. Najviše ETN dana registrovano je 2017.godine (27), 2012.godine (24) i 2015.godine (21). Pre 2012.godine, nijednom nije zabeležen slučaj da je tokom leta registrovano više od 20 ETN dana (u periodu 1991-2011.godina najviše ETN dana bilo je 2000.godine i to 16 dana). Očekivano, najviše su zastupljeni dani sa “*umereno toplim naprezanjem*” (0.26 – 0.75) sa udelom od 34.5% ili 951 danom. Na drugom mestu su dani sa “*velikim toplim naprezanjem*” (0.00-0.25), sa udelom od 28.6% ili 788 dana. *Termoneutralnih* dana je bilo 549 ili 19.9%. Srednja 30-to godišnja vrednost **PhS_{14h}** tokom leta referentnog perioda bila je 0.55, dok je najniža srednja letnja vrednost ovog subindeksa izmerena 2012.godine (0.27). Nakon 2011.godine, 6 od 10 godina zabeležile su nižu srednju letnju vrednost subindeksa u odnosu na 30-to godišnji prosek.

Kod **subindeksa PhS_{max}** na osnovu obrađenih podataka, uočeno je da se broj ETN dana postepeno povećavao tokom tri decenije istraživanja: sa 104 koliko ih je bilo u periodu 1991-2000.godina i 108 u periodu 2001-2010.godina na 150 u periodu 2011-2020.godine (ukupno 362 ETN dana). Najviše ETN dana registrovano je 2017.godine (31), 2015.godine (29) i 2012.godine (28). Najzastupljeniji su dani sa “*umereno toplim naprezanjem*” sa udelom od 35.6% (983 dana), kao i dani sa “*velikim toplim naprezanjem*” sa 31.3% (863 dana). Dani u kategorijama toplog naprezanja zajedno učestvuju sa 80% u ukupnom zbiru. *Termoneutralnih* dana bilo je 445 ili 16.1%. Srednja 30-to godišnja vrednost **PhS_{max}** tokom leta referentnog perioda bila je 0.44, dok je najniža srednja letnja vrednost ovog subindeksa izmerena 2012.godine i iznosila je 0.19 (*veliko toplo naprezanje*). Nakon 2011.godine, 7 od 10 godina zabeležile su nižu srednju letnju vrednost subindeksa u odnosu na 30-to godišnji prosek.

Kada posmatramo **subindeks PhS_{min}** (određen na osnovu minimalnih dnevnih temperatura vazduha) možemo uočiti smanjenje broja dana u kategoriji “*umereno hladno naprezanje*”, posebno kada poredimo prvu i poslednju deceniju istraživanog perioda. Istovremeno rastao je broj dana u kategoriji “UTN - *umereno toplo naprezanje*”, kao i broj *termoneutralnih* dana. Tako npr. tokom prve i druge decenije istraživanog perioda registrovano je 6 odnosno, 10 UTN dana, dok je tokom treće decenije zabeleženo čak 34 takva dana. Najviše UTN dana zabeleženo je 2012.godine (10) i 2017.godine (6). Broj *termoneutralnih* dana je tokom prve i druge decenije istraživanja bio gotovo ujednačen: 375 i 372, dok je tokom treće decenije zabeleženo čak 476 *termoneutralnih* dana. Najviše su zastupljeni dani sa *umereno hladnim naprezanjem* sa udelom od 53.8% (1485 dana) koje slede *termoneutralni* dani sa 44.3% (1223 dana).

Srednja 30-to godišnja vrednost PhS_{min} tokom leta referentnog perioda bila je 1.61, dok je najniža srednja letnja vrednost ovog subindeksa izmerena 2012.godine i iznosila je 1.3 (termoneutralno). Nakon 2011.godine, 8 od 10 godina zabeležile su nižu srednju letnju vrednost PhS_{min} u odnosu na 30-to godišnji prosek.

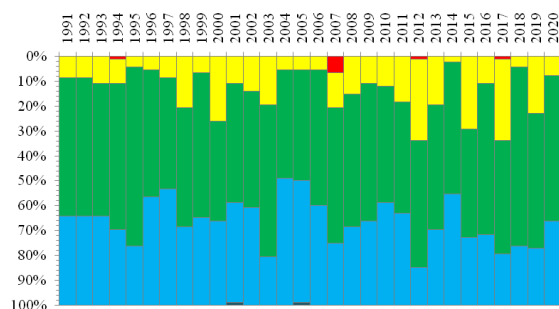
Subindeks PhS_{07h} , odnosno dobijeni rezultati za indeks koji opisuje stepen fiziološkog naprezanja u jutarnjim časovima (07h) tokom letnjih meseci, pokazuju da jutro u najtoplijoj sezoni godine u Beogradu postaju bioklimatski sve nepovoljnija, sa većim brojem dana u kategorijama *toplog naprezanja*, dok se istovremeno smanjuje broj dana u kategorijama *hladnog naprezanja*. Tako, broj dana sa “*umereno toplim naprežanjem*” uvećavao se tokom tri decenije istraživanog perioda: neznatan porast sa 101 na 104 tokom prve dve decenije, na 166 koliko je zabeleženo u periodu nakon 2011.godine. Najviše UTN dana bilo je 2012. i 2017.godine (po 30). U ukupnom broju dana, najzastupljeniji su *termoneutralni* dani 52.6% (1451 dan). Dani sa *toplim naprežanjem* učestvuju sa udelom od 13.8%, a dani sa “*umereno hladnim naprežanjem*” učestvuju sa 33.6% (926 dana). Srednja 30-to godišnja vrednost PhS_{07h} tokom leta referentnog perioda bila je 1.33, dok je najniža srednja letnja vrednost ovog subindeksa izmerena 2012.godine i iznosila je 1.01 (*termoneutralno*). Nakon 2011.godine, 8 od 10 godina zabeležile su nižu srednju letnju vrednost PhS_{07h} u odnosu na 30-to godišnji prosek.

Bioklimatska analiza pokazala je da i letnje večeri u Beogradu postaju sve nepovoljnije, sa porastom broja dana u kategoriji *toplog fiziološkog naprezanja*, što potvrđuju podaci dobijeni za **subindeks PhS_{21h}** (određen na osnovu dnevnih meteoroloških parametara izmerenih u 21h). U večernjim časovima, poredeći tri decenije istraživanog perioda, značajno je porastao broj dana sa “*velikim toplim naprežanjem*”: u periodu 1991-2000.godina bilo ih je 9, u periodu 2001-2010.godina bilo ih je 14, da bi taj broj u periodu 2011-2020.godina bio 49 (čak 5 puta više). Najviše VTN dana zabeleženo je 2012. i 2017.godine (po 12) i 2015.godine (11). Dalje, evidentiran je i porast broja dana sa *umereno toplim naprežanjem* sa 245 i 262 na 332 (kada poredimo tri decenije istraživanog perioda). Ako posmatramo ukupan broj dana, najzastupljeniji su oni u kategoriji “*termoneutralno*” sa 48.6% (1340 dana), koje slede dani sa “*umereno toplim naprežanjem*” 30.4% (839 dana). Srednja 30-to godišnja vrednost PhS_{21h} tokom leta referentnog perioda bila je 1.06, dok je najniža srednja letnja vrednost ovog subindeksa izmerena 2012.godine i iznosila je 0.71. Nakon 2011.godine, 7 od 10 godina zabeležile su nižu srednju letnju vrednost PhS_{21h} u odnosu na 30-to godišnji prosek.

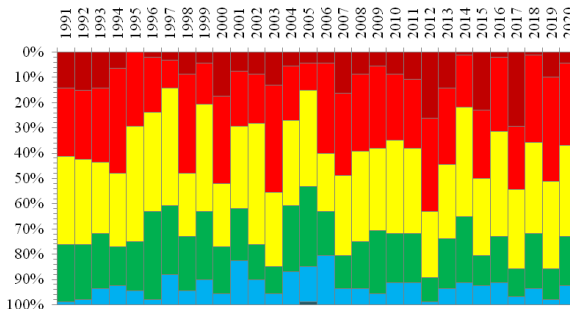
Poslednji razmatrani **subindeks** za letnju sezonu bio je **PhS_{sr}** , kojim je određen stepen fiziološkog naprezanja na dnevnom nivou, odnosno na osnovu srednjih dnevnih vrednosti meteoroloških parametara. Kao i kod prethodnih, i ovde je registrovan porast broja dana u kategoriji “*veliko toplo naprežanje*”. Tokom prve i druge decenije njihov broj je bio sličan i iznosio 27 i 24. Nakon 2011.godine broj VTN dana dosegao je 77 (gotovo 3 puta više). Najviše ovakvih dana bilo je 2017.godine (21), 2012.godine (19) i 2015.godine (16). U ukupnom zbiru, najviše je *termoneutralnih* dana njih 1315 ili 47.6%, a slede ih dani sa “*umereno toplim naprežanjem*” sa 32.5% (897 dana). Dana u svim kategorijama *toplog naprezanja* bilo je 37.2%. Tokom istraživanog perioda zabeležen je samo 1 slučaj *ekstremno toplog naprezanja* i to 2007.godine. Srednja 30-to godišnja vrednost PhS_{sr} tokom leta referentnog perioda bila je 0.99, dok je najniža srednja letnja vrednost ovog subindeksa izmerena 2012.godine i iznosila je 0.64. Nakon 2011.godine, 7 od 10 godina zabeležile su nižu srednju letnju vrednost PhS_{21h} u odnosu na 30-to godišnji prosek.

Grafikon br. 53: Zastupljenost različitih kategorija fiziološkog naprezanja tokom leta, 1991-2020.

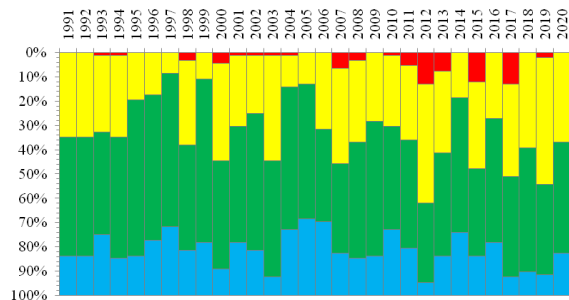
PhS 07h



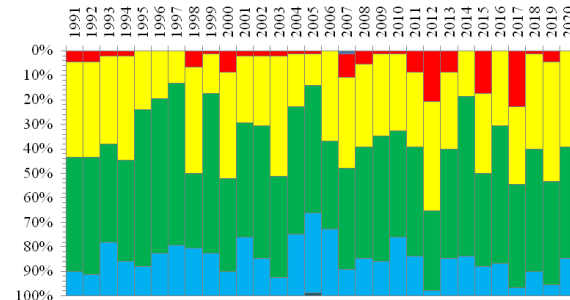
PhS 14h



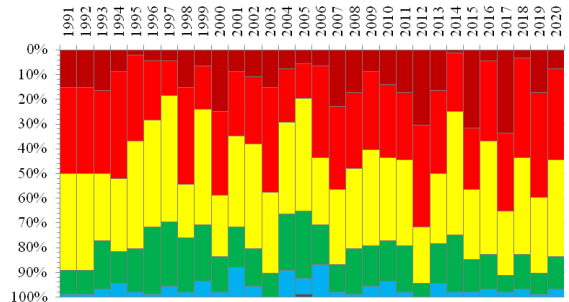
PhS 21h



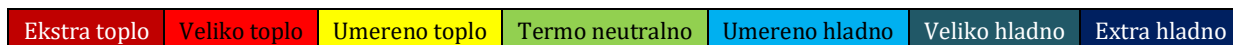
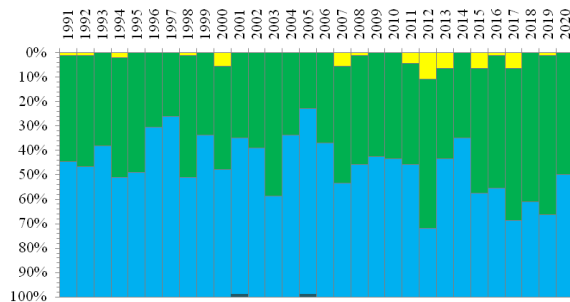
PhS sr



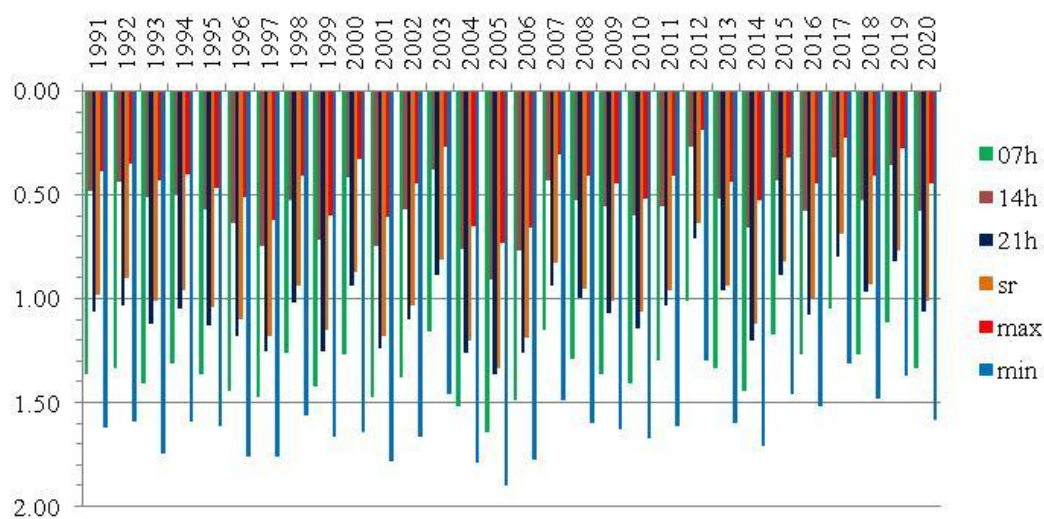
PhS max



PhS min



Grafikon br. 54: Srednje letnje vrednosti PhS, 1991-2020.godina (07h, 14h, 21h, sr, max, min)



Kako bismo bolje razumeli promene koje su zabeležene tokom letnjih meseci razmatranog perioda, rezultati bioklimatske analize predstavljeni su za svaki mesec ponaosob (**jun, jul i avgust**) za svaku godinu razmatranog perioda (1991-2020.godina). Na osnovu podataka predstavljenih u tabeli br. 27 možemo primetiti da su jul i avgust bioklimatski najnepovoljniji, kao i da su najznačajnije promene u pogledu stepena fiziološkog naprežanja u čoveku prilikom boravka na otvorenom tokom letnjih meseci u Beogradu zabeležene nakon 2011.godine.

Najniža srednja mesečna vrednost indeksa PhS u periodu 1991-2020.godina izmerena je u avgustu 1992.godine kada je za subindekse PhS_{14h} i PhS_{max} iznosila svega 0.07 i 0.05 (veliko toplo naprežanje), te bila najbliža graničnoj vrednosti za *“ekstremno toplo naprežanje”*. U avgustu mesecu najnižu srednju mesečnu vrednost u poređenju sa druga dva meseca dostigao je i subindeks PhS_{sr} sa 0.89. Nakon 2011.godine 8 od 10 godina su zabeležile srednje mesečne vrednosti ispod 30-to godišnjeg proseka za avgust mesec, posmatrano za svih 6 subindeksa. Neznatno više vrednosti su zabeležene samo tokom 2014. i 2016.godine.

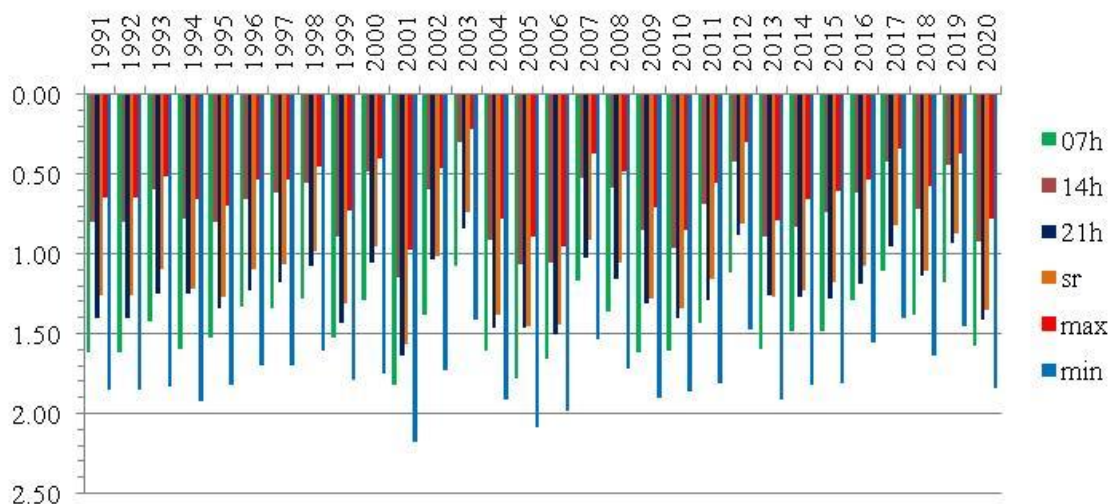
Što se jula meseca tiče, najniže srednje julske vrednosti PhS indeksa izmerene su 2012.godine za 4 subindeksa ($PhS_{14h} = 0.20$, $PhS_{sr} = 0.55$, $PhS_{max} = 0.13$ i $PhS_{min} = 1.19$) i 2015.godine za 2 subindeksa ($PhS_{07h} = 0.91$ i $PhS_{21h} = 0.61$). Za subindeks PhS_{min} tokom jula meseca, nakon 2011.godine 9 od 10 godina imale su nižu srednju mesečnu vrednost u odnosu na 30-to godišnji prosek za jul mesec. Slično je i kod subindeksa PhS_{07h} gde je tokom 8 od 10 godina, nakon 2011.godine, zabeležena srednja mesečna vrednost subindeksa ispod 30-to godišnjeg proseka za jul. Kod subindeksa PhS_{21h} i PhS_{max} , takvih godina sa nižom srednjom julskom vrednošću od proseka referentnog perioda, bilo je 7 od 10 (nakon 2011.godine). Kod subindeksa PhS_{14h} i PhS_{sr} taj odnos je bio 6 od 10 godina tokom poslednje decenije istraživanog perioda.

Ako posmatramo samo letnje mesece, na osnovu prikazanih rezultata, možemo uočiti da je jun mesec nešto povoljniji. Međutim i tokom juna meseca je registrovana tendencija pooštavanja bioklimatskih uslova merenih indeksom fiziološkog naprežanja u čoveku. Na grafikonu br. 55 možemo uočiti da opadanje srednjih mesečnih (junskih) vrednosti PhS indeksa, posebno nakon 2011.godine. 5 od 6 PhS subindeksa su svoje najniže srednje junske vrednosti dostigli 2003.godine ($PhS_{07h} = 1.07$, $PhS_{14h} = 0.29$, $PhS_{21h} = 0.84$, $PhS_{sr} = 0.74$ i $PhS_{max} = 0.21$), osim PhS_{min} koji je tu vrednost zabeležio 2017.godine ($PhS_{min} = 1.40$). Prosečno je 6 od 10 godina, tokom poslednje decenije istraživanog perioda (2011-2020.godina) zabeležilo niže srednje junske vrednosti svih 6 PhS subindeksa u odnosu na 30-to godišnji prosek.

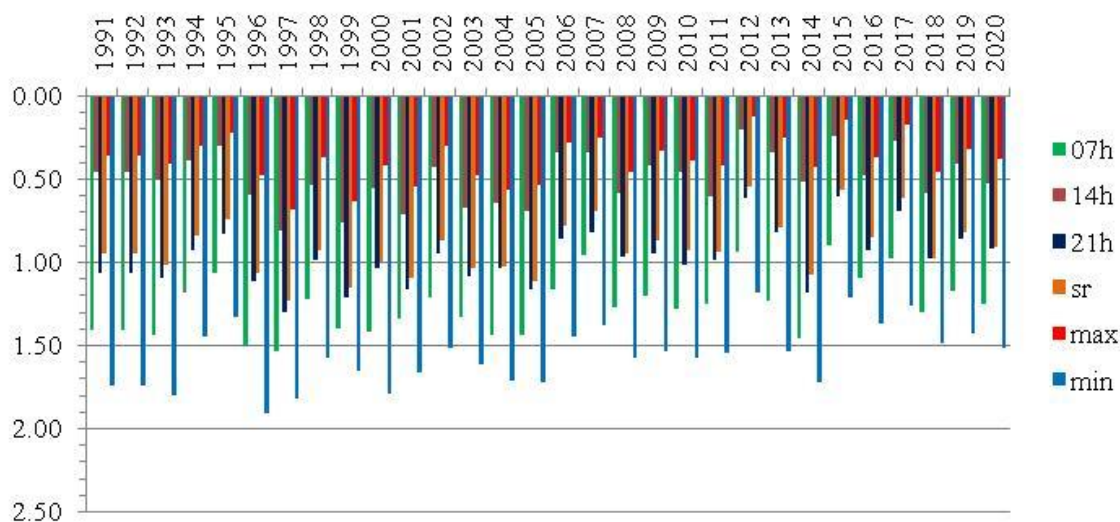
Tabela br. 27: Srednja mesečna vrednost indeksa PhS tokom referentnog perioda (30-to godišnji prosek) i najniža srednja minimalna vrednost PhS zabeležena tokom perioda istraživanja (jun, jul i avgust)

Mesec/PhS vrednosti		PhS 07h	PhS 14h	PhS 21h	PhS sr	PhS max	PhS min
JUN	sr.mes.vr. ref. period	1.44	0.72	1.23	1.15	0.60	1.76
	najniža sr. mesečna vr	1.07	0.29	0.84	0.74	0.21	1.40
JUL	sr.mes.vr. ref. period	1.26	0.50	0.98	0.91	0.39	1.56
	najniža sr. mesečna vr	0.91	0.20	0.61	0.55	0.13	1.19
AVG	sr.mes.vr. ref. period	1.27	0.44	0.97	0.89	0.34	1.50
	najniža sr. mesečna vr	0.97	0.07	0.62	0.50	0.05	1.19

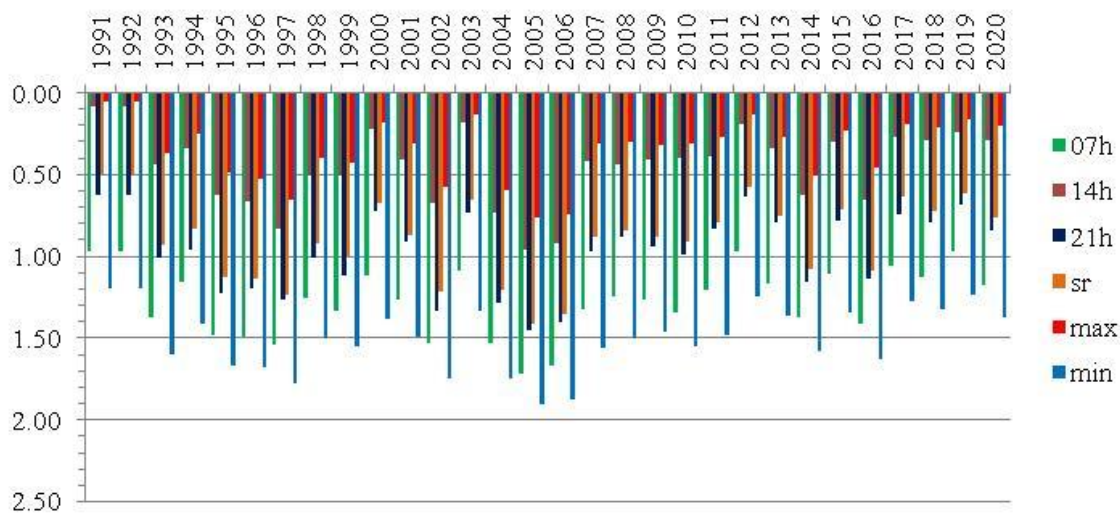
Grafikon br. 55: Srednje mesečne vrednosti indeksa PhS: jun, jul, avgust, 1991-2020.godina



PhS, Jun 1991-2020.



PhS, Jul 1991-2020.



PhS, Avgust 1991-2020.

Na grafikonu br. 56 prikazan je udeo različitih kategorija fiziološkog naprežanja tokom **jeseni u periodu 1991-2020.godina**, dok su na grafikonu br. 57 predstavljene srednje jesenje vrednosti 6 PhS subindeksa, za svaku godinu. U tabeli br. 28 predstavljene su srednje 30-to godišnje jesenje vrednosti PhS tokom referentnog perioda.

Tabela br. 28: Srednja jesenja vrednost indeksa PhS, tokom referentnog perioda 1991-2020.godina

Sr. jesenja vr. ref. period 1991-2020.	PhS 07h	PhS 14h	PhS 21h	PhS sr	PhS max	PhS min
	2.65	1.78	2.40	2.31	1.63	2.81

Posmatrajući vrednosti fiziološkog naprežanja u čoveku mereno **subindeksom PhS_{14h}** uočava se trend opadanja broja dana u kategorijama *hladnog* i porasta broja dana u kategorijama *toplog* naprežanja tokom istraživanog perioda. Tako je broj dana u kategoriji “*veliko hladno naprežanje*” (4.01 – 8.00), u periodu 1991-2000.godina iznosio 45, tokom druge decenije istraživanja (2001-2010.godina) bio je 27, da bi u periodu 2011-2022.godine zabeleženo 22 takva dana. Sa druge strane, broj dana sa “*umereno toplim naprežanjem*” poredeći prvu i poslednju deceniju istraživanog perioda uvećan sa 141 na 177. Uz to, udvostručen je i broj dana u kategoriji “*veliko toplo naprežanje*” (0.00 – 0.25), sa 25 na 54. Najviše dana sa *velikim toplim naprežanjem* tokom jeseni u periodu 1991-2020.godina zabeleženo je 2012.godine (njih 13). Dani sa “*ekstremno toplim naprežanjem*” (PhS < 0.00) registrovani su 11 puta (čak 4 u 2015.godini). Najviše je dana u kategoriji “*umereno hladno naprežanje*” (1.51 – 4.00) njih 1388 ili 50.8%. Slede ih *termoneutralni* dani (0.76 – 1.50) sa 25.2% (688 dana). Dani u kategorijama *toplog naprežanja* zajedno su učestvovali sa 20.4%. Srednja jesenja 30-to godišnja vrednost PhS_{14h} tokom referentnog perioda bila je 1.78, a najniža srednja vrednost je izmerena 2019.godine (1.32). Nakon 2011.godine 8 od 10 godina zabeležile su srednju jesenju vrednost PhS_{14h} nižu od 30-to godišnjeg proseka.

Kod **subindeksa PhS_{max}** registrovani su slični trendovi: broj dana sa “*velikim hladnim naprežanjem*” je smanjen sa 36 na 16 i 14 koliko je evidentirano tokom druge i treće decenije istraživanog perioda. Broj dana sa “*umereno toplim naprežanjem*” postepeno je rastao tokom tri decenije: u periodu 1991-2000.godina zabeleženo ih je 160, a tokom perioda 2011-2020.godina bilo ih je 193. Uz tog, povećan je broj dana u kategoriji “VTN - *veliko toplo naprežanje*” sa 22 i 26 koliko ih je bilo tokom prve i druge decenije, na čak 67 (gotovo 3 puta više). Na kraju, broj dana sa “ETN - *ekstremno toplim naprežanjem*” je udvostručen: sa 5 (1991-2000.godina) i 4 (2001-2010.godina) na 10 (2011-2020.). Najviše VTN dana bilo je 2012.godine (15), a najviše ETN dana zabeleženo je 2015.godine (4). U ukupnom broju dana, najzastupljeniji su oni sa “*umereno hladnim naprežanjem*” sa udelom od 46.9% (1281 dan), a slede ih *termoneutralni* dani sa 27.4% (749 dana). Dani u kategorijama *toplog naprežanja* zajedno učestvuju sa 23.2%. Srednja jesenja 30-to godišnja vrednost PhS_{max} tokom referentnog perioda bila je 1.63, a najniža srednja vrednost je izmerena 2019.godine (1.17). Nakon 2011.godine 7 od 10 godina zabeležile su srednju jesenju vrednost PhS_{max} nižu od 30-to godišnjeg proseka.

Da termalni komfor postaje nepovoljniji i u večernjim časovima tokom jesenje sezone ukazuju nam rezultati dobijeni za **subindeks PhS_{21h}**, gde je tokom perioda od 30 godina evidentiran pad broja dana u kategorijama *hladnog naprežanja*, posebno u kategoriji “*veliko hladno naprežanje*” sa 69 (prva decenija), na 57 (druga decenija) i 43 (treća decenija). Istovremeno, broj dana sa “*umereno toplim naprežanjem*” je gotovo 4 puta veći: sa 9 i 8 (koliko ih je bilo tokom prve i druge decenije istraživanog perioda) na 31

dan (tokom poslednje decenije istraživanja). Najviše ovakvih dana zabeleženo je 2011. i 2012.godine (po 8). Prema zastupljenosti različitih kategorija fiziološkog naprezanja, sa udelom od 76.3% (2084 dana) dominira "*umereno hladno naprezanje*". Na drugom mestu su "*termoneutralni*" dani sa 15.7% (428 dana). Srednja jesenja 30-to godišnja vrednost PhS_{21h} tokom referentnog perioda bila je 2.40, a najniža srednja srednja vrednost je izmerena 2019.godine (2.00). Nakon 2011.godine 8 od 10 godina zabeležile su srednju jesenju vrednost PhS_{21h} nižu od 30-to godišnjeg proseka.

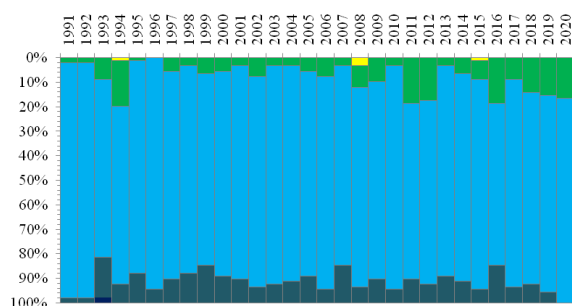
Kod **subindeksa PhS_{sr}** (koji je određen na osnovu srednjih dnevnih vrednosti meteoroloških parametara) stanje je vrlo slično prethodno predstavljenim subindeksima: broj dana u kategorijama *hladnog naprezanja* opada, dok broj dana u kategorijama *toplog fiziološkog naprezanja* raste. Tokom perioda 1991-2000.godina dana u kategoriji "*velikog hladnog naprezanja*" bilo je 57, u periodu 2001-2010.godina 41, a nakon 2011.godina zabeleženo ih je 29. Broj dana sa "*UTN - umereno toplim naprezanjem*" je učetvorostručen: sa 9 na 35. Najviše UTN dana zabeleženo je 2011. i 2012.godine (po 9). Broj *termoneutralnih* dana je takođe rastao tokom vremena sa 159 na 217. Najviše je dana sa "*umereno hladnim naprezanjem*" koji učestvuju sa 74.2%, odnosno 2025 takvih dana. *Termoneutralni* dani su bili zastupljeni sa 19.2%. Srednja jesenja 30-to godišnja vrednost PhS_{sr} tokom referentnog perioda bila je 2.31, a najniža srednja srednja vrednost je izmerena 2019.godine i iznosila je 1.91. Nakon 2011.godine 8 od 10 godina zabeležile su srednju jesenju vrednost PhS_{sr} nižu od 30-to godišnjeg proseka referentnog perioda (1991-2020.godina).

Na osnovu prikazanih rezultata, jasno možemo uočiti da tokom jutarnjih časova, mereno **subindeksom PhS_{07h}** ubedljivo dominira kategorija "*umereno hladno naprezanje*" (1.51 – 4.00) sa 83.2% u ukupnom broju dana u periodu 1991-2020.godina, odnosno 2272 takvih dana. Ipak, primećen je trend porasta broja "*termoneutralnih*" dana (0.76 – 1.50), koji je udvostručen kada poredimo prvu i drugu deceniju istraživanja gde je *termoneutralnih* dana bilo 49 i 51, i perioda treće decenije (2011-2020.godina) kada je taj broj iznosio 116. Sa druge strane, registrovano je postepeno smanjenje broja dana u kategoriji "*VHN - veliko hladno naprezanje*" (4.01 – 8.00): tokom I decenije istraživanja zabeleženo je 86 VHN dana, tokom II decenije bilo ih je 79, a tokom III decenije 70 (ukupno 235 VHN dana ili 8.6%). *Termoneutralni* dani su bili zastupljeni sa udelom od 7.9%. Srednja jesenja 30-to godišnja vrednost PhS_{07h} tokom referentnog perioda bila je 2.65, a najniža srednja srednja vrednost je izmerena 2019.godine i iznosila je 2.27. Nakon 2011.godine 8 od 10 godina zabeležile su srednju jesenju vrednost PhS_{07h} nižu od 30-to godišnjeg proseka referentnog perioda.

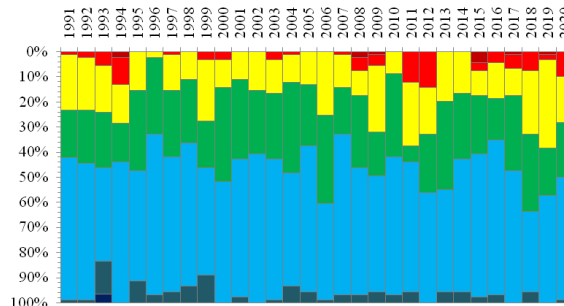
Poslednji razmatrani PhS subindeks koji je korišćen za evaluaciju stepena fiziološkog naprezanja u čoveku tokom jesenjih meseci bio je **subindeks PhS_{min}** (određen uz korišćenje minimalne dnevne temperature vazduha). Srednja jesenja 30-to godišnja vrednost PhS_{min} tokom referentnog perioda bila je 2.81, a najniža srednja srednja vrednost je izmerena 2020.godine i iznosila je 2.40. Nakon 2011.godine 8 od 10 godina zabeležile su srednju jesenju vrednost PhS_{min} nižu od 30-to godišnjeg proseka referentnog perioda. Dominiraju dani sa "*umereno hladnim naprezanjem*" sa udelom od 85% u ukupnom broju dana. Broj dana u kategoriji "*veliko hladno naprezanje*" je bio gotovo identičan (105 i 104) tokom prve i druge decenije istraživanog perioda, da bi tokom treće bio nešto niži (82). VHN dani bili su zastupljeni sa 10.7%. Broj *termoneutralnih* dana je skoro pa utrostručen ako posmatramo ovaj trideseto godišnji period: sa 26 (1991-2000.godina) na 71 (2011-2020.godina.).

Grafikon br. 56: Zastupljenost različitih kategorija fiziološkog napreznja tokom jeseni, 1991-2020.

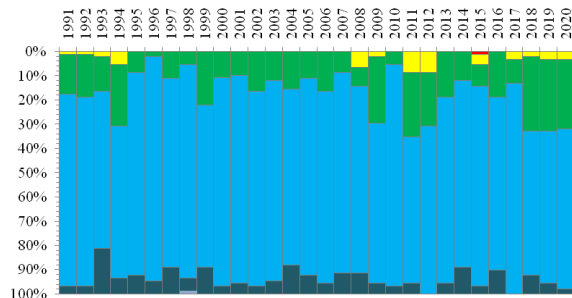
PhS 07h



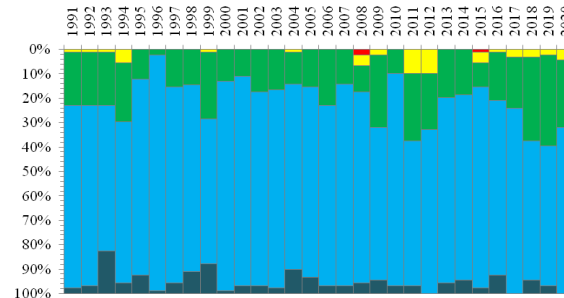
PhS 14h



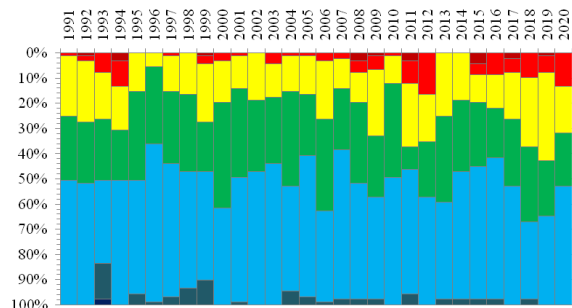
PhS 21h



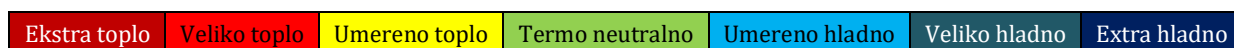
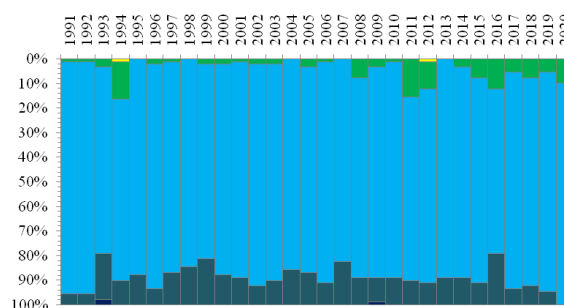
PhS sr



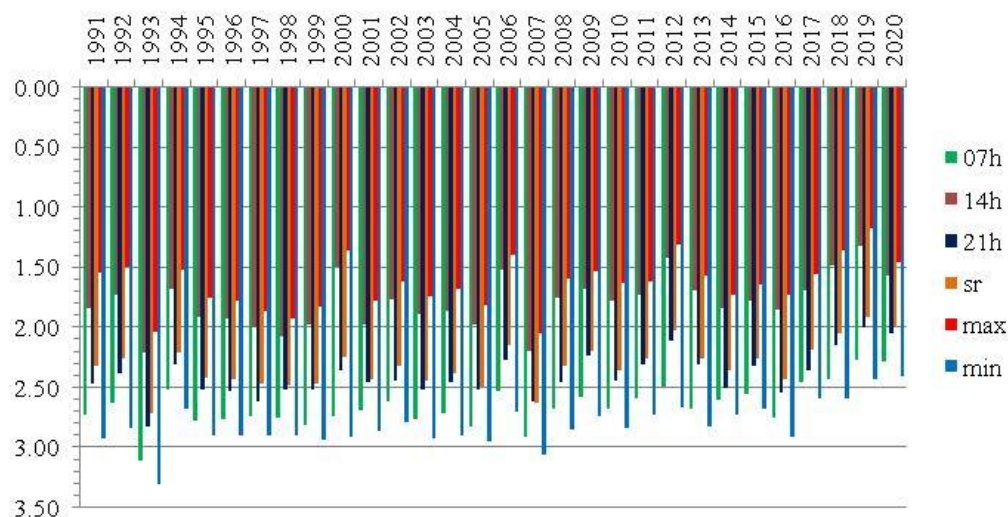
PhS max



PhS min



Grafikon br. 57: Srednje jesenje vrednosti PhS, 1991-2020.godina (07h, 14h, 21h, sr, max, min)



Fiziološko naprezanje u čoveku na otvorenom tokom jesenje sezone u Beogradu, dodatno je analizirano na mesečnom nivou, za svaki jesenji mesec. Na grafikonu br. 58 prikazane su srednje mesečne vrednosti svih 6 PhS subindeksa za septembar, oktobar i novembar tokom trideset godina. U tabeli br. 29 prikazane su srednje mesečne vrednosti PhS indeksa koje odgovaraju 30-to godišnjem proseku, kao i najniže srednje mesečne izmerene u periodu 1991-2020.godina.

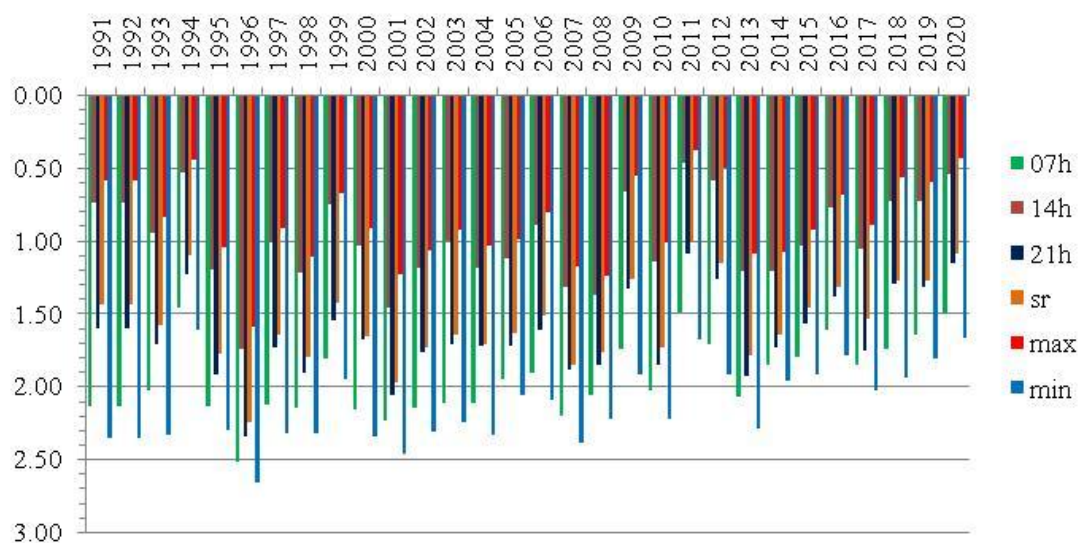
Tabela br. 29: Srednja mesečna vrednost indeksa PhS tokom referentnog perioda (30-to godišnji prosek) i najniža srednja minimalna vrednost PhS zabeležena tokom perioda istraživanja (sept., okt., nov.)

Mesec/PhS vrednosti		PhS 07h	PhS 14h	PhS 21h	PhS sr	PhS max	PhS min
SEPT	sr.mes.vr. ref. period	1.95	0.99	1.64	1.55	0.86	2.13
	najniža sr. mesečna vr	1.47	0.47	1.09	1.01	0.38	1.61
OKT	sr.mes.vr. ref. period	2.64	1.71	2.38	2.28	1.55	2.79
	najniža sr. mesečna vr	2.09	1.06	1.81	1.71	0.95	2.22
NOV	sr.mes.vr. ref. period	3.36	2.64	3.16	3.09	2.48	3.49
	najniža sr. mesečna vr	2.94	1.82	2.64	2.56	1.67	3.02

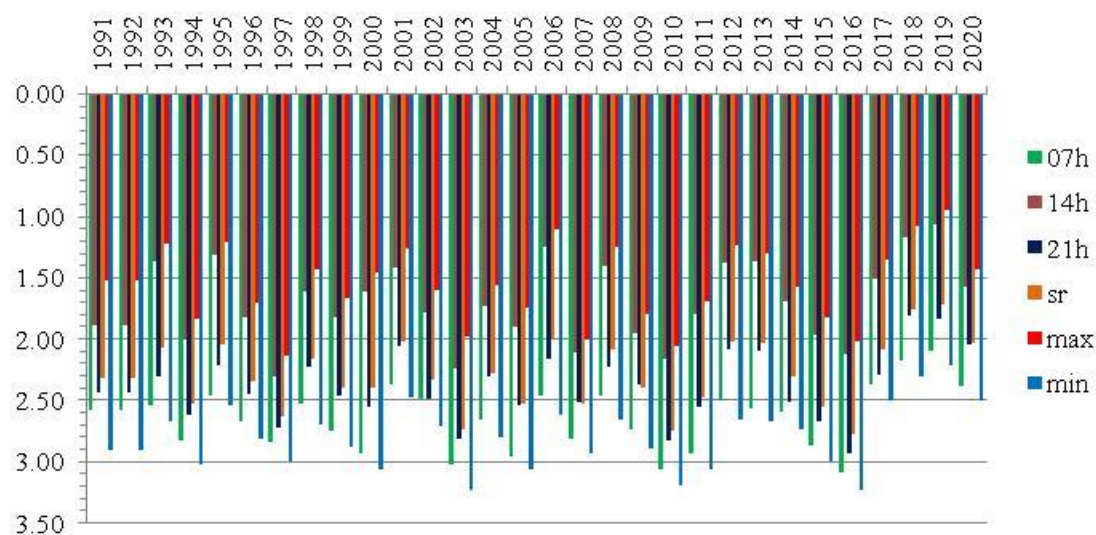
Na osnovu rezultata prikazanih na grafikonima ispod, možemo uočiti **trend opadanja srednjih mesečnih vrednosti** kod svih PhS subindeksa, za svaki od posmatranih jesenjih meseci, tokom razmatranog perioda od 30 godina, a posebno nakon 2011.godine. Očekivano, tokom septembra meseca zabeležene su najniže srednje mesečne vrednosti posmatranih subindeksa. 4 od 6 subindeksa su svoje najniže srednje mesečne vrednosti dostigli u septembru 2011.godine ($PhS_{14h} = 0.47$, $PhS_{21h} = 1.09$, $PhS_{sr} = 1.01$ i $PhS_{max} = 0.38$), dok su PhS_{07h} i PhS_{min} svoje najniže srednje septembarske vrednosti dostigli 1994.godine. Nakon 2011.godine, kada govorimo o subindeksima PhS_{07h} i PhS_{min} 9 od 10 godina zabeležile su srednju septembarsku vrednost nižu od 30-to godišnjeg proseka referentnog perioda za taj mesec. Kod subindeksa PhS_{sr} tokom septembra meseca 8 od 10 godina zabeležile su srednju septembarsku vrednost nižu od 30-to godišnjeg proseka.

Najniže srednje oktobarske vrednosti u periodu 1991-2020.godina, 5 od 6 subindeksa je dostiglo 2019.godine ($PhS_{07h} = 2.09$, $PhS_{14h} = 1.06$, $PhS_{sr} = 1.71$, $PhS_{max} = 0.95$ i $PhS_{min} = 2.22$), sa izuzetkom subindeksa PhS_{21h} koji je tu vrednost zabeležio 2018.godine ($PhS_{21h} = 1.81$). Kada govorimo o oktobru za subindekse PhS_{07h} , PhS_{14h} i PhS_{min} 7 od 10 godina zabeležile su srednju oktobarsku vrednost nižu od 30-to godišnjeg proseka, dok je kod subindeksa PhS_{21h} , PhS_{sr} i PhS_{max} taj odnos bio 6 od 10 godina tokom poslednje decenije istraživnog perioda. Srednje novembarske vrednosti indeksa PhS su više u poređenju sa septembarskim i oktobarskim, što je i bilo očekivano. Najniža srednja novembarska vrednosti subindeksa PhS_{14h} i PhS_{max} zabeležena je 2000.godine, za subindekse PhS_{07h} , PhS_{21h} i PhS_{sr} to je bio novembar 2010.godine, dok je najniža srednja novembarska vrednost subindeksa PhS_{min} izmerena 2020.godine.

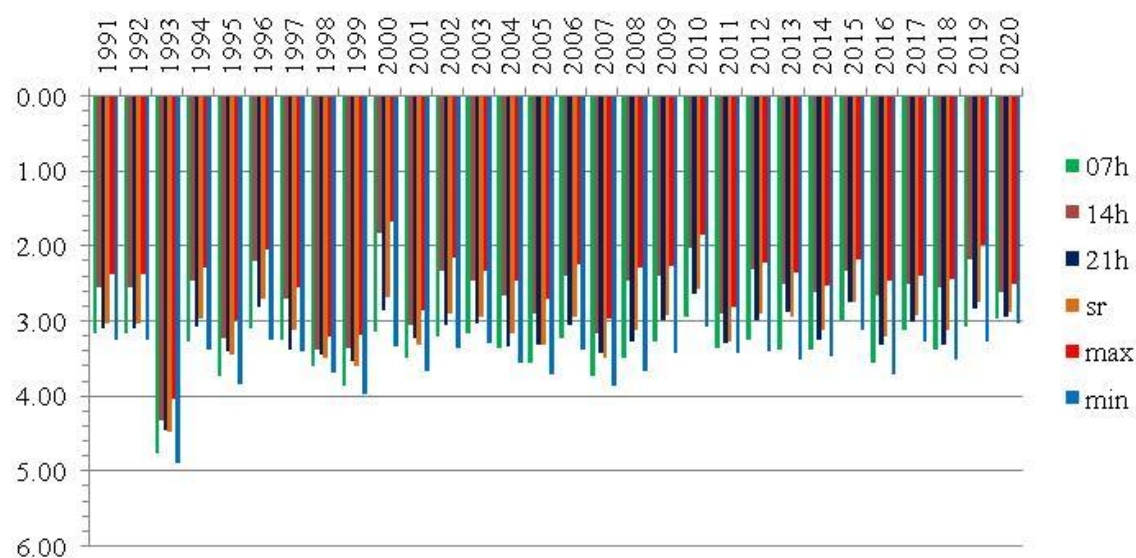
Grafikon br. 58: Srednje mesečne vrednosti indeksa PhS: septembar, oktobar, novembar, 1991-2020.



PhS, Septembar 1991-2020.



PhS, Oktobar 1991-2020.



PhS, Novembar 1991-2020.

Grafikon br. 59 prikazuje udeo različitih kategorija fiziološkog naprežanja tokom **zime u Beogradu za period 1991-2020.godina**, dok su na grafikonu br. 60 predstavljene srednje zimske vrednosti 6 PhS subindeksa, za svaku godinu. U tabeli br. 30 predstavljene su srednje 30-to godišnje zimske vrednosti PhS tokom referentnog perioda. Na osnovu prikazanih rezultata možemo uočiti da su tokom zimske sezone najzastupljeniji dani sa “*umereno hladnim naprežanjem*” (1.51 – 4.00) i “*velikim hladnim naprežanjem*” (4.01 – 8.00). Kada poredimo zimu sa ostalim godišnjim dobima, uočeno je da su promene tokom razmatranog tridesetogodišnjeg perioda u pogledu fiziološkog naprežanja neznatne.

Udeo dana sa “*velikim hladnim naprežanjem*” najveći je kod subindeksa PhS_{min} gde taj procenat iznosi 44.1% (1193 dana). Kod istog subindeksa, udeo dana sa “*umereno hladnim naprežanjem*” iznosi 54.8%. Dana sa “*velikim hladnim naprežanjem*” mereno u jutarnjim časovima (07h) za subindeks PhS_{07h} bilo je 1069 ili 39.5%. U jutarnjim časovima zabeleženo je 1614 dana u kategoriji “*umereno hladno naprežanje*” tj. 59.6%. Najmanje dana sa “*velikim hladnim naprežanjem*” očekivano je zabeleženo kod subindeksa PhS_{14h} i PhS_{max} : 817 dana (30.2%) i 662 dana (24.5%). Kod subindeksa zabeleženo PhS_{14h} i PhS_{max} je i najviše dana u kategoriji “*umereno hladno naprežanje*”: 1814 dana ili 67% odnosno 1956 dana ili 72.3%. Za subindeks PhS_{max} je takođe očekivano registrovan najveći broj “*termoneutralnih*” dana, njih 81 odnosno svega 3%. Kod PhS_{14h} zabeleženo je 63 *termoneutralna* dana ili 2.3%. Kod preostala 4 PhS subindeksa tokom zime u periodu 1991-2020.godina nisu zabeleženi *termoneutralni* dani. U večernjim časovima (PhS_{21h}) najviše je zabeleženo dana u kategoriji “*umereno hladno naprežanje*”, njih 1706 ili 63%, dok je kod subindeksa PhS_{sr} (koji opisuje stepen fiziološkog naprežanja određen na osnovu srednjih dnevnih vrednosti meteoroloških parametara) taj udeo bio 65.8% (1780 dana).

5 od 6 PhS subindeksa su svoje najniže srednje zimske vrednosti u periodu 1991-2020.godina dosegli zime 2019/20.godine i to: $PhS_{07h} = 3.42$, $PhS_{21h} = 3.18$, $PhS_{sr} = 3.22$, $PhS_{max} = 2.77$ i $PhS_{min} = 3.54$. Najniža srednja zimska vrednost kod subindeksa PhS_{14h} izmerena je zime 2006/07.godine kada je iznosila 2.94. Sledi je zima 2019/20.godine sa vrednošću od 2.95. Srednje mesečne vrednosti PhS indeksa referentnog perioda (koje odgovaraju 30-to godišnjem proseku) zimskih meseci (decembar, januar i februar) prikazane su u tabeli br. 31.

Tabela br. 30: Srednja zimska vrednost indeksa PhS, tokom referentnog perioda 1991-2020.godina

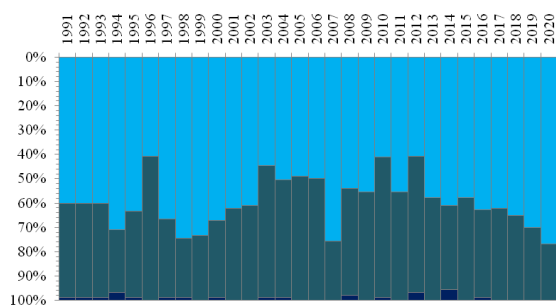
Sr. zimska vr. ref. period 1991-2020.	PhS 07h	PhS 14h	PhS 21h	PhS sr	PhS max	PhS min
	3.94	3.49	3.74	3.76	3.31	4.08

Tabela br. 31: Srednja mesečna vrednost indeksa PhS tokom referentnog perioda (30-to godišnji prosek) i najniža srednja minimalna vrednost PhS zabeležena tokom perioda istraživanja (dec., jan., feb.)

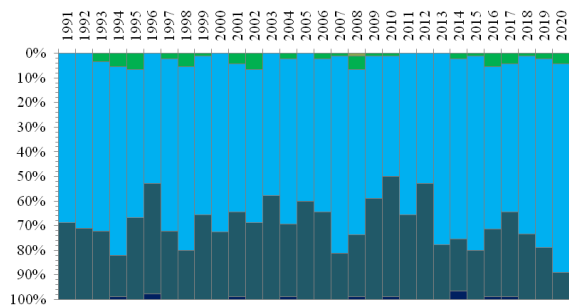
Mesec/PhS vrednosti		PhS 07h	PhS 14h	PhS 21h	PhS sr	PhS max	PhS min
DEC	sr.mes.vr. ref. period	3.86	3.50	3.74	3.73	3.32	4.02
	najniža sr. mesečna vr	3.34	3.02	3.14	3.19	2.83	3.42
JAN	sr.mes.vr. ref. period	4.05	3.65	3.92	3.89	3.47	4.18
	najniža sr. mesečna vr	3.27	2.77	3.09	3.10	2.57	3.37
FEB	sr.mes.vr. ref. period	3.93	3.33	3.62	3.65	3.14	4.05
	najniža sr. mesečna vr	3.14	2.17	2.78	2.75	2.02	3.25

Grafikon br. 59: Zastupljenost različitih kategorija fiziološkog naprežanja tokom zime, 1991-2020.

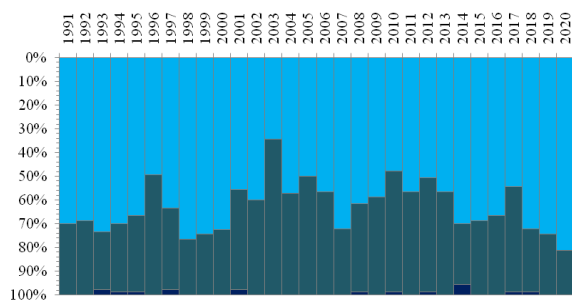
PhS 07h



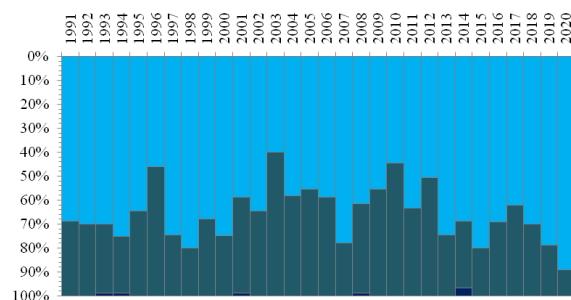
PhS 14h



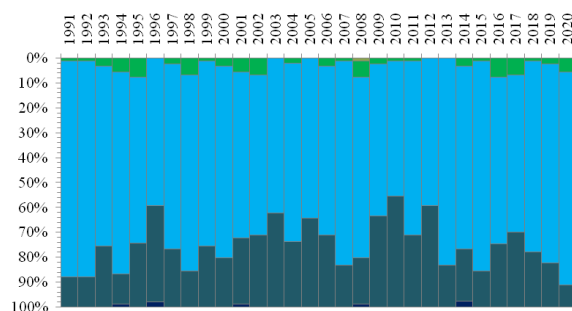
PhS 21h



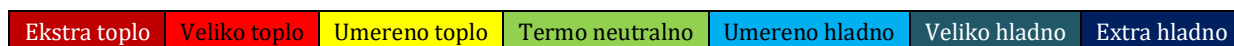
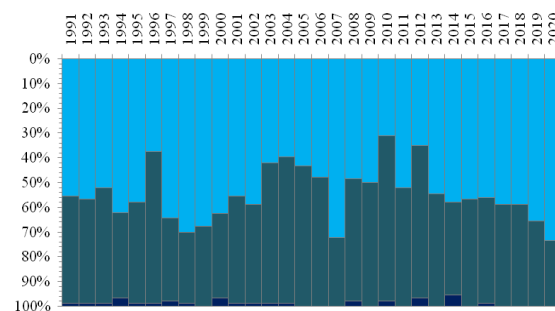
PhS sr



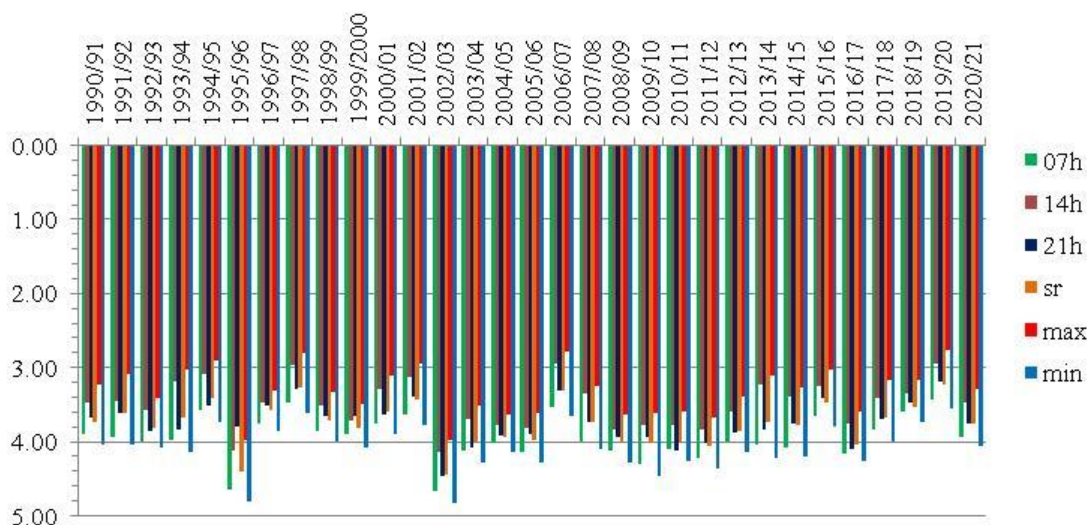
PhS max



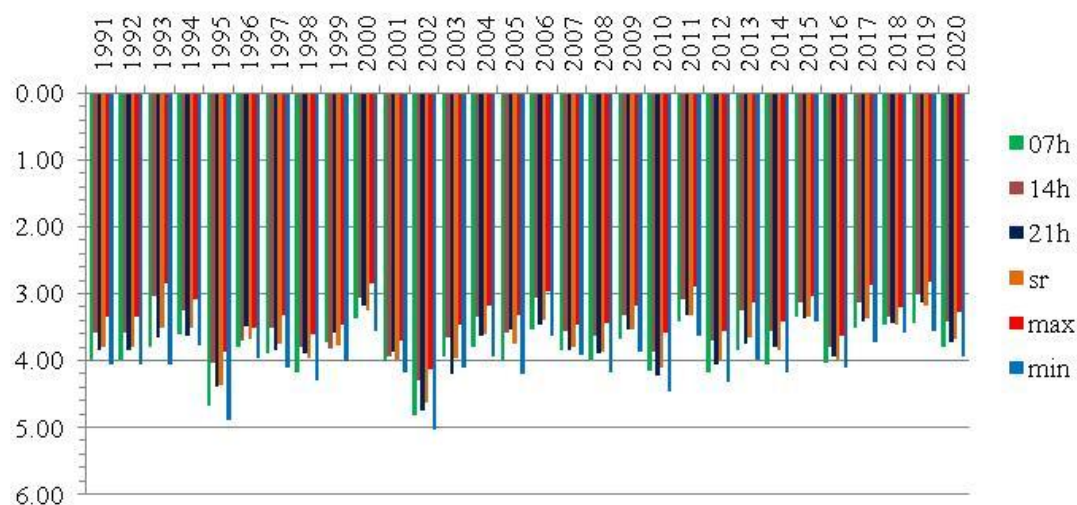
PhS min



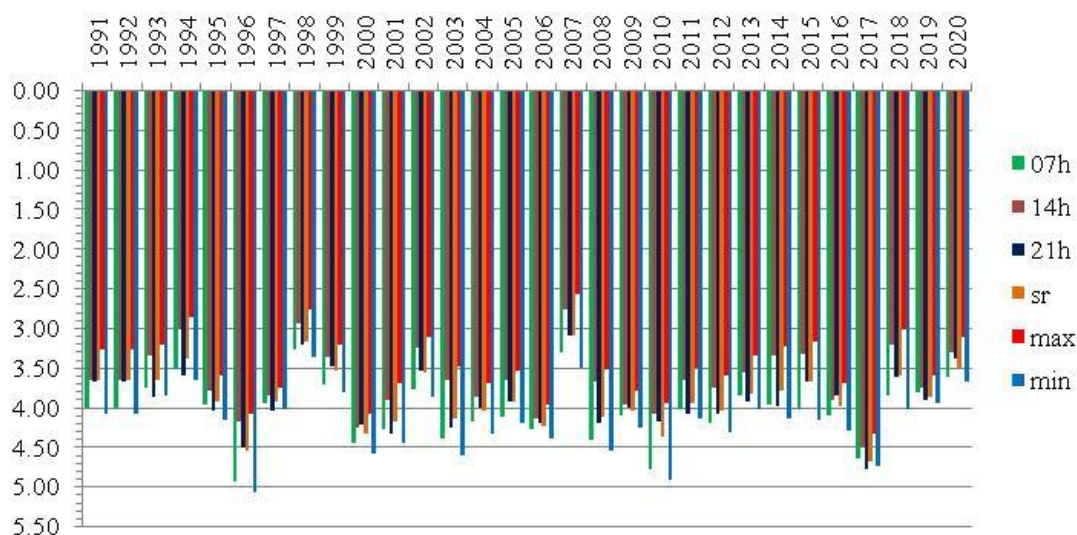
Grafikon br. 60: Srednje zimske vrednosti PhS, 1991-2020.godina (07h, 14h, 21h, sr, max, min)



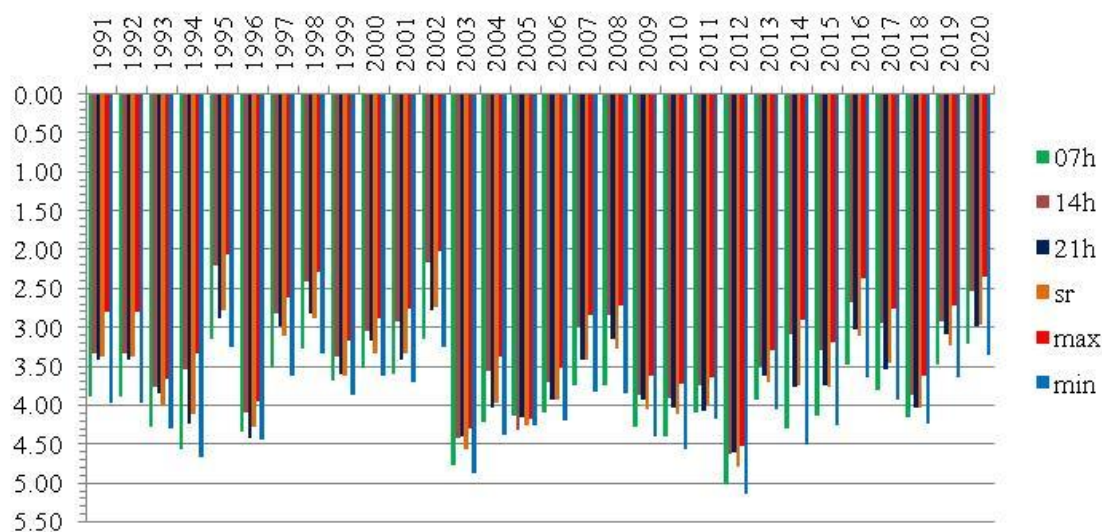
Grafikon br. 61: Srednje mesečne vrednosti indeksa PhS: decembar, januar, februar, 1991-2020.



PhS, Decembar 1991-2020.



PhS, januar 1991-2020.



PhS, februar 1991-2020.

Subjektivna temperatura (STI)

Bioklimatski indeks Subjektivna temperatura ili STI (°C) se koristi za opisivanje termičkog opterećenja ljudskog organizma prilikom boravka na otvorenom, pre samog procesa adaptacije na uslove spoljašnje sredine (Pecelj i dr., 2015), što čini ovaj indeks vrlo korisnim u proceni termalnog komfora u urbanim sredinama. U tabeli br. 32 prikazane su srednje godišnje vrednosti indeksa STI u Beogradu, tokom perioda od 30 godina, gde je crvenom bojom označeno 5 godina sa najvišim izmerenim srednjim godišnjim vrednostima. Na osnovu tabele možemo uočiti da je nakon 2011.godine, odnosno tokom poslednje decenije istraživanog perioda zabeleženo najviše takvih godina, gde dolazi do značajnog odstupanja od 30-to godišnjeg proseka.

Tabela br. 32: Srednje godišnje vrednosti indeksa STI, za period 1991-2020.,(crvenom bojom je označeno 5 godina sa najvišim srednjim vrednostima indeksa)

Godina / STI (°C)	STI 07h	STI 14h	STI 21h	STI sr	STI max	STI min
1991	21.01	27.77	25.86	26.88	29.87	18.98
1992	21.76	28.26	26.66	27.32	30.56	19.74
1993	22.45	28.86	25.91	25.79	29.31	20.14
1994	23.34	30.60	26.79	27.87	32.18	21.03
1995	21.17	25.70	24.69	25.18	27.33	18.99
1996	18.56	22.95	21.12	21.36	24.43	16.37
1997	20.14	24.40	24.20	24.12	25.97	17.85
1998	21.99	26.22	26.80	25.85	27.89	19.69
1999	20.52	25.79	24.51	24.46	27.48	18.40
2000	23.53	27.98	27.92	27.54	29.39	21.14
2001	19.77	24.76	24.73	24.13	26.59	17.52
2002	21.10	26.42	25.68	25.46	27.97	18.85
2003	21.36	26.57	25.56	25.74	28.00	19.14
2004	18.79	23.93	23.19	22.75	25.49	16.71
2005	18.02	22.79	23.34	22.04	24.46	15.96
2006	20.81	26.08	24.83	24.80	27.53	18.70
2007	22.70	26.67	26.46	26.23	28.02	20.31
2008	22.72	27.01	25.79	25.91	28.61	20.40
2009	20.87	25.72	25.01	24.56	27.33	18.69
2010	20.78	24.02	23.72	23.85	25.48	18.63
2011	22.51	27.13	26.54	26.67	28.59	20.39
2012	24.19	28.14	26.59	27.41	29.48	21.94
2013	22.27	27.09	26.18	25.96	28.48	20.14
2014	22.38	27.43	25.71	25.54	28.82	20.43
2015	24.30	28.04	26.84	27.27	29.45	22.31
2016	23.32	26.65	25.65	25.52	28.33	21.18
2017	24.41	28.34	27.07	27.76	30.06	22.25
2018	24.38	29.83	27.98	27.93	31.39	22.41
2019	25.16	29.18	29.18	28.64	32.07	23.03
2020	23.99	29.12	28.40	27.60	30.80	22.02

Što se tiče maksimalnih srednjih godišnjih vrednosti, 4 od 6 STI subindeksa su svoje maksimalne vrednosti dostigli 2019.godine: $STI_{07h} = 25.16^{\circ}C$, $STI_{21h} = 29.18^{\circ}C$, $STI_{sr} = 28.64^{\circ}C$ i $STI_{min} = 23.03^{\circ}C$. Najviše srednje godišnje vrednosti indeksa STI_{14h} i STI_{max} su izmerene 1994.godine i iznosile su $30.6^{\circ}C$ i $32.18^{\circ}C$. U tabeli br. 33 predstavljene su srednje 30-to godišnje vrednosti indeksa STI tokom referentnog perioda 1991-2020.

Tabela br. 33: Srednja 30-to godišnja vrednost indeksa STI, tokom referentnog perioda 1991-2020.god

Sr. god.vr. ($^{\circ}C$) Ref. period 1991-2020.	STI 07h	STI 14h	STI 21h	STI sr	STI max	STI min
	21.94	26.78	25.76	25.74	28.38	19.78

Zastupljenost različitih kategorija termalnog stresa, tokom 30 godina istraživanog perioda, za svaki od posmatranih subindeksa, prikazana je na grafikonu br. 62. Analizirajući rezultate dobijene za STI_{07h} na grafikonu br. 63 uočavamo pozitivan trend rasta srednjih godišnjih vrednosti indeksa izmerenih u jutarnjim časovima (07h) gde taj trend iznosi $0.114^{\circ}C/god$. Rast vrednosti indeksa utiče na porast broja dana u višim kategorijama termalnog stresa iz decenije u deceniju, pa tako ukoliko posmatramo broj "veoma vrućih" dana ($55.0^{\circ}C - 69.9^{\circ}C$) zapažamo sledeće: broj "veoma vrućih" dana tokom prve decenije istraživanog perioda iznosio je 188, tokom druge decenije zabeleženo je 217 "veoma vrućih" dana, a tokom poslednje decenije bilo ih je 257. U jutarnjim časovima, na godišnjem nivou najviše je "prohladnih i hladnih" dana koji zajedno učestvuju sa 53.3% (5844 dana) dok dani u višim kategorijama termalnog komfora (toplo, vruće i veoma vruće) učestvuju sa 34.6% (3786 dana).

Subindeks STI_{14h} je takođe ostvario pozitivan trend srednjih godišnjih vrednosti indeksa izmerenih u 14h, tokom perioda od 30 godina, koji je iznosio $0.053^{\circ}C/god$. Dani u kojima su registrovane kategorije termalnog stresa "toplo", "vruće" i "veoma vruće" bili su zastupljeni sa 43.6% (4781 dan), dok su dani tokom kojih je termalni stres bio ocenjen kao "udoban" ($22.6^{\circ}C - 31.9^{\circ}C$) učestvovali sa 13.3%. Hladni i prohladni dani su u ukupnom broju dana bili zastupljeni sa 42.8% (4685 dana). Kao i kod prethodna dva, pozitivan trend rasta srednjih godišnjih vrednosti registrovan je i kod subindeksa STI_{max} koji je određen na osnovu maksimalnih dnevnih temperatura vazduha. STI_{max} ostvario je pozitivan trend od $0.058^{\circ}C/god$, nešto više u odnosu na STI_{14h} . Takođe, ovde je zabeležen i najveći broj dana u kategoriji "veoma vruće", njih 1406 odnosno 12.8%. Tri kategorije (toplo, vruće, veoma vruće) zajedno su učestvovali sa 45.6% (4899 dana). Udobni dani učestvuju sa 14.2% (1557 dana) u ukupnom broju dana tokom 30 godina.

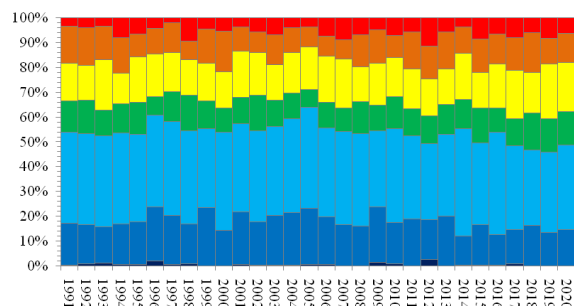
Najznačajniji rast srednjih godišnjih vrednosti evidentirane su kod subindeksa STI_{min} gde taj trend iznosi $0.119^{\circ}C/god$, što znači da zapravo dani tokom čitave godine postaju sve topliji, odnosno da čak i tokom dana kada se termalni stres javlja u nekim od "hladnih" kategorija vrednosti indeksa STI postaju više. Očekivano, "hladni" i "prohladni" dani zajedno učestvuju sa 55.3% (6058 dana) u ukupnom broju. Dani u kojima je termalni komfor ocenjen kao "udoban" bilo je 1305 ili 9.45%. Ono što je značajno jeste porast broja dana u kategoriji "veoma vruće".

Kod poslednja dva posmatrana STI subindeksa – STI_{21h} i STI_{sr} registrovani su slični trendovi, kao i kod prethodnih, gde su njihove srednje godišnje vrednosti rasle stopom od $0.079^{\circ}C/god$ odnosno $0.063^{\circ}C/god$. Rezultat toga je da tokom večernjih sati (21h) na godišnjem nivou imamo sve više "veoma vrućih" dana kada poredimo prvu i poslednju deceniju istraživanog perioda: 295 naspram 360. Dani u kategorijama "toplo, vruće i veoma vruće" učestvuju sa 41.5% (4545 dana). Kod subindeksa STI_{sr} broj "veoma vrućih"

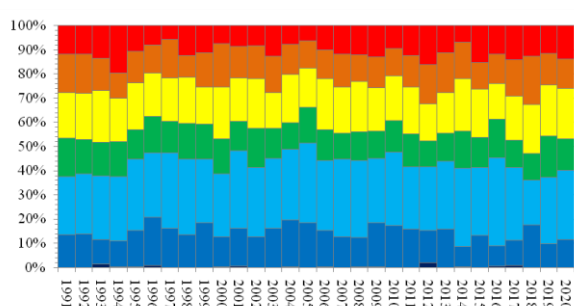
dana u periodu 1991-2000.godina iznosio je 267, dok je tokom perioda 2011-2020.godina taj broj bio 323. Zajedno “topli, vrući i veoma vrući” dani imaju udeo od 41.5% (4550 dana).

Grafikon br. 62: Zastupljenost različitih STI kategorija termalnog stresa, na godišnjem nivou, 1991-2020.

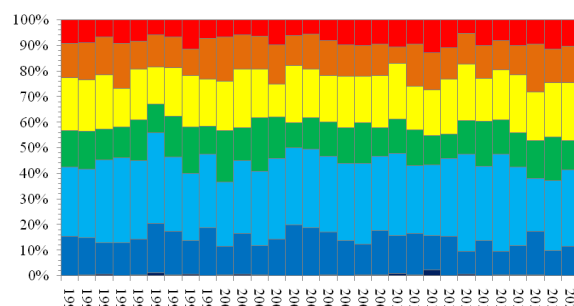
STI 07h



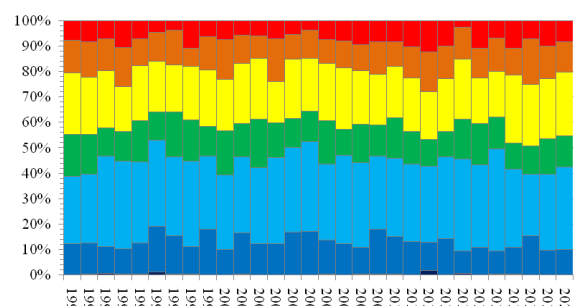
STI 14h



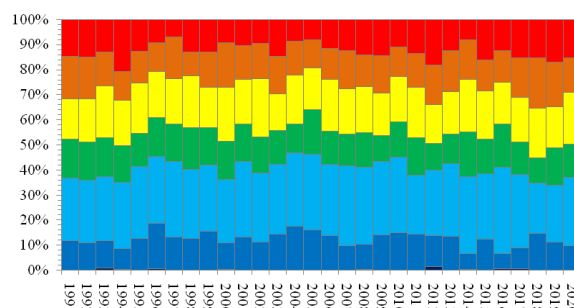
STI 21h



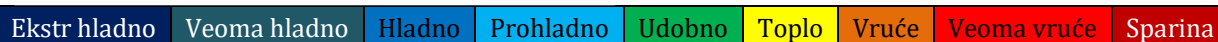
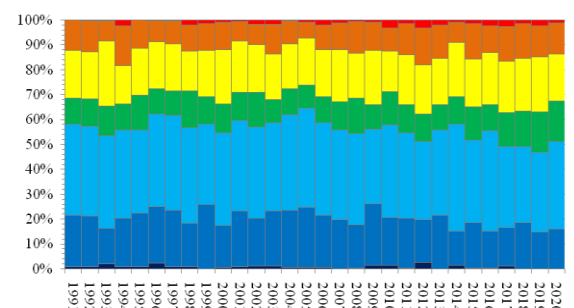
STI sr



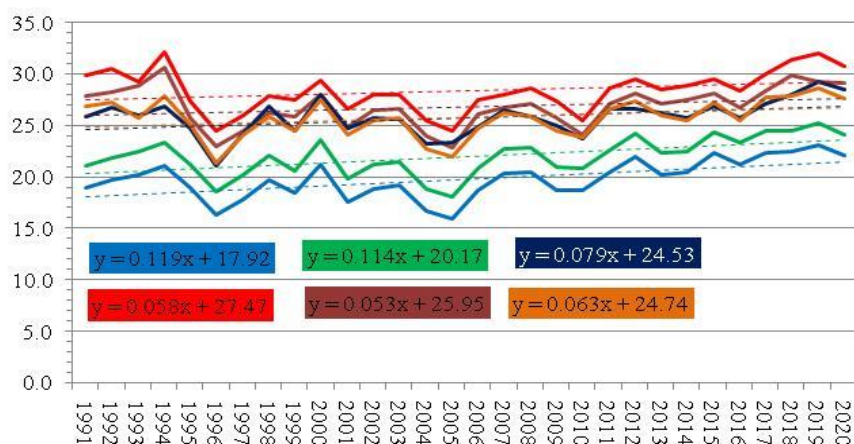
STI max



STI min



Grafikon br. 63: Trend promene indeksa STI, godišnje vrednosti, 1991-2020.



Procentualni udeo različitih STI kategorija **termalnog stresa tokom proleća u periodu 1991-2020.godina** prikazan je na grafikonu br. 64, dok su na grafikonu br. 65 prikazani trendovi promena srednjih prolećnih vrednosti posmatranih indeksa.

Tokom prolećnih dana, mereno u jutarnjim časovima (07h) vrednosti subindeksa STI_{07h} ostvarile su rast po stopi od $0.081^{\circ}C/god$, a istovremeno je rastao i broj "*toplih*" dana ($32.0^{\circ}C - 45.9^{\circ}C$) tokom tri decenije istraživanog perioda. Tako je tokom prve decenije registrovano 219 *toplih* dana, tokom druge decenije njih 225, a tokom poslednje decenije 252. Takođe primetno je smanjen i broj "*hladnih*" dana: sa 85 na 64. *Udobnih* dana ($22.6^{\circ}C - 31.9^{\circ}C$) bilo je 498 ili 18% u ukupnom zbiru. U jutarnjim časovima *topli*, *vrući* i *veoma vrući* dani učestvuju sa 34% (940 dana), a *hladni* i *prohladni* sa 47.9% (1322 dana). Najviša srednja prolećna vrednost indeksa STI_{07h} izmerena je 2018.godine i iznosila je $27.52^{\circ}C$.

Srednje prolećne vrednosti subindeksa STI_{min} ostvarile su najvišu stopu rasta u poređenju sa ostalim STI subindeksima sa $0.086^{\circ}C/god$. Najviša srednja prolećna vrednost indeksa STI_{min} izmerena je 2018.godine i iznosila je $25.09^{\circ}C$. *Hladni* i *prohladni* dani učestvuju sa 50.4% (odnosno 1390 dana) u ukupnom broju dana tokom perioda od 30 godina. *Toplih* i *vrućih* dana bilo je 777 ili 28.1%. Dana u kojima je termalni komfor bio ocenjen kao "*udoban*" bilo je 593 odnosno 21.5%.

Vrlo ujednačene stope rasta tokom 30-to godišnjeg perioda ostvarila su tri subindeksa: STI_{sr} sa stopom od $0.028^{\circ}C/god$, STI_{14h} sa $0.029^{\circ}C/god$ i STI_{21h} sa $0.030^{\circ}C/god$. Pozitivan trend rezultovao je smanjenjem broja dana u kojima je termalni komfor ocenjen kao "*hladan*", pa tako kod subindeksa STI_{14h} tokom prve decenije istraživanja beležimo 59 *hladnih* dana, a tokom poslednje 44 *hladna* dana. Umereniji pad broja *hladnih* dana javlja se kod subindeksa STI_{21h} gde je u periodu 1991-2000.godina evidentirano 53 *hladna* dana, u periodu 2001-2010.godina 49 *hladnih* dana i u periodu 2011-2020.godina 45 *hladnih* dana. Najviša srednja prolećna vrednost subindeksa STI_{21h} i STI_{sr} izmerena je 2007.godine i iznosila je $31.93^{\circ}C$ odnosno $31.05^{\circ}C$. Najviša srednja prolećna vrednost indeksa STI_{14h} od $33.22^{\circ}C$ zabeležena je 2018.godine.

U večernjim časovima (21h) odnosno kod subindeksa STI_{21h} dana u višim kategorijama toplotnog stresa (*toplo*, *vruće* i *veoma vruće*) bilo je 1261 ili 45.7%. *Hladni* i *prohladni* dani su nešto manje zastupljeni, te ih je tokom perioda od 30 godina evidentirano 1002 ili 36.3%. *Udobnih* dana bilo je 497 ili 18%.

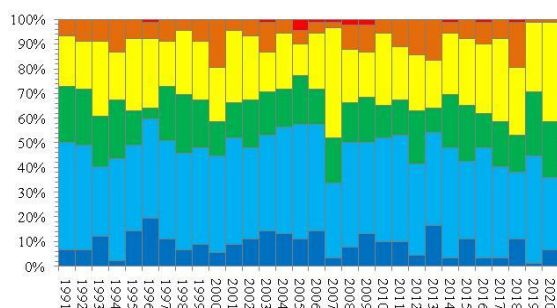
Ukoliko posmatramo termalni stres izmeren na osnovu meteoroloških parametara zabeleženih u 14h (STI_{14h}), uočićemo da su kategorije toplotnog stresa *toplo*, *vruće* i *veoma vruće* zastupljenije u odnosu na one sa *hladnim* stresom. Tako dani u kojima je termalni komfor ocenjen kao *topao/vruć/veoma vruć* učestvuju sa 45.2% (1247 dana, od kojih je najviše u kategoriji *toplo*: 795). *Udobnih* dana bilo je 470 (17%), dok je "*hladnih*" i "*prohladnih*" dana bilo 1043 (37.8%).

Na srednje dnevnom nivou (STI_{sr}) tokom proleća, najviše je "*toplih*" dana (881 dan), a *topli*, *vrući* i *veoma vrući* učestvuju sa 41.8% (1155 dana). *Udobnih* je bilo 609 ili 22%.

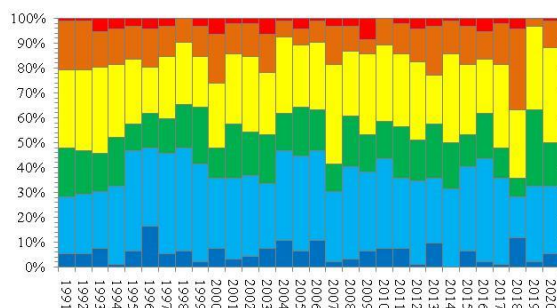
Srednje prolećne vrednosti subindeksa STI_{max} tokom perioda od 30 godina rasle su stopom od $0.049^{\circ}C$, dok je najviša srednja prolećna vrednost zabeležena 2018.godine i iznosila je $34.79^{\circ}C$. Dana u kojima je toplotni stres pripadao nekoj od kategorija *toplo*, *vruće* i *veoma vruće* bilo je 1314 ili 47.6%. *Udobnih* dana bilo je 487 ili 17.6%.

Grafikon br. 64: Zastupljenost različitih STI kategorija termalnog stresa, tokom proleća, 1991-2020.

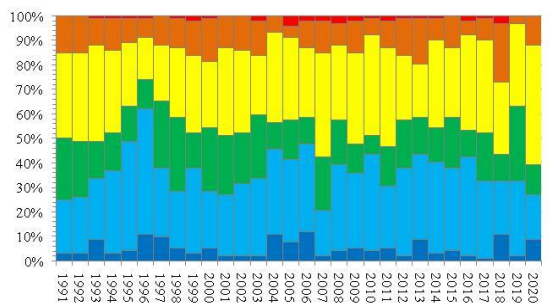
STI 07h



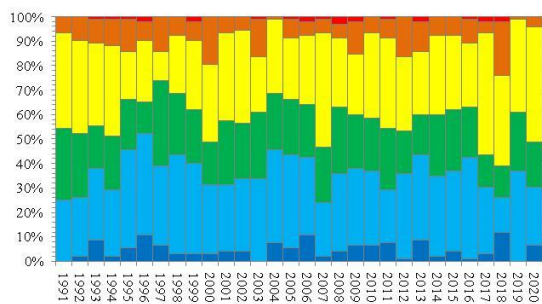
STI 14h



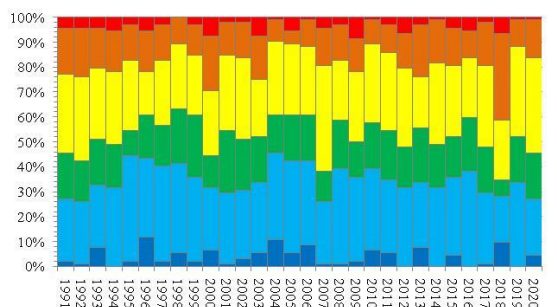
STI 21h



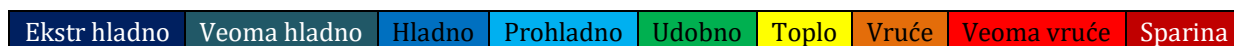
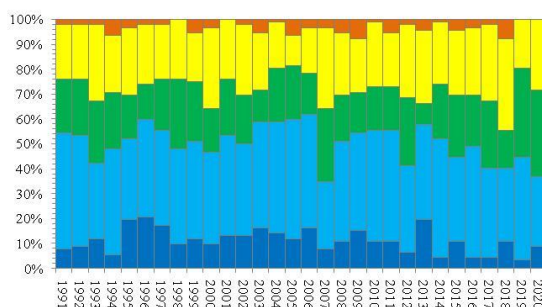
STI sr



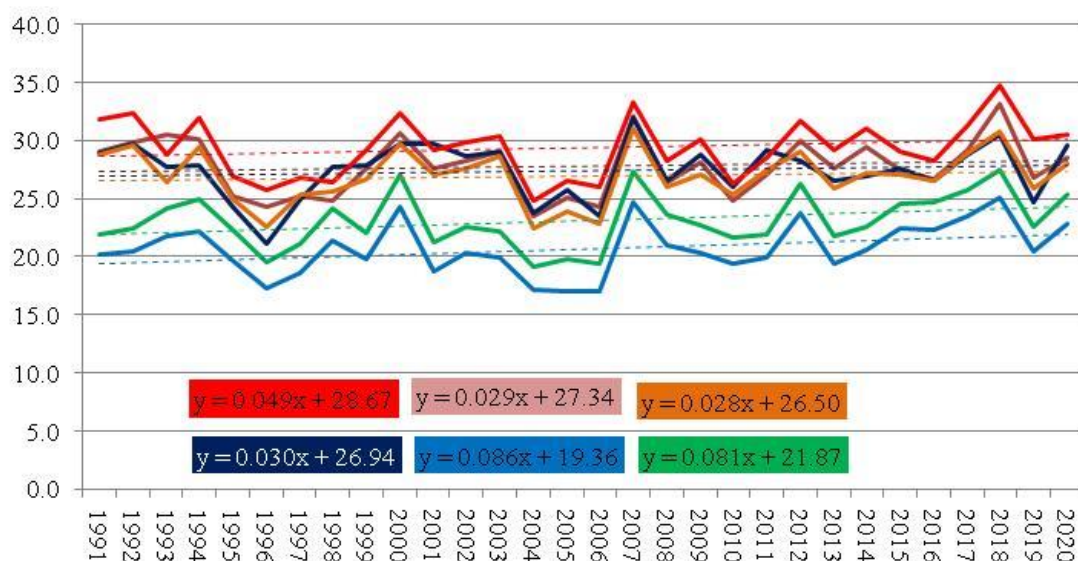
STI max



STI min



Grafikon br. 65: Trend promene indeksa STI, tokom proleća, 1991-2020.



Procentualno učešće različitih STI kategorija **termalnog stresa tokom leta za period od 30 godina**, prikazano je grafikonom br. 66, dok su na grafikonu br. 67 prikazani trendovi promena srednjih letnjih vrednosti posmatranih subindeksa. Iz priloženog možemo zaključiti da je termalni komfor na području Beograda najmanje povoljan tokom letnjih meseci.

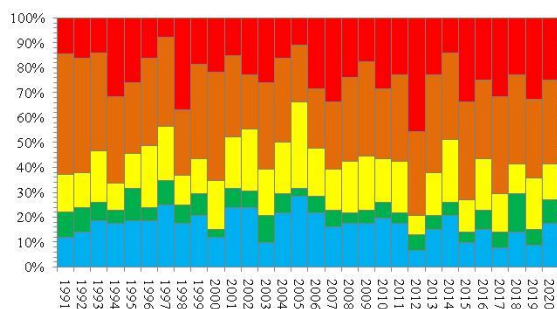
Kod subindeksa STI_{min} tokom leta zabeležen je najviši pozitivni trend porasta srednjih vrednosti indeksa stopom od $0.123^{\circ}C/god$. Rast srednjih letnjih vrednosti STI_{min} rezultovao je značajnim porastom broja dana u najvišoj zabeleženoj kategoriji termalnog stresa (*veoma vruće*), kada se porede tri decenije istraživanog perioda. Broj "*veoma vrućih*" dana ($55.0^{\circ}C - 69.9^{\circ}C$) u periodu 1991-2000.godina bio je 27, u periodu 2001-2010.godina iznosio je 46, a tokom perioda 2011-2020.godina zabeleženo je 68 *veoma vrućih* dana (ukupno 141 dan). Najviše ih je bilo 2010. i 2012.godine (12), zatim 2017.godine (10) i 2019.godine (9). Najviša srednja letnja vrednost STI_{min} izmerena je 2012.godine i iznosila je $45.86^{\circ}C$. Sledi je 2017.godina sa $44.65^{\circ}C$. Subindeks STI_{07h} tokom perioda od 30 godina ostvario je rast svojih srednjih letnjih vrednosti po stopi od $0.115^{\circ}C/god$. Takođe, evidentiran je porast broja dana u kojima je termalni komfor ocenjen kao "*veoma vruće*" u jutarnjim časovima (07h), tokom tri decenije istraživanog perioda: 187 dana (1991-2000.), 205 dana (2001-2010.) i 254 dana (2011-2020). Najviše takvih dana zabeleženo je 2012.godine (42), zatim 2007. i 2015.godine (31) i 2019.godine (30). Ukupno, *veoma vrućih* dana bilo je 646 ili 23.4%. Procentualno najzastupljeniji su "*vrući*" dani ($46.0^{\circ}C - 54.9^{\circ}C$) sa 34.1% (942 dana). Najviša srednja letnja vrednost indeksa STI_{07h} izmerena je 2012.godine ($49.69^{\circ}C$).

Srednje letnje vrednosti indeksa STI merene u 14h (STI_{14h}) zabeležile su sledeće trendove: srednja letnja vrednost indeksa rasla je stopom od $0.077^{\circ}C/god$ uz porast broja dana u najvišoj kategoriji termalnog stresa (*veoma vruće*). Tako, kada poredimo prvu i poslednju deceniju istraživanog perioda, vidimo da je taj broj uvećan sa 346 na 402. "*Veoma vrući*" dani su ujedno i najzastupljeniji sa 38.8% u ukupnom zbiru. Slede ih "*vrući*" dani sa 27.5% (759 dana). Ukoliko na to dodamo i dane u kojima je termalni stres ocenjen kao "*toplo*" ($32.0^{\circ}C - 45.9^{\circ}C$), vidimo da su dani u višim kategorijama toplotnog stresa učestvovali sa 82.36%. Najviša srednja letnja vrednost indeksa STI_{14h} izmerena je 2012.godine i iznosila je $53.01^{\circ}C$.

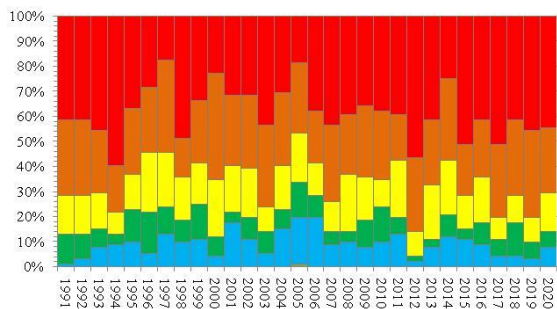
Ukoliko posmatramo rezultate dobijene za subindeks STI_{max} zapazićemo sledeće: srednje letnje vrednosti ovog indeksa rasle su po stopi od $0.100^{\circ}C/god$ uz istovremeno povećavanje broja dana u kategoriji termalnog stresa označenoj kao "*veoma vruće*": u periodu 1991-2000.godina imali smo 379, a tokom perioda 2011-2020.godina 448 takvih dana. *Veoma vrući* dani učestvuju sa 43.1% u ukupnom zbiru. Slede ih "*vrući*" dani sa 26.5% (730 dana). Sa rastom broja dana u višim kategorijama toplotnog stresa, došlo je do smanjivanja broja dana u kojima je termalni stres bio ocenjen kao "*udoban*" ($22.6^{\circ}C - 31.9^{\circ}C$). Tako npr. u prvoj deceniji istraživanog perioda, tokom leta, zabeleženo je 116 "*udobnih*" dana, u drugoj deceniji 100, a tokom treće decenije zabeleženo je 74 takva dana. Najviša srednja letnja vrednost indeksa STI_{max} izmerena je 2019.godine i iznosila je $55.22^{\circ}C$. Slični trendovi registrovani su i kod subindeksa STI_{21h} i STI_{sr} čije su srednje letnje vrednosti rasle stopom od $0.091^{\circ}C/god$, odnosno $0.097^{\circ}C/god$. Najviša srednja letnja vrednost oba subindeksa izmerena je 2012.godine i iznosila je $51.65^{\circ}C$ za STI_{21h} i $52.33^{\circ}C$ za STI_{sr} . Kod oba subindeksa evidentiran je porast "*veoma vrućih*" dana kada poredimo prvu i poslednju deceniju istraživanog perioda: kod STI_{21h} sa 287 na 345 takvih dana.

Grafikon br. 66: Zastupljenost različitih STI kategorija termalnog stresa, tokom leta, 1991-2020.

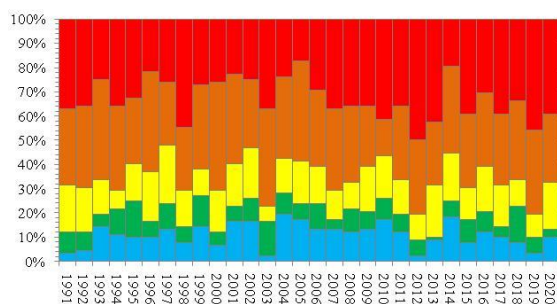
STI 07h



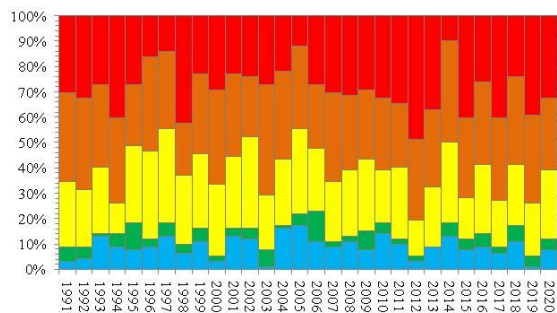
STI 14h



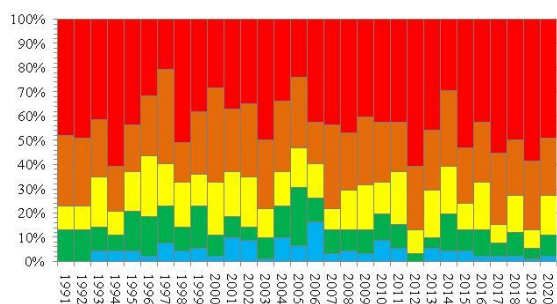
STI 21h



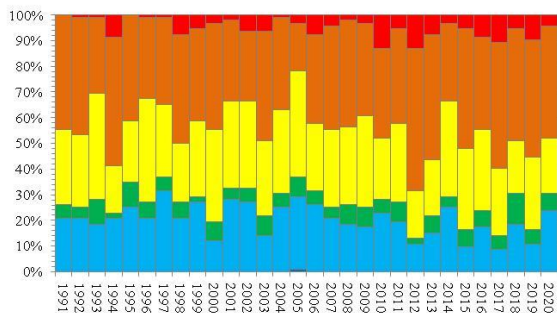
STI sr



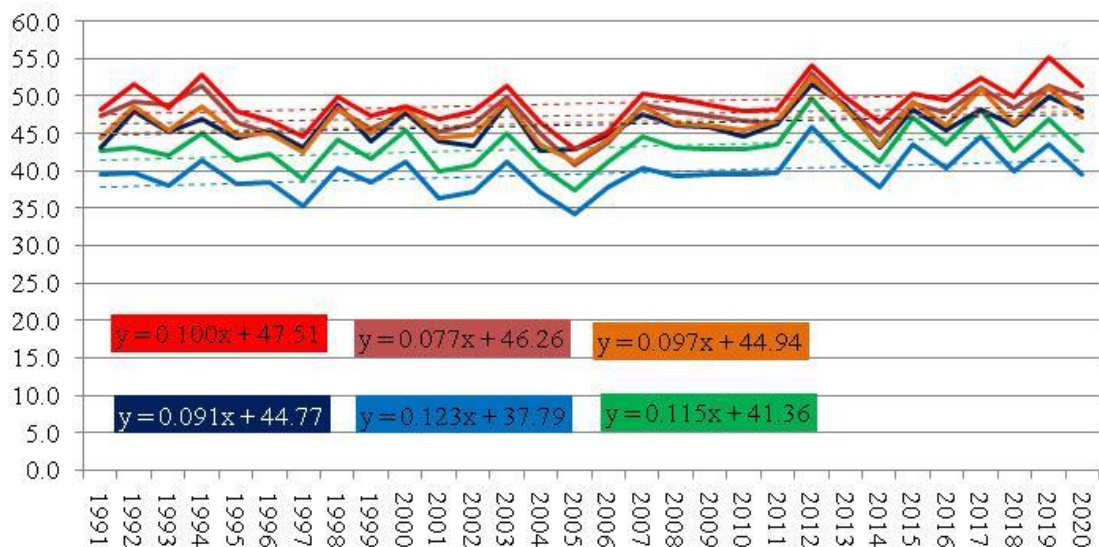
STI max



STI min



Grafikon br. 67: Trend promene indeksa STI, tokom leta, 1991-2020.



Rezultati bioklimatske analize termalnog komfora u Beogradu ***tokom jeseni u periodu 1991-2020.godine***, primenom indeksa STI prikazani su na grafikonima br. 68 i 69. Na osnovu prikazanih rezultata, uviđamo da jesen u Beogradu postaje sve toplija. Takođe, najznačajnije promene tokom godine u pogledu termalnog komfora na otvorenom registrovane su upravo tokom jeseni, poredeći sa svim ostalim godišnjim dobima.

Među posmatranim subindeksima, najznačajnije stope rasta srednjih vrednosti registrovane su kod STI_{min} , gde je ostvaren pozitivan trend od $0.179^{\circ}C/god.$ Najviša srednja jesenja vrednost STI_{min} izmerena je 2019.godine ($STI_{min} = 25.09^{\circ}C$), a sledi je 2018.godina ($STI_{min} = 23.47^{\circ}C$). Takođe, registrovan je porast “*vrućih*” dana ($46.0^{\circ}C - 54.9^{\circ}C$) sa 15 na 34 kada se uporede rezultati prve i poslednje decenije istraživanog perioda. *Topli* i *vrući* dani zajedno učestvuju sa 25.6% u ukupnom broju dana tokom 30 godina. Ujedno, broj “*hladnih*” dana smanjen je sa 148 na 105. Najviše je dana gde su vrednosti termalnog komfora pripadale kategoriji “*prohladno*”, njih 1170 ili 42.9%.

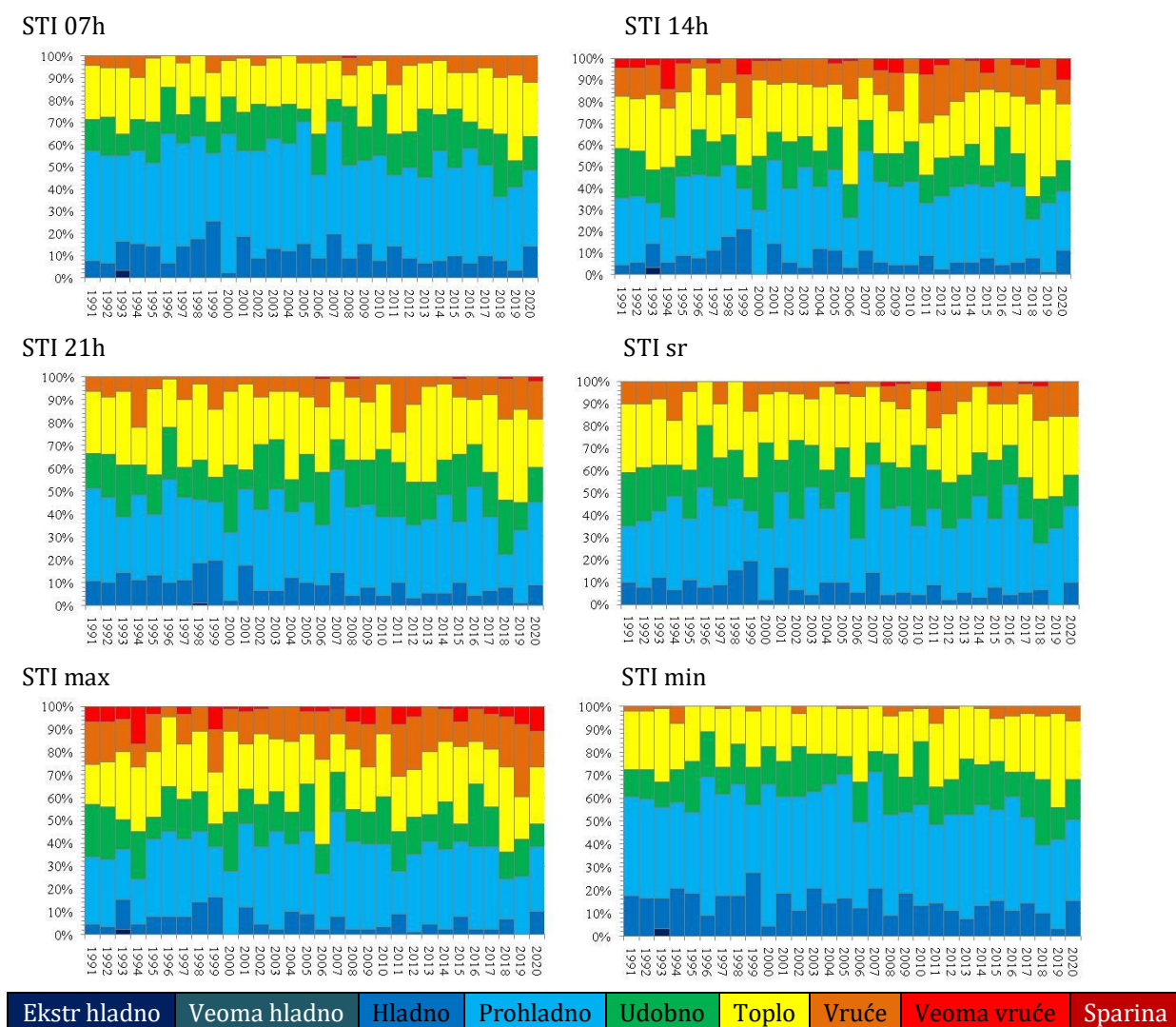
Nakon STI_{min} najznačajniji pozitivan trend ostvario je subindeks STI_{07h} čije su srednje jesenje vrednosti rasle stopom od $0.176^{\circ}C/god.$ Najviša srednja jesenja vrednost STI_{07h} izmerena je 2019.godine i iznosila je $26.78^{\circ}C$, a sledi je 2018.godina sa $25.06^{\circ}C$. Broj dana u kategorijama “*hladno*” i “*prohladno*” je značajno smanjen tokom tri decenije istraživanog perioda, dok je broj “*vrućih*” dana povećan. Tako npr. broj *prohladnih* dana kada poredimo prvu i poslednju deceniju istraživanog perioda smanjen je sa 418 na 357, broj *hladnih* dana sa 112 na 81, a broj *vrućih* dana uvećan je sa 36 na 68. Najviše je “*prohladnih*” dana, njih 1188 ili 43.5%.

Subindeks STI_{max} beleži slične trendove kao i prethodno razmatrani indeksi: srednje jesenje vrednosti tokom perioda od 30 godina rasle su stopom od $0.104^{\circ}C/god.$ Najviša srednja jesenja vrednost STI_{max} izmerena je 2019.godine i iznosila je $35.45^{\circ}C$. Usled porasta srednjih vrednosti, došlo je i do porasta broja dana u višim kategorijama termalnog stresa, pa je u kategoriji “*vruće*” ($46.0^{\circ}C - 54.9^{\circ}C$) broj dana uvećan sa 122 na 173 kada poredimo prvu i poslednju (treću) deceniju istraživanog perioda. Dani u kojima je termalni komfor ocenjen kao *toplo/vruće/veoma vruće* učestvuju sa 45.4%. Među njima, najviše je *toplih* dana: 25.9% ili 706 takvih dana. *Udobni* dani tj. dani kada su vrednosti subindeksa bile između $22.6^{\circ}C$ i $31.9^{\circ}C$ učestvuju sa 16.9% (461 dan).

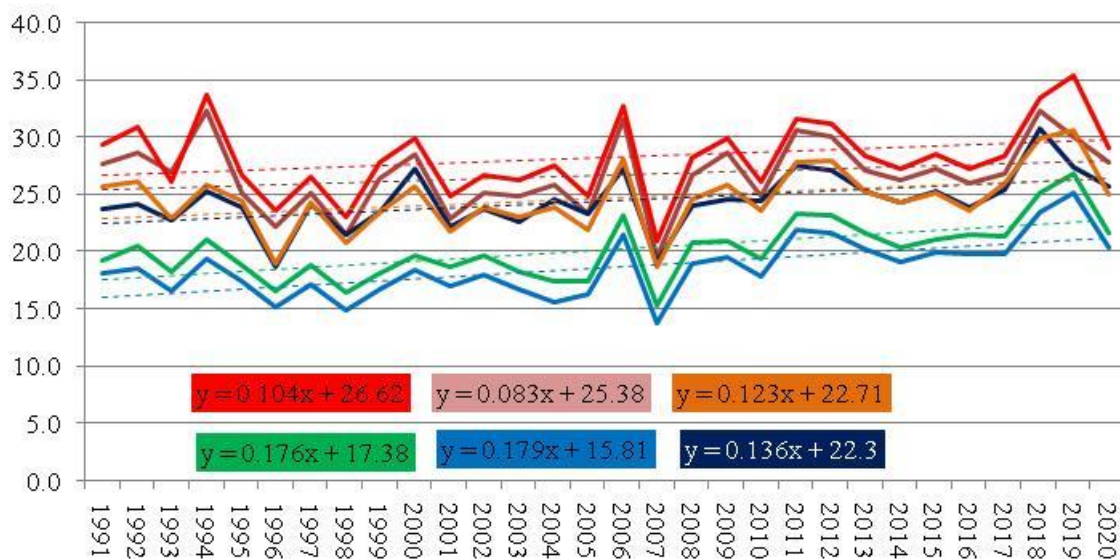
Kod subindeksa STI_{14h} registrovan je pozitivan trend rasta srednjih jesenjih vrednosti od $0.083^{\circ}C/god.$ dok je najviša srednja jesenja vrednost izmerena 2018.godine kada je iznosila $32.23^{\circ}C$. Sa rastom srednjih vrednosti, raste i broj dana u višim kategorijama termalnog stresa, pa je tako zabeležen porast broja “*vrućih*” dana sa 110 na 144 (kada uporedimo prvu i poslednju deceniju istraživanog perioda). *Topli* i *vrući* dani zajedno učestvuju sa 16.9% (1104 dana). Najviše je *prohladnih* dana, njih 883 ili 32.3%.

Značajni su i rezultati dobijeni za subindeks STI_{21h} : srednje jesenje vrednosti ovog subindeksa ostvarile su pozitivan trend od $0.136^{\circ}C$, a broj dana u kategoriji “*hladno*” je opadao iz decenije u deceniju (I dec. 109 dana/ II dec. 84 dana/III dec. 57dana). Istovremeno, pozitivan trend uticao je na porast broja dana u kategoriji “*vruće*”: sa 77 u prvoj na 107 dana u poslednjoj deceniji istraživanja. Najviša srednja jesenja vrednost STI_{21h} izmerena je 2018.godine i iznosila je $30.78^{\circ}C$. Sledi je 2011.godina sa $27.6^{\circ}C$. Analiza srednjih dnevnih vrednosti indeksa STI (STI_{sr}) takođe ukazuje na izmenu termalnog komfora i trend rasta od $0.123^{\circ}C/god.$ što potvrđuje prethodno izneto. Najviša srednja jesenja vrednost STI_{sr} izmerena je 2019.godine i iznosila je $30.58^{\circ}C$. Sledi je 2018.godina sa $29.87^{\circ}C$. Najviše je bilo “*prohladnih*” dana: 941 dan ili 34.5%.

Grafikon br. 68: Zastupljenost različitih STI kategorija termalnog stresa, tokom jeseni, 1991-2020.



Grafikon br. 69: Trend promene indeksa STI, tokom jeseni, 1991-2020.



Procentualno učešće različitih kategorija **termalnog stresa u Beogradu, tokom zime u periodu 1991-2020.godina** prikazano je grafikonom br. 70, za svaki od razmatranih STI subindeksa. Dalje, na grafikonu br. 71 prikazan je trend po kojem su se srednje zimske vrednosti STI subindeksa menjale tokom godina. Za svaki posmatrani subindeks uočen je pozitivan trend, odnosno rast srednjih zimskih vrednosti, što ukazuje na izmenu bioklimatskih uslova u pogledu sve toplijih zimskih dana i blažih zima.

Kod svih 6 subindeksa najviša srednja zimska vrednost tokom 30-to godišnjeg perioda zabeležena je tokom zime 2019/2020.godine i to: $STI_{07h} = 6.69^{\circ}C$, $STI_{14h} = 12.1^{\circ}C$, $STI_{21h} = 11.83^{\circ}C$, $STI_{sr} = 10.83^{\circ}C$, $STI_{max} = 12.77^{\circ}C$ i $STI_{min} = 5.66^{\circ}C$.

Kada posmatramo rezultate dobijene za STI_{07h} , prikazane na grafikonu br. 71, možemo uočiti da su vrednosti indeksa u jutarnjim časovima (izmerene u 07h) ostvarile pozitivan trend od $0.095^{\circ}C/god$. Taj trend rezultovao je smanjenjem broja dana kada je termalni komfor na otvorenom ocenjen kao "*veoma hladan*": sa 21 *veoma hladnih* dana u periodu 1991-2000.godina na 17 dana tokom druge (2001-2010.god) i 15 dana tokom treće decenije (2011-2020.god) istraživanog perioda. Najviše je dana u kategoriji "*hladno*" (50.2% ili 1358 dana) i u kategoriji "*prohladno*" (44.3% ili 1200 dana).

Pozitivan trend registrovan je i kod subindeksa STI_{min} (određen na osnovu minimalnih vrednosti temperature vazduha) koji je iznosio $0.090^{\circ}C/god$. Najviše je "*hladnih*" dana (gde se vrednosti STI_{min} kreću u opsegu od $-20.0^{\circ}C$ do $-0.5^{\circ}C$) kojih je evidentirano 1432 ili 52.9%. Zatim, tu su i "*prohladni*" dani (gde se vrednosti STI_{min} kreću u opsegu od $-0.4^{\circ}C$ do $22.5^{\circ}C$) koji učestvuju sa 41.1% (1114 dana).

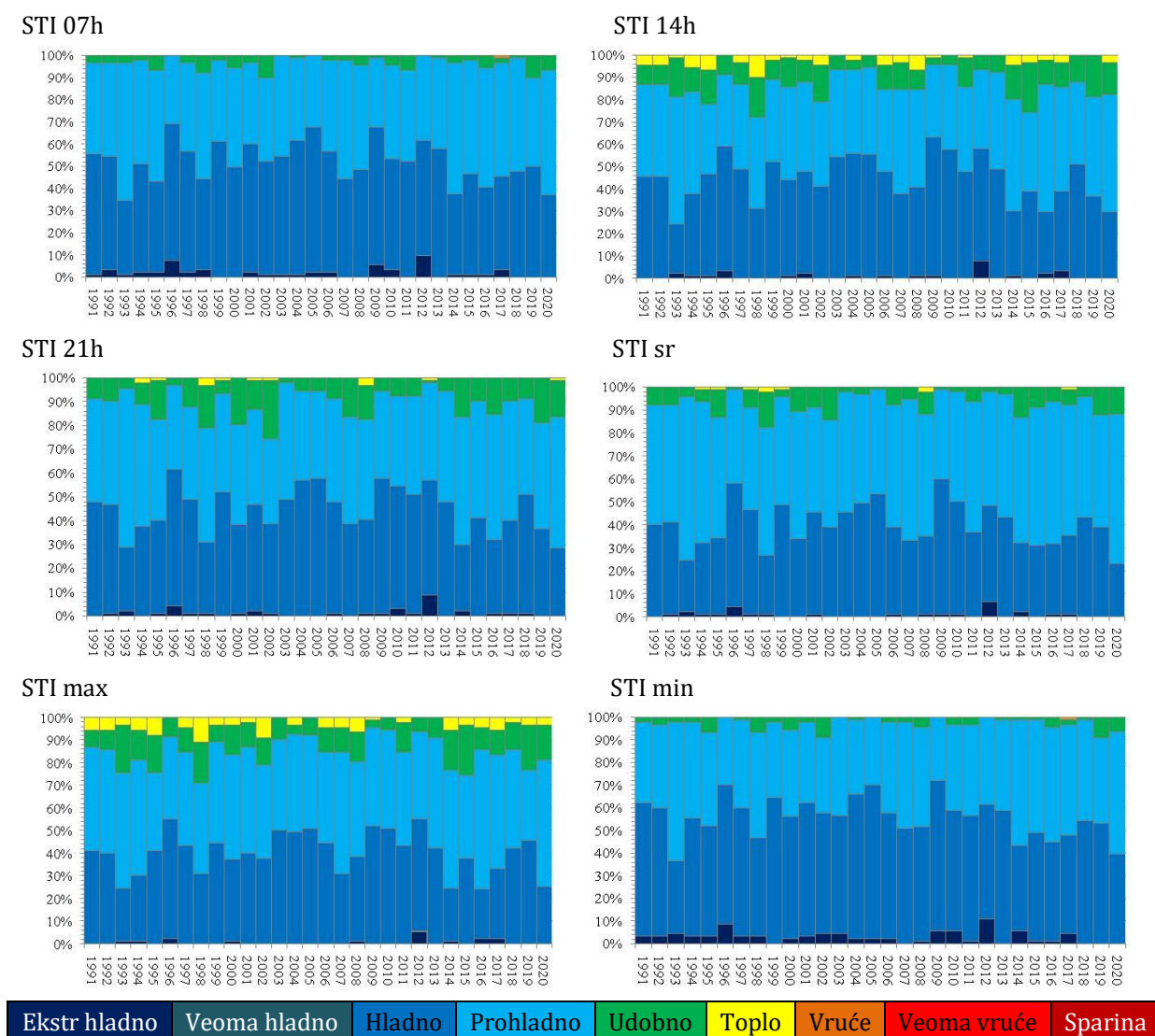
Srednje zimske vrednosti subindeksa STI_{21h} su takođe ostvarile pozitivan trend, gde su te vrednosti rasle stopom od $0.062^{\circ}C/god$. Najviše je "*prohladnih*" dana (1197 dana ili 44.2%), kao i "*hladnih*" (1173 dana ili 43.3%). *Udobni* dani, ili dani u kojima se vrednost termalnog komfora kretala u opsegu od $22.6^{\circ}C$ do $31.9^{\circ}C$, bili su zastupljeni sa 10.7% (289 takvih dana).

Subindeks STI_{sr} , odnosno STI indeks određen na osnovu srednjih dnevnih vrednosti meteoroloških parametara, tokom perioda od 30 godina, je kao i prethodni subindeksi ostvario rast svojih vrednosti, po stopi od $0.055^{\circ}C/god$. Ukoliko posmatramo grafikon br. 70 videćemo da je na srednje dnevnom nivou najzastupljenija kategorija termalnog stresa "*prohladno*" (od $-0.4^{\circ}C$ do $22.5^{\circ}C$) sa udelom od 52.6% ili 1425 dana. Na drugom mestu, po zastupljenosti nalaze se "*hladni*" dani sa 39.1% ili 1058 takvih dana.

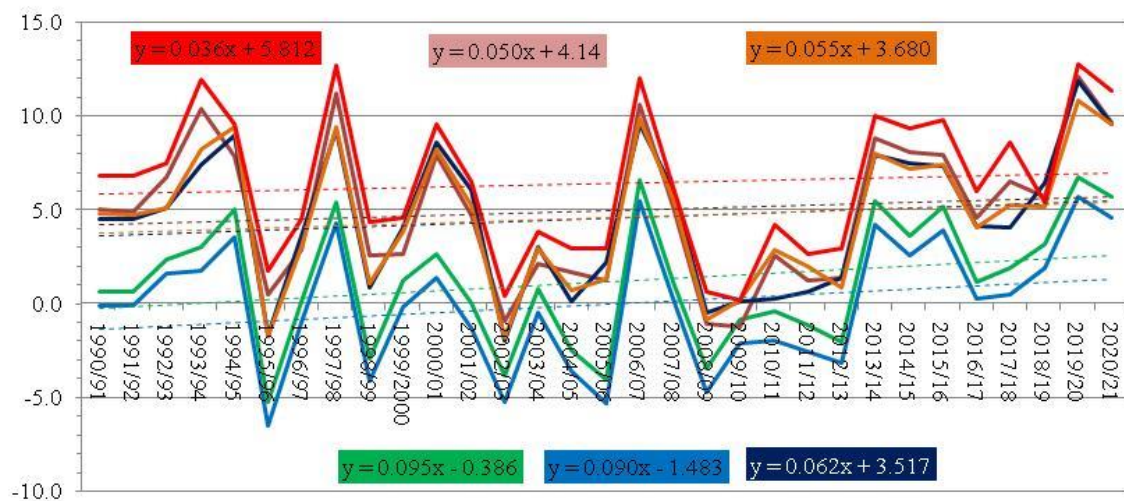
Kod subindeksa STI_{14h} ili STI indeksa određenog na osnovu meteoroloških parametara izmerenih u 14h, primećujemo slično: srednje zimske vrednosti ovog indeksa tokom perioda od 30 godina rasle su stopom od $0.050^{\circ}C/god$. Kao i kod prethodnih, dve najdominantnije kategorije termalnog stresa su "*hladno*" i "*prohladno*" sa 1189 i 1114 dana, odnosno zajedno 85.1%. *Ugodnih* dana tokom perioda od 30 godina bilo je 304 (najviše 2015.godine kada ih je evidentirano 20 i 2019.godine kada ih je bilo 17). Tokom zime u periodu 1991-2020.godina zabeleženo je i 73 "*topla*" dana.

Subindeks STI_{max} ostvario je najsporiji rast svojih srednjih zimskih vrednosti, u poređenju sa ostalim razmatranim STI subindeksima, sa stopom od $0.036^{\circ}C/god$. Kod ovog subindeksa, tokom perioda od 30 godina, zabeleženo je 100 "*toplih*" dana tokom zime (3.7%), a kategorija termalnog stresa sa najvećim udelom je "*prohladno*" sa 1199 dana ili 44.3%. Tu su i "*hladni*" dani, njih 1073 ili 39.6%.

Grafikon br. 70: Zastupljenost različitih STI kategorija termalnog stresa, tokom zime, 1991-2020.



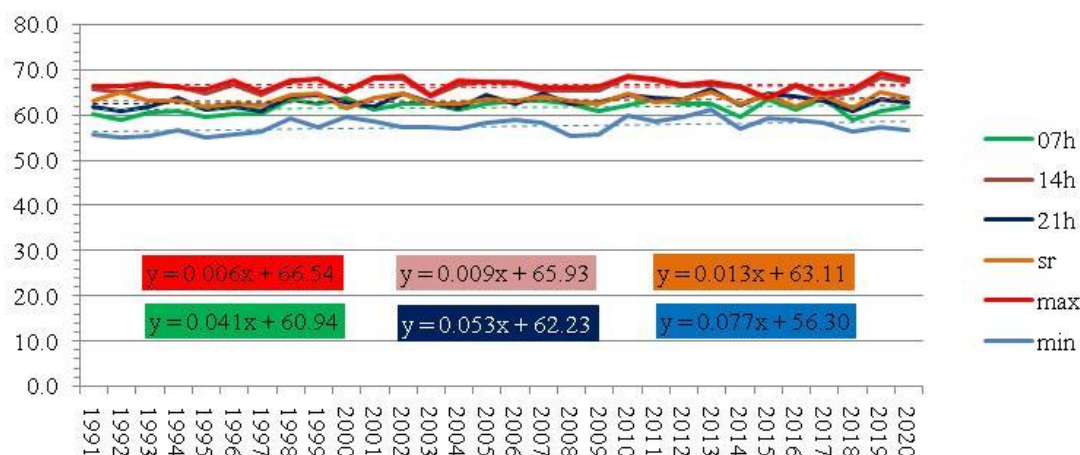
Grafikon br. 71: Trend promene indeksa STI, tokom zime, 1991-2020.



Kako su analizom srednjih godišnjih i srednjih sezonskih vrednosti posmatranih STI subindeksa evidentirani značajni pozitivni trendovi, odnosno evidentiran je rast vrednosti subindeksa tokom perioda od 30 godina, dodatna pažnja u radu posvećena je i **analizi maksimalnih dnevnih vrednosti** koje su indeksi dostigli tokom godina.

Na grafikonu br. 72 možemo uočiti da su maksimalne dnevne vrednosti subindeksa STI_{max} ostvarile blag pozitivan trend od $0.006^{\circ}C/god$, slično subindeksu STI_{14h} čije maksimalne dnevne vrednosti rastu stopom od $0.009^{\circ}C/god$. Daleko značajniji rast maksimalnih dnevnih vrednosti ostvario je subindeks STI_{min} sa $0.077^{\circ}C/god$, kao i subindeks STI_{21h} sa $0.053^{\circ}C/god$. I kod preostala dva subindeksa (STI_{07h} i STI_{sr}) zabeležen je rast maksimalnih dnevnih vrednosti: $0.041^{\circ}C/god$ odnosno $0.013^{\circ}C/god$. Najviša maksimalna dnevna vrednost subindeksa STI_{max} izmerena je 2.jula 2019.godine i iznosila je $69.23^{\circ}C$. Najviša maksimalna dnevna vrednost subindeksa STI_{min} izmerena je 22.juna 2013.godine i iznosila je $61.2^{\circ}C$.

Grafikon br. 72: Trend promene maksimalnih vrednosti indeksa STI tokom perioda 1991-2020.god.



U nastavku (grafikon br. 73) predstavljen je **trend** indeksa STI **za svaki mesec u godini**, tokom perioda istraživanja kako bi se ostvario dodatni uvid u registrovane promene na godišnjem i sezonskom nivou, ali i kako bi se izdvojili meseci u godini tokom kojih su zabeležene promene bila najizraženije.

Ukoliko posmatramo rezultate za zimske mesece (**decembar, januar i februar**) prikazane ispod, možemo uočiti da su se najznačajnije promene desile tokom decembra, tokom kog termalni komfor postaje povoljniji i ugodniji za boravak na otvorenom. Svih 6 posmatranih subindeksa ostvarili su značajan pozitivan trend, pa su tako srednje decembarske vrednosti indeksa STI_{07h} rasle stopom od $0.187^{\circ}C/god$, a po vrlo sličnoj stopi od $0.186^{\circ}C/god$ rasle su i vrednosti STI_{min} . Srednje decembarske vrednosti indeksa STI_{sr} ostvarile su pozitivan trend od $0.179^{\circ}C/god$.

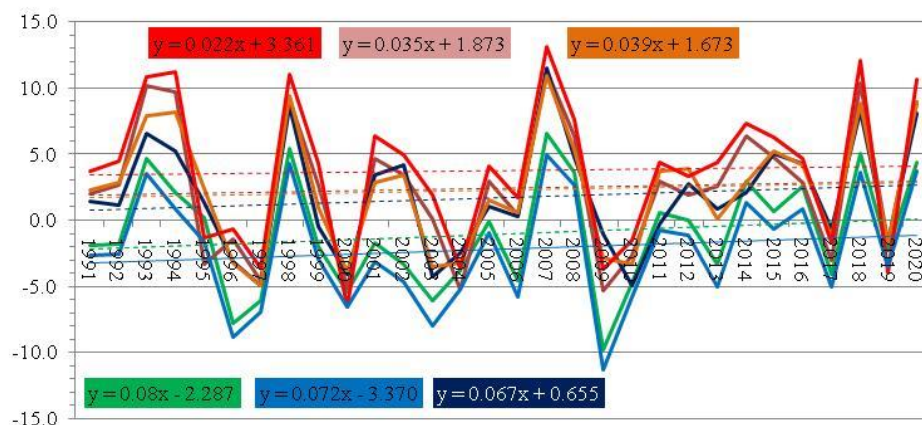
Kod prolećnih meseci (**mart, april i maj**) najznačajnije promene evidentirane su tokom aprila. April 1991-2020.godina je izdvojen kao mesec tokom kojeg su zabeležene najviše stope rasta posmatranih subindeksa. Tako npr. srednje aprilske vrednosti STI_{max} ostvarile su pozitivan trend od čak $0.283^{\circ}C/god$ ili $2.83^{\circ}C/dec$. Ujedno i srednje minimalne vrednosti indeksa STI (STI_{min}), kao i one izmerene u jutarnjim časovima (STI_{07h}) ostvarile su pozitivan trend od $0.246^{\circ}C/god$ ili $2.46^{\circ}C/dec$. Najviša srednja maksimalna vrednost STI_{max} tokom aprila 1991-2020.godina izmerena je 2018.godine i iznosila je $40.75^{\circ}C$. Iste godine izmerena je i najviša srednja minimalna vrednost

indeksa (STI_{min}) koja je iznosila $30.57^{\circ}C$. Nešto umereniji trend zabeležen je tokom marta meseca, ali i dalje sa pozitivnim vrednostima, što ukazuje na pojavu sve češćih toplih prolećnih dana, koji sa dostignutim vrednostima termalnog komfora više nalikuju letnjim danima. Tokom marta meseca najznačajnije stope rasta ostvarili su subindeksi STI_{min} i STI_{07h} sa stopom od $0.121^{\circ}C/god$. Oba indeksa su svoju najvišu srednju martovsku vrednost zabeležili 2012., koja je iznosila za STI_{07h} $22.22^{\circ}C$ i za STI_{min} $21.3^{\circ}C$.

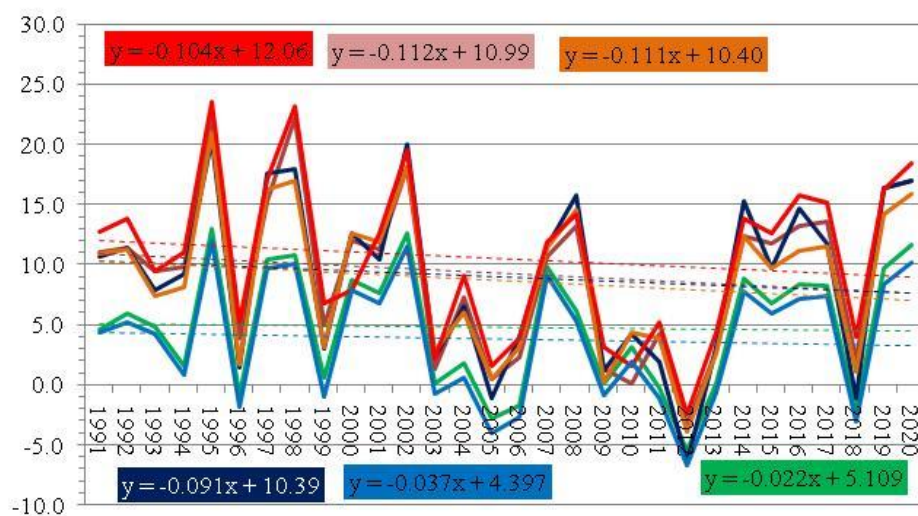
Kada posmatramo rezultate dobijene za letnje mesece (**jun, jul i avgust**) koji su prikazani na grafikonima ispod, možemo uočiti da je tokom sva tri meseca ostvaren pozitivan trend, odnosno rast srednjih mesečnih vrednosti posmatranih subindeksa. Najviše vrednosti tih promena zabeležene su tokom avgusta, gde su srednje mesečne vrednosti indeksa STI_{max} rasle stopom od $0.159^{\circ}C/god$. Značajan porast ostvarile su i srednje avgustovske vrednosti indeksa STI_{21h} sa stopom od $0.155^{\circ}C/god$, kao i STI_{min} sa stopom od $0.130^{\circ}C/god$. Ukoliko posmatramo grafikon za jul, možemo primetiti da je najznačajniji pozitivni trend zabeležen kod subindeksa STI_{min} , čije su srednje julske vrednosti rasle po stopi od $0.138^{\circ}C/god$. Najviša srednja julska vrednost indeksa STI_{min} izmerena je 2015.godine i iznosila je $48.24^{\circ}C$. Treba istaći i subindeks STI_{max} čije su srednje julske vrednosti tokom perioda od 30 godina rasle po stopi od $0.126^{\circ}C$. Jutra tokom jula meseca postaju sve toplija, samim tim bioklimatski nepovoljnija, što nam pokazuje STI_{07h} čije srednje julske vrednosti rastu po stopi od $0.111^{\circ}C$. Najviša srednja julska vrednost indeksa STI izmerena u jutarnjim časovima (07h) izmerena je 2015.godine i iznosila je $52.2^{\circ}C$. Tokom juna meseca najznačajnije stope rasta ostvarili su subindeksi STI_{min} ($0.139^{\circ}C/god$) i STI_{07h} ($0.138^{\circ}C/god$).

Tokom svih jesenjih meseci (**septembar, oktobar i novembar**) evidentiran je pozitivan trend rasta srednjih mesečnih vrednosti razmatranih indeksa. Najznačajnije promene zabeležene su tokom novembra meseca, gde su srednje novembarske vrednosti subindeksa STI_{21h} rasle stopom od $0.254^{\circ}C/god$. Treba izdvojiti i STI_{max} čije su srednje novembarske vrednosti tokom perioda od 30 godina rasle stopom od $0.207^{\circ}C/god$. Najviša srednja novembarska vrednosti STI_{max} izmerena je 2019.godine i iznosila je $22.03^{\circ}C$. Tokom septembra meseca takođe su zabeležene visoke stope rasta vrednosti pojedinih subindeksa, posebno STI_{07h} gde je ta stopa iznosila $0.203^{\circ}C/god$ i STI_{min} sa stopom $0.192^{\circ}C/god$. Najviše srednje septembarske vrednosti svih 6 subindeksa izmerene su 2011.godine. Tokom oktobra meseca takođe je registrovan pozitivan trend rasta srednjih mesečnih vrednosti svih razmatranih indeksa. Najveća stopa rasta zabeležena je kod subindeksa STI_{min} i iznosila je $0.169^{\circ}C/god$, kao i kod STI_{07h} gde je iznosila $0.147^{\circ}C/god$.

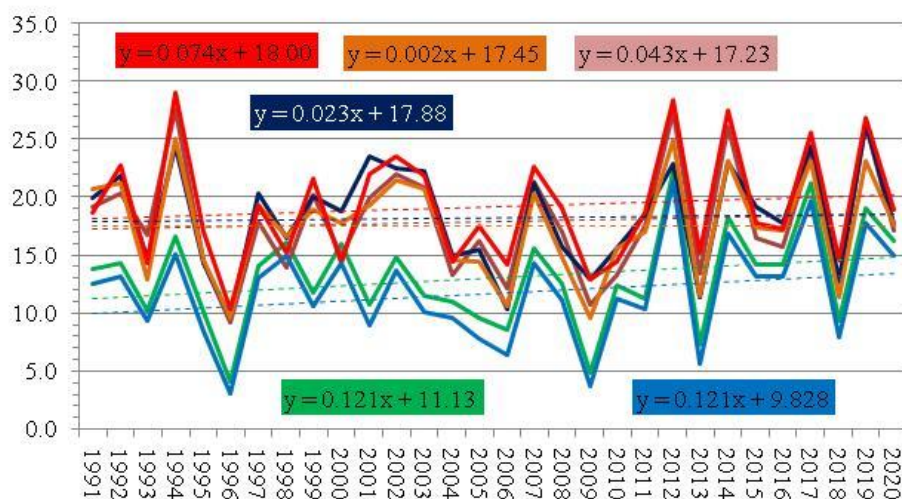
Grafikon br. 73: Trend promene indeksa STI, po mesecima, za period 1991-2020.



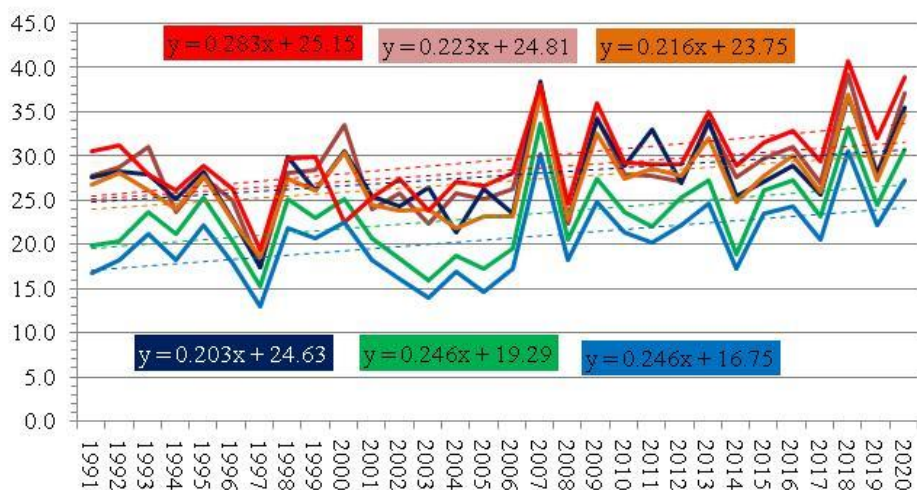
STI, Jan, 1991-2020.



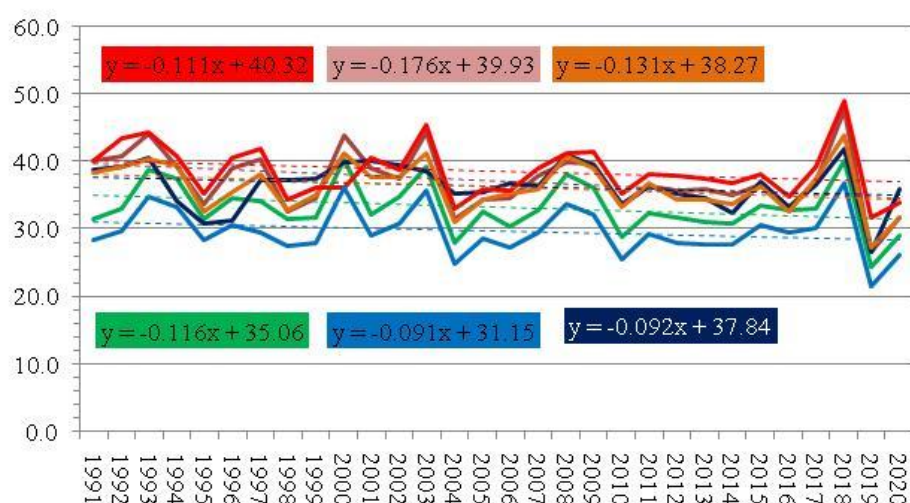
STI, Feb, 1991-2020.



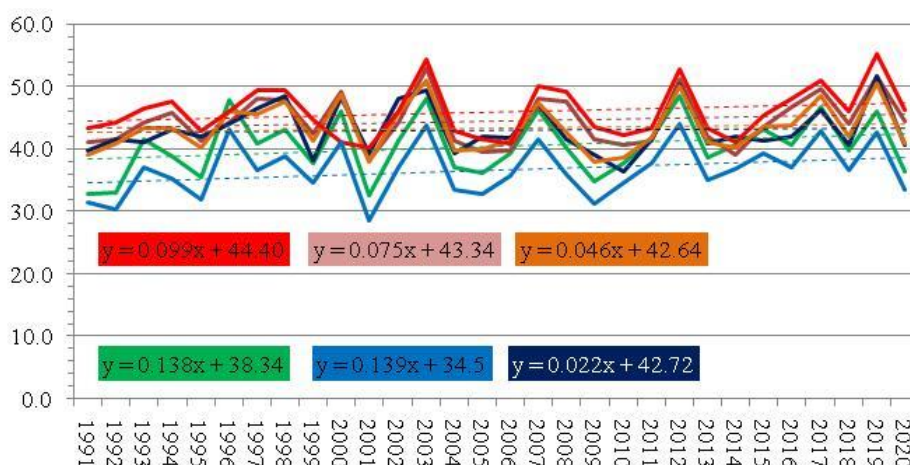
STI, Mart, 1991-2020.



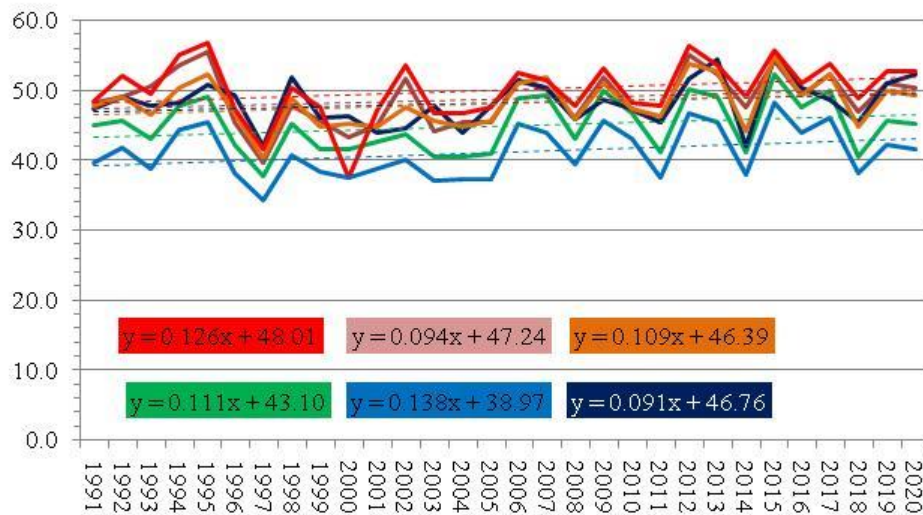
STI, April, 1991-2020.



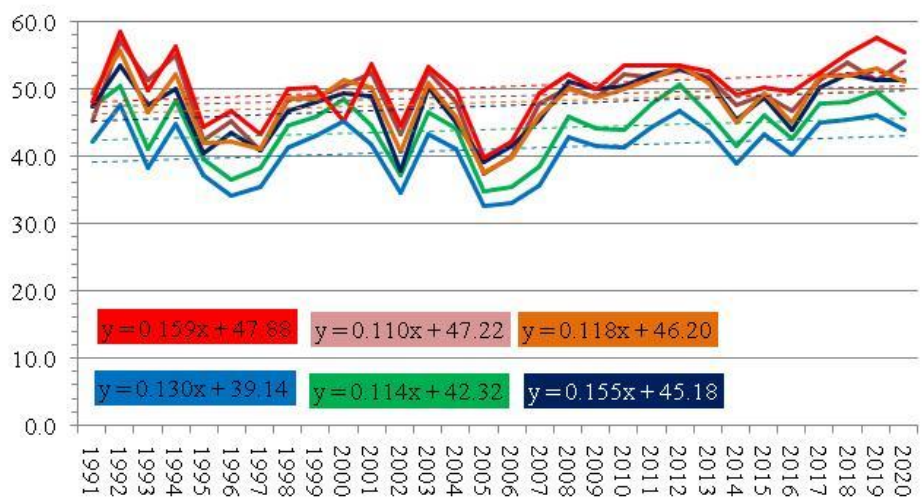
STI, Maj, 1991-2020.



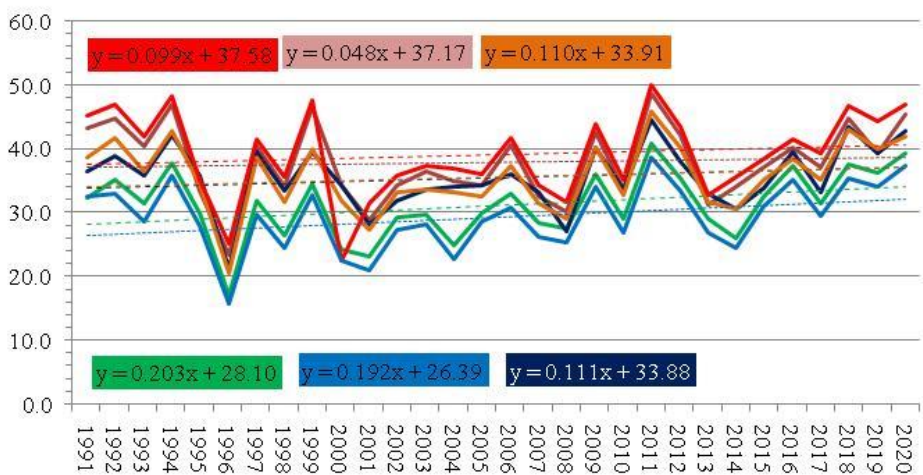
STI, Jun, 1991-2020.



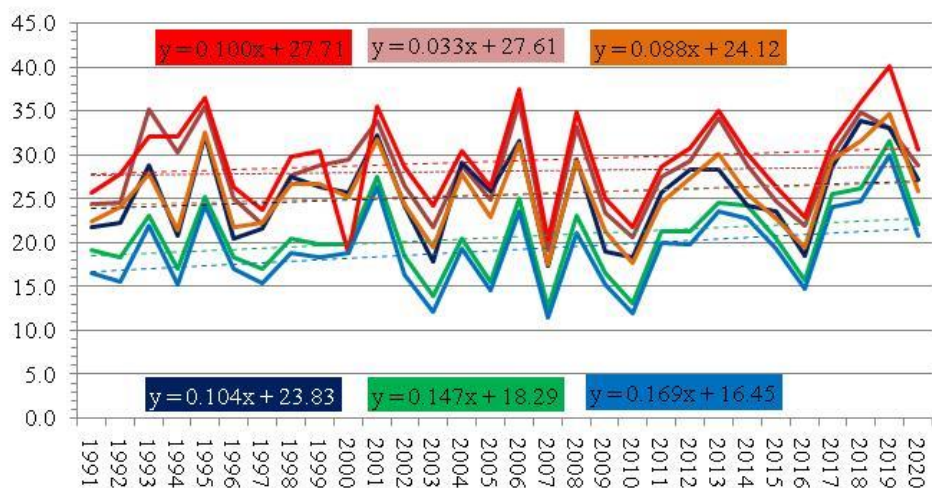
STI, Jul, 1991-2020.



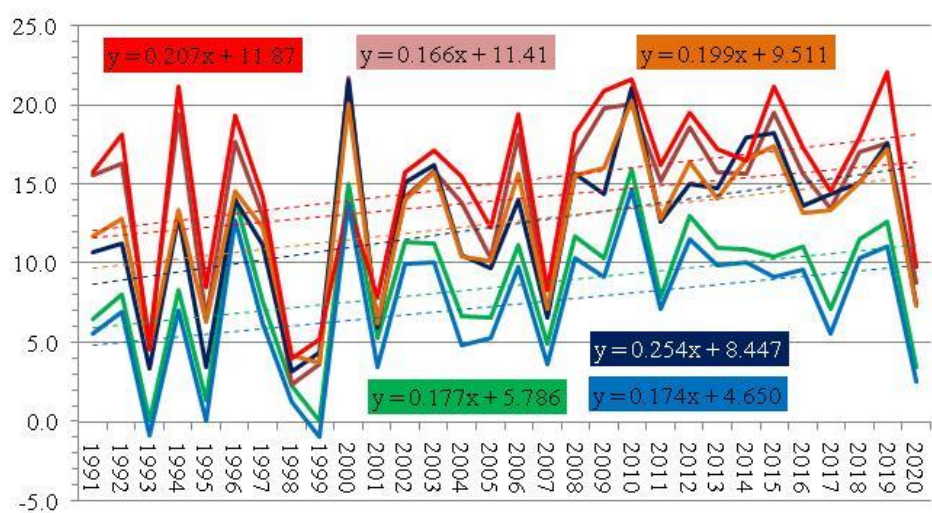
STI, Avg, 1991-2020.



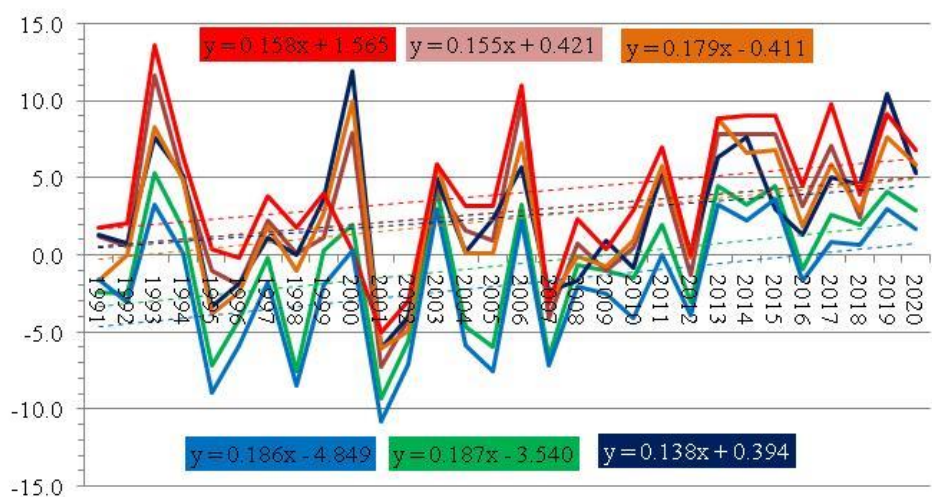
STI, Sept, 1991-2020.



STI, Okt, 1991-2020.



STI, Nov, 1991-2020.



STI, Dec, 1991-2020.

Fiziološka subjektivna temperatura (PST)

Fiziološka subjektivna temperature (PST) koristi se za opisivanje subjektivnog osećaja toplotne sredine, koji se formira oko površine čovekovog tela (kože) nakon 15-20 minuta adaptacije na uslove okruženja u kom se čovek nalazi (Blazejczyk, Matzarakis, 2007; Pecelj i dr., 2015). Samim tim pruža značajan potencijal za ocenu termalnog komfora u urbanim sredinama, kako u toplijem, tako i u hladnijem delu godine. U tabeli br. 34 predstavljene su srednje godišnje vrednosti indeksa PST (°C) tokom perioda od 30 godina (1991-2020.), a crvenom bojom istaknuto je 5 godina sa najvišim srednjim godišnjim vrednostima za svaki od razmatranih subindeksa.

Tabela br. 34: Srednje godišnje vrednosti indeksa PST, za period 1991-2020., (crvenom bojom je označeno 5 godina sa najvišim srednjim vrednostima indeksa)

Godina / PST (°C)	PST 07h	PST 14h	PST 21h	PST sr	PST max	PST min
1991	5.45	15.25	9.80	10.62	16.92	2.45
1992	5.50	15.35	10.02	11.10	17.61	2.95
1993	6.07	15.78	9.27	9.57	16.24	3.05
1994	7.58	16.46	10.67	11.61	18.06	4.60
1995	5.28	13.07	8.40	8.97	14.67	2.62
1996	3.57	10.59	6.05	6.35	12.19	0.84
1997	4.60	11.41	7.93	7.87	13.02	1.73
1998	6.52	13.08	10.37	9.74	14.91	3.59
1999	5.69	13.10	8.89	8.96	14.78	3.12
2000	7.93	16.79	11.88	11.61	18.49	4.64
2001	5.00	12.58	8.97	8.54	14.51	2.25
2002	5.90	14.18	9.54	9.63	15.93	3.05
2003	6.30	14.04	9.83	10.07	15.40	3.36
2004	3.59	11.62	7.46	7.11	13.30	1.11
2005	3.20	9.93	7.09	6.32	11.72	0.78
2006	5.24	13.09	8.62	8.64	14.64	2.57
2007	7.08	14.22	10.27	10.36	15.64	3.93
2008	6.52	13.08	10.37	9.74	14.91	3.59
2009	6.19	14.22	9.92	9.86	15.87	3.29
2010	5.37	11.59	8.21	8.21	13.90	2.74
2011	7.17	14.50	10.58	10.75	16.02	4.34
2012	8.69	16.17	11.78	12.20	17.58	5.70
2013	6.66	14.58	10.54	10.27	16.03	3.95
2014	6.01	13.93	9.31	9.17	15.51	3.53
2015	8.21	14.68	10.85	11.03	16.13	5.54
2016	7.02	13.34	9.59	9.53	15.01	4.27
2017	8.30	15.54	10.64	11.46	17.37	5.60
2018	8.49	17.49	12.51	12.68	19.03	5.84
2019	8.85	17.18	12.81	12.44	18.85	6.04
2020	7.62	15.49	11.92	11.22	17.31	5.07

Na osnovu prikazanih rezultata jasno možemo uočiti da je tokom poslednje decenije istraživnog perioda (2011-2020.godina) zabeleženo najviše “crvenih” godina, tačnije nakon 2012.godine imamo sve više godina u kojima je srednja godišnja vrednost iznad 30-to godišnjeg proseka. Najviše srednje godišnje vrednosti indeksa zabeležene su tokom 2018.godine ($PST_{14h} = 17.49^{\circ}C$, $PST_{sr} = 12.68^{\circ}C$, $PST_{max} = 19.03^{\circ}C$) i 2019.godine ($PST_{07h} = 8.85^{\circ}C$, $PST_{21h} = 12.81^{\circ}C$, $PST_{min} = 6.04$).

U tabeli br. 35 prikazana je srednja 30-godišnja vrednost indeksa PST, odnosno tokom referentnog perioda 1991-2020.godina. Ukoliko uporedimo najvišu izmerenu vrednost subindeksa PST_{max} iz 2018.godine sa srednjom vrednošću PST_{max} tokom referentnog perioda, videćemo da to odstupanje iznosi čak $3.31^{\circ}C$. Još veće odstupanje zabeleženo je kod subindeksa PST_{14h} gde ono iznosi $3.41^{\circ}C$. Odstupanje najviše srednje godišnje vrednosti subindeksa PST_{sr} (koji se određuje na osnovu sr. dnevnih vrednosti meteoroloških parametara) iz 2018.godine u odnosu na referentni period iznosi $2.83^{\circ}C$.

Tabela br. 35: Srednja 30-to godišnja vrednost indeksa PST (referentni period 1991-2020.god)

Sr. god.vr. ($^{\circ}C$) Ref. period 1991-2020.	PST 07h	PST 14h	PST 21h	PST sr	PST max	PST min
	6.32	14.08	9.80	9.85	15.72	3.54

Udeo različitih PST kategorija toplotnog stresa, po godinama istraživnog perioda, prikazan je na grafikonu br. 74 za svaki od PST subindeksa, dok je na grafikonu br. 75 prikazan trend po kom su se menjale vrednosti svakog od subindeksa tokom perioda od 30 godina. Za svaki od 6 subindeksa zabeležen je pozitivan trend, odnosno rast srednjih godišnjih vrednosti.

Na osnovu prikazanih rezultata, možemo uočiti da se najznačajniji trend javlja kod **subindeksa PST_{min}** (određen na osnovu minimalnih vrednosti temperature vazduha) gde su srednje godišnje vrednosti rasle po stopi od $0.102^{\circ}C/god$. Najviša srednja godišnja vrednost izmerena je 2019.godine ($6.04^{\circ}C$), a slede je 2018.godina ($5.84^{\circ}C$) i 2012.godina ($5.7^{\circ}C$). Srednja vrednost subindeksa PST_{min} tokom referentnog perioda 1991-2020.godina iznosila je $3.54^{\circ}C$. Rast srednjih vrednosti ovog subindeksa uticali su na porast broja dana u višim kategorijama toplotnog stresa, gde je tokom sve tri decenije istraživnog perioda rastao broj dana u kategoriji “*veoma vruće*” ($44.1^{\circ}C - 54.0^{\circ}C$). Tako je u periodu 1991-2000.godina registrovano svega 3 “*veoma vruća*” dana; u periodu 2001-2010.godina bilo ih je 9; a tokom poslednje decenije istraživnog perioda (2011-2020.godina) evidentirano ih je 18 (ukupno 30). Takođe, ostvaren je značaj porast “*vrućih*” dana ($34.1^{\circ}C - 44.0^{\circ}C$): sa 68 dana u periodu 1991-2000.godina i 97 u periodu 2001-2010.godina na 139 u periodu 2011-2020.godina (ukupno 304). *Toplih* dana ($24.1^{\circ}C - 34.0^{\circ}C$) bilo je 964, što znači da je dana u nekim od viših kategorija toplotnog stresa bilo ukupno 1289 ili 11.8%. Dani u kojima je toplotni stres prijatan i ne izaziva nelagodnu reakciju čovekovog organizma, odnosno “*udobni*” dani ($14.1^{\circ}C - 24.0^{\circ}C$) bili su zastupljeni u ukupnom broju sa 12.6% (1375 dana). Posmatrano na godišnjem nivou, najučestalija kategorija termalnog stresa je “*hladno*” (od $-16.1^{\circ}C$ do $4.0^{\circ}C$) sa 53.7% odnosno 5887 takvih dana.

Kod **subindeksa PST_{07h}** (određen na osnovu dnevnih meteoroloških parametara izmerenih u 7h) srednje godišnje vrednosti su rasle po stopi od $0.095^{\circ}C/god$. Najviša srednja godišnja vrednost PST_{07h} izmerena je 2019.godine i iznosila je $8.85^{\circ}C$, a sledi je 2012.godina sa $8.69^{\circ}C$. Srednja vrednost subindeksa STI_{07h} tokom referentnog perioda 1991-2020.godina iznosila je $6.32^{\circ}C$. Rast srednjih godišnjih vrednosti uticao je na

porast broja dana u najvišoj zabeleženoj kategoriji termalnog stresa (*veoma vruće*) tokom sve tri decenije istraživanog perioda: tokom I decenije evidentirao je 46 *veoma vrućih* dana, tokom II decenije bilo ih je 86, a tokom III decenije zabeleženo ih je 114 (ukupno 246). *Vrućih* dana bilo je 778, a *toplih* 1088, što znači da su dani u višim kategorijama termalnog stresa mereno u jutarnim časovima (07h) učestvovali sa 19.3%. U jutarnim časovima, na godišnjem nivou, najzastupljenija je kategorija termalnog stresa ocenjena kao "*hladno*" sa 51.2% (5613 dana), a sledi je kategorija "*prohladno*" (4.1°C – 14.0°C) sa 1700 dana ili 15.5%. *Udobnih* dana bilo je 1148 ili 10.5%.

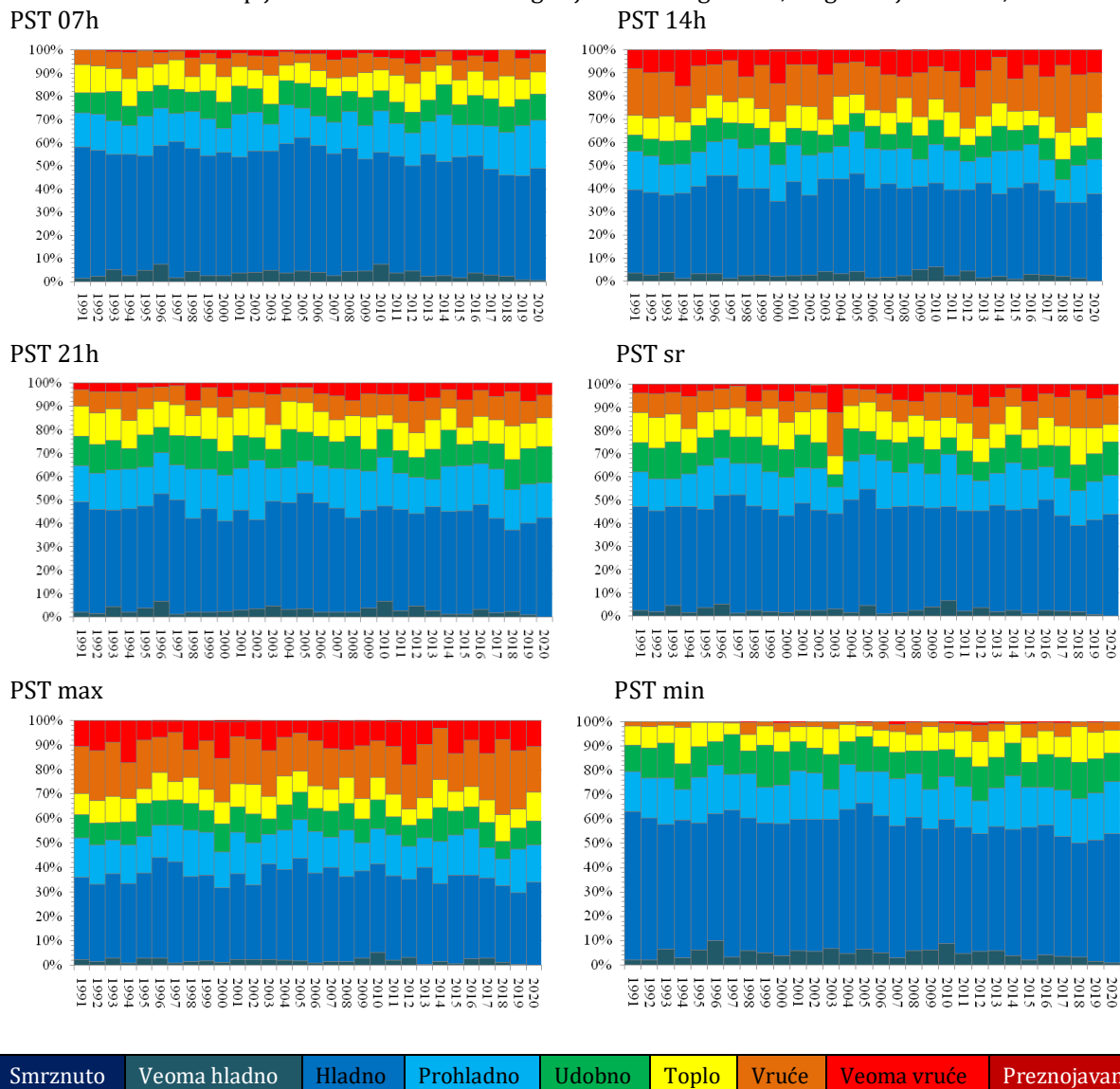
Srednje godišnje vrednosti **subindeksa** PST_{21h} (određene na osnovu dnevnih meteoroloških parametara izmerenih u 21h) tokom perioda od 30 godina rasle su po stopi od 0.087°C/god. Najviša srednja godišnja vrednost ovog indeksa izmerena je 2019.godine (12.81°C), a sledi je 2018.godina sa 12.51°C i 2020.godina sa 11.92°C. Srednja vrednost subindeksa PST_{21h} tokom referentnog perioda 1991-2020.godina iznosila je 9.8°C. Porast srednjih godišnjih vrednosti uticao je na porast broja dana u kategorijama toplotnog stresa "*vruće*" i "*veoma vruće*" tokom sve tri decenije istraživanog perioda. Broj "*vrućih*" dana u I deceniji istraživanja bio je 301, kao i tokom II decenije, dok je u periodu 2011-2020.godina zabeleženo 399 *vrućih* dana (ukupno 1001 dan). *Veoma vrućih* dana tokom I decenije (1991-2000.godina) zabeleženo je 129, tokom II decenije 159, a tokom III decenije bilo ih je 203 (ukupno 401). *Toplih* dana bilo je 1249, što znači da dani u višim kategorijama termalnog stresa učestvuju sa 25%. *Udobni* dani bili su zastupljeni sa 12% u ukupnom broju (ili 1313 takvih dana). Na godišnjem nivou, kada posmatramo jutarnje časove, najviše je zastupljena kategorija ocenjena kao "*hladno*" sa 43% (4710 dana).

Kod **subindeksa** PST_{sr} zabeležen je rast srednjih godišnjih vrednosti po stopi od 0.66°C/god. Srednja vrednost tokom referentnog perioda iznosila je 9.85°C, a najviše srednje godišnje vrednosti sa najvišim odstupanjem u odnosu na referentni period zabeležene su 2018. i 2019.godine. Rast vrednosti subindeksa na godišnjem nivou uticao na porast broja dana u najvišoj zabeleženoj kategoriji termalnog stresa "*veoma vruće*" (44.1°C – 54.0°C). *Veoma vrućih* dana je u periodu 1991-2000.godina registrovano 148, u periodu 2001-2010.godina bilo ih je 180, a tokom perioda 2011-2020.godina zabeleženo je 196 takvih dana (ukupno 524 tokom 30 godina). *Vrućih* dana bilo je 1116, a *toplih* 1215. Ukupno, dani u višim kategorijama toplotnog stresa učestvovali su sa 26.1% (2855 takvih dana). U ukupnom udelu, najdominantnija kategorija na godišnjem nivou je "*hladno*" sa 4848 dana sa 44.3%.

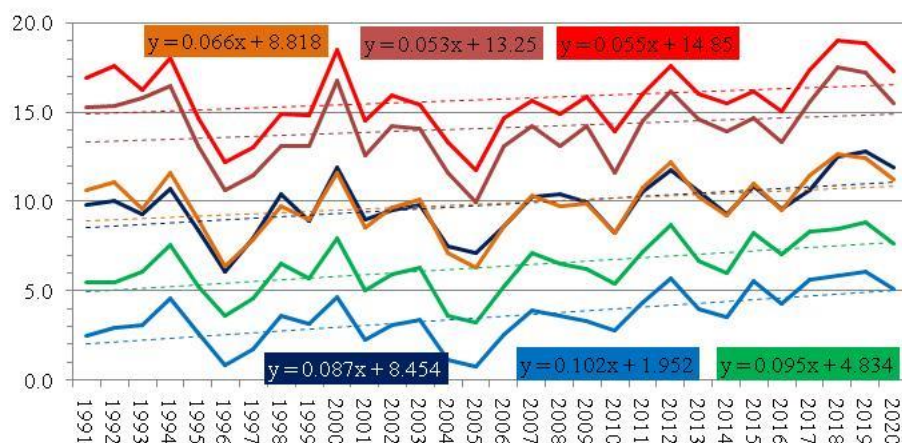
Kada posmatramo rezultate dobijene za **subindeks** PST_{14h} na grafikonu br. 75 možemo uočiti da su srednje godišnje vrednosti indeksa PST merenih u 14h rasle stopom od 0.053°C/god. Srednja vrednost subindeksa PST_{14h} tokom referentnog perioda iznosila je 14.08°C, a dve godine sa najvećim odstupanjem od 30-to godišnjeg proseka bile su 2018.godina (17.49°C) i 2019.godina (17.18°C). Pozitivni trend koji je evidentiran, uticao je na porast "*veoma vrućih*" dana koji je tokom prve decenije istraživanog perioda bilo 612, a tokom poslednje 709. *Veoma vrućih* dana bilo je 991, a *toplih* 1007. PST_{14h} je graničnu vrednost od 54°C za najvišu kategoriju toplotnog stresa "*preznojavanje*" tokom istraživanog perioda prekoračio 10 puta. Dani u višim kategorijama toplotnog stresa učestvuju sa 35.7%. Vrednosti **subindeksa** PST_{max} rasle su po stopi od 0.055°C, a srednja vrednost tokom referentnog perioda iznosila je 15.72°C. Najviša odstupanja u odnosu na referentni period zabeležena su tokom 2018. i 2019.godine. Dani u višim kategorijama termalnog stresa učestvuju sa 38% (4160 dana), među kojima je najviše

“vrućih” dana (18.6% ili 2037 dana). *Udobni* dani učestvovali su sa 9.9% (1081 dana) u ukupnom zbiru.

Grafikon br. 74: Zastupljenost različitih PST kategorija termalnog stresa, na godišnjem nivou, 1991-2020.



Grafikon br. 75: Trend promene indeksa PST, na godišnjem nivou, za period 1991-2020.



Procentualno učešće različitih PST kategorija termalnog stresa ***tokom proleća za period 1991-2020.godina*** prikazano je grafikonom br. 76, dok je na grafikonu br. 77 predstavljen trend po kom su se menjale srednje prolećne vrednosti PST subindeksa tokom 30 godina. Za svaki od analiziranih subindeksa evidentiran je trend porasta srednjih prolećnih vrednosti.

Subindeks PST_{min} ostvario je najveću stopu rasta srednjih prolećnih vrednosti od $0.067^{\circ}C/god$, a njegova najviša srednja prolećna vrednost izmerena je 2018., kada je iznosila $6.56^{\circ}C$. Srednja vrednost tokom referentnog perioda iznosila je $2.21^{\circ}C$, što znači da smo 2018.godine zabeležili odstupanje od čak $4.35^{\circ}C$. Porast srednjih minimalnih vrednosti indeksa PST uticao je na postepeno smanjenje broja "*hladnih*" dana: sa 570 u I deceniji istraživanog perioda i 546 u II deceniji na tačno 500 u poslednjoj deceniji. Ako posmatramo udeo različitih kategorija termalnog stresa, najviše je zastupljena kategorija "*hladno*" sa 58.6% (1616 dana). *Udobnih* dana je bilo 311 (11.3%).

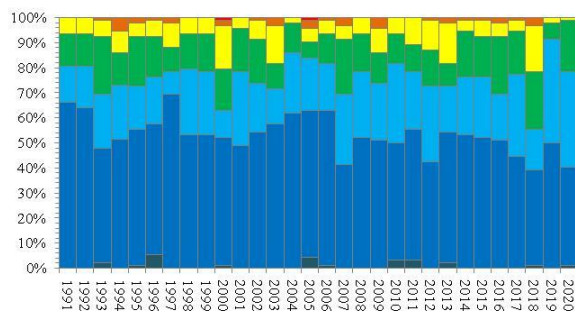
Subindeksi PST_{07h} i PST_{21h} ostvarili su gotovo identičnu stopu rasta srednjih prolećnih vrednosti po stopi od $0.064^{\circ}C/god$, a takođe iste godine (2018.god) su zabeležili svoje najviše srednje vrednosti ($PST_{07h} = 9.95^{\circ}C$ i $PST_{21h} = 13.75^{\circ}C$). Srednja vrednost tokom referentnog perioda za subindeks PST_{07h} iznosila je $5.1^{\circ}C$, a za PST_{21h} iznosila je $8.94^{\circ}C$. Na osnovu toga, možemo zaključiti da je tokom proleća 2018.godine odstupanje srednje prolećne vrednosti subindeksa PST_{07h} i PST_{21h} u odnosu na srednje vrednosti referentnog perioda iznosilo $4.55^{\circ}C$, odnosno $4.81^{\circ}C$. Kada posmatramo udeo različitih kategorija termalnog stresa kod subindeksa PST_{07h} , primećujemo da je najzastupljenija kategorija "*hladno*" sa 1446 dana ili 52.4%. *Ugodnih* dana bilo je 412 (14.9%), dok su dani u višim kategorijama termalnog stresa učestvovali sa 9.2%. Tokom večernjih časova, odnosno mereno indeksom PST_{21h} tokom prolećnih meseci, najdominantnija kategorija termalnog stresa je takođe "*hladno*" sa 38.1% (1051 dan). *Ugodnih* dana bilo je 516 (18.7%), dok su dani u višim kategorijama termalnog stresa zajedno učestvovali sa 14.6% (403 *topla* i *vruća* dana).

Srednje prolećne vrednosti **subindeksa PST_{sr}** tokom perioda od 30 godina rasle su stopom od $0.04^{\circ}C/god$, a najviša srednja prolećna vrednost ovog indeksa izmerena je 2018.godine i iznosila je $14.61^{\circ}C$. Srednja vrednost tokom referentnog perioda (1991-2020.god) bila je $8.63^{\circ}C$. Rast srednjih prolećnih vrednosti uticao je na porast broja dana u višim kategorijama termalnog stresa, posebno onih u kategoriji "*vruće*" ($34.1^{\circ}C - 44.0^{\circ}C$), sa 31 i 33 u prvoj i drugoj, na 42 *vruća* dana u poslednjoj deceniji istraživanog perioda. Najviše su zastupljeni "*hladni*" (1136) i "*prohladni*" (727) dani, sa udelom od 67.5% (ili 1863 dana).

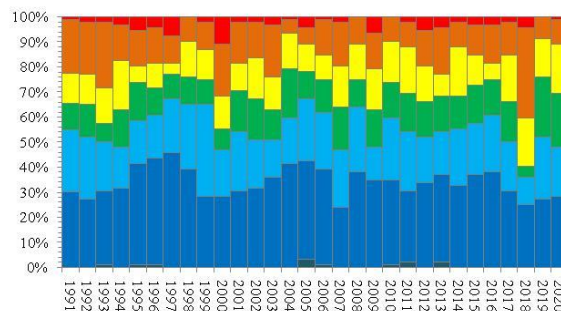
Kod subindeksa **PST_{14h} i PST_{max}** zabeleženi su slični trendovi kao i kod prethodno prikazanih indeksa. Srednje prolećne vrednosti PST_{14h} rasle su stopom od $0.037^{\circ}C/god$, dok su kod PST_{max} rasle po stopi od $0.054^{\circ}C$. Oba subindeksa su svoje najviše srednje prolećne vrednosti dostigli 2018.godine ($PST_{14h} = 21.61^{\circ}C$ i $PST_{max} = 23.36^{\circ}C$). Srednja prolećna vrednost PST_{14h} tokom referentnog perioda iznosila je $13.92^{\circ}C$, a za PST_{max} bila je $15.92^{\circ}C$. Usled rasta srednjih vrednosti, došlo je do opadanja broja dana u nižim kategorijama termalnog (dis)komfora, dok je broj dana u višim kategorijama termalnog stresa ostvario umeren porast. Tako npr. kod subindeksa PST_{14h} uočavamo opadanje broja "*prohladnih*" prolećnih dana ($4.1^{\circ}C - 14^{\circ}C$) sa 206 koliko ih je registrovano u periodu 1991-2000.godina na 195 (tokom perioda 2001-2010.godina) i 185 (tokom perioda 2011-2020.godina).

Grafikon br. 76: Zastupljenost različitih PST kategorija termalnog stresa, tokom proleća, 1991-2020.

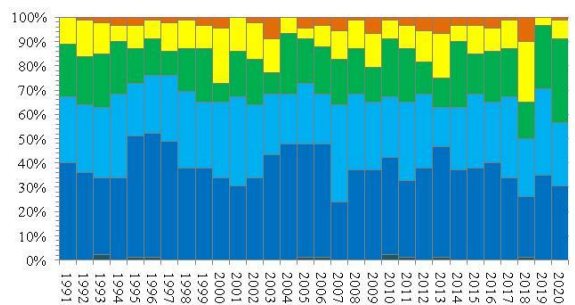
PST 07h



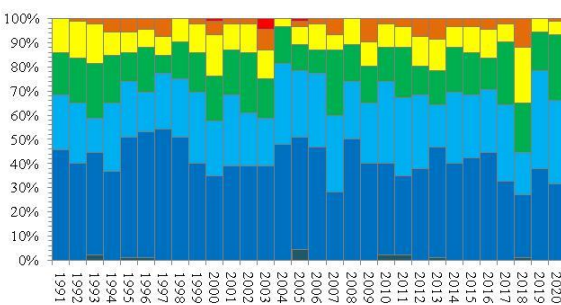
PST 14h



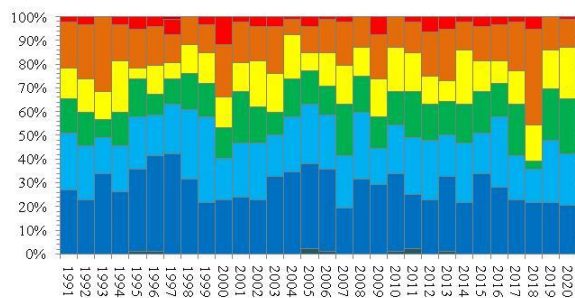
PST 21h



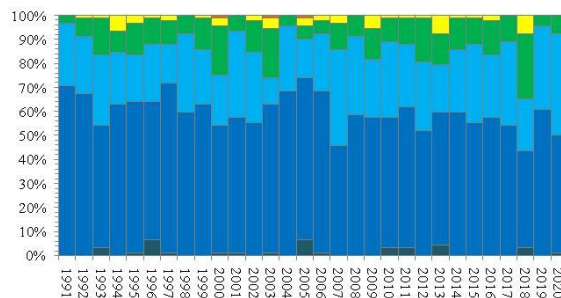
PST sr



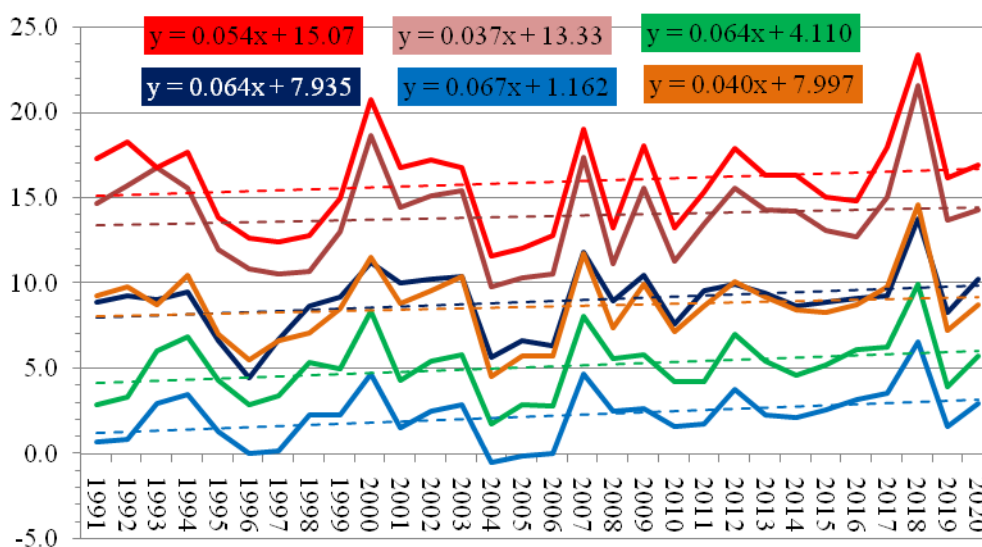
PST max



PST min



Grafikon br. 77: Trend promene indeksa PST, tokom proleća, za period 1991-2020.



Procentualni udeo različitih PST kategorija termalnog stresa **tokom leta za period 1991-2020.godina** prikazan je grafikonom br. 78, dok je na grafikonu br. 79 prikazan trend po kom su se menjale srednje letnje vrednosti PST subindeksa tokom 30 godina. Za svaki od analiziranih subindeksa evidentiran je trend porasta srednjih letnjih vrednosti. Dobijeni rezultati ukazuju na značajno pooštavanje termalnog diskomforta i termalne nelagodnosti tokom letnjih meseci.

Najznačajniji rast srednjih letnjih vrednosti zabeležen je kod **subindeksa PST_{min}** sa stopom od $0.161^{\circ}C/god.$ Najviša srednja letnja vrednost PST_{min} izmerena je 2012.godine ($27.53^{\circ}C$). Srednja letnja vrednost PST_{min} tokom referentnog perioda iznosila je $20.3^{\circ}C$. Sa porastom letnjih vrednosti ovog subindeksa, raste i broj dana u višim kategorijama termalnog stresa. Tako je broj "*vrućih*" dana u prvoj deceniji istraživanja bio 67, u drugoj deceniji 95, a tokom treće decenije zabeleženo ih je 137 (ukupno 299). Pojedinačno, najviše "*vrućih*" dana ($34.1^{\circ}C - 44.0^{\circ}C$) registrovano je 2012.godine (25) i 2017.godine (20). Ujedno, zabeležen je i porast broja dana u kategoriji "*veoma vruće*" ($44.1^{\circ}C - 54.0^{\circ}C$) sa 3 dana koliko ih je bilo u periodu 1991-2000.godina i 9 dana u periodu 2001-2010.godina, na 18 koliko je zabeleženo tokom perioda 2011-2020.godine (čak 6 puta više kada poredimo prvu i poslednju deceniju). *Toplih* dana ($24.1 - 34.0^{\circ}C$) bilo je 845 ili 30.6%. *Topli, vrući i veoma vrući* dani zajedno su učestvovali sa 41.6%. *Udobnih* dana je bilo 723 ili 26.2% u ukupnom broju dana.

Nakon subindeksa PST_{min} , najznačajniji porast srednjih letnjih vrednosti zabeležen je kod **subindeksa PST_{07h}** . Njegove srednje letnje vrednosti su tokom perioda 1991-2020.godina ostvarile rast od $0.152^{\circ}C/god.$ Najviša srednja letnja vrednost ovog subindeksa izmerena je 2012.godine i iznosila je $33.68^{\circ}C$. Srednja vrednost PST_{07h} tokom referentnog perioda bila je $26.07^{\circ}C$, što znači da je upravo tog leta zabeleženo najveće odstupanje u odnosu na 30-to godišnji prosek koje je iznosilo $7.61^{\circ}C$. Takav trend uticao je na porast broja dana u kategorijama "*vruće*" i "*veoma vruće*". *Vrući* dani, ili oni u kojima se vrednost PST_{07h} nalazila u opsegu između $34.1^{\circ}C$ i $44^{\circ}C$ ostvarili su umeren porast sa 234 (1991-2000) na 261 (2011-2020). *Veoma vrući* dani daleko su brojniji kada uporedimo prvu i poslednju deceniju istraživanog perioda: njihov broj je sa 45 uvećan na 114 (tokom druge decenije bilo ih je 85). *Toplih* dana je bilo 739 ili 26.8% u ukupnom broju dana. *Topli, vrući i veoma vrući* dani učestvovali su sa 61.8%. *Udobnih* dana bilo je 375 ili 13.6%.

Subindeks PST_{21h} ostvario je pozitivan trend rasta srednjih letnjih vrednosti po stopi od $0.125^{\circ}C/god.$, a njegova najviša srednja letnja vrednost izmerena je 2012.godine kada je iznosila $37.24^{\circ}C$. Srednja vrednost ovog subindeksa tokom leta referentnog perioda iznosila je $30.49^{\circ}C$, što znači da je najveće odstupanje (2012.godine) u odnosu na 30-to godišnji prosek iznosilo $6.75^{\circ}C$. Broj *veoma vrućih* dana uvećavan je tokom sve tri decenije istraživanog perioda: sa 128 dana (1991-2000) i 159 dana (2001-2010) na 199 dana (2011-2020). Isto važi i za "*vruće*" dane kojih je u periodu 1991-2000.godina bilo 269 na 315 dana koliko ih je zabeleženo u periodu 2011-2020.godina. Ako posmatramo udeo različitih kategorija termalnog stresa, možemo uočiti da su upravo "*vrući*" dani najzastupljeniji sa 30.7%. *Topli, vrući i veoma vrući* dani učestvuju sa 72.4% u ukupnom broju dana. *Udobnih* dana bilo je 306 ili 11.1%.

Kod **subindeksa PST_{sr}** , kao kod prethodno predstavljenih subindeksa, srednje letnje vrednosti su ostvarile porast tokom perioda od 30 godina. Stopa rasta iznosila je $0.097^{\circ}C$, a najviša srednja letnja vrednost izmerena je 2012.godine, kada je iznosila

38.16°C. Srednja vrednost subindeksa tokom leta referentnog perioda bila je 31.16°C, što znači da je najveće odstupanje od 30-to godišnje vrednosti iznosilo 7°C. Rast letnjih temperatura uticao je na porast dana u višim kategorijama termalnog stresa. Tako je broj “*veoma vrućih*” dana kada se vrednost PST_{sr} nalazila u opsegu od 44.1°C do 54°C tokom prve decenije istraživanog perioda bio 147, tokom druge decenije taj broj je bio 157, dok je tokom poslednje decenije registrovano 194 *veoma vruća* dana. Ukupno ih je bilo 498 ili 18%. Procentualno, najviše je bilo *vrućih* dana (890 ili 32.3%). *Topli, vrući i veoma vrući* dani učestvovali su sa 73.6% u ukupnom broju dana. *Udobnih* dana je bilo 336, odnosno 12.2%. Najmanje je zabeleženo *hladnih* dana (104 ili 3.8%).

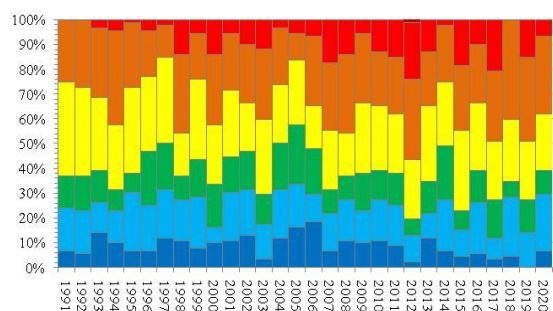
Poslednja dva razmatrana subindeksa kada govorimo o letu 1991-2020.godine su bila PST_{14h} i PST_{max} , koji su ostvarili gotovo identične stope rasta srednjih letnjih vrednosti od 0.065°C/god. Takođe, oba indeksa su svoju najvišu srednju letnju vrednost dostigli 2012.godine ($PST_{14h} = 42.04^{\circ}C$ i $PST_{max} = 43.28^{\circ}C$). Srednja vrednost PST_{14h} tokom referentnog perioda iznosila je 35.44°C, što znači da je 2012.godine zabeleženo najveće odstupanje od srednje 30-to godišnje vrednosti od 6.6°C. Srednja vrednost PST_{max} tokom referentnog perioda iznosila je 37.05°C, što znači da je 2012.godine zabeleženo najveće odstupanje od srednje 30-to godišnje vrednosti od 6.23°C.

Rast srednjih letnjih vrednosti indeksa uticao je na porast broja dana u višim kategorijama termalnog stresa, pa tako kod subindeksa PST_{14h} na osnovu predstavljenih rezultata, možemo uočiti da termalni komfor određen na osnovu meteoroloških parametara izmerenih u 14h sve češće prelazi graničnu vrednost za kategoriju “*vruće*”. Broj *vrućih* dana je tokom prve decenije istraživanog perioda iznosio 329, tokom druge decenije ovakvih dana bilo je 346, dok je tokom treće i poslednje decenije taj broj iznosio 385. *Vrući* dani su ujedno i najviše zastupljeni sa 1060 takvih dana ili 38.4% u ukupnom zbiru. Slede ih “*veoma vrući*” dani, njih 851 ili 30.8%. Tokom perioda od 30 godina PST_{14h} je svega 10 puta prešao graničnu vrednost od 54°C (*preznojavanje*). Četiri najviše kategorije termalnog stresa (od “*toplo*” do “*preznojavanje*”) bile su zastupljene sa 80.1%. *Udobnih* dana je bilo 226 ili 8.2%.

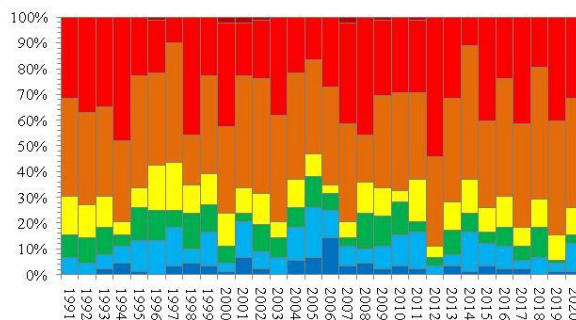
Slično zapažamo i kod subindeksa PST_{max} . Rast vrednosti indeksa, kao i rast srednjih godišnjih i srednjih letnjih temperatura vazduha, rezultuju sve nepovoljnijim termalnim diskomforom tokom letnjih meseci. Broj *vrućih* dana uvećan je (umereno) tokom sve tri decenije istraživanog perioda, te smo u periodu 1991-2000.godina imali 338 *vrućih* dana, a tokom perioda 2011-2020.godina bilo ih je 388. *Vrući* dani su i najbrojniji (1073) sa udelom od 38.9%. Slede ih “*veoma vrući*” dani, njih 922 ili 33.4. Na trećem mestu po zastupljenosti nalaze se “*topli*” dani njih 291 ili 10.5%. Dana u kojima su vrednosti PST_{max} bile iznad 54°C (“*preznojavanje*”) bilo je 11. Četiri najviše kategorije termalnog stresa (od “*toplo*” do “*preznojavanje*”) bile su zastupljene sa više od 83% u ukupnom zbiru. *Udobnih* dana, odnosno dana u kojima su se vrednosti subindeksa PST_{max} nalazile u opsegu od 14.1°C do 24°C bilo je 263 tj. 9.5%.

Grafikon br. 78: Zastupljenost različitih PST kategorija termalnog stresa, tokom leta, 1991-2020.

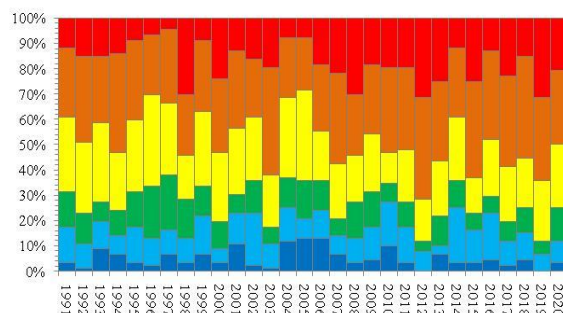
PST 07h



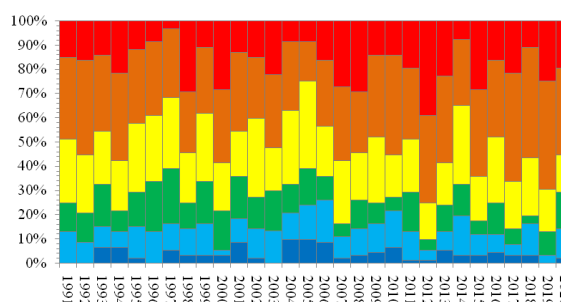
PST 14h



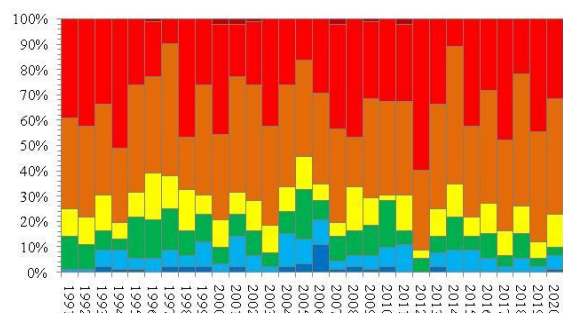
PST 21h



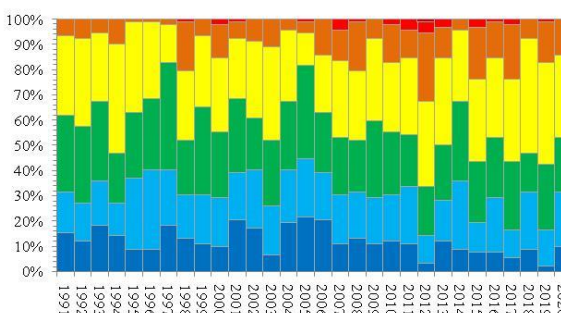
PST sr



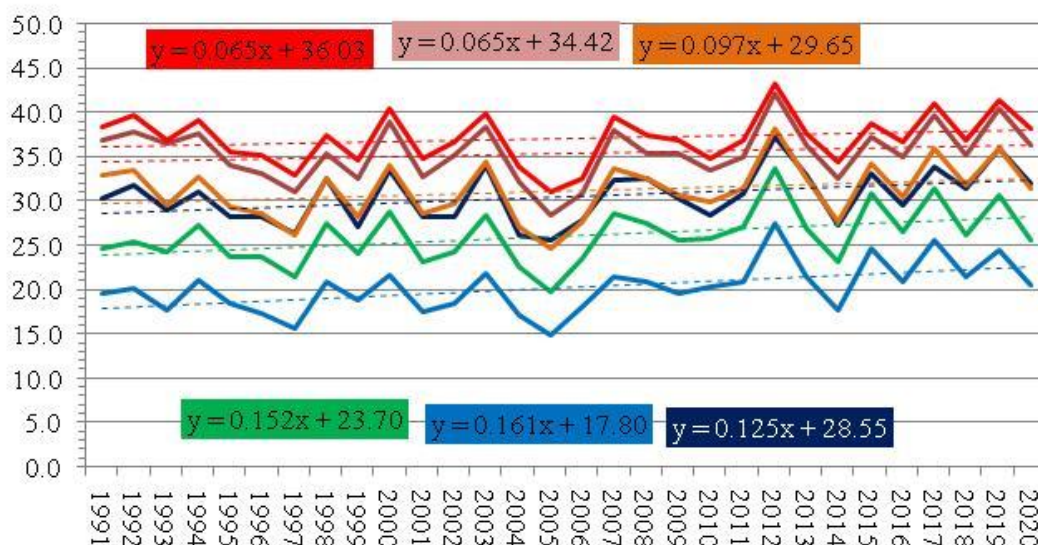
PST max



PST min



Grafikon br. 79: Trend promene indeksa PST, tokom leta za period 1991-2020.



Procentualni udeo različitih PST kategorija termalnog stresa **tokom jeseni za period 1991-2020.godina** prikazan je grafikonom br. 80, dok je na grafikonu br. 81 prikazan trend po kom su se menjale srednje jesenje vrednosti PST subindeksa tokom 30 godina. Ukoliko posmatramo rezultate sezonske analize termalnog komfora u Beogradu, primenom PST indeksa, možemo uočiti da su se najznačajnije promene odvale upravo tokom jesenjih meseci, te da jeseni u Beogradu postaju sve toplije, sa sve većim brojem "udobnih" dana kao i dana u nekim od viših kategorija toplotnog stresa.

Najviši rast srednjih jesenjih vrednosti registrovane su kod **subindeksa PST_{21h}**, kojim se opisuje termalni komfor određen na osnovu vrednosti meteoroloških parametara izmerenim u 21h. Te vrednosti rasle su po stopi od 0.148°C/god. Najviša srednja jesenja vrednost ovog subindeksa izmerena je 2019.godine i iznosila je 12.47°C. Sledi je 2018.godina sa 12.4°C. Srednja vrednost subindeksa tokom referentnog perioda bila je 7.17°C, što znači da je 2019.godine zabeleženo najveće odstupanje od 30-to godišnjeg proseka za 5.3°C. Ukoliko posmatramo zastupljenost različitih kategorija termalnog stresa, videćemo da je najzastupljenija kategorija "hladno" (od -16.1 do 4.0°C) sa 1248 takvih dana ili 45.7%. Slede ih "prohladni" dani, njih 634 ili 23.2%. Poredeći prvu i poslednju deceniju istraživanog perioda, videćemo da je broj "toplih" dana (24.1°C – 34.0°C) uvećan sa 86 na 100. Još značajnije, uvećan je broj "vrućih" dana (34.1 – 44.0°C) sa 12 koliko ih je bilo u periodu 1991-2000.godina na čak 49 koliko ih je bilo u periodu 2011-2020.godina. Tokom perioda od 30 godina zabeleženo je 5 dana u kojima su večernje vrednosti indeksa PST pripadale kategoriji termalnog stresa "veoma vruće" od čega su 4 zabeležena 2015.godine.

Nakon subindeksa PST_{21h}, najznačajniji rast srednjih godišnjih vrednosti tokom istraživanog perioda registrovan je kod **subindeksa PST_{07h}** čije su vrednosti rasle po stopi od 0.147°C/god. Najviša srednja jesenja vrednost ovog subindeksa izmerena je 2019.godine i iznosila je 8.57°C, a sledi je 2018.godina sa 6.82°C. Srednja vrednost PST_{07h} tokom referentnog perioda iznosila je 3.36°C, što znači da je 2019.godine zabeleženo najveće odstupanje od 30-to godišnjeg proseka za čak 5.21°C. Rast srednjih vrednosti indeksa, uticao je na smanjenje broja dana u *hladnim* i na porast broja dana u *toplim* kategorijama termalnog stresa. Tako je npr. broj "veoma hladnih" dana (od -36°C do -16°C) koji je u prvoj deceniji istraživanja bio 17, smanjen na 11 u drugoj i svega 3 *veoma hladna* dana u trećoj deceniji istraživanog perioda. Sa druge strane, u kategoriji "vruće" tokom prve i druge decenije imali smo po 2 takva dana, dok ih je u periodu 2011-2020.godina zabeleženo čak 14 (pojedinačno najviše u 2011. i 2015.godini, gde je registrovano po 5 *vrućih* dana). Takođe, broj "toplih" dana je uvećan sa 35 koliko ih je bilo u periodu 1991-2000.godina na 73 koliko ih je zabeleženo u periodu 2011-2020. Ukoliko posmatramo različite kategorije termalnog stresa koje se javljaju u jutarnih časovima (07h) tokom jesenjih dana, najzastupljeniji su oni u kategoriji "hladno" njih 1581 ili 57.9%, a slede ih *prohladni* dani, njih 602 ili 22%. *Udobnih* dana bilo je 361 ili 13.2% u ukupnom broju dana.

Subindeks PST_{min} ostvario je gotovo identičan rast srednjih jesenjih vrednost, kao i prethodno predstavljeni subindeks, po stopi od 0.147°C/god. Najviša srednja jesenja vrednost ovog subindeksa izmerena je 2019.godine i iznosila je 6.59°C, a sledi je 2018.godina sa 5.03°C. Srednja vrednost PST_{07h} tokom referentnog perioda iznosila je 1.77°C, što znači da je 2019.godine zabeleženo najveće odstupanje od 30-to godišnjeg proseka za čak 4.82°C. Ono što je ovde značajno, posebno jer govorimo o subindeksu čija je vrednost određena na osnovu minimalne dnevne temperature vazduha, jeste

zapažen porast broja "*toplih*" dana (od 24.1 do 34.0°C) sa 12 koliko ih je zabeleženo u periodu 1991-2000.godina na čak 42 koliko ih je bilo u periodu 2011-2020.godina (ukoliko posmatramo zasebno godine, najviše ih je registrovano 2011.godine (11), kao i 2012.godine i 2015.godine po 6 *toplih* dana). Godine 2015., zabeležena su i 2 slučaja kada je PST_{min} prešao graničnu vrednost za "*vruće*" (34.1°C – 44.0°C), što u prethodnim godinama istraživanog perioda nije registrovano. Najviše je *hladnih* dana (1678) koji učestvuju sa 61.5% u ukupnom zbiru, a slede ih *prohladni* dani (601) sa 22%. *Udobnih* dana bilo je 341 (12.5%).

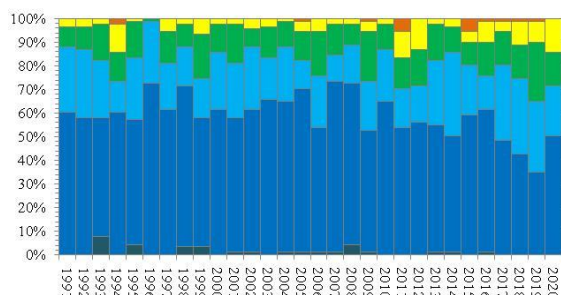
Kod **subindeksa PST_{sr}** koji je određen na osnovu srednje dnevnih vrednosti meteoroloških parametara, tokom perioda od 30 godina, vrednosti su ostvarile pozitivan trend, odnosno rast srednjih jesenjih vrednosti po stopi od 0.126°C/god. Najviša srednja jesenja vrednost ovog subindeksa izmerena je 2019.godine i iznosila je 13.06°C, a sledi je 2018.godina sa 12.27°C. Srednja vrednost PST_{07h} tokom referentnog perioda iznosila je 7.42°C, što znači da je 2019.godine zabeleženo najveće odstupanje od 30-to godišnjeg proseka za čak 5.64°C. Pozitivan trend uticao je i na značajan porast broja dana u kategoriji "*vruće*": tokom prve i druge decenije istraživanog perioda zabeleženo ih je 19 i 21, dok ih je tokom poslednje decenije registrovano čak 61 (gotovo 3 puta više). Najviše je "*hladnih*" dana, njih 1235 ili 45.2%, a slede ih *prohladni* dani sa 23.7% (646). *Udobnih* dana bilo je 442 ili 16.2%.

Subindeks PST_{14h} koji opisuje termalni komfor izmeren na osnovu meteoroloških parametara zabeleženih u 14h, kao i svi prethodni, pokazuje pozitivan trend rasta srednjih jesenjih vrednosti, sa stopom od 0.117°C/god. Najviša srednja jesenja vrednost ovog subindeksa izmerena je 2019.godine i iznosila je 20.52°C, a sledi je 2018.godina sa 19.65°C. Srednja vrednost PST_{07h} tokom referentnog perioda iznosila je 13.25°C, što znači da je 2019.godine zabeleženo najveće odstupanje od 30-to godišnjeg proseka za čak 7.27°C. Pozitivni trendovi uticali su na značajno smanjenje broja "*veoma hladnih*" dana, koji je tokom I decenije istraživanog perioda bilo 16, tokom II decenije 8, a tokom III decenije zabeležen je samo 1 takav dan (nakon 2013.godine *veoma hladni* dani se više nisu javljali). Istovremeno, broj dana u kategoriji "*vruće*" i "*veoma vruće*" je porastao, kada poredimo prvu i poslednju deceniju istraživanog perioda: vrući sa 133 na 189 i veoma vrući dani sa 20 na 30. Ako posmatramo sve kategorije termalnog stresa, videćemo da su najzastupljeniji "*hladni*" dani kojih je bilo 971 ili 35.6%, kao i *prohladni* dani sa 20.9% odnosno 570 takvih dana. *Udobnih* dana bilo je 329 ili 12%. *Topli*, *vrući* i *veoma vrući* dani učestvovali su zajedno sa 30.6%.

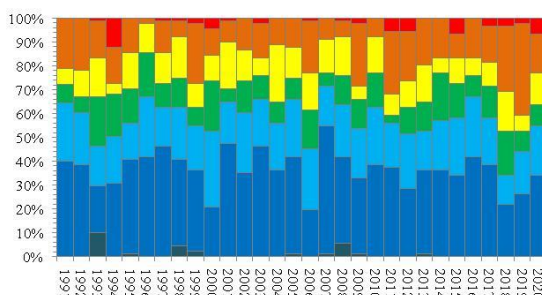
Srednje jesenje vrednosti **subindeksa PST_{max}** ostvarile su rast po stopi od 0.098°C/god. Najviša srednja jesenja vrednost ovog subindeksa izmerena je 2019.godine i iznosila je 22.48°C, a sledi je 2018.godina sa 21.15°C. Srednja vrednost PST_{07h} tokom referentnog perioda iznosila je 14.99°C, što znači da je 2019.godine zabeleženo najveće odstupanje od 30-to godišnjeg proseka za čak 7.49°C. Kao i kod prethodno analiziranog subindeksa evidentno je smanjenje broja dana u kategoriji "*veoma hladno*" sa 12 koliko ih je registrovano tokom perioda 1991-2000.godina, na 3 u periodu 2001-2010.godina, a nakon 2011.godine nije zabeležen ni jedan "*veoma hladan*" dan. Sa druge strane, broj "*vrućih*" dana je značano veći: poredeći prvu i poslednju deceniju istraživanog perioda možemo uočiti da je taj broj sa 154 porasta na 202. Najviše je *hladnih* dana, njih 851 ili 31.2% koje slede *prohladni* dani sa 22.5% ili njih 613. *Udobnih* dana bilo je 345 odnosno 12.6%. *Topli*, *vrući* i *veoma vrući* dani učestvovali su zajedno sa 33.2%.

Grafikon br. 80: Zastupljenost različitih PST kategorija termalnog stresa, tokom jeseni, 1991-2020.

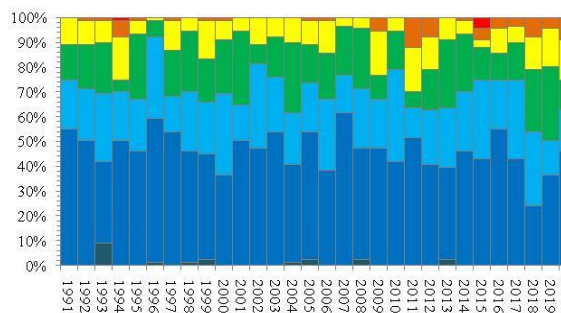
PST 07h



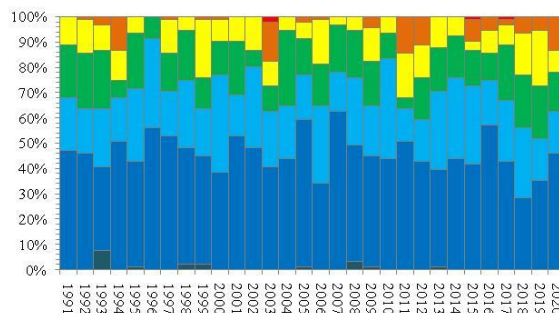
PST 14h



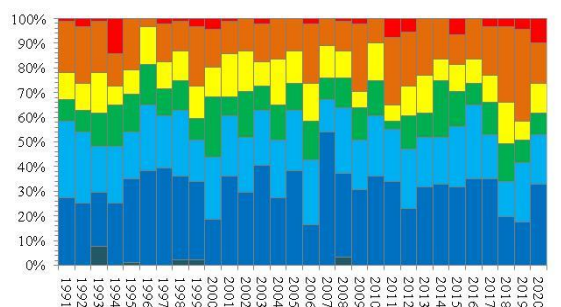
PST 21h



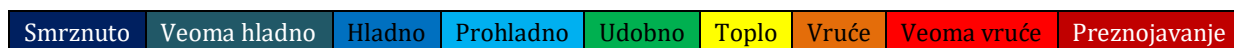
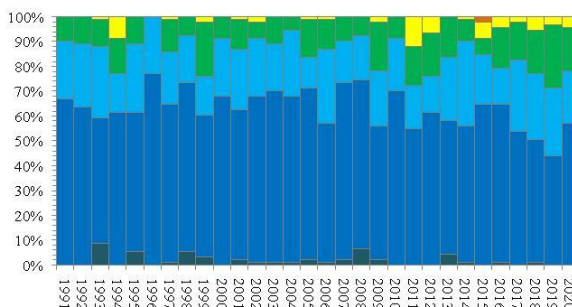
PST sr



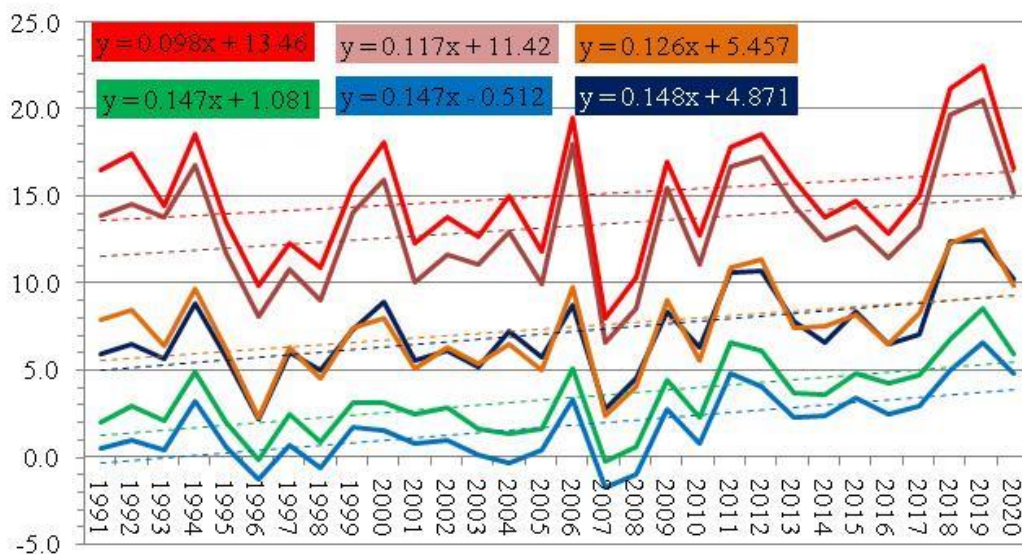
PST max



PST min

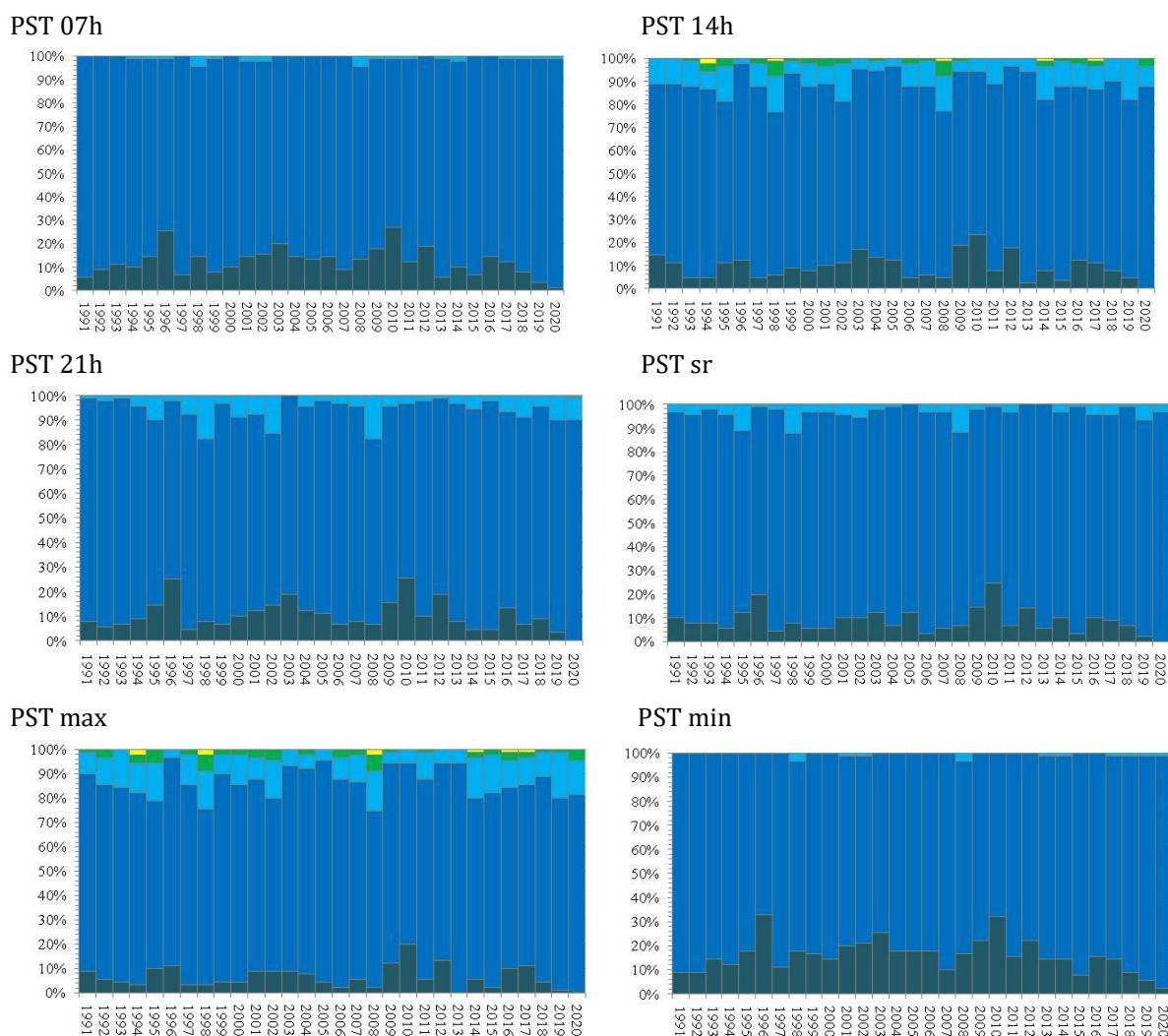


Grafikon br. 81: Trend promene indeksa PST, jesen, za period 1991-2020.



Procentualno učešće različitih PST kategorija termalnog stresa **tokom zime za period 1991-2020.godina**, predstajeno je grafikonom br. 82, dok je na grafikonu br. 83 prikazan trend po kom su se menjale srednje zimske vrednosti PST subindeksa tokom 30 godina. Kada posmatramo prikazane rezultate, možemo lako uočiti da su dve dominantne kategorije termalnog stresa tokom zimskih meseci “*hladno*” (od -16.1°C do 4.0°C) i “*veoma hladno*” (od -36.0°C do -16.0°C), dok su kod dva subindeksa $\text{PST}_{14\text{h}}$ i PST_{max} nešto zastupljeniji “*prohladni*” dani (od 4.1°C do 14.0°C). Ukoliko posmatramo rast srednjih zimskih vrednosti indeksa PST i poredimo ih sa rastom vrednosti tokom ostali godišnjih doba, videćemo da su se najblaže promene odvijale tokom zimskih meseci, odnosno da je rast vrednosti bio niži, ali ipak prisutan.

Grafikon br. 82: Zastupljenost različitih PST kategorija termalnog stresa, tokom zime, 1991-2020.



Smrznuo	Veoma hladno	Hladno	Prohladno	Udobno	Toplo	Vruće	Veoma vruće	Preznojavanje
---------	--------------	--------	-----------	--------	-------	-------	-------------	---------------

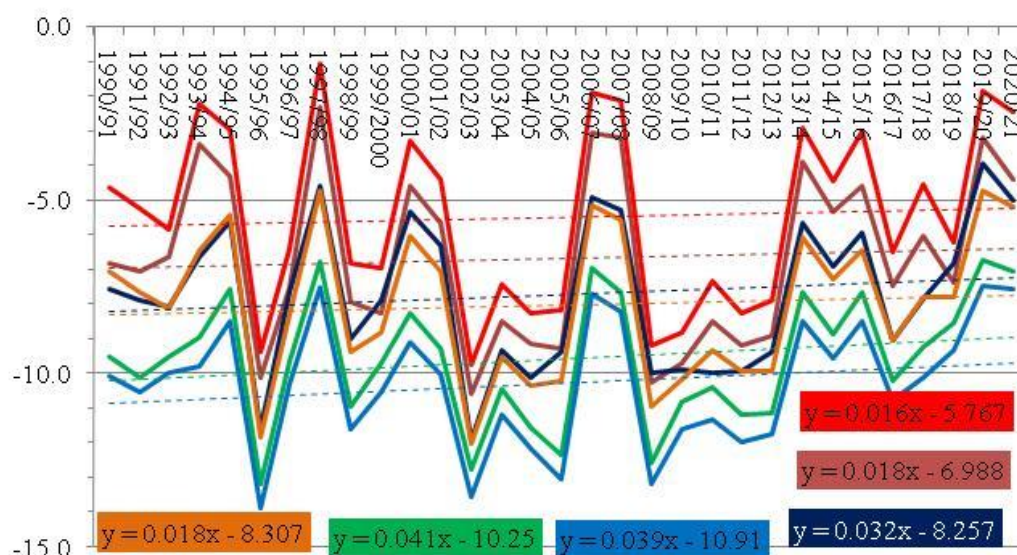
Što se najviših srednjih zimskih vrednosti tiče, 4 od 6 subindeksa su svoje najviše vrednosti dostigli tokom zime 2019/20.god i to: $\text{PST}_{07\text{h}} = -6.73^{\circ}\text{C}$, $\text{PST}_{21\text{h}} = -3.96^{\circ}\text{C}$, $\text{PST}_{\text{sr}} = -4.74^{\circ}\text{C}$ i $\text{PST}_{\text{min}} = -7.47^{\circ}\text{C}$. Subindeksi $\text{PST}_{14\text{h}}$ i PST_{max} su svoje najviše srednje zimske vrednosti dostigli u zimu 1997/98.godine i to $\text{PST}_{14\text{h}} = -2.32^{\circ}\text{C}$ i $\text{PST}_{\text{max}} = -1.1^{\circ}\text{C}$. Srednje vrednosti svih PST subindeksa tokom referentnog perioda prikazane su u tabeli br. 36.

Tabela br. 36: Srednja zimska vrednost indeksa PST tokom referentnog perioda 1991-2020., najviša srednja zimska vrednost indeksa tokom perioda od 30 godina i najveća zabeležena odstupanja od proseka

Sr. zimska vr. (°C) Ref. period 1991-2020.	PST 07h	PST 14h	PST 21h	PST sr	PST max	PST min
	-9.58	-6.70	-7.74	-8.02	-5.50	-10.29
Najviša sr. zimska vr. (°C)	-6.73	-2.32	-3.96	-4.74	-1.10	-7.47
Najveće odstupanje od 30-to godišnjeg proseka (°C)	2.85	4.38	3.78	3.28	4.40	2.82

Najznačajniji porast srednjih zimskih vrednosti zabeležen je kod PST_{07h} gde su vrednosti ovog subindeksa rasle po stopi od $0.041^{\circ}\text{C}/\text{god}$. Sledi subindeks PST_{min} sa trendom od $0.039^{\circ}\text{C}/\text{god}$. Na trećem mestu nalazi se PST_{21h} sa 0.032°C . Gotovo identične stope rasta srednjih zimskih vrednosti ostvarila su dva subindeksa PST_{sr} i PST_{14h} sa 0.018°C . Najsporije su rasle srednje zimske vrednosti subindeksa PST_{max} po stopi od $0.016^{\circ}\text{C}/\text{god}$ (grafikon br. 83).

Grafikon br. 83: Trend promene indeksa PST, zima, za period 1991-2020.



Kako bi se dobio potpuniji uvid u promene u termalnom komforu na otvorenom u Beogradu, koje su registrovane tokom perioda od 30 godina, analizirane su i **srednje mesečne vrednosti svih posmatranih PST subindeksa** tokom svih meseci u godini. Na grafikonim u nastavku teksta, prikazan je trend promene po mesecima.

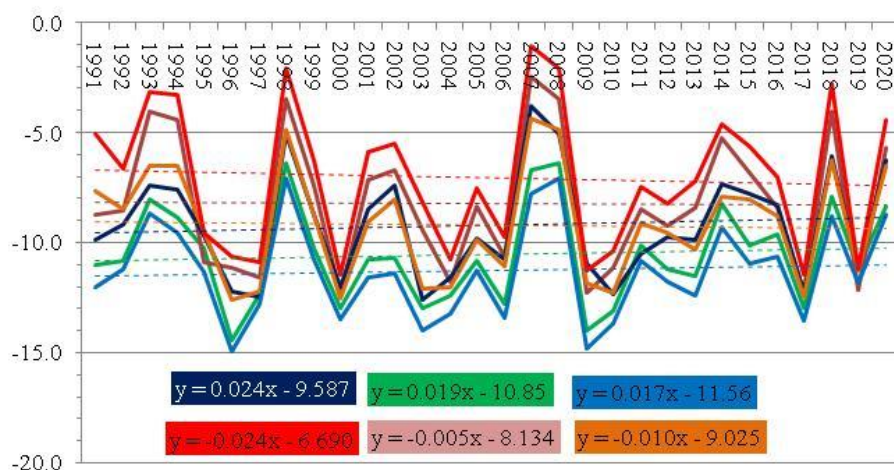
Ukoliko posmatramo zimske mesece (**januar, februar i decembar**) lako možemo uočiti da su najznačajnije promene u pogledu rasta srednjih mesečnih vrednosti zabeležene tokom decembra u periodu 1991-2020.godina. Srednje decembarske vrednosti subindeksa PST_{07h} ostvarile su pozitivan trend rasta od $0.092^{\circ}\text{C}/\text{god}$, dok je kod PST_{min} taj rast iznosio je $0.081^{\circ}\text{C}/\text{god}$. Najviša srednja decembarska vrednost subindeksa PST_{min} zabeležena je 2015.godine (-7.82°C). Na trećem mestu nalazi se PST_{sr} sa trendom od $0.069^{\circ}\text{C}/\text{god}$. Tokom decembra meseca najsporije su rasle srednje vrednosti subindeksa PST_{max} sa $0.058^{\circ}\text{C}/\text{god}$. Srednje januarske vrednosti PST indeksa su dosta sporije rasle, a najveći porast vrednih mesečnih vrednosti ostvario je PST_{21h} sa trendom od $0.024^{\circ}\text{C}/\text{god}$, što je značajno niže u odnosu na vrednosti tokom decembra.

Kada poredimo prolećne mesece (***mart, april i maj***) možemo primetiti da su se najznačajnije promene odvale tokom aprila meseca, gde su srednje aprilske vrednosti subindeksa PST_{max} ostvarile rast od čak $0.312^{\circ}C/god$. Najviša srednja aprilska vrednost PST_{max} izmerena je 2018.godine i iznosila je $30.07^{\circ}C$. PST_{14h} je takođe tokom aprila 1991-2020.godine ostvario značajan rast svojih srednjih vrednosti od $0.264^{\circ}C/god$, a njegova najviša srednja aprilska vrednost izmerena je 2018.godine ($28.04^{\circ}C$). Izražen pozitivan trend rasta srednjih aprilskih vrednosti zabeležio je i subindeks PST_{sr} sa trendom od $0.201^{\circ}C/god$. Najviša srednja aprilska vrednost ovog subindeksa iznosila je $19.48^{\circ}C$, a izmerena je 2018.godine. Osim aprila, kada posmatramo prolećne mesece vidimo da se značajni pozitivni trendovi javljaju i tokom marta, gde su najbrže rasle vrednosti subindeksa PST_{07h} sa $0.110^{\circ}C/god$. Sledi ga subindeks PST_{min} sa trendom od $0.107^{\circ}C/god$ i PST_{max} sa $0.084^{\circ}C/god$. Tokom marta meseca najsporije su rasle srednje mesečne vrednosti subindeksa PST_{sr} sa trendom od $0.045^{\circ}C/god$.

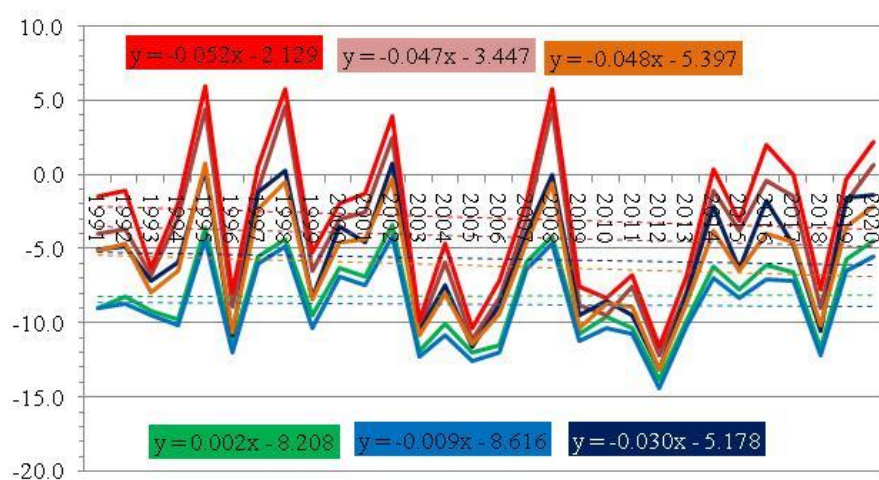
Poredeći rezultate dobijene za letnje mesece (***jun, jul i avgust***), ali i na osnovu sezonske analize termalnog komfora, možemo zaključiti da su letnji meseci bioklimatski najnepovoljniji za boravak na otvorenom. Takođe, tokom sva tri meseca zabeležen je značajan trend rasta srednjih mesečnih vrednosti posmatranih indeksa, među kojima se jul mesec izdvaja, ali ni jun i avgust ne zaostaju značajnije. Tokom jula u periodu 1991-2020.godina, najznačajniji trend porasta srednjih mesečnih vrednosti zabeležen je kod subindeksa PST_{min} (određen na osnovu minimalnih dnevnih temperatura vazduha) koji je iznosio $0.203^{\circ}C/god$. Sledi ga PST_{07h} sa pozitivnim trendom od $0.175^{\circ}C/god$, a na trećem mestu je PST_{21h} sa $0.147^{\circ}C/god$. Što se tiče najviših srednjih julskih vrednosti indeksa PST tokom perioda od 30 godina, 4 od 6 subindeksa dostigli su svoje najviše vrednosti tokom jula 2015.godine ($PST_{07h} = 36.53^{\circ}C$, $PST_{21h} = 39.86^{\circ}C$, $PST_{sr} = 40.01^{\circ}C$ i $PST_{min} = 30.36^{\circ}C$). Godine 2012., najviše srednje julske vrednosti dosegli su subindeksi PST_{14h} ($43.62^{\circ}C$) i PST_{max} ($44.56^{\circ}C$). Što se juna meseca tiče, najbrže su rasle srednje junske vrednosti subindeksa PST_{min} sa $0.168^{\circ}C/god$, a najviša srednja junska vrednost ovog subindeksa izmerena je 2012.godine i iznosila je $24.93^{\circ}C$. Sledi subindeks PST_{07h} sa trendom od $0.153^{\circ}C/god$, čija je najviša srednja junska vrednost takođe izmerena 2012.godine kada je iznosila $32.39^{\circ}C$. Na trećem mestu je PST_{21h} gde pozitivan trend rasta srednjih junskih vrednosti iznosi $0.095^{\circ}C$, a čija je najviša srednja junska vrednost izmerena 2019.godine ($35.55^{\circ}C$). Tokom avgusta meseca najbrže su rasle srednje mesečne vrednosti subindeksa PST_{21h} i PST_{max} sa $0.168^{\circ}C/god$, odnosno $0.143^{\circ}C/god$.

Termalni komfor u Beogradu, se osim tokom letnjih meseci značajno menja i tokom jesenjih meseci (***septembar, oktobar i novembar***), pri čemu vrednosti indeksa koji opisuju termalnu nelagodu rastu, a jesenji dani (ali i noći) postoju sve topliji. Kada uporedimo tri jesenja meseca, možemo primetiti da su najznačajnije promene registrovane tokom septembra u periodu 1991-2020.godina. Najbrže su rasle vrednosti subindeksa PST_{07h} $0.237^{\circ}C/god$, a sledi ga PST_{min} sa trendom od $0.228^{\circ}C/god$. Na trećem mestu se nalazi PST_{21h} sa $0.213^{\circ}C/god$. Svih 6 posmatranih indeksa su svoje najviše srednje septembarske vrednosti dostigli 2011.godine ($PST_{07h} = 22.29^{\circ}C$, $PST_{14h} = 37.89^{\circ}C$, $PST_{21h} = 29.19^{\circ}C$, $PST_{sr} = 30.63^{\circ}C$, $PST_{max} = 39.18^{\circ}C$ i $PST_{min} = 18.68^{\circ}C$). Što se oktobra meseca tiče, najbrže su rasle srednje mesečne vrednosti subindeksa PST_{14h} po stopi od $0.130^{\circ}C/god$, kao i PST_{max} sa $0.097^{\circ}C$. Kod svih 6 subindeksa najviša srednja oktobarska vrednost izmerena je 2019.godine ($PST_{07h} = 10.7^{\circ}C$, $PST_{14h} = 25.65^{\circ}C$, $PST_{21h} = 14.23^{\circ}C$, $PST_{sr} = 15.71^{\circ}C$, $PST_{max} = 27.3^{\circ}C$ i $PST_{min} = 8.99^{\circ}C$). Tokom novembra meseca najbrže su rasle vrednosti subindeksa PST_{21h} sa trendom od $0.146^{\circ}C/god$.

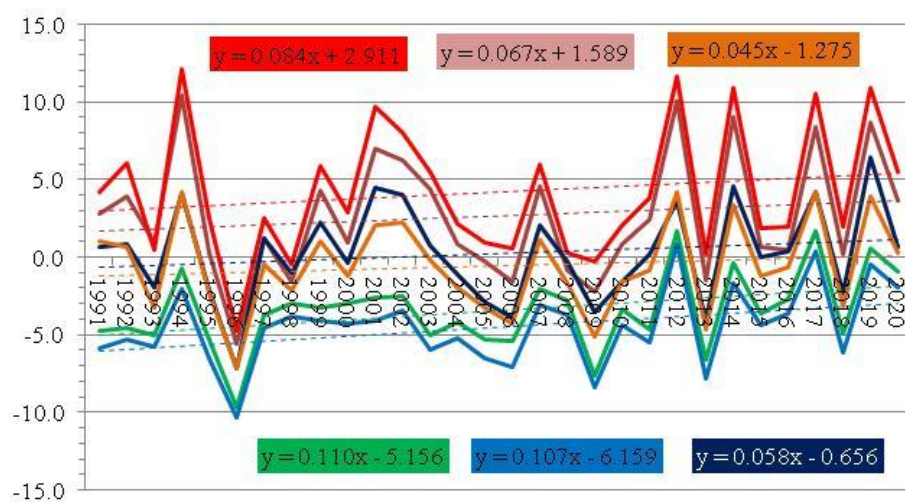
Grafikon br. 84: Trend promene indeksa PST po mesecima, tokom perioda 1991-2020.



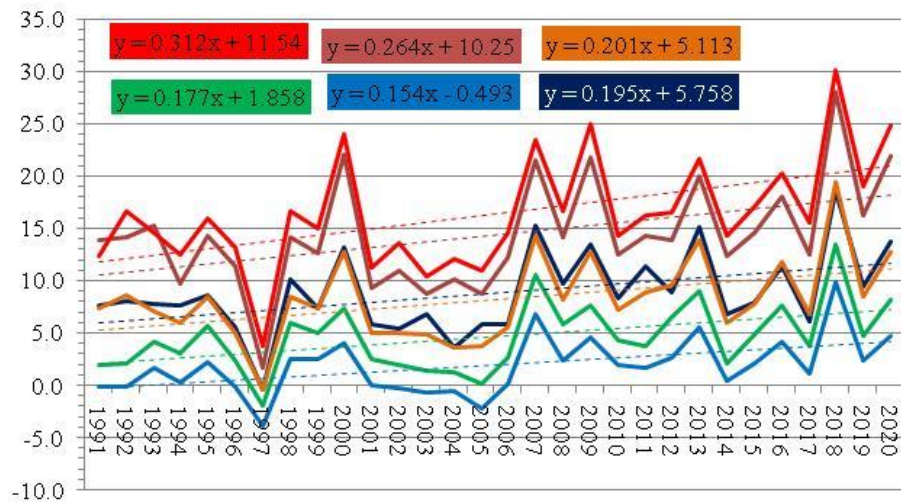
PST,Jan,1991-2020.



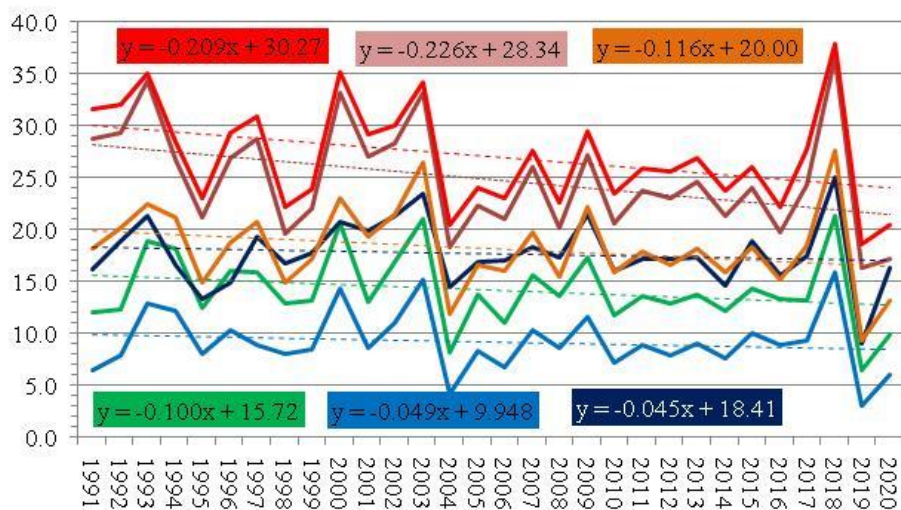
PST,Feb, 1991-2020.



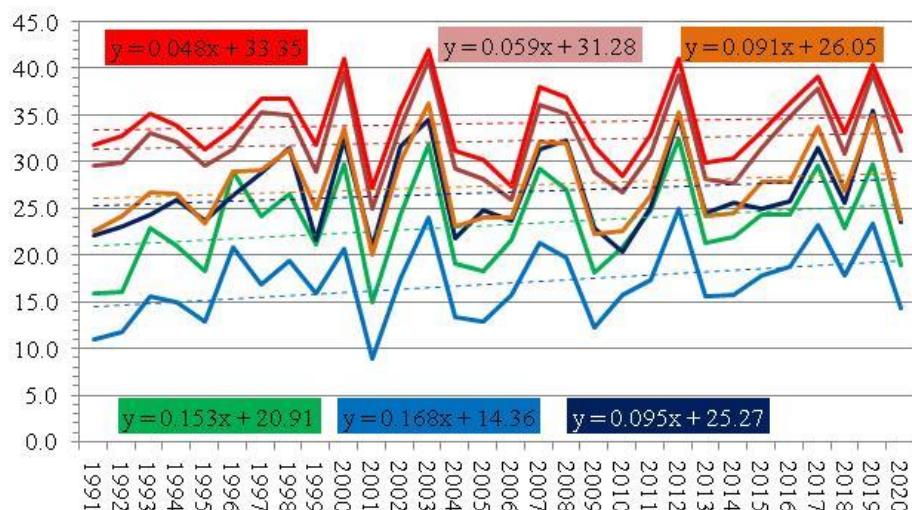
PST,Mart,1991-2020.



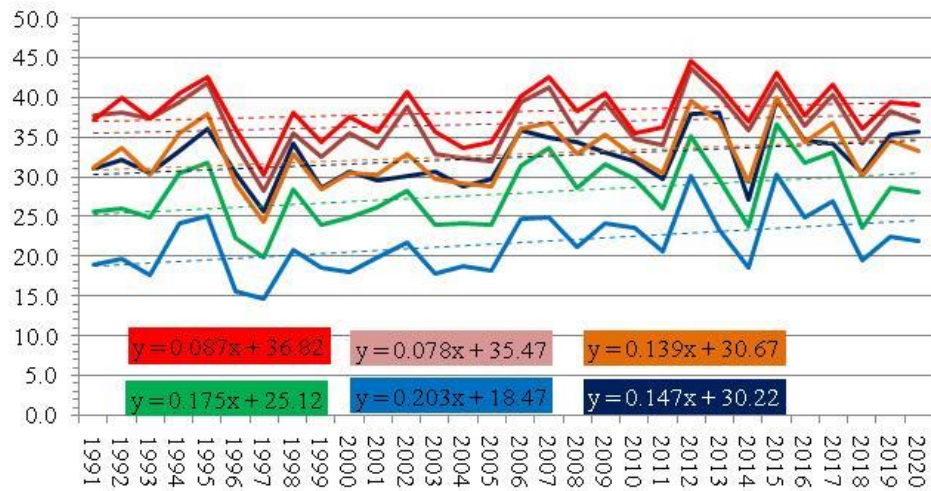
PST, April, 1991-2020.



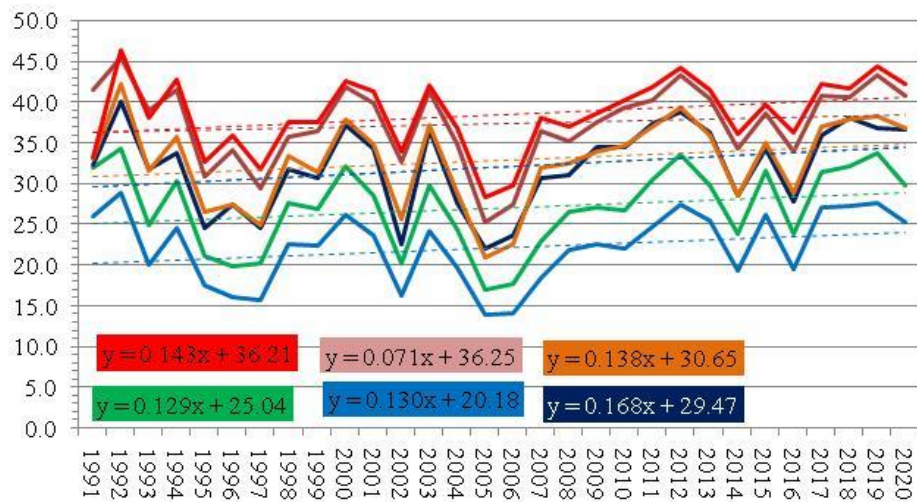
PST, Maj, 1991-2020.



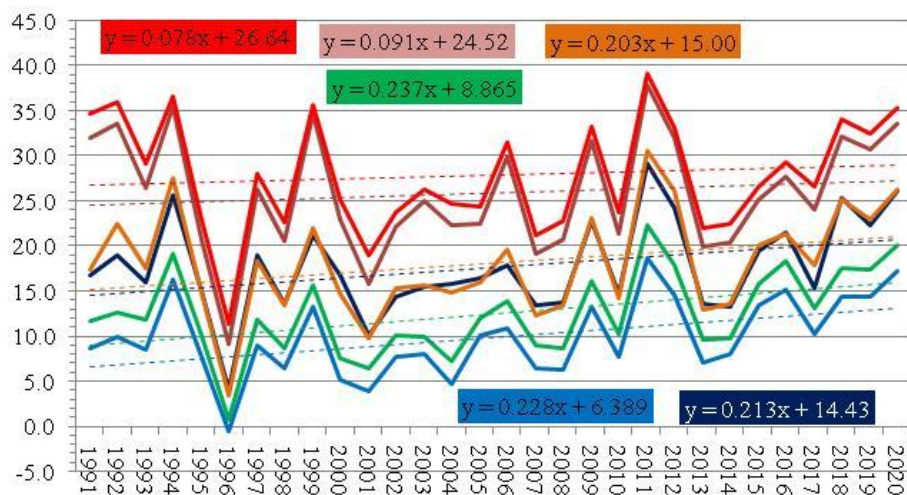
PST, Jun, 1991-2020.



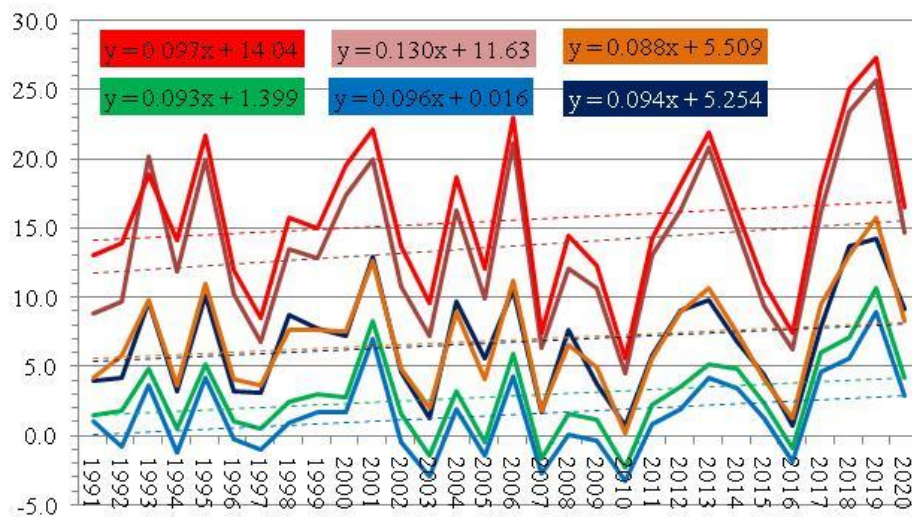
PST,Jul,1991-2020.



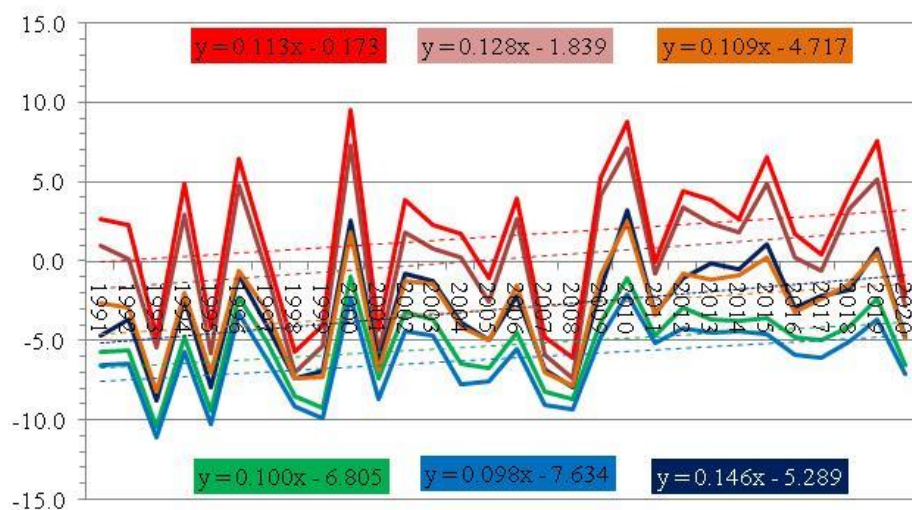
PST,Avg,1991-2020.



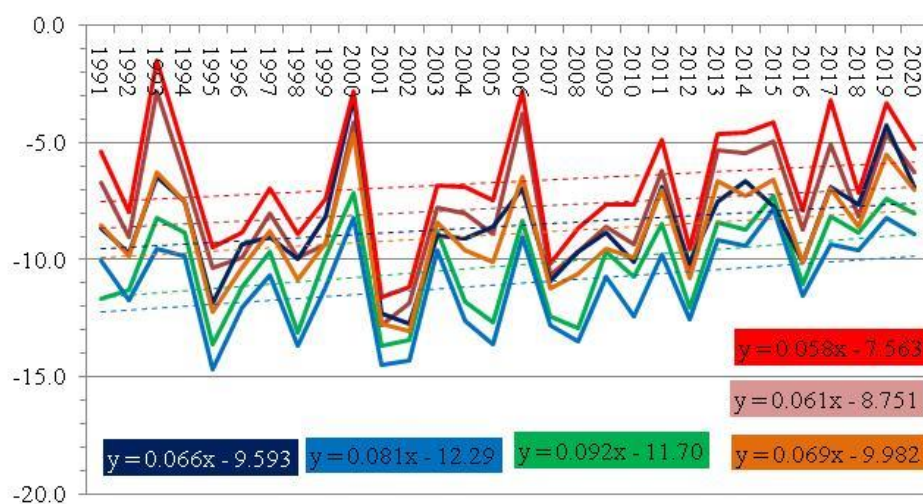
PST,Sept,1991-2020.



PST,Okt,1991-2020.



PST,Nov,1991-2020.



PST,Dec,1991-2020.

Rezime: analiza STK gradskog naselja Beograd

Analiza spoljašnjeg termalnog komfora (STK) gradskog naselja Beograd primenom sedam odabranih bioklimatskih indeksa (*UTCI*, *Humidex*, *WBGT*, *HL*, *PhS*, *STI* i *PST*), čiji su rezultati prikazani u prethodnim poglavljima, sprovedena je na osnovu meteoroloških podataka koji su izmereni na meteorološkoj stanici *Beograd – Opservatorija*, tokom perioda od 30 godina. Opservatorija se nalazi na teritoriji GO Vračar i samim time korišćeni meteorološki podaci predstavljaju dobru polaznu osnovu za proučavanje spoljašnjeg termalnog komfora u visoko urbanizovanim, gusto izgrađenim i gusto naseljenim urbanim sredinama. Površina GO Vračar iznosi 287 ha (2.87 km²), broj stanovnika 2022.godine iznosio je 55 406, samim tim gustina naseljenosti u 2022.godini bila je 19 305 st/km², što ovu opštinu čini najgušće naseljenom u Beogradu. Ujedno, karakteristika GO Vračar je i deficit zelenih prostora koje mogu doprineti regulaciji STK. Ipak, treba istaći da je ograničenje ove studije to što je analiza STK zasnovana na podacima koji su prikupljeni na samo jednoj meteorološkoj stanici. Bez obzira na to, istraživanjem su dobijeni značajni *uvidi u opštu bioklimatsku sliku gradskog naselja Beograd*, evidentirani su *trendovi koji potvrđuju klimatske uslove koji se menjaju* i koji ukazuju na *porast stepena termalne nelagode* na otvorenim površinama iz godine u godinu.

Na osnovu dobijenih rezultata, možemo uočiti da se *tokom poslednje decenije istraživnog perioda (2011-2020.godina)* javlja *najviše zabeleženih najviših srednjih godišnjih vrednosti svih posmatranih indeksa u odnosu na 30-to godišnji period obuhvaćen doktorskom disertacijom (1991-2020.godina)*. Kao bioklimatski “*najnepovoljnije*” izdvajaju se: *2020.godina, 2019.godina, 2018.godina, 2017.godina, 2015.godina i 2012.godina* kao godine sa *najvišim zabeleženim vrednostima termalnog stresa*. U periodu pre 2011.godine treba istaći *2007.godinu*, kao godinu kada je osim nepovoljnog termalnog komfora izmerena i *najviša dnevna temperatura* u Beogradu od 43.6°C. Kod svih posmatranih subindeksa registrovan je *rast srednjih godišnjih vrednosti*. Tako su srednje godišnje vrednosti subindeksa *UTCI_{sr}* tokom perioda 1991-2020.godina rasle su po stopi od 0.063°C/god. Srednje godišnje vrednosti subindeksa *Humidex_{sr}* ostvarile su pozitivan trend od 0.087°C/god. Pozitivan trend zabeležen je i kod subindeksa *WBGT_{sr}* čije su srednje godišnje vrednosti tokom rasle po stopi od 0.054°C/god. Kod subindeksa *STI_{sr}* registrovan je rast od 0.063°C/god. Kod subindeksa *PST_{sr}* zabeležen je rast srednjih godišnjih vrednosti po stopi od 0.66°C/god. Indeksi *HL* i *PhS*, kao bezdimenzionalne veličine, takođe su ostvarili trendove koji ukazuju na *porast toplotnog opterećenja* i sve *zastupljenije toplo fiziološko naprezanje* kod čoveka.

Ukoliko posmatramo sezonski nivo, *najveća odstupanja od 30-to godišnjeg proseka* zabeležena su tokom *letnjih* (jun, jul i avgust) i *jesenjih* meseci (septembar, oktobar i novembar). *Leto* je (očekivano) ocenjeno kao *biklimatski najmanje povoljan deo godine*, kada se usled termalne nelagode javljaju veće šanse za pojavu nekih od zdravstvenih rizika povezanih sa višim stepenom toplotnog opterećenja. Ujedno, tokom *letnjih meseci* zabeležen je i *evidentant trend porasta srednjih godišnjih, sezonskih i mesečnih vrednosti posmatranih indeksa i subindeksa*.

Posebno je interesantan rast srednjih letnjih vrednosti indeksa koji su određeni na osnovu *minimalne vrednosti temperature vazduha* (*T_{min}*), a koji se dovodi u vezu sa porastom minimalnih temperatura tokom proteklih 30 godina. Tako su na primer, srednje letnje vrednosti subindeksa *UTCI_{min}* rasle stopom od 0.081°C/god. Subindeks

Humidex_{min} ostvario je pozitivan trend od 0.091°C/god, a srednje letnje vrednosti subindeksa WBGT_{min} rasle su po stopi od 0.055°C/god. Srednje letnje vrednosti subindeksa STI_{min} zabeležile su stopu rasta od 0.123°C/god, dok je taj trend kod subindeksa PST_{min} iznosio 0.161°C/god. Ujedno, zabeležen je i porast srednjih letnjih vrednosti posmatranih indeksa i subindeksa koji su određeni na osnovu meteoroloških parametara izmerenih u 21h. Porast *srednjih minimalnih*, ali i srednjih *“večernjih”* vrednosti temperature vazduha (koja direktno utiče i na rast srednjih vrednosti bioklimatskih indeksa) jedan je od najpouzdanijih indikatora klimatskih promena (zbog toga se u klimatologiji osim *tropskih dana* prate i *tropske noći*). Tako su naprimer srednje letnje vrednosti subindeksa UTCI_{21h} rasle stopom od 0.057°C/god, dok su srednje letnje vrednosti subindeksa WBGT_{21h} ostvarile trend od 0.062°C/god. Kod subindeksa STI_{21h} taj trend iznosio je 0.091°C/god.

Analizom dobijenih rezultata, uočeno je da su *najznačajnije promene* u pogledu termalnog komfora na otvorenom u Beogradu registrovane *tokom jesenjih meseci*. Rezultati pokazuju *pozitivan trend rasta srednjih jesenjih vrednosti svih posmatranih indeksa i subindeksa za svaki mesec* (septembar, oktobar, novembar) i porast broja dana u višim kategorijama termalnog stresa, što ukazuje na to da nas u budućnosti (ukoliko se postojeći trendovi nastave) očekaju sve topliji jesenji dani sa višim stepenom termalne nelagode. Posmatrajući dobijene vrednosti fiziološkog naprezanja u čoveku mereno subindeksom PhS_{14h} tokom jesenjih meseci uočava se trend opadanja broja dana u kategorijama *“hladnog”* i porasta broja dana u kategorijama *“toplog”* naprezanja tokom istraživanog perioda 1991-2020.godina. Uz to, tokom posmatranog perioda udvostručen je i broj dana u kategoriji *“veliko toplo naprezanje”*. Da termalni komfor postaje nepovoljniji i u večernjim časovima tokom jeseni ukazuju nam rezultati dobijeni za subindeks PhS_{21h}, gde je tokom perioda od 30 godina evidentiran pad broja dana u kategorijama *hladnog* naprezanja, posebno u kategoriji *“veliko hladno naprezanje”*. Istovremeno, broj dana sa *“umereno toplim naprezanjem”* je gotovo 4 puta veći. Indeks HL beleži porast broja dana u višim kategorijama toplotnog opterećenja: *“toplo”*, *“vruće”* i *“veoma vruće”*, ali i blago opadanje broja dana u kategoriji *“prohladno”* za svaki od analiziranih HL subindeksa.

U Beogradu, tokom 30 godina, *bioklimatski najpovoljniji* deo godine bio je *proleće* (mart, april i maj) kada su mikroklimatski i bioklimatski uslovi za boravak čoveka na otvorenom bili napogodniji. Tokom prolećnih meseci, mereno indeksom UTCI, najzastupljeniji su dani *“bez termalnog stresa”*, posebno tokom jutarnjih (07h) i večernjih (21h) časova. Kod subindeksa UTCI_{07h} dani *“bez termalnog stresa”* učestvuju sa 60.4% u ukupnom broju dana tokom 30 godina. Ipak, evidentiran je *porast srednjih prolećnih vrednosti svih posmatranih indeksa i subindeksa*. Srednje prolećne vrednosti subindeksa UTCI_{14h} zabeležile su pozitivan trend rasta od 0.049°C/god. Subindeks UTCI_{max} tokom proleća ostrvario je pozitivan trend od 0.083°C/god. Srednje prolećne vrednosti subindeksa WBGT_{max} i WBGT_{sr} su rasle po gotovo istoj stopi od 0.050°C/god. Donekle slično su rasle i srednje prolećne vrednosti subindeksa WBGT_{min} i WBGT_{07h} sa 0.048°C/god odnosno 0.046°C/god. Tokom prolećnih dana, u periodu 1991-2020.godina, mereno u jutarnjim časovima (07h), vrednosti subindeksa STI_{07h} ostvarile su rast po stopi od 0.081°C/god, a istovremeno je rastao i broj *“toplih”* dana. Srednje prolećne vrednosti subindeksa STI_{min} ostvarile su najvišu stopu rasta u poređenju sa ostalim STI subindeksima sa 0.086°C/god.

Najsporije promene u pogledu termalnog komfora na otvorenom tokom analiziranog tridesetogodišnjeg perioda odvijale su se tokom *zime* (decembar, januar i februar). Ipak promene su prisutne. Ukoliko posmatramo rast *srednjih zimskih vrednosti* indeksa PST i poredimo ih sa rastom vrednosti PST indeksa tokom ostali godišnjih doba, videćemo da su se najblaže promene odvijale tokom zimskih meseci, odnosno da je rast vrednosti bio niži, ali ipak evidentan. Najznačajniji porast srednjih zimskih vrednosti indeksa PST zabeležen je kod subindeksa PST_{07h} čije su vrednosti rasle po stopi od $0.041^{\circ}\text{C}/\text{god}$. Sledi subindeks $PST_{\min}$ sa trendom od $0.039^{\circ}\text{C}/\text{god}$. Isto važi i za ostale razmatrane bioklimatske indekse primenjene u ovoj studiji. Ukoliko se osvrnemo na indeks UTCI primetićemo da je za svaki od subindeksa ostvaren je *pozitivan trend*, što ukazuje na *to da zime u Beogradu postaju sve toplije i blaže*. Srednje zimske vrednosti subindeksa $UTCI_{\min}$ rasle su stopom od $0.07^{\circ}\text{C}/\text{god}$., a srednje zimske vrednosti subindeksa $UTCI_{\max}$ ostvarile su pozitivan trend od $0.058^{\circ}\text{C}/\text{god}$. Ukoliko se osvrnemo na indeks WBGT, videćemo da je zabeležen *umeren porast zimskih vrednosti svih WBGT subindeksa*, pri čemu se izdvaja $WBGT_{sr}$ čije su srednje zimske vrednosti rasle po stopi od $0.064^{\circ}\text{C}/\text{god}$. Sledi subindeks $WBGT_{07h}$ sa trendom od $0.061^{\circ}\text{C}/\text{god}$. Srednje zimske vrednosti subindeksa $WBGT_{21h}$ su tokom istraživnog perioda rasle po stopi od $0.060^{\circ}\text{C}/\text{god}$, a kod subindeksa $WBGT_{\max}$ taj trend je iznosio $0.059^{\circ}\text{C}/\text{god}$.

Diskusija: uporedna analiza prethodnih (bio)klimatskih studija sprovedenih na području Beograda i Republike Srbije

Rezultati dobijeni ovim istraživanjem u skladu su, nadovezuju se i dopunuju nalaze ranije sprovedenih klimatskih, bioklimatskih i biometeoroloških studija, studija urbane mikroklimе i termalnog komfora koje su realizovane na prostoru ne samo Beograda, već i šire, što jasno ukazuje na trend izmena bioklimatskih prilika, rasta srednjih dnevnih, mesečnih i godišnjih temperatura, maksimalnih temperatura, sve većoj učestalosti ekstremnih vremenskih prilika, dužine trajanja i intenziteta toplotnih talasa, te sušnih perioda. Analizom srednjih mesečnih vrednosti temperature vazduha koje su izmerene na 64 meteorološke stanice na teritoriji Republike Srbije, tokom perioda 1961-2010.godine (Bajat i dr., 2014), uočen je porast njihovih vrednosti, posebno nakon 1989.godine, kada je na gotovo svim stanicama registrovan rastući trend koji je iznosio od $0.18^{\circ}\text{C}/\text{dec}$ do $3.63^{\circ}\text{C}/\text{dec}$ (ili $0.36^{\circ}\text{C}/\text{god}$). Takođe, analizom dnevnih minimalnih i maksimalnih temperatura koje su zabeležene na 15 meteoroloških stanica tokom perioda 1949-2009.godina, uočena je tendencija otoplјavanja klime Srbije od sredine druge polovine 20.veka, a taj trend postaje posebno uočljiv nakon 2000.godine, odnosno početkom 21.veka. Osim porasta srednjih dnevnih, kao i ekstremnih vrednosti temperature vazduha (minimalne i maksimalne), uočen je i trend porasta broja letnjih i tropskih dana (i noći), dok je broj "ledenih" dana u opadanju (Unkašević, Tošić, 2013). Anđelković (2009) je istraživao ekstremne klimatske pojave u periodu 1991-2005.godina, na osnovu podataka zabeleženih na 23 sinoptičke stanice širom Srbije, a rezultati istraživanja pokazali su da je proučavani period bio prosečno topliji u odnosu na referentni klimatski period 1961-1990.godina. Vuković i saradnici (2018) navode da je prosečan porast srednje godišnje temperature na području Republike Srbije u periodu 1996-2015.godina iznosio 1.2°C (u odnosu na period 1961-1980.godina), sa najvećim porastom maksimalnih temperatura tokom letnje sezone, od 2.2°C . Autori su predstavili i analizu budućih promena do kraja XXI veka (2100.godina) i ukazali na potrebu za hitnim merama za ublažavanje negativnih uticaja klimatskih promena.

U kontekstu sagledavanja izmenjenih klimatskih uslova poseban značaj imaju studije koje obuhvataju višedecenijski niz – takvo je istraživanje koje su sprovele Unkašević i Tošić (2009a), a koje se bavilo analizom toplotnih talasa koji su zabeleženi tokom tri letnja meseca (jun, jul i avgust) na osnovu podataka o maksimalnim dnevnim temperaturama u Beogradu (za period 1943-2007.godina), Smederevskoj Palanci (1949-2007.godina) i Nišu (1948-2007.godina). Kao najtoplija leta u pogledu trajanja toplotnih talasa, ovim radom izdvojena su ona u periodu 1951-1952.godine, 1987-1998.godine (posebno 1994.godina), i ona tokom perioda 2000-2007.godine. Kulminaciju je donela 2007.godina kada je izmerena najviša ikada zabeležena temperatura u Srbiji. Takođe, tokom istraživanog perioda uočen je porast broja letnjih dana u Nišu za 9.1%, a u Beogradu za 12.3% (posebno tokom poslednje decenije 1998-2007.godina u poređenju sa prvom decenijom istraživanja 1948-1957.godina). Toplotni talasi u Beogradu i Nišu su dodatno razmatrani (Unkašević, Tošić, 2009b) tokom perioda 1948-2004.godine, kada je registrovan porast broja “tropskih dana” ($T_{max} \geq 30^{\circ}C$), posebno nakon 1975.godine. Tokom istraživanog perioda posebno je izdvojeno leto 1994.godine kada je u Beogradu zabeležen (do tada) najveći broj uzastopnih tropskih dana (21), a u Nišu je to bilo leto 2003.godine sa 29 uzastopnih tropskih dana. Unkašević i Tošić (2015) nastavljaju da prate hladne i tople talase u Srbiji i nakon 2007.godine, te svoj rad dopunjuju studijom koja se bavila sezonskom analizom hladnih i toplih talasa tokom perioda 1949-2012.godina, pri čemu su analizirani meteorološki podaci prikupljeni na 15 meteostanica širom Srbije (uključujući tri najveća urbana centra Srbije – Beograd, Novi Sad i Niš, ali i druge: Kikinda, Sombor, Zrenjanin, Vršac, Sremska Mitrovica, Negotin, Kragujevac, Kraljevo, Niš, Vranje i dr.). Nova studija pokazala je nastavak tendencije rasta minimalnih i maksimalnih temperatura vazduha na gotovo svim razmatranim stanicama. Kao rekordne godine izdvojene su 2007. i 2012. Godina 2012. se izdvaja kao ona sa najdužim zabeleženim toplotnim talasom koji je trajao od 28.juna do 14.jula (Unkašević, Tošić, 2005), dok je 2007.godina izdvojena kao godina u kojoj je izmeren apsolutni temperaturni rekord (najviša ikada izmerena temperatura u Srbiji od $+44.9^{\circ}C$ u Smederevskoj palanci, 24.jula) (RHMZ Srbije; Unkašević, Tošić, 2011). Iako se po dužini trajanja izdvaja toplotni talas iz 2012.godine, ipak je po intenzitetu ostao upamćen toplotni talas iz 2007.godine (koji je u Srbiji trajao od 14. do 24.jula). Leto 2007.godine bilo je za $3^{\circ}C$ toplije od prosečne letnje temperature referentnog perioda (1961-1990.godina). Jul 2007.godine bio je za $3.3^{\circ}C$ topliji od proseka. Rekordne vrednosti maksimalnih temperatura koje su pogodile Srbiju rezultovale su premašivanjem prethodno izmerenih najviših temperatura na gotovo svim meteorološkim stanicama. U Beogradu je tog leta izmereno $43.6^{\circ}C$ što je bilo za $3.1^{\circ}C$ više u odnosu na prethodno izmereni rekord (Unkašević, Tošić, 2011). Godine 2007. i 2012. izdvojene su i kao dve godine sa najvećim brojem šumskih požara u Srbiji, u periodu 2000-2017., prema studiji koju su sprovedi Tošić i saradnici (2019).

Analizom klimatskih trendova u dolini Nišave, na osnovu meteoroloških parametara zabeleženih na četiri meteorološke stanice (Dimitrovgrad, Piroć, Bela Palanka i Niš) u periodu 1960-2015.godina registrovan je trend rasta kako srednjih letnjih, tako i srednjih zimskih temperatura vazduha - samim tim i porast srednje godišnje temperature na čitavom istraživanom prostoru (Prokić, 2018).

Đorđević (2008) je analizirala srednje, minimalne i maksimalne vrednosti temperature vazduha u Beogradu, od 1888.godine pa sve do 2006.godine, gde je uočen njihov izražen porast. Tako je npr. srednja zimska vrednost temperature vazduha ostvarila pozitivan trend rasta od $1.95^{\circ}C/100god$, maksimalna zimska temperatura u Beogradu trend od

1.68°C/100god, a najznačajniji porast registrovan je kada uzmemo u obzir minimalne temperature vazduha u Beogradu tokom zime, čiji je trend porasta iznosio 2.97°C/100 god. Generalno, tokom 118 godina istraživanog perioda najbrže su rasle minimalne vrednosti temperature vazduha i tokom ostalih godišnjih doba, pa su tako minimalne prolećne temperature u Beogradu ostvarile trend od 1.92°C/100god, minimalne letnje 1.95°C/100god, a minimalne jesenje temperature pozitivan trend od 1.69°C/100god.

Unkašević, Vujović i Tošić (2005) su istraživale uticaj porasta srednjih letnjih temperatura vazduha u Beogradu tokom perioda 1975-2003.godina na promenu u minimalnim i maksimalnim temperaturama, te došle do saznanja je: srednja letnja temperatura u Beogradu tokom razmatranog perioda ostvarila rast od 0.132°C/god, srednja minimalna ostvarila je rast od 0.138°C/god, a srednja minimalna 0.104°C/god. Dodatno, još izraženiji rast zabeležen je kod najviših maksimalnih letnjih temperatura koje su tokom perioda 1975-2003.godina rasle po stopi od 0.164°C.

Istraživanje autorke Čegar i saradnika (2023) pokazalo je da je vrednost srednje godišnje temperature u Beogradu tokom perioda 1961-2020.godina ostvarila trend rasta od 0.042°C/god, a slični trendovi su zabeleženi i kada se govori o srednjim mesečnim vrednostima. Najznačajniji trend registrovan je tokom letnjih meseci, gde je srednja mesečna temperatura u avgustu tokom perioda 1961-2020.godina rasla po stopi od 0.075°C/god, srednja mesečna temperatura u julu sa trendom od 0.060°C/god, a srednja junska temperatura ostvarila je trend od 0.046°C/god. Ukoliko sagledamo dobijene vrednosti za zimske mesece (decembar, januar i februar), izdvaja se februar, čije su srednje mesečne vrednosti tokom perioda 1961-2020.godina ostvarile pozitivan trend od 0.048°C/god. Među prolećnim mesecima, najbrže rastu srednje martovske i aprilske temperature sa 0.046°C/god i 0.043°C/god. Autori kao "prelomnu" navode 1997.godinu (u periodu 1961-1997.godina srednja godišnja temperatura vazduha u Beogradu bila je 11.9°C, a nakon 1997.godine ona je iznosila 13.4°C).

Istraživanjem Lazića i saradnika (2006), kojim su analizirani temperaturni trendovi u Novom Sadu tokom perioda 1951-1990.godina (na osnovu meteoroloških parametara izmerenih na stanicama Rimski Šančevi i Petrovaradin) registrovan je porast srednjih godišnjih vrednosti temperature vazduha, posebno srednjih minimalnih vrednosti. Taj rastući trend posebno je bio izražen tokom zimskih meseci, kada je srednja minimalna temperatura ostvarila trend rasta od 2.5°C/100 god (Rimski Šančevi) i 3.7°C (Petrovaradin), ali i tokom prolećne sezone kada je taj trend iznosio 2.4°C/100 god. Srednja godišnja temperatura vazduha u Novom Sadu tokom istraživanog perioda (50 godina) ostvarila je trend rasta od 0.98°C/100 god.

Ukoliko fokus vratimo na bioklimatske uslove i pokazatelje poput bioklimatskih i termofizioloških indeksa, uočićemo da je zaključak većine realizovanih bioklimatskih studija gotovo jedinstven: bioklimatske prilike i termalni komfor pokazuju jasne trendove promena, bez obzira da li govorimo o jugu, severu ili centralnom delu Srbije. Ako krenemo od juga, na teritoriji grada Vranja, tokom perioda 2000-2017.godina uočen je značajan porast broja dana u kategoriji "*jakog toplotnog stresa*" i "*veoma jakog toplotnog stresa*" (mereno indeksom UTCI), naročito nakon 2007.godine, kako navode Pecelj i dr. (2021). Istovremeno, došlo je do smanjenja broja dana u kategorijama "*hladnog stresa*". Leto je izdvojeno kao bioklimatski najnepovoljniji deo godine, sa najviše dana u višim kategorijama toplotnog stresa, tokom jula i avgusta. Najveći broj dana u kategorijama *toplog* stresa zabeležen je tokom 2012.godine (jul sa 26 dana) i

2015.godine (avgust sa 26 dana). Ujedno, primetno je da i jeseni postaju sve toplije, pa je registrovan porast broja dana u kategoriji “*veoma jakog toplotnog stresa*” čak i tokom septembra, posebno nakon 2007.godine (Pecelj i dr., 2021).

Termalni diskomfor u Nišu, posebno tokom leta postaje sve izraženiji, što potvrđuju nalazi studije koja je ispitivala uticaj temperature i vlažnosti vazduha na termalni komfor centralnog gradskog područja, mereno indeksom Humidex (Lukić i dr., 2019). Broj “*ugodnih*” dana (onih bez termalne nelagode ili sa malom nelagodom) tokom jula meseca (u periodu 1998-2017.godina) beleže trend opadanja (sa trendom koji iznosi -2 dana/10godina), dok broj dana u kategoriji “*velike nelagodnosti*” raste (sa trendom od 0.71 dana/10 godina). Istovremeno, broj dana u kategoriji “*umerene nelagodnosti*” raste po stopi od 1.3 dana/10 godina. Slični trendovi zabeleženi su i tokom juna i avgusta. Da termalna nelagoda u najvećim urbanim centrima Srbije raste potvrđuju i nalazi studije koja je ispitivala spoljašnji termalni komfor tokom različitih godišnjih doba u Beogradu, Novom Sadu i Nišu tokom 20 godina, pri čemu su analizirani podaci meteoroloških osmatranja u terminima 7h, 14h i 21h (Lukić i dr., 2021). Tokom analiziranog perioda (1999-2018.godina) srednje godišnje vrednosti indeksa UTCI u tri pobrojana urbana centra rasle su stopom od 0.50°C do 1.33°C (najviši trendovi zabeleženi su u Nišu). Najveća odstupanja od srednje vrednosti UTCI referentnog perioda u sva tri gradska područja zabeležena su 2000., 2007., 2012., 2015., 2017. i 2018.godine. Slično potvrđuje i bioklimatska studija autora Pecelj i dr. (2020) koja se bavila procenom biotermalnih uslova na području Niša, Novog Sada i Zlatibora tokom letnjih meseci (jun, jul, avgust) u periodu 1998-2017.godina. Letnji period godine ocenjen je kao najnepovoljniji, sa najvišim stepenom termalne nelagode, posebno u Nišu, gde je i zabeležen najveći broj dana sa “*veoma jakim toplotnim stresom*” ($UTCI \geq 38^{\circ}C$) i najviše “*ekstremnih vremenskih događaja*” iliti toplotnih talasa (najmanje 3 ili više dana sa temperaturama iznad 35°), koji zajedno zapravo opisuju možemo reći alarmantno biotermalno stanje sa mogućim reperkusijama po javno zdravlje. Takvi “*događaji*” postaju sve prisutniji, posebno nakon 2007.godine, najviše u julu i avgustu tokom 2012., 2015. i 2017.godine.

Pecelj i saradnici sprovedi su komparativnu analizu termalnog komfora u centralnim i periurbanim delovima Beograda na osnovu meteoroloških podataka prikupljenih na meteorološkim stanicama Beograd (Opservatorija) i Surčin (Beogradski aerodrom) tokom perioda 1976-2018.godina, pri čemu su primenili dva bioklimatska indeksa: UTCI i PET. Rezultati studije ukazuju na veći biotermalni stres u centralnim zonama, u odnosu na prigradsku. Važna činjenica na koju ukazuje ovo istraživanje jeste razlika u stepenu termalnog (dis)komfora kada poredimo centralne i prigradske zone Beograda. Zbog izraženog uticaja urbanog ostrva toplote, razlike u najtoplijem delu dana iznose i do 3.3°C (posmatrajući vrednosti subindeksa $UTCI_{14h}$ tokom marta meseca). Ukoliko posmatramo godišnje vrednosti subindeksa $UTCI_{07h}$ te razlike iznose i do 1.5°C – što znači da ne samo što dolazi do generalnog otopljavanja klime, već da i unutar same gradske teritorije postoje značajne razlike u termalnom komforu.

Stojićević (2016) je dao detaljan uvid u bioklimatske prilike na teritoriji Zapadne Srbije, tokom perioda 1979-2013.godina, korišćenjem dva indeksa: PET i UTCI. Istraživanje je pokazalo da na prostoru Zapadne Srbije srednje godišnje vrednosti PET indeksa rastu u proseku stopom od 0.065°C/god. Tokom letnjih meseci srednje vrednosti PET indeksa rasle su po stopi od 0.098°C/god. Na području Zapadne Srbije, statistički značajan trend vrednosti PET indeksa tokom prolećnih meseci iznosio je 0.081°C/god, a tokom jeseni 0.042°C/god. Ukoliko posmatramo godišnje i sezonske varijacije bioklimatskog indeksa

UTCI na prostoru Zapadne Srbije, tokom istraživnog perioda, registrovan je prosečan porast srednjih godišnjih vrednosti UTCI za $0.052^{\circ}\text{C}/\text{god}$. Jesenje vrednosti UTCI indeksa takođe beleže rastući trend od $0.037^{\circ}\text{C}/\text{god}$, prolećne $0.064^{\circ}\text{C}/\text{god}$, dok kod letnjih UTCI vrednosti taj trend iznosi $0.057^{\circ}\text{C}/\text{god}$. Na slične trendove ukazuju i rezultati istraživanja bioklimatskih karakteristika gradova Loznice (Srbija) i Bijeljine (BiH) autorki Lukić & Đurić (2023), koje su poseban akcenat stavile na ispitivanje termalnog diskomforta najtoplijeg dela godine (meseci jun, jul i avgust) tokom desetogodišnjeg perioda (2009-2018). Analizom dnevnih i mesečnih vrednosti indeksa UTCI registrovan je porast broja dana sa “*umerenim*” ($26^{\circ}\text{C} < \text{UTCI} < 32^{\circ}\text{C}$) i “*jakim*” ($32^{\circ}\text{C} < \text{UTCI} < 38^{\circ}\text{C}$) i “*veoma jakim*” ($38^{\circ}\text{C} < \text{UTCI} < 46^{\circ}\text{C}$) toplotnim stresom.

Evaluacija spoljašnjeg termalnog komfora na području najvećeg skijaškog centra Srbije – Kopaonika, koja je obuhvatila period od 30 godina (1991-2020.godina), pokazala je da je broj dana sa “*ekstremno hladnim*” i “*jako hladnim stresom*” u opadanju, dok je broj termički povoljnih dana u porastu (Malinović-Milićević i dr., 2023). Najznačajniji trendovi porasta registrovani su kod srednjih minimalnih vrednosti posmatranih bioklimatskih indeksa, pa su tako srednje minimale vrednosti indeksa UTCI rasle stopom od $0.38^{\circ}\text{C}/\text{god}$, za indeks PET taj trend je iznosio $0.13^{\circ}\text{C}/\text{god}$, a za indeks mPET iznosio je $0.08^{\circ}\text{C}/\text{god}$. Autori smatraju da će se ovakvi trendovi odraziti na dugoročnu izmenu termalnih uslova, što se svakako mora uzeti u obzir prilikom razvoja novih strategija prilagođavanja zimskog planinskog turizma uslovima klimatskih promena. Takođe, autori ukazuju da evaluacija STK na lokacijama turističkih destinacija treba da bude sastavni deo i strategija alternativnih vidova turizma, koji će diverzifikovati ponudu planinskih centara, u skladu sa bioklimatskim prilikama.

Evaluaciju bioklimatskih uslova na prostoru Vojvodine na osnovu meteoroloških podataka sa 8 meteostanica koji su zabeleženi tokom perioda 1961-2014.godina sprovedli su Basarin i dr. (2017), kada su primenili indeks PET za ocenu hladnih i toplih talasa. Rezultati ove studije pokazali da postoji trend smanjena hladnih PET ekstrema, dok je evidentan porast toplih PET ekstrema. Uz to, raste i broj dana u kojima su vrednosti PET indeksa veće od 35°C , dok broj dana tokom kojih su PET vrednosti niže od 0°C opada. Najviše vrednosti termalnog stresa javljaju se tokom letnjeg dela godine. Dodatno, Basarin i dr. (2016) su analizirali hladne i tople talase, te termalne uslove u Novom Sadu tokom perioda 1949-2012.godina. Analiza je evidentirala prisustvo trenda porasta letnjih PET anomalija, porast broja dana iznad definisanog praga, te porast broja toplotnih talasa i njihovog prosečnog trajanja (posebno nakon 1981.godine).

Klimatske promene u Beogradu nakon 2020.godine: kratak pregled mesečnih i sezonskih biltena RHMZ

U naredom poglavlju, kratko ćemo se osvrnuti i na aktuelne klimatske trendove u Beogradu, nakon 2020.godine, sa posebnim osvrtom na do sada dve najtoplije godine (2023. i 2024.godinu). Podaci koji su dostupni u okviru mesečnih i sezonskih biltena RHMZ-a ukazuju na intenzitet klimatskih promena, i kao takvi, svako se moraju uzeti u obzir u kontekstu razvoja klimatski-svesnog urbanog planiranja.

Prema navodima Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije (*Godišnji bilten*) 2023.godina je bila najtoplija od 1951.godine do danas, sa srednjom godišnjom temperaturom vazduha koja je iznosila 12.5°C sa odstupanjem u odnosu na prosek 1991-2020.godine za 1.5°C . U Beogradu, 2023.godine ostala je zabeležena kao najtoplija

od kada su uspostavljena meteorološka merenja 1888.godine sa odstupanjem od proseka referentnog perioda (1991-2020) za 1.7°C. Iste godine zabeleženo je čak 57 tropskih dana u Beogradu, što je za 12 dana više u odnosu na prosečni broj tropskih dana u periodu 1991-2020.godina koji iznosi 45. Tropskih noći je zabeleženo 34, što je za 8 više od proseka referentnog perioda (prosečno 26 tropskih noći u periodu 1991-2020.godine).

Kako je navedeno u *sezonskom biltenu* RHMZ-a, zima 2023/24.godine je bila do sada najtoplija u Srbiji, sa prosečnom temperaturom od 4.8°C, pri čemu je odstupanje u odnosu na prosek 1991-2020.godine iznosilo 3.9°C, a u odnosu na prosek 1961-1990.godine čak 4.7°C. Na prostoru većeg dela Srbije zabeležene su rekordne vrednosti srednjih zimskih temperatura vazduha, kao i rekordne vrednosti srednjih maksimalnih i srednjih minimalnih temperatura. Februar 2024.godine ostao je zabeležen kao najtopliji i najsušniji u Srbiji još od 1951.godine sa prosečnom temperaturom od čak 8.1°C, sa odstupanjem od proseka referentnog perioda (1991-2020) za 6.3°C. Ukoliko uporedimo prosečnu temperature vazduha tokom februara 2024.godine sa prosekom koji je zabeležen tokom perioda 1961-1990.godina, videćemo da je to odstupanje još veće – čak 7.1°C. U Beogradu, tokom zime 2023/24.godine zabeležen je još jedan u nizu rekorda: ovo je bila najtoplija zima ikada (od 1888.godine do danas), sa prosečnom temperaturom vazduha od 7.4°C i sa anomalijom od 4.5°C od normale (1991-2020.godina) i 5.5°C (period 1961-1990.godina).

Proleće 2024.godine bilo je najtoplije u Srbiji od 1951.godine, sa prosečnom temperaturom vazduha od 13.4°C, što je za 2.3°C više u odnosu na 30-to godišnji prosek (1991-2020.godina). Iste godine, srednja prolećna temperatura vazduha u Beogradu iznosila je 15.8°C, što je sa odstupanjem od 2.5°C od normale čini najvišom srednjom prolećnom temperaturom od 1888.godine, od kada se vrše meteorološka merenja (sezonski bilten RHMZ, 2024).

Tokom leta 2023.godine (koje je bilo jedanaesto najtoplije u Srbiji od 1951.godine) u Beogradu je registrovano 45 tropskih dana (tropski dan je dan sa maksimalnom dnevnom temperaturom vazduha $\geq 30^{\circ}\text{C}$), što je za 7 dana više od normale. Ovo je ujedno i treće najtoplije leto ukoliko posmatramo vrednosti minimalnih temperatura vazduha. U istom periodu, u Beogradu je zabeleženo 31 tropska noć (kada minimalna dnevna temperatura vazduha nije bila niža od 20°C), što je takođe za 7 tropskih noći više od normale (sezonski bilten RHMZ, 2023).

Leto 2024.godine je najtoplije leto u Srbiji od 1951.godine. Srednja letnja temperatura vazduha iznosila je 24.2°C, što je za 3.3°C više u odnosu na prosek 1991-2020.godina. Takođe, leto 2024.godine je bilo za skoro 1°C toplije od prethodno najtoplijeg leta u Srbiji koje je zabeleženo 2012.godine. Evidentirana su 4 toplotna talasa, a važno je napomenuti da su sva tri letnja meseca (jun, jul i avgust) bili najtopliji u novijoj istoriji, te premašili prethodne temperaturne rekorde na mesečnom nivou.

Jun 2024.godine bio je najtopliji u Srbiji od 1951.godine, sa srednjom junskom temperaturom vazduha od 22.8°C što je za 3°C više u odnosu na prosek referentnog perioda (1991-2020.godina). Na gotovo svim glavnim meteorološkim stanicama ovo je najtopliji ili drugi najtopliji jun mesec. Takođe, na većem broju GM stanica zabeležen je najveći broj letnjih i tropskih dana. Odeljenje za monitoring klime i klimatske promene RHMZ-a navodi da je jun 2024.godine bio topliji i od juna 2012.godine kada je u našoj zemlji osmotreno najtoplije leto, a novi poredak kada su u pitanju junski

srednjemesečni temperaturni rekordi je: 1) 2024.godina, 2) 2003.godina, 3) 2012.godina, 4) 2019.godina, 5) 2020.godina. Na listi 10 najtoplijih nalazi se samo jedan pre 2000.godine (onaj iz 1964.godine). Što se Beograda tiče, srednja junska temperatura vazduha u 2024.godini iznosila je 25.2°C sa anomalijom od 3.3°C od normale (srednja junska temperatura za period 1991-2020.godina bila je 21.9°C). U Beogradu je prevaziđen i maksimalni broj tropskih noći za jun mesec: tokom juna 2024.godine zabeleženo je 15 tropskih noći. Prethodni rekord držao je jun 2012.godine sa 13 tropskih noći (mesečni bilten RHMZ, 2024). Na ukupan broj tropskih noći u Beogradu najznačajniji uticaj je imao efekat urbanog ostrva toplote, te je broj tropskih noći poredeći različite delove grad bio drugačiji: tako je na Vračaru zabeleženo 15 tropskih noći, dok je u Batajnici registrovano njih 4 (Odeljenje za monitoring klime i klimatske promene RHMZ, 2024). Prema podacima RHMZ-a, jul 2024.godine ocenjen je kao najtopliji od 1951.godine sa srednjom mesečnom temperaturom vazduha koja je iznosila 24.9°C i anomalijom od 3.3°C od normale. Na većem broju glavnih meteoroloških stanica u Srbiji zabeležen je najveći broj tropskih dana u istoriji merenja, dok je broj letnjih dana bio za 2 do 4 dana veći od julskog proseka. Srednja julska temperatura u Beogradu iznosila je 27.6°C, sa odstupanjem od normale za 3.8°C, s obzirom da je srednja julska temperatura vazduha u periodu 1991-2020.godina iznosila 23.8°C. Ukoliko posmatramo sezonski nivo (leto 2024.godine) na GMS Vračar u Beogradu zabeleženo je čak 30 dana sa temperaturom višom od 35°C, tropskih dana (sa temperaturom višom od 30°C) bilo je 67, a tropskih noći bilo je 60, čime je prevaziđen prethodni rekord iz 2012.godine sa 51 takvom noći. Avgust 2024.godine takođe je bio najtopliji avgust od 1951.godine, sa prosečnom mesečnom temperaturom od 25°C i odstupanjem od normale za 3.6°C. Ujedno, to je bio i šesti najsušniji avgust od 1951.godine. U Beogradu, ovo je bio najtopliji avgust ikada (od uspostavljanja meteoroloških merenja), sa prosečnom mesečnom temperaturom od 28.4°C i odstupanjem od normale za 4.6°C. Srednja maksimalna temperatura iznosila je 34.2°C. Takođe, u Beogradu je tokom avgusta 2024.godine zabeleženo 25 tropskih noći, čime je prevaziđen maksimalni broj iz 2018.godine kada ih je bilo 22. Broj tropskih dana bio je 28 (RHMZ, Mesečni bilten, 2024). Važno je istaći da se porast srednje letnje temperature odražava na broj tropskih dana, pa tako rast temperature za 1°C rezultuje sa dodatnih 6 dana sa temperaturom jednakom ili višom od 30°C (Unkašević i dr., 2005).

Jesen 2023.godine bila je najtoplija jesen u periodu 1951-2023.godina, kada je na čak 17 glavnih meteoroloških stanica zabeležen najveći broj letnjih dana tokom jeseni. Srednje vrednosti minimalne i maksimalne temperature bile su najviše od 1951.godine. U Beogradu, srednja jesenja temperatura vazduha iznosila je 16.4°C, što je za 3.1°C odstupanje od normale (13.3°C u periodu 1991-2020.godina). Tokom jeseni 2023.godine u Beogradu je zabeleženo 40 letnjih dana, kada je prevaziđen prethodni rekord iz 2019.godine sa 36 dana. Takođe, u Beogradu je tada zabeleženo i 12 tropskih dana, kao i 3 tropske noći. Ukoliko posmatramo jesen 2024.godine, prema podacima RHMZ-a koji su objavljeni u "*Sezonskom biltenu za Srbiju – jesen 2024*", odstupanje srednje temperature vazduha od normale išla je i do +1.0°C na Crnom Vrh, dok je u Beogradu ta vrednost iznosila +0.7°C. Broj letnjih dana tokom ove jesen bio je za 1 do 4 dana viši od proseka na većem delu Republike Srbije. Takođe, broj tropskih dana je bio viši za 5 do 8 dana u odnosu na prosek na većem delu zemlje. U Beogradu je zabeleženo 23 letnja dana, 11 tropskih dana, kao i 7 tropskih noći.

Konačno, 2024.godina je, prema merenjima RHMZ, bila najtoplija u istoriji merenja u Republici Srbiji i druga uzastopna najtoplija, s obzirom da je bila za skoro 1°C toplija u odnosu na prethodnu 2023.godinu.

Nedostaci i ograničenja studije i budući pravci istraživanja

Kako bi se obezbedila transparentnost i naučna utemeljenost istraživačkog procesa, podjednako je važno ukazati na nedostatke ovog istraživanja i metodološka ograničenja, kao i na moguće buduće pravce istraživačkog rada.

Iako istraživanje pruža značajan doprinos analizi spoljašnjeg termalnog komfora Beograda i boljem sagledavanju njegove praktične primene u prostornom, a pre svega urbanističkom planiranju, ključni nedostatak je ograničenost meteoroloških podataka, zbog nedostatka kontinuiranih meteoroloških merenja na različitim lokacijama na području gradskog naselja Beograd. Jedan od glavnih izazova ovog istraživanja jeste oslanjanje na podatke sa samo jedne meteorološke stanice (Beograd Opservatorija), što ograničava mogućnost precizne analize prostorne distribucije STK unutar urbanog područja Beograda. Ne postoje kontinuirana merenja dnevnih i satnih vrednosti meteoroloških parametara na više lokacija, što otežava analizu varijacija spoljašnjeg termalnog komfora u različitim delovima grada.

Sprovedeno istraživanje u okviru disertacije naglašava uticaj urbanog ostrva toplote (UOT) na spoljašnji termalni komfor (STK) u Beogradu, ali zbog nedostatka pomenutih organizovanih, sistemskih i kontinuiranih meteoroloških merenja nemoguće je precizno mapirati i definisati ovaj fenomen. Trenutna analiza se oslanja na postojeće podatke RHMZ-a za referentni period 1991-2020.godina i teorijske modele, bez sistematskih terenskih mikrometeoroloških merenja na različitim lokacijama u istom trenutku. Takođe, termalni komfor nije samo fiziološki fenomen već i subjektivan doživljaj, koji može zavistiti od individualnih karakteristika i navika pojedinaca. S tim u vezi, korelacije između subjektivnih i objektivnih pokazatelja STK mogu biti deo budućih istraživanja. U skladu sa navedenim nedostacima i ograničenjima, mogu se definisati pravci budućih istraživanja koji će doprineti sveobuhvatnijem sagledavanju *uloge spoljašnjeg termalnog komfora u urbanom planiranju Beograda*, kao i razvoju *klimatski svesnog prostornog i urbanističkog planiranja*:

- Postavljanje više mobilnih meteoroloških stanica na ključnim tačkama gradskog područja (centar, periferija, rečne obale, zelene površine, industrijske i poslovne zone, zone stanovanja i dr.).
- Korišćenje podataka iz satelitskih i daljinskih senzora za unapređenje geoprostorne analize.
- Upotreba numeričkih modela i GIS alata za interpolaciju podataka i rekonstrukciju vremenskih serija za različite urbane zone.
- Istraživanje prostorno-vremenske raspodele bioklimatskih indeksa koji bi omogućili preciznije definisanje uticaja UOT na STK.
- Ispitivanje subjektivnog doživljaja termalnog komfora – analiza kako individualne karakteristike pojedinaca (starost, pol, zdravstveno stanje) i životne navike utiču na percepciju toplotnog stresa.
- Korelacija subjektivnih i objektivnih pokazatelja STK – istraživanje odnosa između meteoroloških uslova i subjektivnih ocena građana/ki o toplotnom komforu.

STK KAO KRITERIJUM ZA OSTVARIVANJE KONCEPTA ZELENOG GRADA I INSTRUMENT KLIMATSKI-SVESNOG URBANOG PLANIRANJA

Usled brze, nekontrolisane i neplanske urbanizacije, koja je zahvatila različite delove sveta (uključujući i Republiku Srbiju), a čiji se uzroci mogu pronaći u nizu ekonomskih, političkih i društvenih previranja, došlo je do dramatične transformacije morfološke i ekološke strukture urbanih sredina (Brilhante & Klaas, 2018; Cetin, 2019). Ekološke performanse gradova u svetu smanjene su usled degradacije prirodnih predela, intenzitet izgradnje i širenje velikih infrastrukturnih i industrijskih sistema nije pratio stvarne kapacitete i ograničenja prirodnog okruženja, što je dovelo u pitanje njihovu održivost (Brilhante & Klaas, 2018). Ono što često kolokvijalno nazivamo *neobuzdanom urbanizacijom* ili *investitorskim urbanizmom*, a što je oličeno pre svega u privatizaciji javnih dobara, divljoj liberalizaciji i sve rasprostranjenijem antiplanskom stavu (Petovar & Vujošević, 2008) rezultovalo je rapidnom smanjenju udela zelenih površina i pojačavanju ranjivosti urbanih sredina na klimatske promene (Sharmin & Steemers, 2018). Sve navedeno karakteriše i urbani razvoj Beograda, a uz brojne druge ekološke izazove poput zagađenja životne sredine, ugroženog urbanog biodiverziteta, izmenjenih klimatskih uslova – izazovi urbanističkog planiranja postaju sve složeniji.

Intenzivna urbanizacija odlikuje se prenamenom najčešće zelenih površina u stambene, komercijalne i zone mešovityh gradskih centara, a uz to smanjuje se kapacitet i sposobnost grada da se prilagodi na klimatske promene (Mitić-Radulović i dr., 2022a). Takođe, postojeća urbanistička praksa nije dovoljno *klimatski senzibilisana*: metodologija prostornog i urbanističkog planiranja u Srbiji zasniva se na standardnim metodama i stacionarnosti klime, i u nedovoljnoj meri razmatra spoljašnji termalni komfor i njegov uticaj na različite aspekte prostornog, socijalnog, ekološkog i ekonomskog razvoja. Međuzavisnost i povezanost termalnog komfora i gradskog zelenila u kontekstu održivog urbanog razvoja Beograda nisu u dovoljnoj meri razmatrani do sada (Lukić & Lukić, 2022).

Zašto nam je zelenilo važno kada govorimo o regulaciji spoljašnjeg termalnog komfora i generalno u kontekstu klimatski svesnog planiranja? Abdollahzadeh & Biori (2021) ističu da zelene površine i visoko rastinje u gradovima mogu povećati specifičnu vlažnost i do 0.56g/kg, unaprediti termalne karakteristike mikrolokacije kroz smanjenje srednje temperature zračenja i do 1.49°C. Osim regulacije mikroklike, urbano zelenilo nudi niz ekosistemskih usluga (Gunawardena i dr., 2017), smanjuje koncentraciju zagađujućih čestica u vazduhu - time direktno unapređuje kvalitet vazduha (Stošić-Mihajlović i dr., 2017) i doprinosi redukciji emisija CO₂, te borbi protiv klimatskih promena (Lalošević i dr., 2018). Dalje, zeleni grad se ne odlikuje se samo procentualnim udelom zelenih površina u odnosu na ukupnu površinu grada, već i u sposobnosti tog grada da ublaži rizike koji proizilaze iz klimatskih promena i da se istima prilagodi (Lukić, Burazerović, 2020). Da jača svoju otpornost i adaptibilnost, kao i da se odlikuje povoljnim bioklimatskim uslovima za život i rad ljudi (Mitić-Radulović i dr., 2022b).

Na koji način integracija spoljašnjeg termalnog komfora u planiranje može doprineti dostizanju održivog i tzv. "*climate-conscious*" odnosno *klimatski svesnog* urbanog planiranja treba razmotriti i sa aspekta: i) *sve intenzivnije izgradnje*, ii) *smanjivanja udela zelenih površina u Beogradu*. Uz izmenjene klimatske uslove i nepovoljne trendove spoljašnjeg termalnog komfora (koji su analizirani u okviru poglavlja br. 7), ova dva

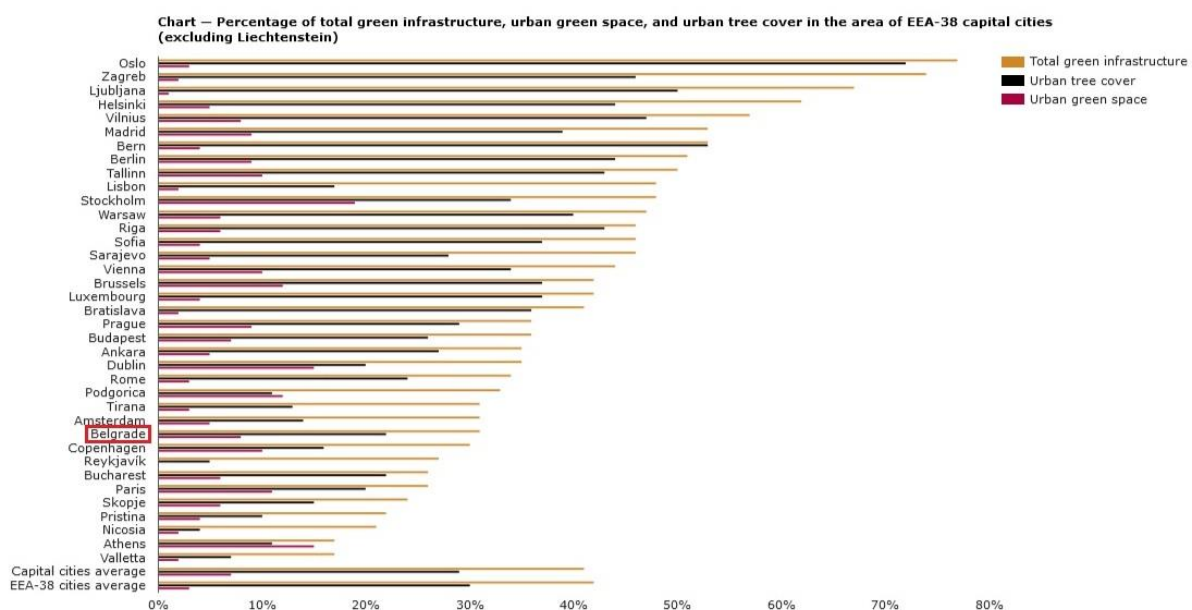
faktora identifikovani su kao osnovni ograničavajući faktori uspostavljanja klimatski svesnog urbanog planiranja.

Intenzitet urbanizacije i njegov uticaj na smanjenje udela gradskog zelenila u Beogradu detaljno su opisali Mitić-Radulović i saradnici (2022a,b) koji ističu da se u Beogradu beleži značajan porast građevinske aktivnosti, naročito tokom poslednje decenije. Ako se samo osvrnemo period 2016-2020. *godina broj novoizgrađenih stanova godišnje povećan je za 70%, dok je vrednost izvedenih građevinskih radova uvećana za 105%.* Najintenzivnija gradnja odvija se u centralnim gradskim opštinama: GO Vračar, GO Savski venac i GO Stari grad koje se već karakterišu gustom izgrađenošću prostora, dok su zelene površine oskudne i neravnomerno raspoređene, što te delove grada čini posebno osetljivim na posledice klimatskih promena (Mitić-Radulović i dr., 2022a,b).

U prethodnim poglavljima predstavljena je načelna vizija Grada Beograda i njegova težnja ka ostvarivanju koncepta *zelenog grada* i grada *otpornog na klimatske promene*, kroz usklađenost lokalnih politika sa svim relevantnim politikama i dokumentima Evropske Unije. Međutim, stanje u praksi pokazuje drugačije tendencije, a decenijsko zanemarivanje razvoja sistema zelenih površina dovodi u pitanje klimatsku i ekološku otpornost grada. U narednom poglavlju biće detaljnije predstavljeno postojeće stanje sistema zelenih površina, kao i najveći izazovi u njihovom planiranju i upravljanju.

Zelene površine u Beogradu: struktura, rasprostranjenost i karakteristike

Kako navodi *Evropska agencija za životnu sredinu* (engl. *European Environmental Agency, EEA*), po udelu zelenih površina u odnosu na ukupnu teritoriju, grad Beograd zauzima 28. poziciju među 37 glavnih gradova Evrope koji su obuhvaćeni ovom analizom (grafikon br. 85). Na prvom mestu je Oslo (Norveška), dok se na drugom mestu nalazi Zagreb (Hrvatska). Na trećem mestu je Ljubljana (Slovenija), a ukoliko posmatramo glavne gradove susednih država, ispred Beograda nalaze se i Sofija (Bugarska) na 14.mestu, Sarajevo (BiH) na 15.mestu, Podgorica (Crna Gora) na 25.mestu i Tirana (Albanija) na 26.mestu.



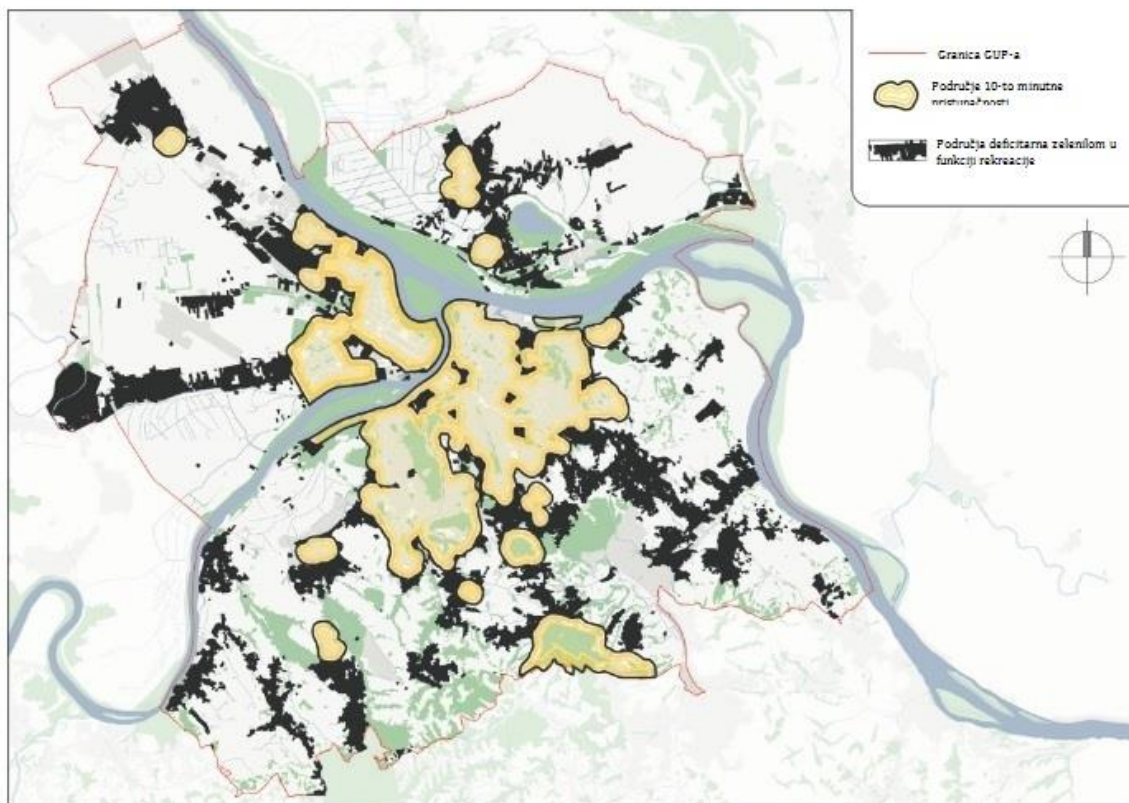
Grafikon br. 85: Ukupan udeo zelene infrastrukture i zelenih površina u odnosu na površinu 37 evropskih prestonica, Izvor: European Environmental Agency EEA (poslednje izmene 07.februar 2023.godine)

Da se udeo zelenih površina u Beogradu smanjuje tokom godina možemo zaključiti ukoliko uporedimo podatke koji su dostupni u okviru *Generalnog Plana Beograda 2021* iz 2003.godine, *Generalnog Urbanističkog Plana Beograda* iz 2016.godine i *Elaborata za rani javni uvid Generalnog Urbanističkog Plana Beograda 2041* iz 2022.godine. Ako se vratimo malo u prošlost i analiziramo *Generalni Plan Beograda 2021* koji je usvojen 2003.godine, možemo videti da problemi nepovezanosti, usitnjenosti i neravnomernog rasporeda zelenih površina unutar gradskog tkiva datiraju duže od dve decenije, gde je usled izgradnje trajnih i privremenih objekata na postojećim ili planom predviđenim zelenim površinama dolazilo do njihove degradacije ili umanjivanja mogućnosti za realizaciju celovitog sistema zelenila. GP iz 2003.godine konstatovao je da je Beograd u tom trenutku imao oko 18.45 m²/st zelenih površina (obračunom su obuhvaćeni parkovi i skverovi, zelene površine u okviru stambenih naselja i zelenilo sa rekreacijom). Ako se postmatra procentualni udeo u odnosu na ukupnu površinu Generalnog plana, taj udeo iznosio je oko 19%, uz pretpostavku da je taj odnos zapravo bio nešto niži usled nedostatka pouzdanih podataka. Centralne gradske zone su se i tada izdvajale kao najdeficitarnije zelenilom, posebno Vračar za koji je navedeno da je u tom momentu imao 2.41 m²/st zelenih površina. Tim planom je predviđeno podizanje novih 9000 ha zelenih površina.

Generalni urbanistički plan Beograda („Sl. list grada Beograda”, br. 11/2016) u prikazu bilansa površina angažovanog zemljišta za 2010.godinu navodi da su zelene površine učestvovala sa 13.2% ili 10 290 ha u ukupnoj površini planskog područja. Ukoliko poredimo prostorni obuhvat Generalnog plana iz 2003.godine, Izmena i dopuna Generalnog plana iz 2009.godine i GUP-a Beograda iz 2016.godine, možemo primetiti da se granica Plana nije menjala, izuzev proširivanja granice građevinskog područja, te povećavanja površine građevinskog reona. Ukupno povećanje građevinskog područja u okviru granice Plana iznosilo je oko 980 ha u odnosu na građevinski reon iz Izmena i dopuna Generalnog plana Beograda 2021 iz 2009.godine. GUP-om Beograda (2016) je predviđeno povećanje udela zelenih površina za dodatnih 5965 ha ili 7.7% (što je planirano za realizaciju do 2021.godine), pri čemu je u okviru centralne zone GUP-a bilo predviđeno 285 ha planiranih zelenih površina, u okviru srednje zone 1313 ha i u okviru periferne zone 4367 ha zelenih površina. Planirano nije realizovano.

Godine 2022., javnosti je predstavljen *Elaborat za rani javni uvid Generalnog Urbanističkog Plana Beograda (GUP) 2041*. Granica GUP-a 2041 obuhvata teritoriju koja je definisana *Generalnim urbanističkim planom Beograda* („Sl. list grada Beograda”, br. 11/2016), te je prostorni obuhvat novog GUP-a Beograda ostao isti i iznosi 77 851 ha. U okviru celine 1.3 "Postojeće stanje" Elaborata za rani javni uvid GUP-a 2041, u delu "Zastupljenost i prostorna distribucija elemenata zelene infrastrukture" navedeno je da postojeće šume i javne zelene površine učestvuju sa oko 9% u ukupnoj teritoriji. Šume i šumsko zemljište obuhvataju oko 5588 ha. Procenjeno je i da je u okviru površina javnih namena zastupljeno još oko 1563 ha zelenih površina i šuma. Ukoliko uporedimo navode GUP-a iz 2003.godine i Elaborata GUP-a iz 2022.godine možemo zaključiti da je tokom 20 godina došlo do smanjenja udela zelenila u Beogradu sa 19% na 9%. Elaboratom je takođe istaknuto da se postojeće stanje šuma i javnih zelenih površina odlikuje neravnomernom prostornom distribucijom – najviše su zastupljene na teritoriji GO Čukarica i GO Palilula, dok su centralne gradske opštine, posebno GO Vračar i GO Stari Grad izrazito deficitarne zelenilom. Ujedno, Elaborat GUP-a konstatuje da u zonama deficitarnim zelenilom u funkciji rekreacije (na desetominutnoj distanci) živi oko 392 000 građana/ki. Zone sa niskim udelom zelenih površina, teže su pogođene

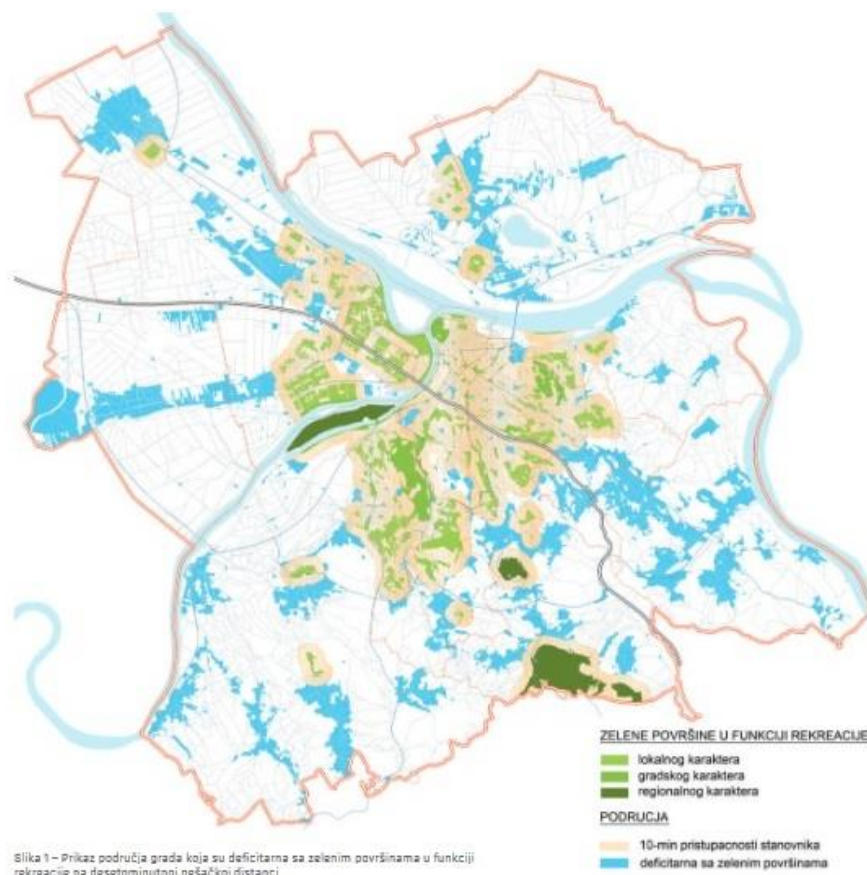
efektom UOT i nepovoljnim termalnim komforom i upravo ovi delovi grada trebaju predstavljati prioritetne lokacije za podizanje novih gradskih šuma i ozelenjavanje. Na kraju, ukoliko se osvrnemo na podatke o *nivou ozelenjenosti* (%) i uporedimo njihove vrednosti prikazane u okviru GP (2003), GUP (2016) i Elaborata GUP 2041 (2022) možemo zaključiti da je grad Beograd "pretrpeo" značajan gubitak gradskih zelenih površina (Grupa autora, 2024, str. 63).



Karta br. 10: Pristupačnost postojećim šumama i zelenim površinama, Izvor: Elaborat GUP-a 2041, str. 16

Kada govorimo o postojećem i planiranom stanju zelenih površina u Beogradu ne možemo da se ne osvrnemo na *Plan Generalne Regulacije sistema zelenih površina Beograda* (u daljem tekstu PGR SZP). Plan je usvojen od strane Skupštine Grada Beograda 2019.godine sa ciljem definisanja jasnih preporuka i smernica za planiranje razvoja zelenih površina i iznalaženja najefikasnijeg načina povećavanja njihovog udela u gradskom tkivu, a sve kako bi unapredio kvalitet života u glavnom gradu. Razlog za izradu ovakvog planskog dokumenta iniciran je još strateškim opredeljenjem GUP-a iz 2003.godine koji je jasno definisano da uspostavljanje "*sistema zelenih površina u Beogradu uključuje transformaciju njihovog položaja iz podređenog/sekundarnog položaja u položaj primarne gradske infrastrukture, a da je za to neophodna izrada „zelene regulative Beograda“*". PGR SZP Beograda predstavlja upravo četvrtu fazu projekta „Zelena regulativa“. Planom je obuhvaćena nešto veća teritorija u odnosu na prostorni obuhvat GUP-a, od oko 77 955 ha. Granica PGR SZP proširena je i na područje Lipovičke šume i Avale, kako bi se u celosti obuhvatila zaštićena prirodna dobra SP "Lipovička šuma – Dugi rt" i PIO "Avala". PGR-om je navedeno da zelene površine učestvuju sa 12.38% u ukupnoj površini obuhvaćenom planom (tabela 2, Bilans površina). Najveći udeo pripada gradskim šumama koje su smeštene na rubu, na površini od 7444 ha (9.55%). Sa druge strane, centralna urbana zona "*siromašna*" je zelenilom - javne zelene površine zastupljene su na svega 2209 ha (2.83%). Čak 65% od ukupno evidentiranih

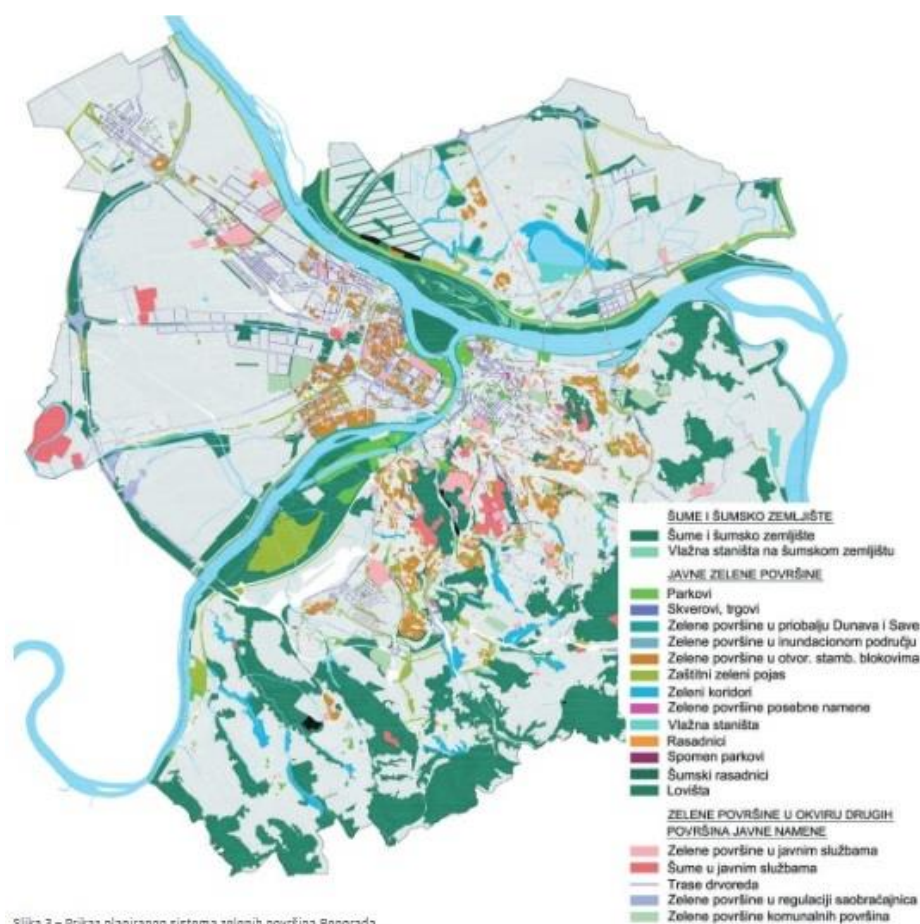
zelenih površina i šuma nalazi se na teritoriji 3 gradske opštine (Čukarica, Palilula i Voždovac), pa tako možemo zaključiti da veći deo grada “pati” od deficit zelenih površina koje pokriva drvenasta vegetacija. Takođe, kroz bilans planiranih šuma i javnih zelenih površina, planom je predviđeno povećanje procentualnog učešća zelenih površina sa tadašnjih 12.38% (ili 9653 ha) na 22.74% (za oko 8400 ha), na sledeći način: povećanje udela šume i šumsko zemljište na 16.48% (12 847 ha) i javnih zelenih površina na 6.26% (4878 ha). Realizacijom planiranog rešenja dostiglo bi se ukupno 17 726 ha odnosno 123m²/st šuma i zelenih u Beogradu (planirano do 2021.godine). Međutim, i nakon više od pola decenije od usvajanja ovog planskog dokumenta, efekti realizacije istog i su i dalje slabo vidljivi.



Karta br. 11: Područja Beograda koja su deficitarna zelenim površinama (plava boja) u funkciji rekreacije na deseto-minutnoj pešačkoj distanci, Izvor: Urbanizam Beograda, 2019.

Iako PGR SZP Beograda uvodi jedan potpuno savremen pristup u planiranje i razvoj zelene infrastrukture grada (na šta posebno skreću pažnju autori i autorke publikacije *Zelena infrastruktura u urbanističkom planiranju* (2024) u izdanju Instituta za urbane politike/Ministarstva prostora), kojoj daje i epitet „*klimatske infrastrukture grada*“, te sam PGR predstavlja efikasan instrument u adaptaciji grada Beograda na izmenjene klimatske uslove, kroz vrlo precizno definisane mere i planska rešenja, zabrinjava to što su odredbe, uslovi i pravila propisani ovim dokumentom označeni kao **“orjentacioni”**. Tačnije, u okviru celine br. 3 Plana pod nazivom *“Područja za koja je obavezna izrada planova detaljne regulacije”* navedeno je sledeće: **“Prilikom izrade plana detaljne regulacije, bez obzira na zonu i namenu u kojoj se on radi, *odredbe, uslovi i pravila ovog Plana smatraju se orjentacionim i ne zahtevaju formalnu izmenu ovog Plana.* Takođe, promena planiranih namena, može se menjati kroz izradu plana detaljne**

regulacije, u saradnji i uz saglasnost nadležnih institucija". Ovim putem je praktično ukinuta obaveza da se javne zelene površine i šume planiraju i razvijaju u skladu sa definisanim uslovima i pravilima. Time se direktno slabi uloga i značaj Plana u planiranju zelene infrastrukture, otvara prostor za potencijalne zloupotrebe, što može u konačnici dovesti u pitanje sprovođenje planiranih rešenja i ograničiti pune efekte implementacije PGR-a. Takođe, to potencijalno može ugroziti doprinos zelenih površina u borbi protiv klimatskih promena, i samim tim može ograničiti uticaj klimatske infrastrukture grada na regulaciju termalnog komfora.



Slika 3 – Prikaz planiranog sistema zelenih površina Beograda

Karta br. 12: Prikaz planiranog sistema zelenih površina Beograda, Izvor: Urbanizam Beograda, 2019.

Osim navedenih urbanističkih planova i drugi dokumenti poput različitih dokumenata javnih politika donetih za područje Beograda sa ciljem uspostavljanja strateškog okvira za održivi razvoj grada, takođe ukazuju na problematiku (ne)održivog upravljanja zelenim površinama. Tako naprimer, *Program zaštite životne sredine grada Beograda* („Sl. list grada Beograda“, br. 72/2015) navodi da je zastupljenost zelenih površina na području koje je obuhvaćeno generalnim planom ispod evropskog proseka i da iznosi 18.5%, da je prosečna pokrivenost zelenim površinama 98m²/st i da je njihova osnovna karakteristika upravo neravnomerna raspodela. Najzastupljeniji tip zelenih površina jesu šume sa 43% u odnosu na ukupne zelene površine, koje se uglavnom nalaze u spoljnim i rubnim delovima grada (prigradske šume), ali postoji i deo značajnih šumskih kapaciteta okarakterisanih i kao gradske šume (Zvezdarska šuma, Banjička šuma, Topčider, Košutnjak i dr.). Zelene površine u otvorenim stambenim blokovima učestvuju sa 9%, zelene površine u regulaciji saobraćajnica učestvuju sa 4%, zelene

površine objekata javnih službi sa 5% itd. Programom je predviđeno povećanje zelenih površina do 2021.godine za 9045 ha odnosno za 11.65%, što bi da su ciljevi zadati Programom ispunjeni, rezultovalo sa 26.3% teritorije Generalnog plana pod zelenim površinama. Kako definisani ciljevi i zadaci nisu realizovani, ne možemo reći da je u ovom segmentu adaptacije Beograda na izmenjene klimatske uslove napravljen iskorak.

Možda je značajnije osvrnuti se na nedavno usvojenu *Strategiju zelene infrastrukture Grada Beograda za period od 2025. do 2032.godine*. Ovaj dokument javnih politika predstavlja *značajan iskorak u pogledu metodologije, načina izrade i sadržaja*. Strategija na studiozan način sagledava međupovezanost, uslovljenost i uzročno-posledične odnose stihijskog procesa urbanizacije, gubitka vitalnosti elemenata zelene infrastrukture, temperature površine tla, urbanog ostrva toplote i rastućih klimatskih opasnosti. Strategija ukazuje na promenu toplotnih indeksa koji potvrđuju promene toplotnih uslova Beograda, i samim tim veću izloženost grada klimatskim opasnostima (poput ekstremlnih temperatura, suša, ekstremnih padavina). Sa druge strane, Strategija ukazuje i na veliko ograničenje – nedostatak zelene infrastrukture kao jednog od osnovnih instrumenata adaptacije. Kako navodi Strategija (koristeći podatke PGR SZP Beograda), elementi zelene infrastrukture u kategoriji javnih zelenih površina zauzimaju 2.83% teritorije, među kojima dominiraju zelene površine u postojećim stambenim blokovima (koje su danas najčešće na udaru). Kada govorimo o šumama kao elementima zelene površine, one su najzastupljenije sa 9.55%. Prosečna vrednost šuma po stanovniku na teritoriji Beograda je niska i generalno nedovoljna, a iznosi 0.03ha/st. Akcionim planom (koji je sastavni deo Strategije) zadata je ciljane vrednost udela površina pod elementima zelene infrastrukture na teritoriji grada Beograda koja bi u 2027.godini trebala da dostigne 27.63%.

Na kraju, treba pomenuti i izveštaj Državne revizorske institucije o *Reviziji svrsishodnosti poslovanja – Planiranje zelene infrastrukture u gradovima* koji je objavljen krajem 2024.godine u kom je jasno istaknuto da integralni pristup u planiranju zelene infrastrukture u našoj zemlji i dalje izostaje. Oblasti planiranja i upravljanja zelenim površinama u urbanim sredinama u Republici Srbiji nisu u potpunosti uređene, a potrebni standardi nisu uspostavljeni. Takođe, inspeksijski nadzor u oblasti prostornog i urbanističkog planiranja nije u dovoljnoj meri efikasan. Izveštaj Državne revizorske institucije osvrće se i na postojeće stanje sistema zelenih površina u tri najveća grada Srbije (Beograd, Novi Sad i Niš) i različitih elemenata zelene infrastrukture, konstatuje niz problema, kao i sporu i nedoslednu implementaciju planskih rešenja. Jedan od nalaza Izveštaja pokazuje da Grad Beograd nije bliže uređio uslove obnavljanja uništenih javnih zelenih površina, kao i da nije izradio i objavio separate zelenila. Separat zelenila neophodan je jer se njime definišu smernice i način postupanja sa javnim zelenim površinama u slučaju izvođenja radova.

Uloga zelenih površina u regulaciji STK i ublažavanju efekta UOT - Studija slučaja: Beograd, Novi Sad, Niš, Banja Luka, Zagreb i Skoplje

Studija slučaja - Beograd: u kojoj meri udeo zelenih površina na mikrolokaciji može uticati na spoljašnji termalni komfor u gusto izgrađenim delovima Beograda, ali i na koji je način STK uslovljen morfologijom grada, pokazuje istraživanje koje su sprovedi Savić i saradnici (2024). Ova studija slučaja okupila je tim istraživača sa Univerziteta u Novom Sadu – Prirodno-matematičkog fakulteta, Univerziteta u Beogradu – Geografskog fakulteta i Geografskog instituta “Jovan Cvijić” SANU u Beogradu. Član istraživačkog

tima bila je i autorka ove disertacije, a izrada disertacije bila je jedan od povoda realizacije terenskog istraživanja, odnosno sprovođenja mikrometeoroloških i bioklimatskih merenja na odabranim lokacijama u Beogradu. Tom prilikom ispitivali smo termalni komfor na otvorenom u Beogradu, tokom leta 2021.godine, tačnije tokom juna i avgusta, pri čemu smo posebno odabrali dane tokom intenzivnih toplotnih talasa. Mikrometeorološka merenja sprovedena su na 5 lokacija u gradu (Obilićev venac, ulica Đure Jakšića, Košutnjak, Akademski park (Studentski trg), Institut za biološka istraživanja "Siniša Stanković"). Izabrane lokacije predstavljaju različite tipove urbanog okruženja (centralna gradska zona, gusto izgrađeno područje, stambeno-komercijalna zona, gradski park i gradska šuma). Meteorološki podaci prikupljeni su u periodu od 12h do 18h u junu, i od 12h do 21h u avgustu.



Slika br. 1: Mikrometeorološko merenje na lokaciji Obilićev venac u Beogradu, uređaj Kestrel 5400 Heat Stress Tracker, fotografisano avgusta 2021.godine, autorka: Milica Lukić

Očekivano, najveće razlike u temperaturi vazduha između gusto izgrađenih i zelenih površina u centralnoj zoni Beograda zabeležili smo u najtoplijem delu dana. Ono što je značajno je da su te razlike na određenim lokacijama iznosile i više od 7°C. Tako je 23.avgusta 2021.godine zabeležena je maksimalna temperatura vazduha od 40.6°C na lokaciji u ulici Đure Jakšića, dok je u istom trenutku u Akademskom parku ta vrednost iznosila 33.4°C. Ukoliko posmatramo izmerene vrednosti termalnog komfora, te razlike su bile još veće (preko 10°C). Tokom letnjih meseci, posebno u periodu intenzivnih toplotnih talasa, ekstremne vremenske prilike i nepovoljni uslovi spoljašnje sredine mogu izazvati visok stepen termalne nelagode (diskomfora) koji najčešće i najviše pogađaju decu, trudnice, stare osobe i hronične bolesnike. Ono što je posebno značajno jeste što u pojedinim slučajevima (poput primera ulice Đure Jakšića i Akademskog parka na Studentskom trgu) govorimo o lokacijama koje su udaljene svega par stotina metara na kojima vladaju potpuno različiti mikroklimatski i bioklimatski uslovi. To nam jasno pokazuje koliko je gradsko zelenilo važno za urbanu mikroklimu i redukciju termalne

nelagode. Zbog toga, kao jedan od zaključaka istraživanja, izdvojili smo neophodnost unapređenja prakse urbanističkog planiranja, gde bi pre svake značajnije prostorne intervencije, bilo potrebno uraditi i procenu odnosno analizu mikrometeoroloških uslova i STK, kako bi se dala rešenja koja će u najmanjoj meri opteretiti termalni komfor na predmetnoj lokaciji, ili još bolje – koja će ublažiti termalnu nelagodu.

Studija slučaja - Novi Sad: da se pomenute razlike u termalnom komforu između onih delova grada gde dominiraju izgrađene površine i u onima u kojima dominiraju elementi zelene (ili zeleno-plave) infrastrukture, ne javljaju samo tokom vrelih letnjih dana, već i u drugim delovima godine (poput jeseni), potvrdilo je istraživanje koje su u oktobru 2019.godine sprovedi autori Vasić i dr. (2022). Vasić i saradnici (2022) za studiju slučaja odabrali su centralno područje Novog Sada, gde su na tri lokacije u gradu (Trg Slobode – glavni gradski trg; Ulica Mite Ružića – koja nosi odlike tzv. “urbanog kanjona” i Dunavski park – gradski park u jezgri grada), vršili mikrometeorološka merenja u periodu od 11h do 15h. Kada govorimo o najvišoj prosečnoj temperaturi vazduha u periodu osmatranja, ona je (očekivano) izmerena na Trgu Slobode gde je iznosila 27.9°C, dok je na druge dve posmatrane lokacije iznosila oko 25°C. Najveća razlika u temperaturi vazduha zabeležena je u periodu između 11h i 12h kada je njena vrednost na Trgu Slobode bila za čak 8°C viša u odnosu na onu izmerenu u Dunavskom parku. Kao indikator stepena termalnog komfora korišćen je PET indeks, pri čemu je zabeleženo sledeće: najviša prosečna vrednost PET indeksa izmerena na Trgu Slobode iznosila je 41.4°C, dok je u gradskom (Dunavskom) parku ona iznosila 27.1°C (razlika između najviših srednjih vrednosti u periodu osmatranja iznosila je čak 14.3°C).

Studija slučaja - Banja Luka: termalni komfor na području Banja Luke (Republika Srpska, BiH) ispitivali su Milošević i saradnici (2022), kada su tokom juna 2021.godine vršili mikrometeorološka merenja na 3 različite lokacije u ovom gradu, u periodu od 09h do 18h. Prva lokacija odnosila se na gusto izgrađeno gradsko jezgro, druga lokacija bila je gradski park, a treća lokacija bila je smeštena na gradskom priobalju reke Vrbas koja protiče kroz Banja Luku. Ove tri lokacije su odabrane kao tačke u gradu gde se ukršta veliki broj korisnika prostora i obavljaju najrazličitije aktivnosti građana. Kao i u Beogradu, i u Banja Luci su evidentirane značajne razlike u pogledu termalnog (dis)komfora i vrednosti temperature vazduha u različitim delovima grada. Tako naprimera, razlike u temperaturi vazduha između gradskog jezgra, obližnjeg gradskog parka i lokacije na gradskom priobalju iznosile su i do 5°C-6°C, posebno u prepodnevnom časovima u periodu 09h-12h. U popodnevnom časovima ta razlika bila je nešto niža, i iznosila je do 2°C. Kao indikator stepena termalnog komfora korišćen je indeks PET (*Fiziološka Ekvivalentna Temperatura*), čije su najviše srednje vrednosti izmerene (očekivano) na lokaciji u gradskom jezgri (45.6°C), dok je srednja vrednost PET na lokaciji u gradskom parku iznosila 36.7°C (čak 8.9°C niža). U najtoplijem delu dana, u periodu od 14h do 16h, razlike u vrednostima PET indeksa između centralnog gradskog jezgra i druge dve lokacije obuhvaćene istraživanjem iznosile su i do 17°C. Nalazi studije pokazuju da se centar grada, usled svoje specifične morfologije, guste izgrađenosti i velike zastupljenosti veštačkih materijala, izdvaja kao deo grada sa veoma jakim i ekstremnim toplotnim stresom tokom najvećeg dela dana u letnjim mesecima.

Studija slučaja – Niška tvrđava: Bogdanović-Protić i saradnici su 2016.godine sprovedi eksperimentalno istraživanje na lokaciji Niške tvrđave, koja je odabrana kao jedna od tačaka u gradu koju građani Niša najčešće posećuju u funkciji rekreacije i kratkotrajnog odmora. Cilj istraživanja bio je razvoj modela za pouzdanu kratkoročnu prognozu

spoljašnjeg termalnog prostora u urbanom okruženju, baziran na primeni indeksa PET. Rezultati studije pokazali su zadovoljavajući stepen efikasnosti i preciznosti. Potreba za efikasnim modelima prognoze termalnog komfora na otvorenim gradskim prostorima posebno postaje izražena tokom veoma toplih letnih dana, kada se može razviti visok stepen termalne nelagode koji potencijalno može ugroziti zdravlje građana.

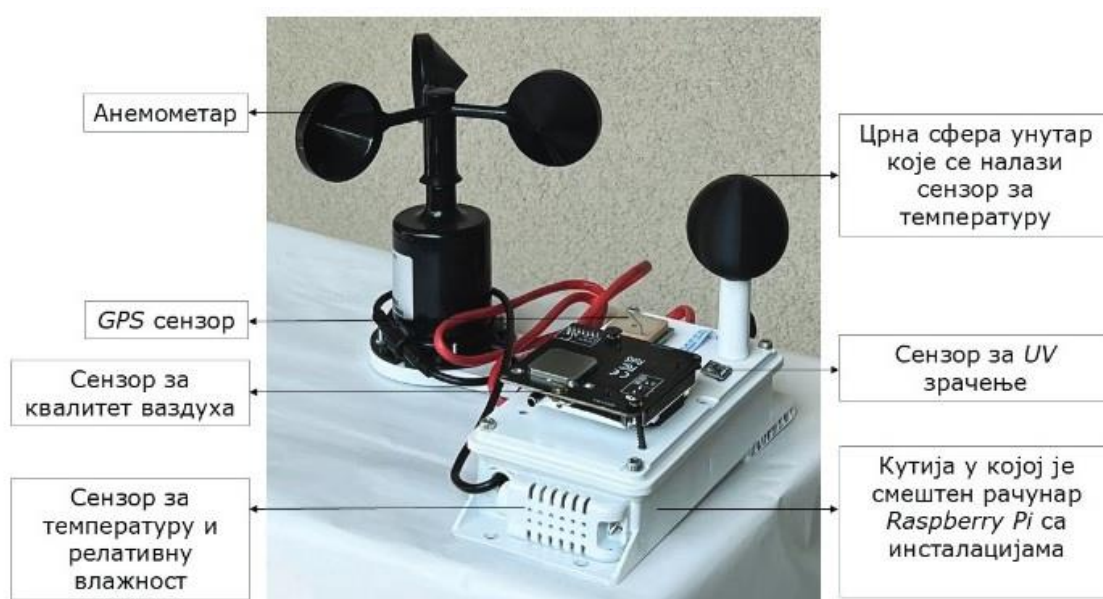
Studija slučaja – Zagreb: Zagreb predstavlja jednu od “najzelenijih” prestonica Evrope. Prema statistici *Evropske agencije za životnu sredinu* (EEA), grad Zagreb se nalazi u samom vrhu lestvice, na drugom mestu od 37 analiziranih evropskih prestonica. Kako je navedeno u izveštaju “*Zagreb u brojakama 2024*” koji na godišnjem nivou publikuje *Gradski ured za gospodarstvo, ekološku održivost i strategijsko planiranje* (Grad Zagreb), udeo zelenih površina u odnosu na ukupnu teritoriju grada Zagreba iznosi 75.1% (35% gradske šume, 39.1% ostala zelena područja i 1% vodno zemljište). Najveći udeo zelenih površina u ukupnoj površini (ako posmatramo različite delove grada Zagreba) beleži se kod gradske četvrti Brezovica sa čak 92.5%. Grad Zagreb je prepoznao ključnu ulogu zelene infrastrukture kao regulatora termalne nelagode, efikasnog alata za ublažavanje efekta UOT i instrumenta za jačanje klimatske otpornosti grada. Zbog toga poslednjih godina aktivno se sprovode različite mere unapređenja i razvoja zelene infrastrukture, kao i implementacija različitih vidova *rešenja zasnovanih na prirodi* (NbS), ali se podstiče i promoviše aktivan naučni rad na polju analize i procene STK i UOT, kako bi se dala najadekvatnija rešenja. U tom kontekstu važno je predstaviti studiju koje su sproveli Žgela i saradnici (2024).

Istraživači sa Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu su ispitivali uticaj zelene i plave infrastrukture u jačanju urbane otpornosti grada Zagreba na posledice klimatskih promena. Terensko istraživanje sprovedeno je tokom perioda toplotnog talasa, u junu mesecu 2021.godine, sa ciljem boljeg razumevanja *toplotnog opeterćenja* u urbanim sredinama. Merenja su sprovedena na različitim lokacijama u gradu, u skladu sa prethodno definisanim *lokalnim klimatskim zonama* (LKZ). Zbog ograničenog broja meteoroloških stanica, istraživači primenili metodu mobilnih mikrometeoroloških merenja pomoću bicikala opremljenih GPS uređajem i temperaturnim sondama. Podaci prikupljeni terenskim merenjem su potom upoređena sa podacima o *temperaturi površine tla* (engl. Land Surface Temperature – LST) dobijenim na osnovu satelitskih snimaka sa Landsat-8 satelita. Konačni rezultati pokazali su da su gradski parkovi, ulice sa drvoredima i područja u zoni plave infrastrukture (vodenih površina) imali su u proseku za 1.5°C-3°C nižu temperaturu u odnosu na gusto izgrađene delove grada, u posmatranom periodu. U pojedinim slučajevima, tačnije u periodu kada su zabeležene najviše dnevne temperature (u najtoplijim delovima dana) razlika u temperaturi iznosila je čak i 9°C kada se porede gusto izgrađene zone i zone u kojima dominiraju zelene površine. Studijom je još jednom naglašen značaj zelenih površina i plave infrastrukture u urbanim sredinama u cilju ublažavanja efekta UOT i regulacije STK.

Studija slučaja – Skoplje: da zelene površine igraju ključnu ulogu u ostvarivanju koncepta zelenog grada i ublažavanju toplotnog stresa i efekta urbanog ostrva toplote potvrdili su Bukovetz i saradnici (2023) na osnovu *in-situ* merenja na 6 različitih lokacija centralnog gradskog područja Skoplja (Severna Makedonija) koje su sproveli tokom trajanja toplotnog talasa u julu 2022.godine. Merenje je pokazalo da su razlike u najvišim izmerenim temperaturama vazduha kada se porede rezultati merenja u Gradskom parku i gradskoj ulici u kojoj nije zastupljeno zelenilo (ulica Sv. Nikole

Trimpare) iznosile čak 7.9°C. Prosečna razlika u temperaturi između lokacija u gradu na kojima je zastupljeno zelenilo i na onima bez vegetacije iznosila je 6.8°C. Autori su u zaključnim razmatranjima svog istraživanja naglasili da javne politike usmere ka uspostavljanju grada Skoplja koji je otporan na klimatske politike, koji je održiv i zelen, moraju uzeti u obzir i razmatranje STK i UOT kao jednih od glavnih indikatora.

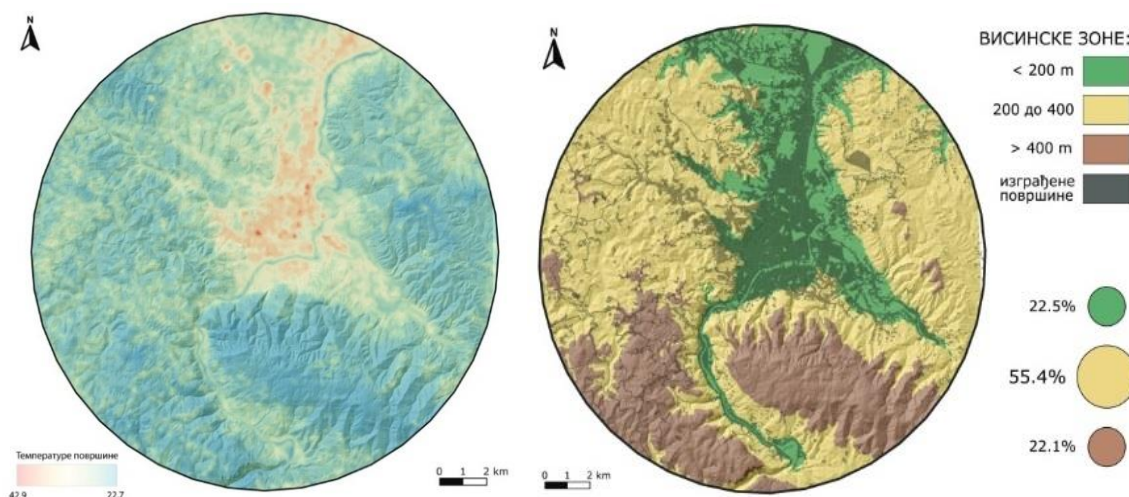
Iz prethodno navedenih primera nekoliko gradova u Srbiji i regionu, jasno je da su pouzdani podaci prikupljeni na različitim lokacijama preko potrebni za studije koje se bave procenom STK u urbanim sredinama. Da bismo bili u mogućnosti da blagovremeno odgovorimo na savremene izazove urbane bioklime, ali i da klimatski svesno planiramo, posebno kada uzmemo u obzir ekstremne temperature i sve intenzivnije toplotne talase kojima smo izloženi, neophodni su nam mehanizmi za direktno praćenje mikrometeoroloških uslova i toplotnog stresa u urbanim sredinama, a to je ono što upravo nedostaje gradu Beogradu kako navodi Pecelj (2024). Kako bismo mogli da reagujemo proaktivno, i upravljanje gradom prilagodimo realnim potrebama građana/ki, naročito u kriznim momentima, potreban nam je mikrometeorološki monitoring u realnom vremenu. S obzirom na često ograničena dostupna finansijska sredstva, Pecelj M. (2024) nudi rešenje u vidu tzv. niskobudžetne IoT mini mobilne biometeorološke stanice "*sMaRT-mobile-BioMeteoS*". Ovaj uređaj, jednostavan za korišćenje uz efikasno prikupljanje podataka, integriše meteorološke senzore (koji mere vrednosti temperature vazduha (Ta), relativne vlažnosti vazduha (RH), brzine vetra (v), temperature zračenja (Tg) i intenzitet UV zračenja) i senzor kvaliteta vazduha (optički senzor) koji vrši lasersko detektovanje čestica, a parametri za ocenu kvaliteta vazduha su suspendovane čestice PM 2.5 i PM 10 (što u kontekstu višegodišnjeg (decenijskog) problema sa visokom zagađenošću vazduha u Beogradu, posebno tokom zimske sezone, može biti veoma značajno). Postavljanje većeg broja ovakvih stanica i njihova integracija u jedan biometeorološki sistem može predstaviti početni korak u uspostavljanju efikasnog sistema za praćenje termalnog stresa i termalnog komfora, te urbanog ostrva toplote u Beogradu. Podaci prikupljeni na taj način mogu se koristiti za različite multidisciplinarne studije, ali i izradu prostornih i urbanističkih projekata, te bioklimatsko planiranje grada.



Slika br. 2: *sMaRT-mobile-BioMeteoS* (izvor: Pecelj, M., 2024, str. 163)

Još jedan od načina na koji možemo ispitivati termalne karakteristike gradova i spoljašnjih termalni komfor (osim direktnim merenjima na terenu poput gore navedenih primera) jeste i očitavanje temperatura sa produkata daljinske detekcije – tačnije pomoću „termalnih snimaka sa koji se očitava termalni otisak podloge“, što su na primeru Grada Banja Luke (BiH) predstavili Ivanišević i dr. (2024). Istraživano područje klasifikovano je u tri visinske zone (zbog toga što se sa promenom nadmorske visine menja i temperatura vazduha i podloge) i izdvojeno je sedam klasa načina korišćenja zemljišta. Na osnovu više različitih satelitskih snimaka, te njihovim analizama utvrđeno je sledeće: svaka klasa namene površina (npr. izgrađene površine, deponija, poljoprivredno, vodno i šumsko zemljište, sportsko-rekreativne površine i sl.) ima svoj jedinstveni termalni otisak, a on je viši ukoliko su veštački objekti odnosno izgrađene zone i više zastupljene. Dalje, Ivanišević i saradnici navode da: „amplituda temperatura između različitih namena površina u prvoj visinskoj zoni iznosila je 19.55°C, u drugoj zoni 11.68°C dok je u trećoj visinskoj zoni amplituda bila svega 7.79°C“.

U proseku, uže urbano područje grada Banja Luka, gde se nalazi najveći deo izgrađenih površina beleži više temperature podloge, u odnosu na zone urbanog zelenila i zone individualnog stanovanja gde se javlja veće učešće zelenila na parcelama (gde su registrovane nešto niže temperature podloge). Znatno nižu temperaturu podloge imali su oni delovi grada u kojima su smeštene vodene površine, šumsko zemljište i poljoprivredne površine. Tako npr. u prvoj visinskoj zoni Banja Luke (do 200m) na osnovu podataka iz juna 2023.godine (u 11h) temperatura podloge centralne urbane zone iznosila je 32.74°C, dok je temperatura podloge u zonama urbanog zelenila iznosila 31.79°C. Istovremeno, u zonama gde je dominantno zastupljeno šumsko zemljište temperatura podloge iznosila je 28.49°C, a najniža je bila u zoni vodenih površina sa 27.94°C. Rad je ukazao na potencijale ovakvih istraživanja u procesu prostornog i urbanističkog planiranja, te mogućnostima za unapređenje planersko-urbanističke prakse, ali i oblasti poput javnog zdravstva, poljoprivrede, civilne zaštite, turizma itd... (Ivanišević i dr., 2024).

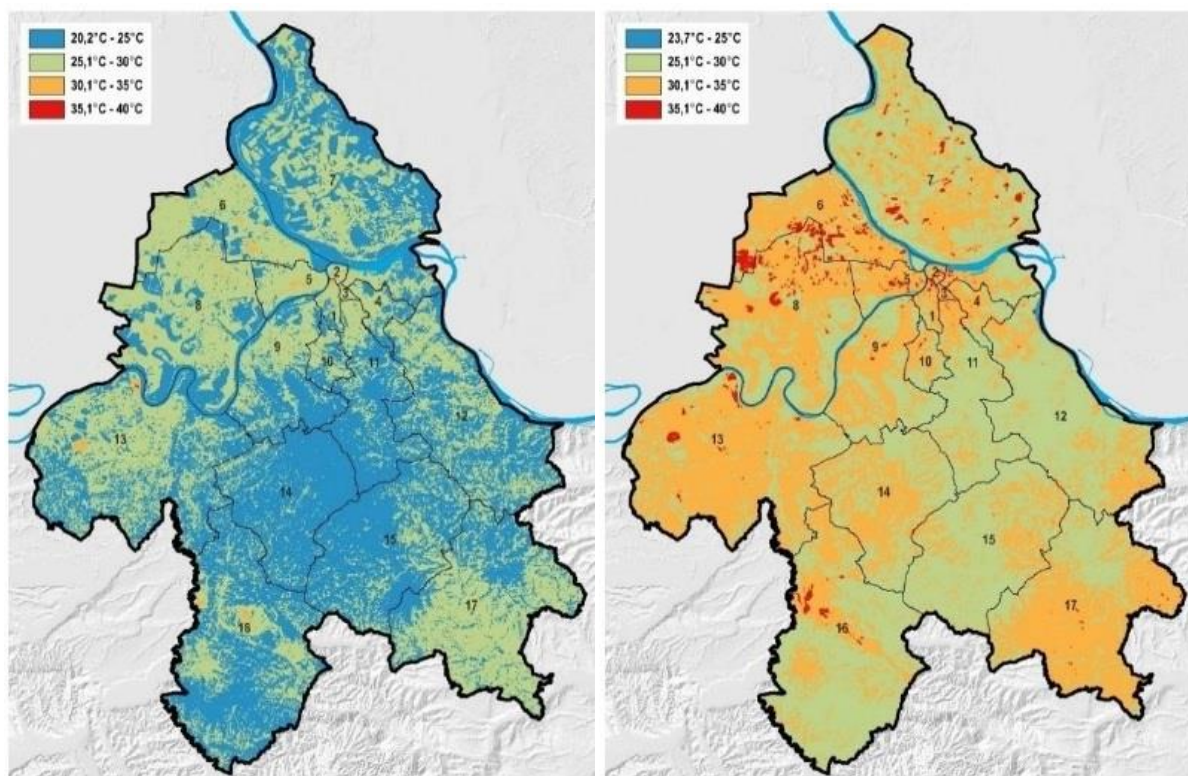


Slika br. 3: Temperatura podloge (°C) i visinske zone na istraživanom području grada Banja Luke (izvor: Ivanišević i dr., 2024, str. 154 & 157)

Temperatura površine tla (engl. Land Surface Temperature, LST) je temperatura površine gornjeg sloja zemljišta i važna je varijabla klimatskog sistema Zemlje. LST je važan parameter u brojnim naučnim disciplinama, a meri se najčešće pomoću metoda

daljinske detekcije i satelitskih tehnologija, koristeći infracrvene senzore. *ESA Climate Change Initiative* je projekat *Evropske svemirske agencije (ESA)* koji je pokrenut sa ciljem da pruži tačne, dugoročne i dosledne podatke o klimatskim promenama putem satelitskih opservacija, a ujedno se bavi praćenjem i proučavanjem LST, odnosno temperaturom površine tla. ESA ističe da se praćenjem LST dobijaju značajni rezultati kao dopuna *in-situ* merenjima koje nam pomažu da bolje razumemo regionalni i lokalni karakter izmenjenih klimatskih uslova i njihovu manifestaciju na zemljište, vode i vegetaciju. LST je svakako koristan indikator, i kao takav može biti korišćen u kombinaciji sa različitim bioklimatskim indeksima za potpunije razumevanje i sagledavanje termalnog komfora i efekta urbanog ostrva toplote.

Na kartama ispod prikazane su LST vrednosti, odnosno vrednosti temperature površine tla u Beogradu za avgust mesec 2001. i 2019.godine. Srednja LST vrednost za avgust 2019.godine je za oko 2°C viša u odnosu na srednju LST vrednost avgusta 2001.godine. Takođe, primetno je da oni delovi grada u kojima su zelene površine zastupljenije beleže niže LST vrednosti, u odnosu na delove grada koji su deficitarni zelenilom. Prostorne razlike u vrednostima temperature površine tla između dve posmatrane godine kreću se u opsegu od 5°C do 10°C. Posebno su ugroženi delovi grada u kojima dominiraju veštački materijali (poput asfalta, čelika, betona), gde tokom letnjih meseci dolazi do velike akumulacije toplote, što pojačava efekat urbanog ostrva toplote i rezultuje često veoma nepovoljnim termalnim opterećenjem. Visoke temperature u površinskom sloju vazduha uz visok toplotni stres kreiraju izuzetno nepovoljne bioklimatske uslove koji mogu predstavljati poseban rizik po javno zdravlje.



Karta br. 12: Temperatura površine tla u Beogradu – 2001.godina (levo) i 2019.godina (desno)
Izvor: Strategija zelene infrastrukture Grada Beograda, str. 60

PREDLOG MERA ZA UNAPREĐENJE SPOLJAŠNJEG TERMALNOG KOMFORA NA PODRUČJU GRADSKOG NASELJA BEOGRAD

Na temelju analize rezultata, relevantne naučne i stručne literature, međunarodnih, nacionalnih i lokalnih dokumenata i primera dobre prakse, predloženo je nekoliko mera za unapređenje spoljašnjeg termalnog komfora na području gradskog naselja Beograd, ali se iste mogu primenjivati i na druga urbana područja u Republici Srbiji. Mere su različitog karaktera: *regulatorne, upravljačke, organizacione, tehničke i edukativne*, a njihovim sprovođenjem, osim unapređenja STK, ublažavanja efekata urbanog ostrva toplote i regulacije mikroklimе, ostvariće se i niz drugih pozitivnih efekata kroz: unapređivanje postojeće planersko-urbanističke prakse, uspostavljanja osnova za razvoj klimatski-svesnog urbanog planiranja, jačanje urbane otpornosti na klimatske promene, održivog razvoja gradova, implementacije savremenih koncepata (npr. zeleni gradovi, klimatski neutralni gradovi, pametni gradovi, rezilijentni gradovi i sl.), kao i pozitivnih efekata na javno zdravlje i kvalitet života u urbanim sredinama.

Unapređenje pravnog okvira koji će uređivati oblast zelene infrastrukture: analizom pravne regulative, ali i dokumenata javnih politika i planskih dokumenata, koji su doneti na nacionalnom nivou (ali i lokalnom za Grad Beograd), uočava se međusobna neusaglašenost, terminološka neodređenost i nedovoljna zastupljenost ključnih termina poput *zelene infrastrukture* u postojećem okviru. Na to jasno ukazuje i grupa autora publikacije (2024) *“Zelena infrastruktura u urbanističkom planiranju”*. *Zakon o planiranju i izgradnji* (ZPI) kao krovni zakon koji uređuje uslove i načine uređenja prostora, uređivanje i korišćenje građevinskog zemljišta i izgradnju objekata u Republici Srbiji, u članu br. 2 *“Pojmovi”* definiše termin *zelena gradnja*, a u okviru člana br. 3 *“Načela za uređenje i korišćenje prostora i osnovni zahtevi za objekat”* definiše pojam *zelena infrastruktura* kao *“strateški planirana mreža funkcionalno povezanih prirodnih i blisko-prirodnih elemenata, čije se projektovanje, podizanje, korišćenje i održavanje sprovodi na način kojim se obezbeđuju ekološke, ekonomske i društvene koristi kroz prirodna, biodiverzitetski zasnovana rešenja”*. Time je ukazano na osnovnu ulogu zelene infrastrukture u kontekstu prostornog i urbanističkog planiranja, međutim kasnije, pitanje elemenata zelene infrastrukture nije u dovoljnoj meri obrađeno u okviru ZPI. *Zakon o planiranju i izgradnji* predstavlja krovni zakon kada govorimo o planiranju, projektovanju i podizanju novih zelenih površina u urbanim sredinama, aktivnostima vezanim za uspostavljanje sistema zelenih površina na određenom prostoru i samim time, ključni pojmovi moraju biti preciznije određeni, kako bi se ostvarili osnovni preduslovi za njihovu punu integraciju u planski sistem.

Uvidom u drugi zakon od značaja za ovu oblast, a to je *Zakon o klimatskim promenama* ("Sl. glasnik RS", br. 26/2021) uočeno je da se pojam zelene infrastrukture uopšte ne pojavljuje u tekstu zakona. To ne može biti opravdano, s obzirom na stav domaće i međunarodne naučne zajednice (detaljno obrazloženo u prethodnim poglavljima) – da je implementacija zelene infrastrukture jedna od osnovnih mera za prilagođavanje izmenjenim klimatskim uslovima i ublažavanju posledica klimatskih promena. Ovakav, postojeći tekst *Zakona o klimatskim promenama* nije u skladu sa EU Strategijom prilagođavanja na klimatske promene (engl. *EU Adaptation Strategy*) koja jasno ukazuje na ključnu ulogu zelene (i plave) infrastrukture u izgradnji i jačanju urbane otpornosti na klimatske promene. Donošenje *Zakona o klimatskim promenama* jeste bio značajan iskorak Republike Srbije u borbi protiv klimatskih promena, ali je tokom izrade ovog

dokumenta propuštena prilika da se jedna od najznačajnijih mera urbane adaptacije i mitigacije integriše u regulatorni okvir.

Takođe, pojam *zelene infrastrukture* nije prepoznat ni u okviru *Zakona o zaštiti prirode* ("Sl. glasnik RS", br. 36/2009, 88/2010, 91/2010 - ispr., 14/2016, 95/2018 - dr. zakon i 71/2021). Zakon o zaštiti prirode prepoznaje pojmove poput *ekološki značajnih područja, ekoloških koridora, ekosistema, staništa*, međutim termin *zelena infrastruktura* izostaje i pored činjenice postojanja različitih ekosistemskih usluga koje zelena infrastruktura pruža, a koje su o suštinskog značaja za očuvanje i zaštitu prirode u urbanim sredinama, zaštitu staništa i vrsta u urbanim predelima. Dalje, treba spomenuti i *Zakon o zaštiti životne sredine* ("Sl. glasnik RS", br. 135/2004, 36/2009, 36/2009 - dr. zakon, 72/2009 - dr. zakon, 43/2011 - odluka US, 14/2016, 76/2018, 95/2018 - dr. zakon, 95/2018 - dr. zakon i 94/2024 - dr. zakon). Ovim zakonom uspostavlja se jedinstven sistem zaštite životne sredine, koji omogućava ostvarivanje prava svakog čoveka na život i razvoj u zdravoj i bezbednoj okolini, kao i postizanje ravnoteže između ekonomskog razvoja i očuvanja životne sredine u Republici Srbiji. Ipak i pored neprocenjive uloge koju zelena infrastruktura i njeni elementi imaju u obezbeđivanju *prava na zdravu životnu sredinu*, naročito u urbanim prostorima koji se nalaze pod posebnim pritiscima, ovi pojmovi nisu u dovoljnoj meri prisutni niti uključeni u tzv. *integralni sistem zaštite životne sredine*.

Zbog toga, neophodno je unaprediti postojeći pravni okvir koji uređuje oblast zelene infrastrukture na nacionalnom i lokalnom nivou u Republici Srbiji i uskladiti postojeće zakone sa relevantnim međunarodnim strategijama koje su ključne za datu oblast, poput *EU Strategije prilagođavanja na klimatske promene*. Potrebno je pokrenuti inicijativu za izmene i dopune postojećih zakona (*Zakona o planiranju i izgradnji, Zakona o zaštiti životne sredine, Zakona o zaštiti prirode, Zakona o klimatskim promenama* i dr.), ali i izradu nedostajuće regulative, poput izrade podzakonskih akata – npr. *pravilnika* koji bi se posebno bavio zelenom infrastrukturom u urbanim sredinama. Takođe, potrebno je analizirati i druge sektorske zakone, koji su od značaja za razvoj zelene (i plave) infrastrukture poput *Zakona o šumama, Zakona o zaštiti zemljišta, Zakona o vodama, Zakona o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu* i *Zakona o proceni uticaja na životnu sredinu* i na temelju toga izraditi predlog kojim bi se inicirala eventualna izmena i dopuna pomenutih zakona. U realizaciju ove mere potrebno je uključiti sve relevantne partnere: od predstavnika relevantnih Ministarstava, Gradske uprave (Sekretarijata za urbanizam i građevinske poslove, Sekretarijata za zaštitu životne sredine i dr.), članova naučne zajednice, strukovnih udruženja, organizacija civilnog društva itd.

Implementacija usvojenih planskih i strateških dokumenata: ukoliko posmatramo proces prostornog i urbanističkog planiranja u Srbiji, možemo primetiti da je implementacija planskih dokumenata najslabija karika planskog procesa i da je procenat realizovanih planskih rešenja nizak (Đorđević & Dabović, 2009). Prostorni i urbanistički planovi se često (u Srbiji) posmatraju samo kao "*zakonska obaveza*" čije donošenje treba da "*zadovolji*" elementarne legislativne okvire propisane Zakonom o planiranju i izgradnji, a razlozi za to su brojni: od nedovoljne edukovanosti nosilaca vlasti, nedovoljne ekspertske inicijative, investitorskog planiranja, nepostojanja jasnog strateškog opredeljenja na višim nivoima, ograničene i nedovoljne participacije stručne i šire javnosti i dr. (Šećerov & Filipović, 2010; Šećerov, 2012). Do sada je, kako na nacionalnom, tako i na lokalnom nivou usvojeno niz planskih (i strateških) dokumenata,

čijim bi se sprovođenjem – odnosno sprovođenjem definisanih planskih rešenja, smernica, mera i aktivnosti u velikoj meri doprinelo kako klimatskoj adaptaciji i mitigaciji, tako i održivom urbanom razvoju, uspostavljanju integralnog sistema zelenih površina i primeni savremenih koncepata prostornog i urbanističkog planiranja. Neophodno je raditi na prevazilaženju ove prepreke, a kako Šećerov & Filipović (2010) navode „*moguće je realizovati veliki broj planskih rešenja kroz poštovanje principa kazualnosti, supsidijarnosti i participacije uz učešće svih relevantnih aktera u procesu izrade i sprovođenja prostornih i urbanističkih planova*“.

Kada govorimo o lokalnom nivou, dokumentima koji su doneti za područje grada Beograda, to je svakako *Plan generalne regulacije sistema zelenih površina Beograda* („Sl. list grada Beograda“, br. 110/19) – koji iako je usvojen pre punih 6 godina, i dalje je stepen njegove implementacije na niskom nivou. PGR SZP definiše niz vrlo konkretnih mera i aktivnosti kako na polju razvoja i unapređenja zelene infrastrukture, tako i na polju prilagođavanja na izmenjene klimatske uslove. PGR uvodi savremen pristup u planiranje i upravljanje urbanim okruženjem i uvodi pojam *klimatske infrastrukture* grada. Međutim, time što su uslovi i pravila propisani ovim planskim dokumentom označeni kao *orjentacioni*, direktno je oslabljena njegova uloga i značaj, a samim time dovedeno je u pitanje sprovođenje planiranih rešenja. Treba spomenuti i *Plan generalne regulacije građevinskog područja sedišta jedinice lokalne samouprave – Grad Beograd (celine I-XIX)* koji je prethodnih godina prošao kroz izmene i dopune, međutim planirana rešenja koja su trebala doprineti razvoju sistema zelenih površina i jačanju klimatske otpornosti, nisu realizovana. Ukoliko se osvrnemo na strateška i sektorska dokumenta, tu je i *Program zaštite životne sredine grada Beograda* („Sl. list grada Beograda“, br. 72/2015) čijom bi se realizacijom, da su postavljeni ciljevi i ispunjeni, u 2021. godini ostvarilo 26.3% teritorije Generalnog plana pod zelenim površinama (odnosno povećanje za 11.65%). Međutim, zadati targeti nisu dostignuti. Dalje, treba spomenuti *Izmene i dopune Akcionog plana adaptacije na klimatske promene sa procenom ranjivosti* („Sl. list grada Beograda“, br. 72/2023), koji je usledio nakon *Akcionog plana adaptacije na klimatske promene* iz 2015. godine, kao i *Akcioni plan za zeleni grad* („Sl. list grada Beograda“, br. 45/2021), *Akcioni plan za održivu energiju i klimu za Grad Beograd* („Sl. list grada Beograda“, br. 44/2021) i *Strategiju uticaja klimatskih promena na interakciju ekosistemskih usluga u korišćenju i upravljanju šumskim resursima Beograda* („Sl. list grada Beograda“, br. 112/2022) sa pratećim Akcionim planom. Ono što je zajedničko za sva navedena dokumenta – jeste nizak stepen realizacije.

Početkom 2025. godine usvojena je *Strategija zelene infrastrukture Grada Beograda za period 2025. do 2032. godine* – vizionarski dokument koji definiše uslove za uspostavljanje i koordinisan razvoj zelene infrastrukture, uvodi perspektivu servisa ekosistema i dubinski analizira spregu zelenih površina, urbanog ostrva toplote i adaptacije i mitigacije na klimatske promene. Sam dokument navodi da će se osnovni ciljevi Strategije ispuniti primarno kroz realizaciju postojećih planskih dokumenata, ali nudi i niz posebno kreiranih mera. Ukoliko bi izostalo sprovođenje mera propisanih Strategijom, Beograd bi se u budućnosti suočio s ozbiljnim izazovima, poput inteziviranja efekta urbanog ostrva toplote, pogoršanja kvaliteta vazduha, degradacije urbanog biodiverziteta i pogoršavanja opšteg termalnog komfora. Takođe, urbanizacija bez odgovarajuće zelene infrastrukture, mogla bi dovesti do veće ranjivosti na klimatske promene, lošijeg životnog standarda i smanjenja kvaliteta života.

Osim toga, treba naglasiti da iako je javni uvid u *Nacrt Prostornog plana Republike Srbije od 2021. do 2035.godine* održan još 2021.godine, a da je 2022.godine predstavljen *Elaborat* za rani javni uvid *Generalnog Urbanističkog Plana Beograda (GUP) 2041* i dalje čekamo na usvajanje ova dva izuzetno važna planska dokumenta. Prostorni plan Republike Srbije je osnovni, krovni planski dokument prostornog planiranja u Republici Srbiji, dok Generalni urbanistički plan predstavlja osnovni dokument dugoročnog i strateškog planiranja grada, na osnovu kog lokalna zajednica definiše razvojne prioritete i viziju budućeg razvoja (Šećerov, 2012). Nedostatak ključnih dokumenata razvojnog planiranja (PPRS i GUP Beograda) usporava implementaciju ključnih mera za razvoj zelene infrastrukture, što otežava borbu protiv klimatskih promena. Bez tih planova, teško je ostvariti koherentnu i usklađenu strategiju za smanjenje emisije CO₂, povećanje zelenih površina i prilagođavanje urbanih prostora na klimatske izazove. To može usporiti održivi razvoj i povećati ranjivost gradova na ekstremne vremenske uslove, poput toplotnih talasa, poplava, suša i dr.

Integracija koncepta klimatski-svesnog planiranja u prostorno i urbanističko planiranje: klimatski-svesno planiranje predstavlja integralni pristup prostornom razvoju koji podrazumeva aktivnosti i mere usmerene ka ublažavanju posledica klimatskih promena, prilagođavanju urbanih i ruralnih sredina izmenjenim klimatskim uslovima, integraciju rešenja zasnovanih na prirodi, participaciju i holistički pristup. Koncept *klimatski-svesnog planiranja* javio se kao reakcija na nemogućnost postojećih pristupa u prostornom i urbanističkom planiranju (na globalnom nivou) da efikasno odgovore na izazove klimatskih promena (Ruparathna i dr., 2017). Kako bi planski sistem Republike Srbije postao *klimatski-svestan* potrebno je sprovesti niz sistemskih reformi: od izmene Zakona o planiranju i izgradnji, Zakona o klimatskim promenama i drugih pravnih akata, do izmene postojećih i donošenja novih strateških dokumenata (poput *Strategije održivog urbanog razvoja Republike Srbije* i pratećeg Akcionog plana), sektorskih politika, uvođenje termina klimatski-svesno planiranje u ključne dokumente razvojnog planiranja (pre svega u novi *Prostorni plan Republike Srbije*), uvođenje novih indikatora i pokazatelja klimatske otpornosti i dr. Srbija nalazi se u zoni posebno ugroženih područja klimatskim promenama, koji se zagrevaju brže od proseka. Zbog toga je uvođenje klimatski-svesnog planiranja ključ za održiv razvoj i ako bude integrisano u različite aspekte prostornog i urbanističkog planiranja, može značajno unaprediti otpornost Srbije na klimatske promene.

U uspostavljanju klimatski-svesnog planiranja ključnu ulogu bi imali sledeći akteri: i) *Vlada Republike Srbije*, odnosno relevantna *Ministarstva*: Ministarstvo za zaštitu životne sredine, Ministarstvo građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede, Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja i inovacija i Ministarstvo privrede; ii) *Lokalne samouprave* (koje bi trebalo da implementiraju *klimatski-svesne politike* na lokalnom nivou kroz različite prostorne i urbanističke planove, lokalne strategije razvoja, infrastrukturne projekte i dr.); iii) *Akadska zajednica* (koja može pružiti potrebna znanja, ekspertize i istraživanja za uspostavljanje metodologije klimatski-svesnog planiranja, ali i kasnije vršiti obuku zaposlenih u okviru gradskih i opštinskih uprava, ministarstava, javnih preduzeća, javnih-komunalnih preduzeća i dr.); iv) *Organizacije civilnog društva* (koje mogu imati ključnu ulogu u zagovaranju klimatski-svesnog planiranja, podizanju svesti šire javnosti, kao i u pružanju savetodavnih usluga); v) *Privatni sektor* (koji bi trebali da održive prakse primene u privredi, industriji i građevinarstvu: poput klimatski-svesnog projektovanja i izgradnje); v) *Međunarodne organizacije i fondacije* (kroz pružanje

finansijske, tehničke i ekspertske podrške i podsticanje sprovođenja globalnih ciljeva održivog razvoja); v) *Građani* (koji bi bili aktivni učesnici u procesu donošenju odluka, uz prethodno obezbeđivanje uslova za aktivnije, ravnopravnije i transparentniji učešće šire javnosti kroz različite vidove participacije (Lukić, 2022)).

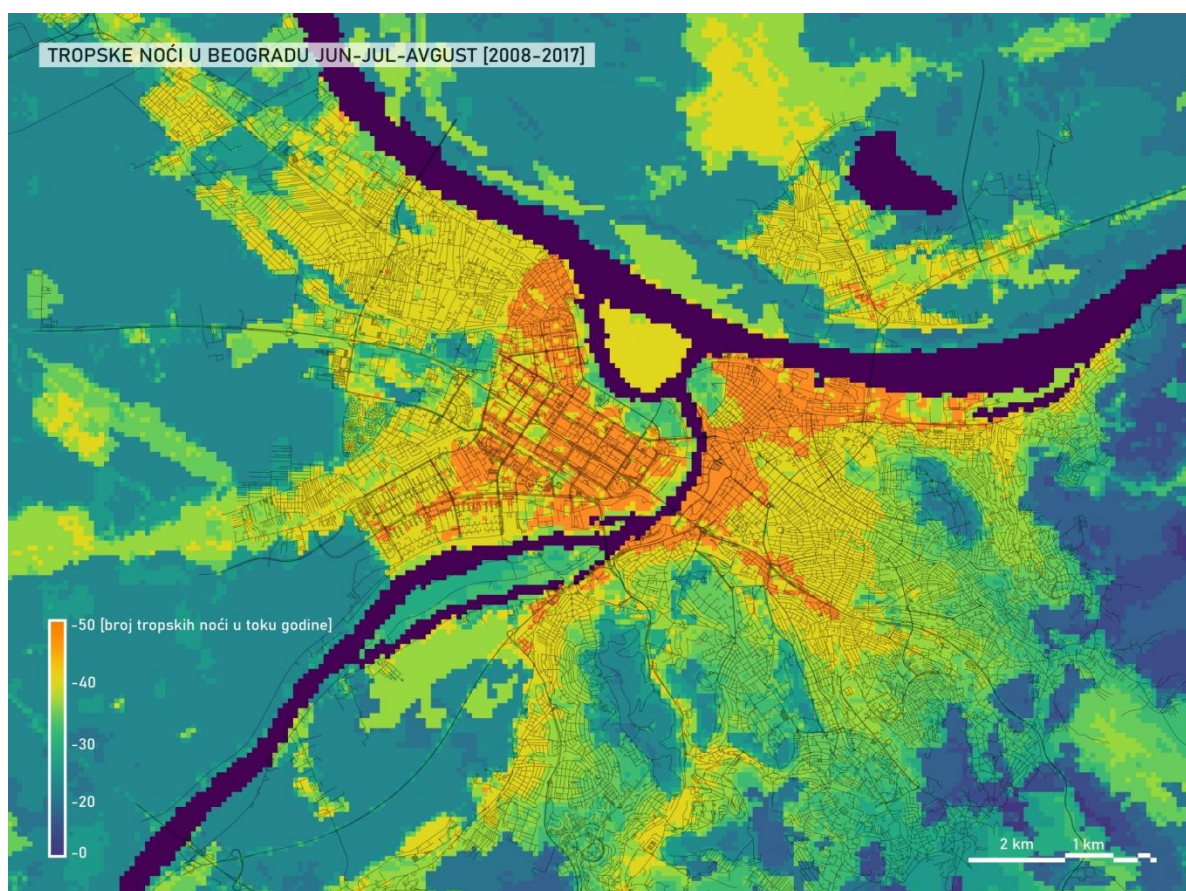
Integracija ekosistemskih usluga zelene infrastrukture odnosno servisa ekosistema u planiranje i upravljanje urbanim razvojem: regulacija mikroklima je tek mali deo usluga koje zelene površine pružaju. Zelene prostore, tj. zelenu infrastrukturu trebamo posmatrati kao delove, odnosno elemente prirodnih ili/i kreiranih urbanih ekosistema, pri čemu svaki od tih elemenata pruža različite *ekosistemske usluge* (Gunawardena i dr., 2017). Veliki deo ovih usluga tj. servisa ekosistema je besplatan i neprocenljiv za održivi urbani razvoj. Servise ekosistema, odnosno servise koje nam zelena infrastruktura nudi možemo svrstati u četiri osnovne grupe: i) *servisi regulacije*; ii) *servisi snabdevanja*; iii) *servisi podrške*; iv) *kulturni servisi* (Strategija zelene infrastrukture Grada Beograda, 2025). Među ove četiri kategorije, možda najznačajnije su usluge *regulacije* – kojima pripada i regulacija mikroklima grada, ali i unapređenje kvaliteta vazduha, usvajanje ugljenika i adaptacija na klimatske promene, ublažavanje efekata klimatskih rizika (poput suše, urbanih poplava, bujičnih poplava, olujnih vetrova), zaštita od erozije i klizišta i dr. Takođe, važno je znati da različiti tipovi zelenih površina pružaju i druge usluge ekosistema poput smanjenja nivoa buke, kontrole invazivnih vrsta, unapređenja plodnosti zemljišta, očuvanja vode (zeleno-plava infrastruktura ima ulogu skladišta vode i njenog prirodnog filtera), oprašivanja, očuvanja staništa i vrsta. Dalje, zelene površine imaju obrazovnu vrednost, značajne su za turizam, rekreaciju i sport, imaju estetsku i kulturnu vrednost koja je za čoveka značajna i u psihološkom i zdravstvenom smislu (Strategija zelene infrastrukture Grada Beograda, 2025). Zbog toga, kada se predlaže uvođenje elemenata zelene infrastrukture, stručna zajednica, ali i šira javnost treba biti svesna činjenice da time nećemo doprineti samo unapređenju mikroklima na lokaciji i regulaciji termalnog komfora, već ćemo direktno i indirektno ostvariti niz drugih benefita po lokalnu zajednicu.

Trenutno, pojam *ekosistemskih usluga* ili *servisa ekosistema* nije u dovoljnoj meri zastupljen u planskim i strateškim dokumentima u Republici Srbiji. Iako poslednjih godina svest o važnosti zelene infrastrukture raste, u mnogim prostornim i urbanističkim planovima, strategijama nacionalnog i lokalnog karaktera, koncept i pojam *ekosistemskih usluga* izostaje. Osim retkih, *svetlih* primera poput *Strategije zelene infrastrukture Grada Beograda za period od 2025. do 2032.godine*, u većini dokumenata javnih politika i dokumenata razvojnog planiranja izostala je integracija ekosistemskih usluga zelene infrastrukture, ili ona nije precizno obuhvaćena i u dovoljnoj meri. Jedan od uzroka tome jeste i nedostatak metodologije, odnosno metodološki okvir za integraciju ekosistemskih usluga u planske i strateške dokumente nije jasno definisan. Za punu integraciju ekosistemskih usluga u planiranje, potrebno je razviti specifične metodologije, sprovesti edukaciju i unaprediti zakonodavni okvir koji će omogućiti upotrebu ovih principa u svim fazama prostornog i urbanističkog planiranja.

Uspostavljanje monitoringa mikroklimatskih i bioklimatskih uslova u urbanim sredinama: praćenje mikroklimatskih i bioklimatskih uslova, odnosno spoljašnjeg termalnog komfora odnosilo bi se najpre na najveće urbane centre u Republici Srbiji, u kojima je posebno izražen efekat UOT, da bi se kasnije uspostavio jedinstven, automatski sistem monitoringa na području čitave nacionalne teritorije. Mogućnost uspostavljanja sistema za praćenje efekta UOT u urbanim sredinama radi obaveštavanja

javnosti i praćenja uticaja toplotnih uslova na zdravlje već je predviđena kao prioritarna mera u okviru *Programa prilagođavanja na izmenjene klimatske uslove za period od 2023. do 2030.godine* ("Sl. glasnik RS", br. 119/2023), poglavlje br. 5.6 *Urbano planiranje i urbani razvoj*. Međutim, ono što nije obuhvaćeno merama predloženim Programom prilagođavanja jeste praćenje spoljašnjeg termalnog komfora u urbanim sredinama, u zonama sa najvećim gustinama naseljenosti, zonama intenzivne izgradnje i zonama deficitarnim zelenilom, na osnovu bioklimatskih indikatora.

U ovom trenutku, RHMZ izdaje *biometeorološka savetodavna upozorenja* na dnevnom nivou za područje Srbije, sa osnovnom, opštom procenom uticaja biometeoroloških uslova na ugrožene grupe hroničnih bolesnika, meteoropatske reakcije, termičke uslove i dr. Međutim, *potrebno je uspostaviti efikasan sistem monitoringa*, na lokalnom i nacionalnom nivou, koji bi bio praćen tehničkim i tehnološkim napretkom, inovativnim pristupima u analizi, obradi i distribuciji podataka. Dalje, potrebno je uspostaviti savremen i efikasan način obaveštavanja javnosti, odgovarajućim komunikacijskim kanalima sa ciljem pravovremenog informisanja i podizanja svesti građana, posebno u periodima izraženog termalnog diskomforta i toplinskog stresa. Razvoj *mobilnih aplikacija* koje prate bioklimatske uslove i obaveštavaju korisnike o visokim vrednostima odabranih bioklimatskih indeksa, uz savete za ponašanje i prilagođavanje, predstavlja jedno od mogućih rešenja. *Efikasan sistem praćenja* biometeoroloških uslova podrazumeva i veći broj meteoroloških stanica i senzora koji prate termalni komfor u realnom vremenu, posebno na ključnim tačkama koje su dodatno pogođene efektom UOT. Upotreba *veštačke inteligencije (AI)* i *savremenih tehnologija za modelovanje* može omogućiti razvoj *prediktivnih modela* za prognoziranje bioklimatskih uslova.



Slika br. 4: Mapa tropskih noći u Beogradu tokom perioda jun-jul-avgust 2008-2017.godina (Izvor: Filipović & Đurđević, 2023; Simić, 2023; Klima 101.rs, 2023)

Beogradu, kao najvećem urbanom centru Republike Srbije, sa izraženim efektom UOT koji je i naučno potvrđen, uspostavljanje sistema monitoringa spoljašnjeg termalnog komfora u različitim delovima grada je neophodno u kontekstu adaptacije i mitigacije na izmenjene klimatske uslove. Na slici br. 4 prikazana je *Mapa tropskih noću u Beogradu* koje su zabeležene u periodu jun-avgust 2008-2017.godina (Filipović & Đurđević, 2023; Simić, 2023) koja jasno pokazuje da je centralno gradsko područje najpogođenije efektom urbanog ostrva toplote.

Jedan od ishoda disertacije jeste i *“Predlog lokacija za uspostavljanje mreže osmatranja spoljašnjeg termalnog komfora u Beogradu”*. Uspostavljanje efikasnog sistema monitoringa bioklimatskih uslova zahteva pažljiv izbor lokacija kako bi se dobila reprezentativna slika o sprezi izgrađenih prostora, vegetacije, reljefa i mikroklimatskih karakteristika na spoljašnji termalni komfor. Predložene lokacije određene su u okviru pet različitih zona (kategorija) i to:

- *Visoko urbanizovana zona* – predstavlja gusto izgrađene gradske centre, sa velikom ferkvencijom korisnika na dnevnom nivou i odlikuju se deficitom zelenih prostora.
- *Zona gradskih zelenih površina* – pogodna za praćenje efekta “hlađenja” odnosno uticaja vegetacije na regulaciju spoljašnjeg termalnog komfora.
- *Zona mešovite namene* – predstavlja delove grada u kojima je zastupljeno stanovanje uz poslovni i uslužni sektor, tzv. stambeno-komercijalna zona.
- *Zona u blizini vodenih površina* – pogodna za ispitivanje uticaja vodenih površina na “hlađenje” odnosno ispitivanje uticaja zelene i plave infrastrukture na STK.
- *Zona zdravstvene nege i zaštite* – predstavlja delove grada u kojima su smešteni objekti zdravstvene nege i zaštite. Monitoring STK na ovim lokalitetima je izuzetno značajan zbog praćenja uticaja termalnog (dis)komfora na zdravlje, a posebno uticaja na osetljive grupe (korisnike ovih ustanova).

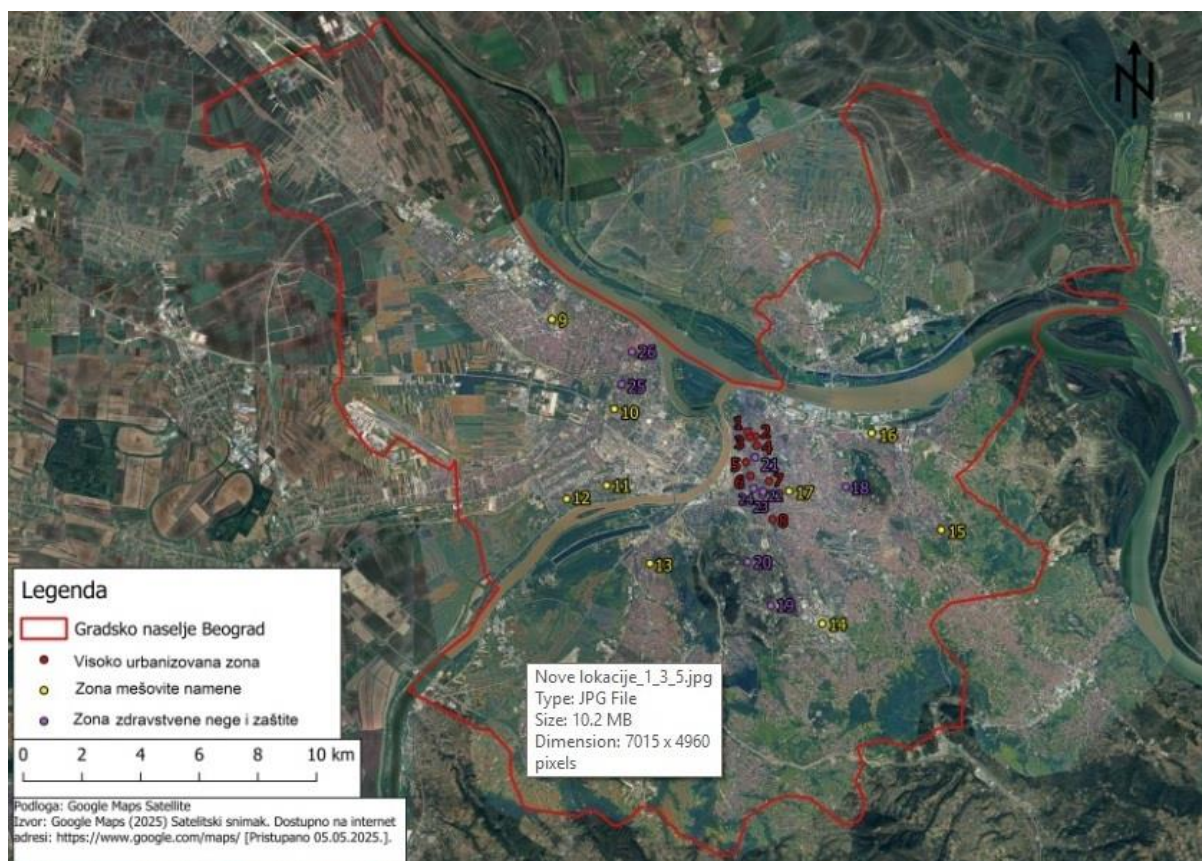
Uspostavljanje mreže osmatranja treba realizovati fazno, s tim što je u prvoj fazi potrebno postaviti meteorološke stanice i senzore koji prate termalni komfor u realnom vremenu, na lokacijama unutar centralnog gradskog područja koje se tokom ovog istraživanja pokazalo kao posebno pogođeno nepovoljnim STK. Lokacije su izabrane na taj način da se obuhvate različiti tipovi urbanih okruženja. Kao predstavnici *“Visoko urbanizovane zone”* odabrani najznačajniji gradski trgovi, tačke okupljanja i ferkventne saobraćajnice poput *Knez Mihailove ulice, Trga Republike, Obilićevog venca, Savskog trga, Trga Slavija, Terazija, Ulice Kneza Miloša i Autokomande*. U okviru *“Zone mešovite namene”* obuhvaćeni su delovi grada u kojima dominiraju stambeno-komercijalni sadržaji, ali koji se razlikuju po karakteru: *Novi Beograd* (blokovi 45 i 70) i *Studentski grad* (blokovska izgradnja sa većim udelom zelenila), *Zemun* (niža gustina i spratnost izgradnje, zastupljena tradicionalna arhitektura), *naselje Stepa Stepanović* (predstavnik “novijih” stambenih naselja), *Karaburma* i *Mirijevo* (predstavnici *zone mešovito stanovanja*, tj. delovi grada gde je zastupljeno i kolektivno i individualno stanovanje). Predložene lokacije u okviru *“zone zdravstvene nege i zaštite”* posebno su prioritete za uspostavljanje mreže monitoringa STK, naročito tokom letnjih meseci. To je važno iz nekoliko razloga. Kako autori Ebi i dr. (2021) navode prekomeran toplotni stres povezan je sa povišenim mortalitetom i morbiditetom, negativno utiče na oporavak bolesnika, negativno utiče na mentalno zdravlje i uopšteno na psiho-fizičko stanje čoveka, povezan je sa smanjivanjem motorno-kognitivnih performansi čoveka i povećava rizik od povreda na radu. Predviđa se da će se učestalost navedenih rizika povećavati u skladu sa globalnim zagrevanjem.

Tabela br. 37: Predlog lokacija za uspostavljanje mreže osmatranja STK u okviru visoko urbanizovane zone, zone mešovite namene i zone zdravstvene nege i zaštite

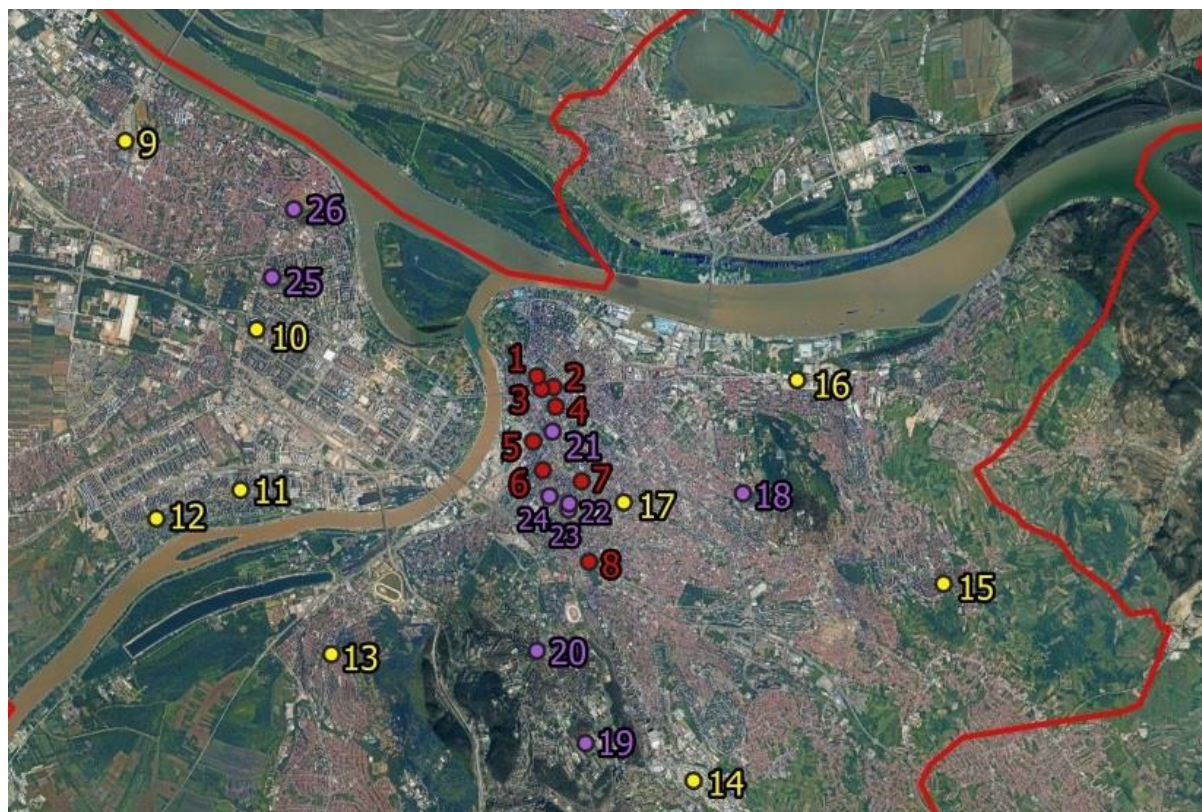
Kategorija	Naziv lokacije	Br. na karti
Visoko urbanizovana zona	Knez Mihailova ulica	1
	Trg Republike	2
	Obilićev venac	3
	Terazije	4
	Savski trg	5
	Kneza Miloša	6
	Trg Slavija	7
	Autokomanda	8
Zona mešovite namene	Zemun	9
	Studentski grad	10
	Novi Beograd - Blok 70	11
	Novi Beograd - Blok 45	12
	Banovo Brdo	13
	Naselje Stepa Stepanović	14
	Mirijevo	15
	Karaburma	16
Zona zdravstvene nege i zaštite	Vračar	17
	KBC Zvezdara	18
	VMA (Vojnomedicinska akademija)	19
	KBC Dr. Dragiša Mišović	20
	GAK Narodni Front	21
	Univerzitetska dečja klinika	22
	Institut za onkologiju i radiologiju	23
	Univerzitetski klinički centar Srbije	24
	Institut za majku i dete	25
	KBC Zemun	26

Tabela br. 38: Predlog lokacija za uspostavljanje mreže osmatranja STK u okviru zone gradskih zelenih površina i zone u blizini vodenih površina

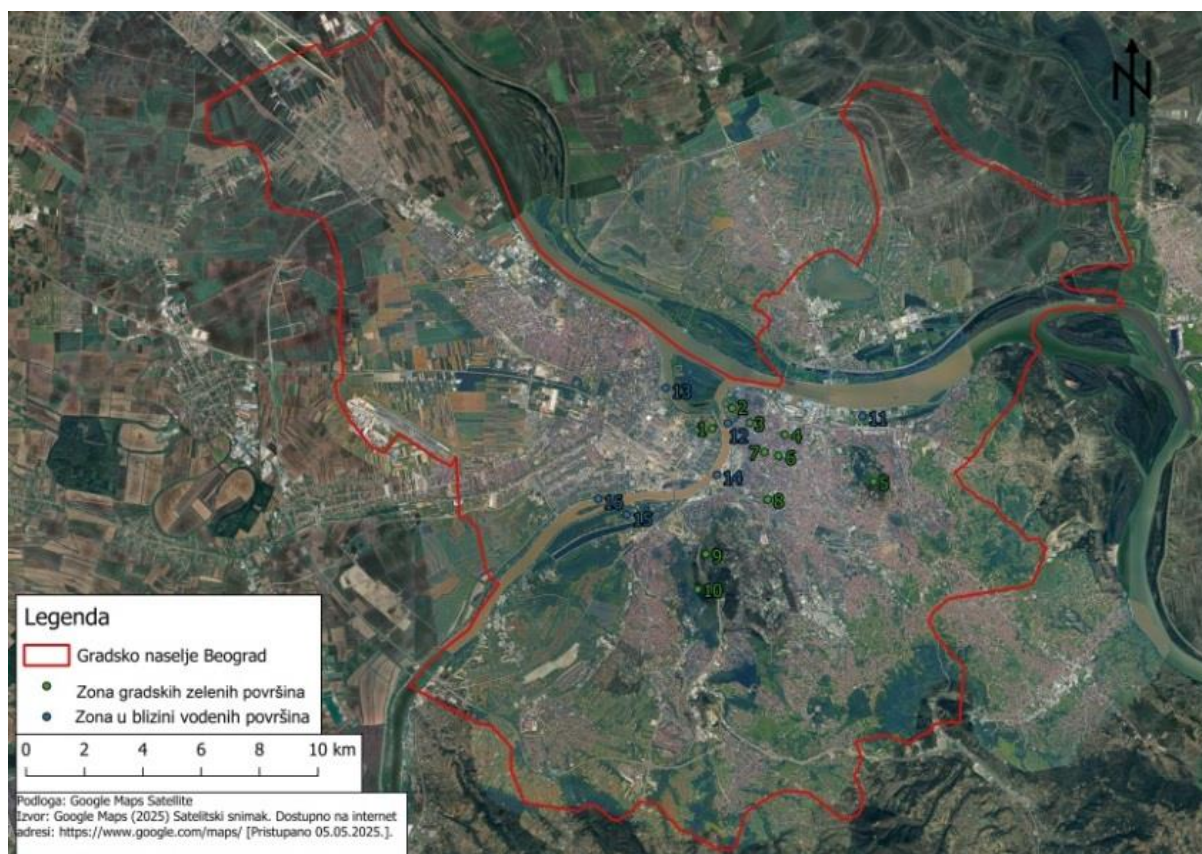
Kategorija	Naziv lokacije	Br. na karti
Zona gradskih zelenih površina	Park Ušće	1
	Kalemegdan	2
	Akademski park	3
	Botanička bašta "Jevremovac"	4
	Zvezdarska šuma	5
	Tašmajdanski park	6
	Pionirski park	7
	Karađorđev park	8
	Topčiderski park	9
	Košutnjak	10
Zona u blizini vodenih površina	Ada Huja	11
	Savski kej (kod Beton hale)	12
	Zemunski kej	13
	Savski kej (kod Beograda na vodi)	14
	Ada Ciganlija	15
	Savski kej (Savski blokovi)	16



Karta br. 14: Predlog lokacija za uspostavljanje mreže osmatranja STK u okviru visoko urbanizovane zone, zone mešovite namene i zone zdravstvene nege i zaštite



Karta br. 15: Predlog lokacija za uspostavljanje mreže osmatranja STK u okviru visoko urbanizovane zone, zone mešovite namene i zone zdravstvene nege i zaštite (bliži prikaz)



Karta br. 16: Predlog lokacija za uspostavljanje mreže osmatranja STK u okviru zone gradskih zelenih površina i zone u blizini vodenih površina



Karta br. 17: Predlog lokacija za uspostavljanje mreže osmatranja STK u okviru zone gradskih zelenih površina i zone u blizini vodenih površina (bliži prikaz)

U okviru “zone gradskih zelenih površina” i “zone u blizini vodenih površina” odabrane su lokacije koje su prepoznate kao neki od najpoznatijih gradskih parkova u centralnom gradskom području, gradske šume i izletišta, “popularna” mesta za odmor, rekreaciju, turističke i druge aktivnosti, poput: *Parka Ušće, Kalemegdana, Tašmajdanskog parka, Pionirskog parka, Akademskog parka, Botaničke bašte “Jevremovac”, Košutnjaka i Zvezdarske šume, Savskog i Zemuskog keja, Ade Ciganlije* i drugih lokaliteta prikazanih na prethodnim kartama. Monitoring termalnog komfora na pomenutim lokacijama omogućiće bolje razumevanje uticaja plave i zelene infrastrukture na STK u urbanim sredinama i pružiće značajne uvide koji se mogu koristiti u budućem planiranju.

Kao indikator STK u urbanim sredinama, preporučuje se korišćenje već proverenih i naučno potvrđenih indeksa, poput *Univerzalnog termalnog klimatskog indeksa (UTCI)* koji je jedan od najčešće korišćenih na području Evrope. UTCI kombinuje meteorološke podatke zajedno sa telesnim parametrima i parametrima odeće, koji se koriste kao ulazni podaci modela, dok kao izlazne podatke dobijamo vrednosti indeksa koji opisuju termalni komfor i kako se dati uslovi manifestuju na javno zdravlje. Osim UTCI, na području Evrope, značajan potencijal i brojne prednosti u bioklimatskim studijama pokazao je i indeks PET (*Fiziološka ekvivalentna temperatura*). Takođe, može se koristiti Indeks toplotnog stresa (engl. *Heat Index*) koji je pogodan za bioklimatsku evaluaciju toplog perioda godine. Kao primer može se uzeti *Služba za medicine rada i sporta, prevenciju invalidnosti i psihosocijalne rizike na radnom mjestu* pri Hrvatskom zavodu za javno zdravstvo, koja preporučuje indeks *Humideks* kao meru toplotnog opterećenja na javnim prostorima, kao i radnim prostorima na otvorenom. Indeks *Humideks* pripada jednostavnim bioklimatskim indeksima, čije vrednosti se određuju na osnovu kombinacije samo dva meteorološka parametra (temperature vazduha i relativne vlažnosti vazduha) i zbog toga je vrlo jednostavan i praktičan, kako za širu javnost, tako i za urbaniste, planere, donosiocel odluka, kreatore javnih politika, itd.

Osim toga, sistem za praćenje termalnog stresa, može biti kombinovan i sa drugim pokazateljima i parametrima kvaliteta životne sredine, poput *Indeksa kvaliteta vazduha* (engl. *Air Quality Index, AQI*) i *UV indeksa*. Na taj način obezbeđuje se bolja informisanost javnosti o postojećim rizicima, kao što su termalni stres, zagađenje vazduha ili visoke vrednosti UV indeksa. Samim tim, kreiraju se uslovi za adekvatniji odgovor nadležnih i zdravstvenih institucija i generalno spremnost društva da odgovori na savremene ekološke i klimatske izazove.

Uspostavljanje jednog ovakog sistema zahteva saradnju većeg broja partnera koji bi uključivali: Ministarstvo zaštite životne sredine i Ministarstvo zdravlja kao krovne institucije na nacionalnom nivou, Agenciju za zaštitu životne sredine (SEPA) i Republički hidrometeorološki zavod (RHMZ), instituti/zavodi za javno zdravlje, lokalne samouprave (JLS) i javna preduzeća (JP), kao i naučno-istraživačke institucije.

Uvođenje Ekološkog indeksa u strateško i urbanističko planiranje kao meru adaptacije gradova na klimatske promene: kada govorimo o normativima u planiranju zelenih površina, u Republici Srbiji ne postoje univerzalni normativi, već se vrednosti urbanističkih parametara definišu kroz *regulacione urbanističke planove*, u tekstualnom delu, najčešće u odeljku “*Pravila uređenja i građenja*”. U ovom kontekstu važno je još jednom istaći *PGR SZP Beograda* (ključni dokument koji uređuje planiranje i upravljanje sistemom zelenih površina), gde su u okviru Pravila uređenja i građenja (*opštih pravila uređenja i građenja i pravila za neposrednu primenu*) definisana pravila

za očuvanje i unapređenje postojećih šuma i zelenih površina, kao i pravila za podizanje novih. *Opšta pravila* odnose se na sve tipove zelenih površina i koriste se kao osnov za izradu planova *detaljne* razrade, kao i u postupku neposrednog sprovođenja planskog rešenja. *Pravila za neposrednu primenu* odnose se na pojedine šume i javne zelene površine (poput parkova, skverova, trgova, zelenih površina u priobalju Save i Dunava, zelenih površina u otvorenim stambenim blokovima, zelenih koridora, vlažnih štaništa i dr.) koje predstavljaju područja za neposrednu primenu. PGR SZP Beograda („Sl. list grada Beograda“, br. 110/19) su u okviru poglavlja „*Normativi u planiranju sistema zelenih površina*“, za svaku javnu i ostale namene propisani sledeći normativi:

- Minimalni procenat (%) zelenih površina u direktnom kontaktu sa tlom (bez podzemnih etaža i/ili objekata) na parceli.
- Minimalno m² JZP i/ili šuma po stanovniku/korisniku bloka, na udaljenosti do 300 m vazdušnom linijom od regulacije bloka i to: i) minimalno 7 m² u slučaju urbane rekonstrukcije i/ili sanacije; ii) minimalno 10 m² u slučaju urbane transformacije; iii) minimalno 23 m² prilikom planiranja novih stambenih naselja i novih kompleksa.

Glavna karakteristika zelenih površina na prostoru grada Beograda jeste njihov neravnomeran raspored (što je konstatovao PGR SZP), a osim toga su i nedovoljno ekološki funkcionalne. Kako bi se obezbedio održivi razvoj urbanih sredina i visok nivo otpornosti na izmenjene klimatske uslove, potrebno je uspostaviti ekološki funkcionalne zelene površine koje će moći da na efikasan način obezbede sve one usluge i servise ekosistema o kojima smo ranije govorili. Kako bi se to dostiglo potrebno je uvesti *nove instrumente urbanog planiranja* tzv. *složene urbanističke pokazatelje* – što je i predstavljeno kroz Plan detaljne regulacije sistema zelenih površina Beograda. Jedan takav je *Ekološki indeks*. Kako navode Mitić-Radulović i dr. (2022a,b): „*Ekološki indeks (EI) se može definisati kao kompleksan urbanistički indikator, čija se ciljana vrednost postiže kombinovanjem različitih urbanističkih i ekoloških parametara*“ odnosno kombinacijom različitih rešenja kao što su poluporozne površine zelene fasade i krovovi, zelenilo u direktnom kontaktu sa tlom, različiti tipovi vegetacije, podignuti drvoređi, broj i kvalitet drveća koje je posađeno i sl. Time, uvođenjem *Ekološkog indeksa* zapravo doprinosimo *višem ekološkom kvalitetu* i posledično *povoljnijem STK* na određenoj lokaciji, što je posebno značajno prilikom nove izgradnje ili rekonstrukcije. Kako EI zapravo funkcioniše u praksi? *Ekološki indeks* parcele predstavlja odnos između zbira površina (P) pojedinačnih ekološki funkcionalnih delova parcele (T1, T2...), koji su pomnoženi sa svojim težinskim faktorima (TF1, TF2...) i ukupne površine parcele (Mitić-Radulović i dr., 2022a,b). EI se može izračunati pomoću formule:

$$\text{Ekološki indeks (EI)} = (P(T1) * TF1 + P(T2) * TF2 + \dots) / P(\text{parcele})$$

Kako bi se ovo dostiglo, potrebno je utvrditi: i) *listu reprezentativnih ekološki funkcionalnih površina*; ii) *težinske faktore po m² za svaki od urbanističkih parametara*; iii) *ciljnu vrednost ukupnog EI koja se treba dostići odgovarajućim arhitektonskim i urbanističkim rešenjem* (Mitić-Radulović i dr., 2022a,b). Jednostavnije, to možemo prikazati na sledeći način:

- *Površina pod nepropusnim zastorom (T1)*: ona površina koja nije propustljiva za vazduh i vodu i na kojoj nema vegetacije (veštačke površine poput betona, asfalta i dr.). Težinski faktor po m² ovakve površine bi iznosio 0.

- *Površina pod delimično nepropusnim zastorom (T2)*: ona površina koja jeste propustljiva za vazduh i vodu, ali se na njoj ne nalazi vegetacija (poput klinker opeka, popločavanja mozaikom i dr.). Težinski faktor po m² bi iznosio 0.3.
- *Poluporozna površina (T3)*: površina koja je propustljiva za vazduh i vodu i u kojoj biljke mogu da rastu, poput raster elemenata sa travom i sl. Težinski faktor 0.5.
- *Zelena površina na podzenom objektu (T4)*: površina na kojoj se nalazi vegetacija formirana na zemljišnom supstratu debljine manje od 80 cm i nije u direktnom kontaktu sa tlom. Težinski faktor po m² je 0.5.
- *Zelena površina na podzemnom objektu (T5)*: Težinski faktor po m² je 0.7. U pitanju je površina na kojoj se nalazi vegetacija formirana na zemljišnom supstratu debljine veće od 80 cm. Nije u direktnom kontaktu sa tlom.
- *Zelena površina u direktnom kontaktu sa tlom (T6)*: vegetacija je formirana na prirodnoj podlozi. Nosi najveći težinski faktor po m² koji iznosi 1.0.
- *Infiltracija atmosferskih voda (T7)*: atmosferske vode se prikupljaju sa krovnih površina objekata i upuštaju u zelene površine koje se nalaze u direktnom kontaktu sa tlom. Težinski faktor po m² je 0.2.
- *Zelene fasade (T8)*: objekti sa ozelenjenim fasadama. Težinski faktor po m² je 0.5.
- *Zeleni krovovi (T9)*: mogu biti intenzivni i ekstenzivni. Težinski faktor je 0.7.

Domaćoj urbanističkoj i planerskoj zajednici EI je predstavljen u okviru *PGR SZP Beograda* i stručne publikacije "*Mogućnosti primene Ekološkog indeksa u planiranju Beograda*" (2022). U okviru smernica za sprovođenje PGR-a sistema zelenih površina Beograda istaknuta je i potreba za izradom posebne *Studije* kojom bi se obezbedilo utvrđivanje ciljnog EI u vidu urbanističkog parametra definisanog za različite namene i vrste izgradnje (Mitić-Radulović i dr., 2022a,b). Ovaj indeks je na međunarodnom nivou u upotrebi duže od 30 godina i dao je zadovoljavajuće rezultate u dostizanju odgovarajućeg stepena ekološkog i termalnog komfora na primeru gradova: Berlina (Nemačka), Malmea (Švedska), Sijetla (Vašington, SAD), Toronta (Kanada), Londona (UK) i dr. (Mitić-Radulović i dr., 2022a,b).

Uvođenje EI u urbanističko planiranje Beograda može biti sprovedeno na nekoliko načina. Jedan od mogućih rešenja je uvođenje kroz PGR Beograda, odnosno EI može biti predmet narednih izmena i dopuna ovog planskog dokumenta. Dalje, uvođenje EI u domaću praksu strateškog i urbanističkog planiranja može biti sprovedeno i kroz *Generalni urbanistički plan (GUP) Beograda*, a s obzirom da je u toku procedura izrade i donošenja najznačajnijeg, krovnog plana urbanističkog razvoja grada, idealan je trenutak da se to i učini. Ukoliko bi EI našao svoje "*mesto*" u okviru GUP-a, bilo bi potrebno uspostaviti obavezujuće parametre kroz PGR i time bi se uspostavio jasan sistem za primenu *Ekološkog indeksa*. Uvođenje EI u urbanističko planiranje može biti sprovedeno i kroz donošenje posebnih akata kao što je *Odluka Gradonačelnika* ili *Odluka Skupštine Grada Beograda* (Mitić-Radulović i dr., 2022a,b).

Ukoliko bi *Ekološki indeks* bio uveden kao *obavezujući urbanistički parametar*, to bi značilo da bi isti bio integrisan u proces izdavanja *lokacijskih uslova*, a samim time bi postalo obavezujuće ispuniti njegove zadate, ciljne vrednosti u *procesu pribavljanja građevinske*, a potom i *upotrebne dozvole*. Uvođenje EI u strateško i urbanističko planiranje Beograda (kasnije i u širu primenu), moralo bi da bude zasnovano na saradnji većeg broja aktera: i) strukovna udruženja koja okupljaju urbaniste, planere, arhitekte, pejzažne arhitekte, ekologe, biologe i predstavnike drugih relevantnih struka; ii) naučno-istraživačke organizacije; iii) organizacije civilnog društva (poslednjih godina

veliki doprinos promociji i zagovaranju ekološkog indeksa dao je *Centar za eksperimente i urbane studije – CEUS*); iv) JUP Urbanistički zavod Beograda; v) Grad Beograd – Sekretarijat za urbanizam i građevinske poslove i Sekretarijat za zaštitu životne sredine; vi) Skupštine Grada Beograda; vii) predstavnike Ministarstva građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture.

Integracija rešenja zasnovanih na prirodi u okviru objekata i parcela različitih namena: ova mera se odnosi na integraciju *rešenja zasnovanih na prirodi* u okviru objekata, parcela i blokova različitih namena, koje se ne odnose direktno na zelene površine (Grupa autora, 2015), a koje su definisane *Pravilnikom o klasifikaciji namene zemljišta i planskih simbola u dokumentima prostornog i urbanističkog planiranja* ("Sl. glasnik RS", br. 105/2020) kao:

- Površine za stanovanje (objekti porodičnog, višeporodičnog i socijalnog stanovanja).
- Površine za mešovite namene (poslovne, komercijalne, stambene i uslužne).
- Površine za objekte državne uprave i lokalne samouprave.
- Površine za obrazovanje i dečiju zaštitu (predškolske ustanove, osnovne i srednje škole, visokoškolske ustanove, centri za promociju nauke, naučno-istraživački centri, naučno-tehnološki parkovi, studentski i učenički domovi, i dr.).
- Površine za zdravstvenu zaštitu (domovi zdravlja, bolnice, klinike, instituti, i dr.).
- Površine za socijalnu zaštitu (centri za socijalni rad, ustanove za vaspitanje dece i omladine, centri za porodični smeštaj i usvajanja, i dr.).
- Površine za kulturu (kulturni centri, pozorišta, muzeji, biblioteke, galerije, itd.).
- Površine za sport i rekreaciju (sportski tereni, hale, bazeni i dr.).
- Infrastrukturni koridori, površine i objekti za saobraćajnu infrastrukturu (drumski, železnički, vazdušni i vodni saobraćaj).
- Površine i objekti za tehničku i komunalnu infrastrukturu.
- Površine za privredne delatnosti (različiti industrijski i privredni objekti, skladišta, servisi, objekti namenjeni turizmu u ugostiteljstvu i dr.).
- Površine za verske objekte.
- Površine za specijalne namene (vojni kompleksi, vatrogasne stanice, objekti MUP).

Sve ove površine odlikuju se time što se na njima nalaze objekti koji privlače veći broj korisnika (koji tu stanuju, rade, školuju se ili zadovoljavaju neke druge potrebe – zdravstvene, socijalne...), a za koje je od značaja obezbediti povoljne mikroklimatske i termalne uslove, ublažiti efekt UOT, kreirati zadovoljavajući estetski i vizuelni ambijent i dr. Kako se ovakvi objekti često nalaze u zonama izgrađenosti visokih gustina, podizanje novih zelenih površina (poput velikih parkovskih površina) u mnogim slučajevima nije moguće, ali je moguće primeniti različite *vidove rešenja zasnovanih na prirodi* (NbS) koje mogu doprineti opštem poboljšanju termalnog komfora. To podrazumeva: *zelene krovove, krovne bašte/vrtove i vertikalno zelenilo, urbane zelene džepove, urbane bašte, ulične drvorede i druge prirodne elemente koji se mogu implementirati u izgrađenom prostoru*. Poslednjih godina koncept NbS se sve više promovise kao instrument adaptacije na klimatske promene (Bona i dr., 2023; Mitić-Radulović & Lalović, 2021) i dobija na značaju posebno u visoko urbanizovanim sredinama. Na koji način elementi NbS unapređuju STK predstavimo u nastavku.

Ukoliko posmatramo gusto izgrađene zone u kojima dominiraju veštački materijali, posebno tokom leta, pod uticajem direktnog Sunčevog zračenja, asfalt i betonske površine se mogu zagrejati za više od 10°C u odnosu na golo zemljište, a u odnosu na

površine prekrivene travnatom vegetacijom, asfaltne i betonske površine se mogu zagrijati i za više od 20°C. Takođe, usled postojanja visokih zgrada (*nebodera*) reflektovano Sunčevo zračenje nailazi na dodatne “*prepreke*” u urbanom prostoru, te se akumulira dodatna toplotna energija, u odnosu na slobodne i zelene površine (Yilmaz i dr., 2007). Usleg toga, tokom letnjih noći dolazi do oslobađanja akumulirane toplote, čime se smanjuje mogućnost efikasnog procesa prirodnog hlađenja urbanog prostora i pojačava se intezitet UOT koji je upravo tada najveći (Grimmond i dr., 2010). Dodatno, vegetacija utiče na toplotni bilans u gradovima dvojako: *direktno* i *indirektno*. Direktna uticaj ogleda se u smanjenu temperature vazduha i temperature površine tla (LST). Indirektna uticaj ogleda se u tome što vegetacija smanjuje količinu toplote koja ulazi u unutrašnje prostore, čime se smanjuje potreba za veštačkim hlađenjem i smanjuje se emisija toplote u spoljašnju sredinu. Najpoznatiji način hlađenja kroz biljke je transpiracija. Ovaj proces povećava *latentnu toplotu* (što znači da toplota ne podiže temperaturu, već se koristi za isparavanje) i pomaže da lišće i okolni vazduh ostanu hladniji (Taha i dr., 1988). Zelenilo doprinosi snižavanju temperature i regulaciji termalne nelagode i na taj način što se ponaša kao zaštita od sunčevih zraka (*prirodna zasena*), apsorbujući i reflektujući Sunčevu energiju. Na taj način vegetacija smanjuje količinu toplote koja se upija u gradske površine i sprečava da toplota ponovo uđe u atmosferu. U ruralnim sredinama, vegetacija može reflektovati oko 20-25% sunčevih zraka nazad u atmosferu. Koliko je ovaj efekat hlađenja efikasan zavisi od veličine listova, površine krošnje i gustine lišća biljaka - odnosno od tipa vegetacije koji je zastupljen na datoj lokaciji (Armson i dr., 2012; Santamouris, 2014). Dodatno, gušća vegetacija može povoljno uticati i na vetar u urbanim sredinama, te smanjiti njegovu brzinu (Gunawardena i dr., 2017).

Ulični drvoredi osim što doprinose snižavanju temperature vazduha povoljno utiču i na termalnu percepciju i lični doživljaj prilikom boravka na otvorenom, pokazala je studija Klemm i saradnika (2015) koji su ujedno skrenuli pažnju na važnost uključivanja *psihološkog aspekta* (subjektivnog doživljaja korisnika prostora) u proces urbanističkog planiranja. Milošević i dr. (2018) su pokazali da uvođenje određenog broja novih stabala u zone javnih, uličnih parkirališta (na primeru Novog Sada) može sniziti termalni stres i vrednosti indeksa UTCI za više od 3°C. Ako posmatramo hladniji, zimski deo godine, drvoredi predstavljaju jednu od najboljih prirodnih zaštita od vetra (Stošić-Mihajlović i dr., 2017). *Vertikalno zelenilo*, odnosno zeleni zidovi i vertikalne bašte, doprinosi unapređenju mikroklimatskih uslova i ublažavanju toplotnog stresa. Takođe, povoljno utiče na energetska efikasnost zgrada, smanjuje koncentraciju zagađujućih čestica u vazduhu i smanjuje nivo buke u urbanim sredinama (Elgizawy, 2016).

Zeleni krovovi poboljšavaju termalne performanse objekata, uz značajno smanjenje potrošnje energije koja se koristi za hlađenje objekta kroz doprinos toplotnoj izolaciji - time doprinose smanjenju GHG emisija. Zeleni krovovi se mogu koristiti i kao zvučna izolacija, imaju ulogu u regulaciji oticanja atmosferskih voda, ublažavaju letnje temperature, povoljno utiču na vizuelni identitet i povećavaju ekonomsku vrednost objekata (Mutani & Todeschi, 2021). Doprinos zelenih krovova u ublažavanju efekta UOT u lokalnom kontekstu, empirijski su istražili i potvrdili Lalošević i saradnici (2018), na primeru grada Beograda (četiri ispitivane lokacije na području GO Novi Beograd, GO Stari Grad, GO Vračar i GO Zemun). *Rešenja zasnovana na prirodi* podrazumevaju i korišćenje *prirodnih materijala u izgradnji*, kao i upotrebu *reflektujućih materijala i boja*, koji reflektuju sunčevo zračenje i apsorbuju manje toplote (Fernández i dr., 2015).

Kombinacijom prirodnih i reflektujućih materijala i zelenih rešenja (poput zelenih krovova i zelenih fasada) postižu se najbolji rezultati (Lalošević i dr., 2018).

Urbane bašte predstavljaju inovativan primer *rešenja zasnovana na prirodi* i pripadaju elementima *zelene infrastrukture*. Osim što predstavljaju prave male *mikroklimatske oaze* i ublažavaju efekat urbanog ostrva toplote, njihova značajna uloga ogleda se i u lokalnoj proizvodnji hrane, podrška su održivom urbanom razvoju i značajan su element socijalne kohezije (Cabral i dr., 2017). Urbane bašte mesta su okupljanja građana koji dele zajedničke ekološke i društvene vrednosti, jačaju kulturni identitet, povezuju članove lokalne zajednice kroz zajedničko delovanje, a imaju i edukativan karakter, te promovišu zdrav i održiv način života. U kontekstu Republike Srbije *urbane bašte* predstavljaju relativno nov koncept, ali su na području Zapadne Evrope primeri uspešnih *urbanih bašti* i *urbanih baštenskih zajednica* prisutni duže od dve decenije (Cabral i dr., 2017; Ribeiro i dr., 2023). Jedan od interesantnih primera, blizak našem kontekstu, nalazi se u susednoj Hrvatskoj, a to su *gradski vrtovi* ili urbane bašte kojih trenutno u Zagrebu ima 14, sa više od 2152 *vrtnih parcela* na površini od 23ha i sa više od 1860 aktivnih korisnika. Gradski vrtovi i vrtne parcele u okviru njih, predstavljaju obradivo zemljište u vlasništvu grada Zagreba koje se građanima/kama daje na korišćenje (na period od dve godine, uz mogućnost produžetka) sa ciljem proizvodnje lokalne hrane (najčešće povrća i jagodičastog voća), začinskog i lekovitog bilja i cveća. Osim što predstavljaju mesta proizvodnje lokalne i organske hrane, *gradski vrtovi* u Zagrebu su i mesta druženja i odmora, a često i lokacije održavanja različitih edukativnih događaja i radionica. Projekat "*Gradski vrtovi*" pokrenut je 2013.godine odlukom Gradonačelnika Grada Zagreba.



Slika br. 5: Gradski vrt - naselje Sesvete, Zagreb (Izvor: Sesvete danas, Borko Samec, 2020)

Zajedničko za sve navedene primere *rešenja zasnovanih na prirodi* jeste podrška očuvanju i zaštiti urbanog biodiverziteta, ekosistema, vrsta i staništa, doprinos regulaciji

mikroklimatskih uslova i poboljšavanju opšteg blagostanja i kvaliteta života u gradovima – što se izdvaja kao najveća prednost ovog koncepta.

Iako je i značaj koncepta NbS opšte prihvaćen na evropskom nivou (Bona i dr., 2023), a njegova uloga u globalnom odgovoru na klimatske promene potvrđena u okviru *konferencije COP 27* (UNFCCC), lokalne politike prostornog i urbanističkog planiranja u našoj zemlji i dalje ne prepoznaju u dovoljnoj meri pun potencijal rešenja zasnovanih na prirodi. Ipak, situacija se menja poslednjih godina, a ova tema svakako počinje da privlači pažnju kako stručne zajednice, tako i šire javnosti. Integracija rešenja zasnovanih na prirodi u strateško i urbanističko planiranje zahteva aktivno učešće širokog spektra učesnika (slično kao kod primera ekološkog indeksa), uključujući i privatni sektor, koji bi u konačnici NbS rešenja primenjivao prilikom projektovanja, izvođenja građevinskih radova i izgradnji objekata različitih namena.

Značajan doprinos u popularizaciji *rešenja zasnovanih na prirodi* u Srbiji dala je *Nacionalna asocijacija zelenih krovova* koja je osnovana 2018.godine, sa ciljem promocije zelene gradnje u okviru građevinske industrije, ali i promocije održivih i zelenih rešenja u građevinarstvu među širom populacijom. Asocijacija je deo *Evropske federacije zelenih krovova i zidova* (engl. European Federation of Green roofs & walls). U promociji i zagovaranju NbS koncepta i *prirodom-inspirisanih rešenja* u Srbiji i regionu poslednjih godina poseban doprinos dao je i *Centar za eksperimente i urbane studije* (CEUS), kroz saradnju sa predstavnicima naučnih i stručnih organizacija, predstavnicima relevantnih javnih institucija, kroz učešće u izradi planskih i strateških dokumenata, ali i kroz saradnju sa međunarodnim partnerima. Čepić, S. (2019) je u okviru svoje doktorske disertacije ispitivala društvenu i ekonomsku ulogu urbanih bašta, kao i mogućnosti za njihovo uspostavljanje na teritoriji Beograda. Neki od primera planiranih *rešenja zasnovanih na prirodi* u Beogradu predstavljeni su 2023.godine u *Katalogu regionalnih praksi* pripremljenog u okviru CLEVER Cities projekta (engl. CLEVER Regional Solutions Catalogue). Godine 2019., objavljena je studija *“Rešenja zasnovana na prirodi u Republici Srbiji”* koju je pripremila autorka Popovicki (2019). U studiji je istaknuto da NbS koncept još uvek predstavlja novitet u lokalnom kontekstu, te da rešenja zasnovana na prirodi nisu u dovoljnoj meri prisutni kao alat ili instrument u dokumentima javnih politika. Takođe, istaknuto je i da nije bilo lako mapirati konkretne primere NbS-a u Srbiji koji su uspešno implementirani. Autorke Simić, Vuković & Mitić-Radulović (2022) pripremile su *“Mali katalog prirodom-inspirisanih rešenja”* u okviru kod su identifikovani i predstavljeni neki od primera dobre prakse u Beogradu, koji imaju odlike NbS-a, a koji mogu predstavljati polaznu osnovu za dalju razradu pomenutog koncepta. Katalog sadrži konkretna uputstva i savete vezane za realizaciju različitih kompleksnih, ali i manje zahtevnih arhitektonskih i drugih rešenja zasnovanih na prirodi. Na kraju treba pomenuti i neformalne građanske inicijative poput *“Divljeg Beograda”* i eko platforme *“Plavo i zeleno”* koje iz ugla građanskog aktivizma pružaju podršku zagovaranju i implementaciji NbS koncepta u urbanim sredinama.

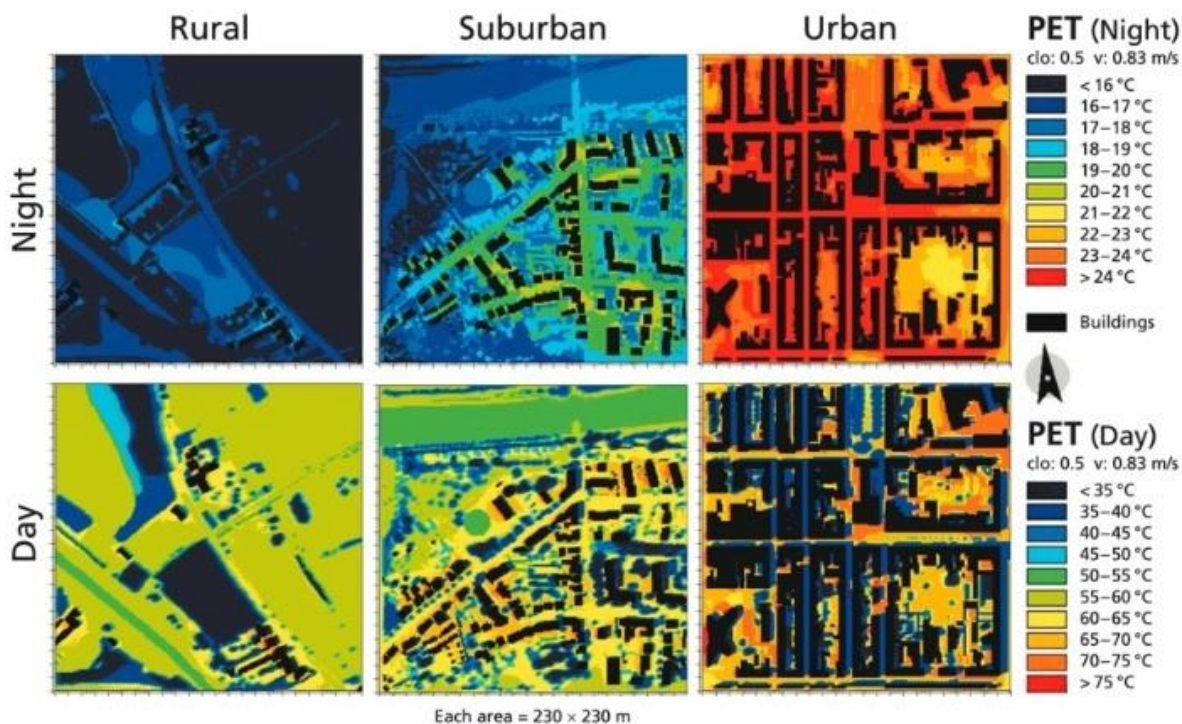
Unapređivanje metodologije izrade dokumenata prostornog i urbanističkog planiranja: način na koji se urbana (bio)klima, termalni komfor i zelena infrastruktura uključuju u strategije urbanog razvoja, posebno u onim zemljama i gradovima koji su pogođeni intenzivnom urbanizacijom, zahteva dodatno promatranje i veći stepen integracije kako bi se ublažili negativni efekti UOT i povećala otpornost na klimatske promene (Gunawardena i dr., 2017). Na samom početku doktorske disertacije, u okviru

polaznih hipoteza, konstatovano je sledeće: “*tematika i problematika urbane bioklime i mikroklime, spoljašnjeg termalnog komfora, fenomena urbanog ostrva toplote nije u dovoljnoj meri i na adekvatan način integrisana kada se pristupa planiranju, uređenju i upravljanju urbanim sredinama. Postojeća metodologija i praksa prostornog i urbanističkog planiranja zasniva se na standardnim metodama i stacionarnosti klime, u nedovoljnoj meri se razmatra spoljašnji termalni komfor i njegov uticaj na različite aspekte prostornog, ekološkog, ekonomskog i društvenog razvoja*”. Zbog toga neophodno je unaprediti metodologiju izrade planskih dokumenata i drugih dokumenata strateškog karaktera koji su od značaja za lokalni, regionalni i nacionalni razvoj) i kroz uvođenje savremenih alata i tehnika koji omogućavaju bolje razumevanje i predviđanje uticaja urbanog prostora na mikroklimatske uslove i termalni komfor (i obratno), ali i energetske efikasnost, javno zdravlje i dr.

Korišćenjem specifičnih softverskih alata, kao što su *ENVI-met*, *RayMan*, *Ladybug* (dodatak za softver *Rhino/Grasshopper*), *Bioklima* i njihovim kombinovanjem sa *GIS alatima* koji su već uveliko zastupljeni u geoprostornim analizama u domaćoj planerskoj zajednici, omogućava se precizno modelovanje i simulacija različitih scenarija, što kreira uslove za donošenje planskih rešenja koji će efikasnije odgovoriti na izazove klimatskih promena (Cetin i dr., 2019; Ho i dr., 2016; Lukić & Lukić, 2022; Lalošević i dr., 2018; Meng i dr., 2025; Milošević i dr., 2017; Nimac i dr., 2022; Savić i dr., 2020; Stredova i dr., 2015). Samim time, daje se dodatna podrška uspostavljanju *klimatski-svesnog* prostornog i urbanističkog planiranja, bioklimatskog urbanog dizajna i bioklimatske arhitekture.

Navedeni alati mogu biti korisni i prilikom uspostavljanja digitalne baze podataka i adekvatnih informacionih podloga potrebnih za planiranje razvoja zelene infrastrukture. Među njima se posebno izdvaja *ENVI-met* koji predstavlja jedan od vodećih softvera za modelovanje urbane klime. Ovaj softver se pokazao vrlo efikasnim u simulacijama mikroklimatskih uslova, analizama termalnog komfora i urbanih ostrva toplote širom sveta. Velika prednost softvera *ENVI-met* jeste mogućnost *3D simulacija*, koje su posebno značajne za projektovanje gradskih prostora i integraciju *rešenja zasnovanih na prirodi* sa ciljem ublažavanja posledica izmenjenih klimatskih uslova (Abdollahzadeh & Bilorja, 2021; Alves i dr., 2022; Forouzandeh, 2021; Lalošević i dr., 2018; Rui i dr., 2019).

Kombinovanjem *ENVI-met* softvera i bioklimatskih indeksa poput UTCI i PET, koji su pokazuju veću osetljivost kada ih poredimo sa ostalim indeksima (Charalampopoulos & Nouri, 2019), prostorni planeri, arhitekta, pejzažne arhitekta, inženjeri i drugi eksperti mogu dobiti detaljne uvide u to: i) kako različiti objekti i izgrađene površine, vegetacija ili vodene površine utiču na mikroklimu i termalnu udobnost; ii) mogu efikasno identifikovati lokacije i područja sa visokim termalnim stresom; iii) mogu odrediti optimalne lokacije “*zelenih zona*” u urbanim područjima ili lokacije na kojima je neophodno primeniti neko od *rešenja zasnovanih na prirodi* kako bi se ublažio efekat urbanog ostrva toplote.



Slika br. 6: STK na području grada Oberhauzena (Nemačka), mereno indeksom PET, modelovanje izvršeno korišćenjem softvera ENVI-met (izvor: Kuttler, W., 2012)

Primena *GIS alata* i specifičnih softvera pogodnih za bioklimatske analize i simulacije doprinosi izradi prostornih i urbanističkih planova i kroz njihovu veću *interaktivnost* i *bogatiji vizuelni sadržaj* koji ne samo da poboljšava kvalitet sprovedenih naučnih i stručnih analiza, već doprinosi boljoj i efikasnijoj komunikaciji rešenja i odluka kako među samim stručnjacima, tako i prema široj javnosti. Na taj način, sam proces planiranja postaje inkluzivniji, ohrabruje se kolaborativan pristup, doprinosi se boljem razumevanju planskih rešenja kroz različite tematske karte i grafičke priloge, vizuelne prikaze simulacija, *bioklimatske razglednice*, karte urbanih ostrva toplote, karte temperatura površine tla i dr. Ova mera nadovezuje se na meru „*Uspostavljanje monitoringa mikroklimatskih i bioklimatskih uslova u urbanim sredinama*” jer su podaci prikupljeni putem monitoringa mikroklimatskih i bioklimatskih uslova jedni od osnovnih ulaznih podataka neophodnih za rad u navedenim softverskim alatima.

Unapređivanje metodologije izrade dokumenata prostornog i urbanističkog planiranja mora pratiti i jačanje kadrovskih i stručnih kapaciteta, podrška stručnom usavršavanju i sticanju novih veština i znanja zaposlenih u institucijama i javnim preduzećima u čijoj se nadležnosti nalaze poslovi vezani za prostorno i urbanističkog planiranje, planiranje razvoja zelene infrastrukture, kao i poslovi povezani sa donošenjem konkretnih mera i akcija za prilagođavanje i ublažavanje klimatskim promenama. U ovom procesu poseban doprinos mogu dati naučno-istraživačke organizacije (fakulteti, instituti i inovacioni centri), strukovna udruženja i organizacije civilnog društva, koji u saradnji sa nadležnim lokalnim i nacionalnim institucijama mogu kreirati različite programe obuke, kako bi se iskustva međunarodne i domaće naučne zajednice prenela zaposlenima u različitim sektorima, i time podigli stručni i kadrovski kapaciteti.

Uspostavljanje ko-kreacijskog procesa, transparentnijeg planiranja i donošenja odluka i podizanje svesti javnosti o važnosti klimatski-svesnog planiranja: ova mera je možda jedna od najsloženijih i najsveobuhvatnijih mera koje su do sada

predstavljene, čija realizacija zahteva pažljivo planiranje, širok društveni dijalog i u čije sprovođenje treba uključiti daleko veći broj aktera. Svest domaće javnosti o klimatskim izazovima i posledicama koje one imaju na urbane sredine, samim tim zdravlje i bezbednost građana, kao i svest o posledicama neodrživog urbanog razvoja, raste. Građani sve češće iskazuju potrebu da se aktivnije uključe u proces planiranja i donošenja odluka, naročito u lokalim sredinama. Građani su takođe ti koji najbolje poznaju prostor u kom žive i rade, te mogu dati značajan doprinos u identifikaciji ključnih problema i nedostataka. Ali da bi građani i građanke zaista mogli da ostvare svoje *pravo* da učestvuju u upravljanju zajednicom (Lukić, 2022), građanska participacija ne može biti samo formalna (što je trenutno najčešće i slučaj), već mora biti i suštinska. *Strategija održivog urbanog razvoja Republike Srbije do 2030.godine* ("Sl. glasnik RS", br. 47/2019) ukazuje na jedno od osnovnih sistemskih ograničenja – građanska participacija u Srbiji je svedena na formalni nivo, odnosno "*svedena je na pružanje legitimiteta za donošenje planskih odluka*". Kolaborativna praksa često izostaje, a ravnopravan i transparentan pristup različitim interesima i grupama je upitan. Zbog toga, neophodno je prisupiti sistemskim promenama koje će zaista obezbediti pravične i transparentne uslove za uspostavljanje *ko-kreacijskog procesa* u kome će građani imati status ravnopravnog učesnika.

Učešće javnosti u procesu planiranja predviđeno je *Zakonom o planiranju i izgradnji* u okviru *Načela za planiranje, uređenje i korišćenje prostora* (Član 3), a tok procesa uključivanja javnosti definisan je Članom 45a *Rani javni uvid* i Članom 50 *Javni uvid*, koji definišu način njihovog oglašavanja, sprovođenja, trajanja i obezbeđivanja sredstava potrebnih za obavljanje ranog javnog uvida, odnosno javnog uvida planskog dokumenta. Međutim, postoji daleko efikasniji mehanizmi, osim pomenutih koje predstavljaju minimume građanske participacije propisane Zakonom. Naravno neophodno je zadržati dva pomenuta mehanizma uključivanja javnosti, koje je potrebno dopuniti, proširiti i drugim oblicima učešća građana poput različitih fokus grupa, intervju a i anketnih istraživanja, panela, tribina, otvorenih diskusija i okruglih stolova, većeg broja javnih prezentacija planskih dokumenata i dr. Takođe, potrebno je osavremeniti način oglašavanja i prilagoditi se savremenim komunikacijskim modelima kako bi informacije stigle do što većeg broja zainteresovanih građana. Iskustva autorke disertacije (i drugih eksperata/kinja i ekspertske grupe koji su zajedno predstavljeni u radu Lukić, 2022) pokazuju da su materijali koji se izlažu na uvid javnosti često preobimni i nerazumljivi široj populaciji, što demotiviše deo građana/ki, čak i ukoliko su zainteresovani, da daju svoj doprinos planskom procesu. Ovo može biti prevenirano, ukoliko se paralelno sa osnovnim materijalom, pripremi i izloži i tzv. *pojednostavljena verzija* materijala koja je prilagođena široj javnosti, uz zadržavanje svih onih elemenata plana koji su neophodni za jasno razumevanje predloženih planskih rešenja.

Što se tiče podizanja svesti javnosti, veliku ulogu imaju *obrazovni sistem* i *mediji* - odnosno način na koji oni izveštavaju o temama poput klimatskih promena, urbanih ostrva toplote, klimatskih izazova u urbanim sredinama i važnosti zelenih površina u gradovima. O uzrocima i posledicama klimatskih promena se sve češće govori i piše, ali način na koji domaći mediji izveštavaju u većini slučajeva o ovim temama ili je jednodimenzionalan ili se bira senzacionalistički pristup.

Jedan od najsvetlijih primera *medijskog izveštavanja o klimatskim promenama* u Srbiji jeste portal "*Klima 101*". Portal "*Klima 101*" je prepoznatljiv po tome što spaja naučno utemeljene informacije sa jasnim i jednostavnim načinom izražavanja, zahvaljujući

čemu i složene teme poput ekološke i klimatske krize postaju lako razumljive i bliske širokom krugu ljudi. Aktivnosti koje sprovodi tim okupljen oko "Klima 101" doprinose razvijanju ekološke svesti, pozivaju na učešće u aktivnoj borbi sa klimatskim promenama i povezuju organizacije, medije, akademski sektor, građane i institucije. Ono što je pohvalno je nedavno započet projekat "*Prve škole klimatskog novinarstva u Srbiji*". Škola je deo obrazovnog pilot programa "*Hell of a story*" u kom učestvuje grupa iskusnih novinara/ki i vodećih klimatskih naučnika/ca iz Srbije sa ciljem edukacije "*nove generacije mladih novinara/ki*" koji će posedovati potrebna znanja, veštine i alate za adekvatno izveštavanje o klimatskim temama. Ovakvi projekti su od izuzetnog značaja, s obzirom da način medijskog izveštavanja o nekoj temi u velikoj meri može uticati na širu populaciju. Osim portala "Klima 101", kao dobre primere izveštavanja o klimatskim promenama i srodnim temama povezanim sa održivim prostornim razvojem i zaštitom životne sredine, treba pomenuti medije i platforme poput *Balkan Green Energy News*, *Energetski portal*, *Mašina.rs* i dr.

Ukoliko se osvrnemo na postojeće stanje u obrazovnom sistemu, možemo zaključiti da ove teme, iako globalno vodeće, nisu dovoljno zastupljene u nacionalnim obrazovnim sistemima. Leščešen (2024) ukazuje da nastavnim planom i programom koji izdaje *Zavod za unapređenje obrazovanja i vaspitanja* (ZUOV), u okviru predmeta *geografija* od V do VIII razreda osnovne škole, predviđena samo jedna lekcija posvećena klimatskim promenama, od ukupno 134 lekcije. Sa druge strane, istraživanje autora Leščešen i dr. (2024) pokazalo je da čak 96.6% ispitanih učenika i učenica osnovnih škola svesno klimatskih promena, ali da se njihovo znanje i stavovi znatno razlikuju, što je posledica različitih izvora informisanja (dominiraju škola, televizija i internet), kvaliteta, pouzdanosti i tačnosti informacija koje stižu do njih itd... Istraživanjem je istaknuta potreba za sveobuhvatnim, multidisciplinarnim obrazovanjem o klimi i klimatskim promenama u obrazovnom sistemu, počevši od najranijih uzrasta. Kada govorimo o edukaciji odraslih, potrebno je redovno sprovoditi lokalne i nacionalne kampanje, radionice, različite događaje i manifestacije koje promovišu navedene teme i koje pružaju priliku građanima da stiču ona znanja i veštine koje će moći da primene svakodnevno, prilikom obavljanja različitih dnevnih aktivnosti. Na taj način gradimo društvo aktivnih građana, društvo u kom građani nisu samo nemi posmatrači, već ravnopravni učesnici u procesu prilagođavanja izmenjenim klimatskim uslovima.

ZAKLJUČAK

Osnovni cilj doktorske disertacije jeste predstavljanje *spoljašnjeg termalnog komfora* (STK) kao jednog od *instrumenata i indikatora klimatski svesnog urbanog planiranja*. Integracijom STK u praksu prostornog, a naročito urbanističkog planiranja u Srbiji može se značajno doprineti unapređenju postojeće metodologije, ali pruža se i podrška razvoju novog koncepta koji je ovom prilikom definisan kao *klimatski svesno planiranje*.

Jedno od prvih pitanja koje je postavljeno u samom uvodu disertacije jeste na koji način klimatske promene kao globalni fenomen utiču na mikroklimu gradova i zašto je pitanje mikroklimе uopšte značajno u kontekstu planiranja održivog urbanog razvoja? Jedno od glavnih obeležja mikroklimе centralnog gradskog područja Beograda (u kontekstu izmenjenih klimatskih uslova) je nepovoljan *spoljašnji termalni komfor* i *toplotni stres* koji je posebno prisutan tokom letnjih meseci, uz izražen efekat *urbanog ostrva toplote* (UOT). Nepovoljan termalni komfor na otvorenom i UOT ne predstavljaju samo klimatske izazove, već su i bezbednosno pitanje, faktor ugrožavanja javnog zdravlja, s obzirom da su isti prepoznati kao uzročnici različitih zdravstvenih rizika. Osim ekoloških i zdravstvenih manifestacija, nepovoljan spoljašnji termalni komfor povezan je i sa urbanizacijom i socio-ekonomskim razvojem, otežava efikasno upravljanje gradom, povećava operativne troškove održavanja objekata, infrastrukture i zelenih površina, opterećuje budžet većim izdvajanjima za zdravstvenu zaštitu i dr. Samim tim, prostorno i urbanističko planiranje se danas ne može više svoditi na *način korišćenja zemljišta* i *“određivanje zona i lokacija”* za različite aktivnosti u prostoru (gde ćemo planirati industrijski kompleks, a gde ćemo “smestiti” stambenu zonu), već je neophodno da ono bude *klimatski-svesno*, tj. zasnovano na integralnom pristupu prostornom razvoju koji podrazumeva širok spektar aktivnosti i mera usmerenih ka ublažavanju posledica klimatskih promena.

U uvodnom delu disertacije predstavljeni su najznačajniji pojmovi na kojima počiva istraživanje: *spoljašnji termalni komfor*, *urbano ostrvo toplote*, *klimatske promene*, *urbana mikroklima* i *klimatski svesno planiranje*. Zatim su opisani predmet, polazne hipoteze, ciljevi i zadaci istraživanja, kao i naučni doprinos, opravdanost i praktična primena rezultata. Potom je kroz poglavlje *“Teorijski okvir istraživanja”* dat je prikaz nekih od najznačajnijih i najcitiranijih bioklimatskih studija i istraživanja termalnog komfora u svetu i Evropi, kao i rezultati naučnih istraživanja koja su sprovedena na teritoriji zemalja Zapadnog Balkana. Posebno su izdvojene naučne studije koje su obuhvatale prostor Republike Srbije (sa akcentom na urbane sredine), ali prikazani su i rezultati naučnih istraživanja iz domena urbane (bio)klimatologije sa prostora Hrvatske, Slovenije, Crne Gore, Bosne i Hercegovine, Albanije i Severne Makedonije. Ovo poglavlje značajno je sa aspekta sintetizovanja dosadašnjih naučnih saznanja, kao i dobijanja sveobuhvatnog uvida u metode, rezultate i trendove naučnog rada u lokalnom, regionalnom i međunarodnom kontekstu.

U narednom poglavlju predstavljena su *“Dokumenta javnih politika”* na međunarodnom, nacionalnom i lokalnom nivou iz oblasti klimatskih promena, održivog urbanog razvoja i planiranja zelene infrastrukture, a koja su mapirana kao posebno značajna za tematiku disertacije. Četvrto poglavlje bavilo se *“Dokumentima razvojnog planiranja”* relevantnim za područje grada Beograda, a koja svojim sadržajem obrađuju i oblasti klimatskih promena, urbane klime, kao i zelene infrastrukture. U petom poglavlju kratko su prikazane osnovne geoprostorne i socio-ekonomske karakteristike istraživanog

područja. Poseban osvrt dat je na način korišćenja zemljišta na teritoriji grada Beograda, s obzirom da se isti često razmatra u kontekstu prilagođavanja na izmenjene klimatske uslove, izgradnje lokalne klimatske otpornosti i održivog razvoja.

Jedno od ključnih poglavlja doktorske disertacije bilo je posvećeno analizi spoljašnjeg termalnog komfora gradskog naselja Beograd tokom perioda od 30 godina (1991-2020.godina). Ovaj vremenski okvir istraživanja izabran je iz razloga što se u klimatologiji period od 30 godina definiše kao *referentni klimatološki period* jer pruža dovoljno dug vremenski raspon koji je potreban kako bismo dobili pouzdan uvid u klimatske trendove na određenom području. U analizi korišćeno je 7 bioklimatskih indeksa: UTCI, Humidex, WBGT, HL, PhS, STI i PST. Na osnovu izračunatih dnevnih vrednosti bioklimatskih indeksa određeni su trendovi na mesečnom, sezonskom i godišnjem nivou.

Rezultati bioklimatske analize ukazuju na *porast vrednosti toplotnog stresa* u Beogradu tokom tridesetogodišnjeg perioda. Kod svih posmatranih indeksa i subindeksa registrovan je rast srednjih godišnjih vrednosti. Pozitivni trendovi uočeni su i na sezonskom nivou (proleće, leto, jesen, zima) i mesečnom nivou. Najveća odstupanja od tridesetogodišnjeg proseka zabeležena su tokom *letnjih* i *jesenjih* meseci. Leto je ocenjeno kao bioklimatski najmanje povoljan deo godine, a proleće kao najpovoljnije. Jeseni postaju sve toplije, kako raste broj dana u "*višim kategorijama termalnog stresa*" i broj dana u kategorijama "*toplog*" naprezanja. Najsporije promene u pogledu termalnog komfora na otvorenom tokom analiziranog perioda odvijale su se tokom *zime*. Ipak promene su prisutne, a zime blaže. Rast srednjih minimalnih, srednjih terminskih (07h, 14h i 21h), srednjih dnevnih i srednjih maksimalnih vrednosti temperatura i vrednosti posmatranih bioklimatskih indeksa, posebno tokom letnjih meseci, ukazuje na nekoliko važnih klimatskih, ekoloških i socijalnih pojava koje se moraju uzeti u procesu urbanog planiranja:

- Porast minimalnih (min) i večernjih (21h) vrednosti temperatura vazduha i bioklimatskih indeksa jedan je od najpouzdanijih indikatora klimatskih promena (zato se u klimatologiji osim *tropskih dana* prate i *tropske noći*).
- Više temperature i viši stepen termalnog diskomforta tokom noći smanjuju otpornost i sposobnost organizma da se "*odmori*" i "*oporavi*" od termalnog opterećenja koje "*doživljava*" tokom dana. To doprinosi pojavi zdravstvenih rizika, kojima su posebno izložena deca, stariji, hronični bolesnici, žene, sportisti, radnici na otvorenom, osobe u socijalno ugroženim i marginalizovanim grupama.
- Pritisak na energetska mrežu kroz povećanu potražnju za energijom koja je potrebna za hlađenje prostorija. Veća potrošnja energije (koja se u Srbiji pretežno dobija iz fosilnih goriva) neminovno vodi ka većoj emisiji CO₂, što potom vodi produbljivanju klimatske i ekološke krize, usporavanju procesa adaptacije i mitigacije na klimatske promene.
- Pojačavanje efekta urbanog ostrva toplote, posebno u visoko urbanizovanim i zelenilom deficitarnim gradskim zonama.
- Negativan uticaj na biljni i životinjski svet, urbani biodiverzitet i ekosisteme, te vodne resurse, kao i poljoprivredne aktivnosti.
- Produbljivanje socijalnih nejednakosti – predstavlja poseban izazov u urbanom planiranju kom se u ovom trenutku ne pridaje dovoljan značaj. Klimatske promene ne pogađaju jednako bogate (privilegovane) i siromašne (deprivilegovane). Nepovoljan termalni komfor i visoke temperature tokom letnjih meseci, u periodima

intenzivnih toplotnih talasa i ekstremnih vremenskih prilika teže pogađaju siromašne i marginalizovane građane. Siromaštvo, nedostupnost ili otežan pristup komunalnim uslugama i infrastrukturi, lošiji kvalitet stanovanja, objekti koji nisu energetske efikasni, ili čak i ne ispunjavaju osnovne preduslove za dostojanstveno stanovanje (ne smemo zaboraviti ni osobe u situaciji beskućništva koji se nalaze u najtežem položaju), u kojima ne postoji mogućnost za klimatizaciju (hlađenje) unutrašnjih prostorija i energetska siromaštvo utiču na produbljivanje nejednakosti i ranjivosti onih najsiromašnijih. Osim uticaja na zdravlje, nepovoljan termalni komfor direktno utiče i na kvalitet života i radne sposobnosti. Takvo okruženje postaje “*toplotni zatvor za siromašne*” iz koga oni koji su najugroženiji ne mogu da “pobegnu”.

Zbog toga, jasno je da klimatski svesno urbano planiranje mora biti: *klimatski osetljivo, ekološki osetljivo i socijalno osetljivo*.

Poseban doprinos disertacije ogleda se i u analizi uloge zelenih površina u regulaciji STK i ublažavanju efekta UOT u urbanim sredinama, koja je bila zasnovana na konkretnim primerima. U tom kontekstu, važno je još jednom pomenuti *in-situ* istraživanje mikrometeoroloških i bioklimatskih uslova na 5 odabranih lokacija u Beogradu, koje je sprovedeno tokom leta 2021.godine, a u kom je učestvovala i autorka ovog rada. Tom prilikom ispitivali smo spoljašnji termalni komfor u Beogradu, a merenja su vršena na lokacijama: Obilićev venac, ulica Đure Jakšića, Košutnjak, Akademski park, Studentski trg i Institut za biološka istraživanja “Siniša Stanković”. Izabrane lokacije predstavljaju različite tipove urbanog okruženja (centralna gradska zona, gusto izgrađeno područje, stambeno-komercijalna zona, gradski park i gradska šuma). Rezultati su pokazali da vegetacija ima značajan uticaj na urbano “hlađenje”, odnosno da je razlika u temperaturi vazduha kada se porede vrednosti izmerene u izgrađenom prostoru i onom gde dominiraju zelene površine iznosila više od 7°C, a kada uzmu u obzir zabeležene vrednosti indeksa termalnog komfora, te razlike su bile još veće – čak preko 10°C. Zbog toga smo ukazali na neophodnost bioklimatskih studija prilikom izrade urbanističkih planova, kako bi se definisala planska rešenja koja će u najmanjoj meri opteretiti termalni komfor na predmetnoj lokaciji, ili još bolje – koja će ublažiti termalnu nelagodu.

Pored analize i ocene spoljašnjeg termalnog komfora gradskog naselja Beograd primenom odabranih bioklimatskih indeksa, poseban doprinos disertacije ogleda se i u definisanju konkretnih mera za unapređenje termalnog komfora na otvorenom, poput:

- unapređenja pravnog okvira koji će uređivati oblast zelene infrastrukture,
- implementacije usvojenih planskih i strateških dokumenata,
- integracije koncepta klimatski-svesnog planiranja u prostorno i urbanističko planiranje,
- integracije ekosistemskih usluga zelene infrastrukture odnosno servisa ekosistema u planiranje i upravljanje urbanim razvojem,
- uspostavljanja monitoringa mikroklimatskih i bioklimatskih uslova u urbanim sredinama,
- uvođenja Ekološkog indeksa (EI) u strateško i urbanističko planiranje kao mere adaptacije gradova na klimatske promene,
- integracije rešenja zasnovanih na prirodi (NbS) u okviru objekata i parcela različitih namena.

- unapređivanja metodologije izrade dokumenata prostornog i urbanističkog planiranja,
- uspostavljanja ko-kreacijskog procesa, transparentnijeg planiranja i donošenja odluka i podizanje svesti javnosti o važnosti klimatski-svesnog planiranja.

Jedan od dodatnih ishoda ovog istraživanja jeste i *“Predlog lokacija za uspostavljanje mreže osmatranja spoljašnjeg termalnog komfora u Beogradu”*. Predložene lokacije određene su u okviru pet različitih zona i to:

- visoko urbanizovana zona,
- zona gradskih zelenih površina,
- zona mešovite namene (stambeno-komercijalna zona),
- zona u blizini vodenih površina,
- zona zdravstvene nege i zaštite.

Svaka od ovih prostornih celina odlikuje se određenim specifičnostim zbog kojih je potrebno uspostaviti sistem monitoringa spoljašnjeg termalnog komfora. Predložene lokacije i zone podložne su daljoj razradi i izmenama, u skladu sa budućim istraživanjima.

Važno je naglasiti i da su rezultatima istraživanja potvrđene su polazne hipoteze:

- Dokumentima prostornog i urbanističkog planiranja u Republici Srbiji tematika i problematika urbane bioklime i mikroklime, spoljašnjeg termalnog komfora, fenomena urbanog ostrva toplote nije u dovoljnoj meri i na adekvatan način integrisana kada se pristupa planiranju, uređenju i upravljanju urbanim sredinama.
- Postojeća metodologija i praksa prostornog i urbanističkog planiranja zasniva se na standardnim metodama i stacionarnosti klime, u nedovoljnoj meri se razmatra spoljašnji termalni komfor i njegov uticaj na različite aspekte prostornog, ekološkog, ekonomskog i društvenog razvoja.
- Analiza spoljašnjeg termalnog komfora daje nove uvide i mogućnosti za bolje razumevanje urbane bioklime i mikroklime kroz aplikativne rezultate koji imaju praktičnu primenu u kreiranju dokumenata razvojnog planiranja i dokumenata javnih politika. To znači da takva istraživanja mogu doprineti unapređenju metodologije prostornog i urbanističkog planiranja u Republici Srbiji.
- Unapređenjem spoljašnjeg termalnog komfora može se značajno unaprediti kvalitet života u urbanim sredinama.
- Spoljašnji termalni komfor može biti korišćen kao jedan od instrumenata i indikatora klimatski svesnog i održivog urbanog planiranja.

Rezultati i ishodi ove doktorske disertacije mogu poslužiti kao polazna osnova u *oblikovanju klimatski-svesnih politika urbanog razvoja u Republici Srbiji*. Istraživanje je pružilo aplikativne rezultate i preporuke koji mogu unaprediti metodologiju izrade dokumenata prostornog i urbanističkog planiranja, kao i drugih sektorskih dokumenata poput strategija i programa, naročito u oblasti prilagođavanja klimatskim promenama, ozelenjavanja gradova, podizanja otpornosti urbanih sredina i javnog zdravlja. Rad se temelji na integralnom pristupu, koristeći savremene koncepte održivog prostornog razvoja i naučno potvrđene prakse. Osim akademskoj zajednici, rezultati doktorske disertacije stavljaju se na raspolaganje svim zainteresovanim grupama, uključujući širu javnost, strukovna udruženja, organizacije civilnog društva, državne organe i lokalne

samouprave, kao i političkim organizacijama koje se u okviru svojih programa bave i političkom ekologijom. Takođe, nalazi istraživanja mogu se koristiti prilikom rešavanja konkretnih problema u različitim sferama socijalnog, ekološkog, prostornog i ekonomskog razvoja društva, što je bio i jedan od glavnih motiva prilikom odabira teme disertacije.

Buduća istraživanja u ovoj oblasti autorka će usmeriti u pravcu:

- Zagovaranja važnosti uspostavljanja redovnog monitoringa bioklimatskih uslova u različitim delovima grada Beograda, kako bi se formirala adekvatna baza podataka koja bi bila na raspolaganju naučnoj i stručnoj zajednici.
- Realizacije dodatnih *in-situ* mikrometeoroloških merenja na različitim lokacijama u Beogradu, tokom različitih meseci u godini, kako bi se stekao bolji uvid u prostornu i vremensku varijabilnost spoljašnjeg termalnog komfora.
- Kombinovanja ENVI-met softvera, GIS alata i odabranih bioklimatskih indeksa (UTCI & PET) sa ciljem identifikacije zona koje su najviše pogođene nepovoljnim bioklimatskim uslovima, kako bi se za iste predložile optimalne lokacije za uvođenje novih elemenata zelene infrastrukture i različitih vidova rešenja zasnovanih na prirodi.

Navedene aktivnosti nadomestiće jedno od osnovnih ograničenja ovog istraživanja - to što je zasnovano na meteorološkim podacima koji su prikupljeni na jednoj meteorološkoj stanici (Beograd-Opervatorija). Samim tim u okviru ove disertacije predstavljena je opšta bioklimatska slika gradskog naselja Beograd, odnosno nije sprovedena analiza prostorne distribucije STK u okviru granica istraživanih područja.

Na kraju, iako je jasno da se globalni i lokalni klimatski trendovi menjaju, te da su izmenjeni klimatski uslovi realnost, a izgradnja klimatske otpornosti urbanih sredina neophodnost i neminovnost, ovo istraživanje treba zaključiti sa dozom optimizma. Prednost Beograda je to što postoji većina potrebnih preduslova za uspostavljanje *klimatski svesnog planiranja* koje će omogućiti dostizanje onoga što je definisano kao jedan od osnovnih ciljeva i vizija dokumenata javnih politika i razvojnog planiranja: *Beograd zeleni grad, Beograd klimatski otporan grad, Beograd klimatski neutralan grad, Beograd pametan grad*. Ti preduslovi se odnose na postojanje zainteresovane stručne i šire javnosti, naučne zajednice i organizacija civilnog društva, na postojanje institucionalnih i tehničkih kapaciteta (koje je potrebno unaprediti) i mogućnosti za umrežavanje i povezivanje kroz različite međunarodne projekte i programe podrške sa ciljem distribucije i razmene znanja i veština.

Dalje, prednost grada Beograda u regulaciji nepovoljnog termalnog komfora jesu i realni potencijali za bolje povezivanje zelenih i plavih koridora u urbanom prostoru, odnosno elemenata zelene i plave infrastrukture koji se uzajamno dopunjavaju, nudeći brojne prednosti i usluge ekosistema, uključujući i *sinergijsko hlađenje*. Sistemski pristup proučavanju uloge zelene i plave infrastrukture u politikama urbanog razvoja pruža mogućnost planerima, urbanistima, arhitektama i drugim ekspertima, kao i donosiocima odluka da odaberu adekvatan model urbanog razvoja koji će obezbediti maksimalne efekte na urbanu mikroklimu, ublažavanje efekta UOT i termalne nelagode, te jačanje lokalne otpornosti na klimatske promene, koji će zaštititi i poboljšati javno zdravlje i dobrobit građana i koji će optimizovati korišćenje ekosistemskih usluga.

BIBLIOGRAFIJA I IZVORI

- 1) Анђелковић, Г. (2002). *Утицај антропогенних извора топлоте на климу Београда*. Магистарски рад. Београд: Универзитет у Београду - Географски факултет.
- 2) Анђелковић, Г. (2003). *Основне карактеристике београдског острва топлоте*. Гласник Српског Географског друштва, свеска LXXXIII, бр.1, стр. 15-30.
- 3) Анђелковић, Г. (2009). *Екстремне климатске појаве у Србији*. Докторска дисертација. Београд: Универзитет у Београду - Географски факултет.
- 4) Булат, П. (2024). *Могући утицаји климатских промена на здравље запослених*. Књига сажетака са округлог стола „Критична питања Републике Србије у условима климатских промена. Београд: САНУ.
- 5) Група аутора (1988). *Утицај времена на здравље људи – Студија Градског завода за хитну и медицинску помоћ Београд и Републичког хидрометеоролошког завода СР Србије (уредник Дончев, Н.)*. Београд: Научна књига.
- 6) Душков, Љ. (2024). *Развој интегралног приступа планирања простора као адаптација на климатске промене у Србији*. Докторска дисертација. Београд: Универзитет у Београду – Географски факултет.
- 7) Ђорђевић, Д., Дабовић, Т. (2009). *Основе просторног планирања*. Београд: Универзитет у Београду – Географски факултет.
- 8) Ђурић, Д. (2021). *Утицај урбанизације града Бијељина на термални комфор становништва*. Зборник радова Грађевинског факултета, 39, стр. 45-53.
- 9) Иванишевић, М., Савић, С., Трбић, Г., Слишко, Д. (2024). *Анализа урбаног острва топлоте помоћу продуката даљинске детекције – студија случаја Град Бања Лука*. Зборник радова VI Конгреса географа Србије са међународним учешћем „Куда иде географија“, стр. 151-160. ISBN 978-86-6283-154-5
- 10) Љешевић, М. (2009). *Урбана екологија*. Београд: Универзитет Сингидунум – Факултет за примењену екологију Футура, НВО Екоризик Београд.
- 11) Љешевић, М. (2010). *Животна средина – теорија и методологија истраживања*. Београд: Универзитет Сингидунум – Факултет за примењену екологију Футура, НВО Екоризик Београд.
- 12) Милошевић, Д. (2018). *Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу аутоматизованог модела и биоклиматских анализа*. Докторска дисертација. Нови Сад: Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департман за географију, туризам и хотелијерство.
- 13) Михајловић, Ј. (2018). *Примена савремених класификација климата на климатску регионализацију Србије*. Докторска дисертација. Београд: Универзитет у Београду – Географски факултет.
- 14) Обрадовић-Арсич, Д., Гледовић, З. (2012). *Медицинска географија*. Београд: Универзитет у Београду – Географски факултет.
- 15) Обрадовић-Арсич, Д. (2014). *Медицинско-географски фактори у планирању и заштити простора*. Београд: Универзитет у Београду – Географски факултет.
- 16) Павловић, М. (2019). *Географске регије Србије 1 – Панонска макрорегија*. Београд: Универзитет у Београду – Географски факултет.
- 17) Павловић, М. (2020). *Географија Србије 1*. Београд: Универзитет у Београду – Географски факултет.

- 18) Пауновић, Е. (2024). *Утицај климатских промена на здравље кроз перспективу утицаја из животне средине*. Књига сажетака са округлог стола „Критична питања Републике Србије у условима климатских промена. Београд: САНУ.
- 19) Пецељ, Р.М., Милинчић, М., Пецељ, М.М. (2007). *Биоклиматска и еоклиматска истраживања – правци развоја*. Гласник српског географског друштва, свеска LXXXVII, бр. 2, стр. 199-210.
- 20) Пецељ, М., Пецељ Ј., Пецељ, М.Р. (2012). *Биоклиматски индекс топлотно оптерећење (НЛ) у функцији здравственог туризма на примеру Златибора и Београда*. Зборник са међународног научног скупа „Проблеми и изазови савремене географске науке, Копаоник. Београд: Универзитет у Београду – Географски факултет, стр. 621-626.
- 21) Пецељ, Р. М., Пецељ-Пурковић, Ј., Пецељ, М.М. (2015). *Геокологија*. Београд: Универзитет у Београду – Географски факултет.
- 22) Пецељ, М. (2024). *SMART-MOBILE-BIOMETEOS мобилна биометеоролошка станица за праћење топлотног стреса у реалном времену*. Зборник радова VI Конгреса географа Србије са међународним учешћем „Куда иде географија“, стр. 161-166. ISBN 978-86-6283-154-5
- 23) Попов, Т. (2017). *Утицај савремених климатских колебања и потенцијалних промјена климе на фитогеографска обиљежја Републике Српске*. Докторска дисертација. Београд: Универзитет у Београду – Географски факултет.
- 24) Попов, Т., Ђато, С., Трбић, Г. (2017). *Трендови индекса екстремних температура у Босни и Херцеговини – Примјер Мостара*. HERALD, Географско друштво Републике Српске, стр. 107-132. DOI:10.7251/HER2117107P
- 25) Стојићевић, Г. (2016). *Биоклиматска слика Западне Србије у функцији туризма*. Докторска дисертација. Нови Сад: Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департман за географију, туризам и хотелијерство.
- 26) Тошић, Д. (2012). *Принципи регионализације*. Београд: Универзитет у Београду – Географски факултет.
- 27) Филиповић, Д., Ђурђић, С. (2008). *Еколошке основе просторног планирања*. Практикум. Београд: Универзитет у Београду – Географски факултет.
- 28) Филиповић, Д., Миловановић, М. (2017). *Информациони системи у планирању и заштити простора*. Београд: Универзитет у Београду – Географски факултет.
- 29) Филиповић, Д., Душков, Љ. (2023). *Стратешки и плански документи као одговор на адаптацију на климатске промјене*. У: Трбић Г, Попов Т, Мирјанић Д (уредници) *Управљање природним ресурсима у ери климатских промјена*. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија LIV, стр. 333–367.
- 30) Шећеров, В., Филиповић, Д. (2010). *Искуства и проблеми у имплементацији просторних планова општина*. Гласник српског географског друштва, 1, стр. 197-214.
- 31) Шећеров, В. (2012). *Стратешко планирање града*. Београд: Универзитет у Београду – Географски факултет, Асоцијација просторних планера Србије.
- 32) Bajšanski, I. (2016). *Algoritam za poboljšanje termalnog komfora u urbanoj sredini*. Doktorska disertacija. Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Departman za arhitekturu.
- 33) Belić, B., Cincović, M. (2020). *Metode naučnog rada*. Univerzitetski udžbenik. Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.

- 34) Bešlić, Ž., Kožul, M., Šaravanja, R., Jović, A., Krndelj, N., Pejaković, T., Šiljak, M., Mudronja, K. (2024). *Zagreb u brojkama 2024*. Zagreb: Grad Zagreb, Gradski ured za gospodarstvo, ekološku održivost i strategijsko planiranje.
- 35) Čepić, S. (2022). *Socio-ekonomski značaj urbanih bašta i mogućnosti integracije u sistem zelenih površina Beograda*. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu – Šumarski fakultet.
- 36) Đukić, A., Đekić, J., Mitković, P. (2017). *Termalni komfor na gradskom trgu građenom u drugoj polovini 20.veka: na primeru Niša i Leskovca*. Zbornik radova sa naučno-stručnog simpozijuma "Energetska efikasnost ENEF 2017". Banja Luka: Univerzitet u Banjoj Luci – Elektrotehnički fakultet, str. 31-36. ISBN: 978-99955-46-27-4
- 37) Đurić, D. (2021). *Uticaj urbanizacije grada Bijeljina na termalni komfor stanovništva*. Zbornik radova Građevinskog fakulteta, 39, str. 45-53. UDK: 711.4:551.583, DOI: 10.14415/zbornikGFS39.04
- 38) Filipović, D., Duškov, Lj. (2023). *Strateški dokumenti energetske i klimatske politike kao deo integralnog planiranja prostornog razvoja. Dvanaesti naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem – Planska i normativna zaštita prostora i životne sredine*, Zbornik radova. Beograd: Asocijacija prostornih planera Srbije, Univerzitet u Beogradu - Geografski fakultet, str. 41-47.
- 39) Grupa autora (2015). *Standardizacija klasifikacije namena zemljišta i planskih oznaka u urbanističkim i prostornim planovima koji se donose na lokalnom nivou*. Beograd: Ministarstvo građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture, GIZ, Ambero Consulting – Icon Institute.
- 40) Grupa autora (2024). *Zelena infrastruktura u urbanističkom planiranju – preporuke za unapređenje planiranja, sprovođenja i održavanja zelene infrastrukture u Beogradu*. Urednice: Stojić, B., Andrić, O., Čukić, I. Beograd: Institut za urbane politike/Ministarstvo prostora.
- 41) Lukić, M., Lukić, A. (2018). *Bioklimatska procena uticaja visokih temperatura i vlažnosti vazduha na pojavu zdravstvenih rizika kod čoveka – primer Grad Loznica*. Zbornik radova treće ekološke konferencije sa međunarodnim učešćem „Smederevo ekološki grad“. Smederevo: Lokalni ekološki pokret; Beograd: Univerzitet u Beogradu – Geografski fakultet str. 349-356. ISBN 978-86-919317-2-8
- 42) Lukić, M., Pecelj, M.M., Pecelj, R.M. (2019). *Bioklimatska analiza spoljašnjeg termalnog komfora područja Parka prirode Zlatibor na osnovu UTCI indeksa*. Zbornik radova „Planska i normativna zaštita prostora i životne sredine“. Beograd: Asocijacija prostornih planera Srbije, Univerzitet u Beogradu – Geografski fakultet, str. 231-238. ISBN 978-86-6283-074-6
- 43) Lukić, M., Burazerović, J. (2020). *Koncept zelenih gradova - novi pristup u planiranju urbanih sredina - iskustva i primeri*. Zbornik radova „Lokalna samouprava u planiranju i uređenju prostora i naselja – prostorne integracije“. Beograd: Asocijacija prostornih planera Srbije, Univerzitet u Beogradu – Geografski fakultet, str. 373-379. ISBN 978-86-6283-097-5
- 44) Lukić, M. (2022). *U susret novom GUP-u Beograda 2041: kako do pravičnije građanske participacije?* Kritika: časopis za filozofiju i teoriju društva, III (2). Institut za filozofiju i društvenu teoriju, str. 317-332. DOI:10.5281/zenodo.7369712
- 45) Lukić, M., Filipović, D. (2024). *Uticaj izmenjenih bioklimatskih uslova na planiranje grada – analiza toplotnog opterećenja u Beogradu tokom 30 godina*. Zbornik radova VI Kongresa geografa Srbije sa međunarodnim učešćem „Kuda ide geografija“, str. 365-375. ISBN 978-86-6283-154-5

- 46) Mitić-Radulović, A., Simić, A., Ljubić, S. (2022a). *Mogućnosti primene ekološkog indeksa u planiranju Beograda*. Beograd: Centar za ekspertimente i urbane studije – CEUS.
- 47) Mitić-Radulović, A., Lukić, M., Simić, A. (2022b). *Ekološki indeks kao instrument adaptacije Beograda na klimatske promene*. Zbornik radova "Lokalna samouprava u planiranju i uređenju prostora i naselja". Beograd: Asocijacija prostornih planera Srbije, Univerzitet u Beogradu – Geografski fakultet, str. 123-130. ISBN 978-86-6283-125-5
- 48) Pecelj, M., Lukić, M., Pecelj, M. (2017a). *Bioklimatska evaluacija Novog Sada i okoline za potrebe turizma, odmora i rekreacije primenom modela Meneks*. Zbornik radova „Planska i normativna zaštita prostora i životne sredine“. Beograd: Asocijacija prostornih planera Srbije, Univerzitet u Beogradu – Geografski fakultet, str. 507-513. ISBN 978-86-6283-051-7
- 49) Pecelj, M., Lukić, M., Pecelj, M., Vučićević, A. (2018). *Primena modela Meneks u bioklimatskoj analizi Loznice za potrebe zdravstvenog turizma i rekreacije*. Zbornik radova „Lokalna samouprava u planiranju i uređenju prostora i naselja – geneze i perspektive prostornog razvoja“. Beograd: Asocijacija prostornih planera Srbije, Univerzitet u Beogradu – Geografski fakultet, str. 163-171. ISBN 978-86-6283-061-6
- 50) Petovar, K., Vujošević, M. (2008). *Koncept javnog interesa i javnog dobra u urbanističkom i prostornom planiranju*. Sociologija i prostor, 46(1), str. 23–51.
- 51) Popovicki, T. (2019). *Rešenja zasnovana na prirodi u Republici Srbiji - Studija o korišćenju prirodnih potencijala u odgovoru na izazove klimatskih promena*. Beograd: UNDP Serbia.
- 52) Simić, A., Vuković, M., Mitić-Radulović, A. (2022). *Mali katalog prirodom-inspirisanih rešenja*. Beograd: Centar za eksperimente i urbane studije – CEUS.
- 53) Tošić, I., Unkašević, M. (2013). *Klimatske promene u Srbiji*. Monografija. Beograd: Univerzitet u Beogradu. ISBN 978-86-920651-0-1
- 54) Urbanizam Beograda 01-02 (2019). Beograd: Urbanistički zavod Beograda.
- 55) Abdel-Ghany, M.A., Al-Helal, M.I., Shady, R.M. (2013). *Human Thermal Comfort and Heat Stress in an Outdoor Urban Arid Environment: A Case Study*. Advances in Meteorology, pp 1-7. <https://doi.org/10.1155/2013/693541>
- 56) Abdollahzadeh, N., Biloria, N. (2021). *Outdoor thermal comfort: Analyzing the impact of urban configurations on the thermal performance of street canyons in the humid subtropical climate of Sydney*. Frontiers of Architectural Research, 10, pp 394–409.
- 57) Aghamolaei, R., Shamsi, H.M., Tahsildoost, M., O'Donnell, J. (2018). *Review of district-scale energy performance analysis: outlooks towards holistic urban frameworks*. Sustainable Cities and Society, 41, pp 252–264. DOI:10.1016/j.scs.2018.05.048
- 58) Aghamolaei, R., Mehdi Azizi, M., Aminzadeha, B., Mirzaei, A.P. (2020). *A tempo-spatial modelling framework to assess outdoor thermal comfort of complex urban neighbourhoods*. Urban Climate, 33, pp 100665. DOI:10.1016/j.uclim.2020.100665
- 59) Aghamolaei, R., Mehdi Azizi, M., Aminzadeh, B., O'Donnell, J. (2023). *A comprehensive review of outdoor thermal comfort in urban areas: Effective parameters and approaches*. Energy & Environment, 34(6), pp 2204-2227. DOI:10.1177/0958305X221116176
- 60) Alves, M.F., Gonçalves, A., del Caz-Enjuto, M.R. (2022). *The Use of Envi-Met for the Assessment of Nature-Based Solutions' Potential Benefits in Industrial Parks—A Case Study of Argales Industrial Park (Valladolid, Spain)*. Infrastructures, 7(6), 85. <https://doi.org/10.3390/infrastructures7060085>

- 61) Allen, M., Arsenović, D., Savić, S., Nikitović, V. (2024). *Mortality Risk during Heatwaves: an Evaluation of Effects by Heatwaves Characteristics in Serbia*. *Geographica Pannonica*, 28(4), pp 284-293. DOI:10.5937/gp28-52729
- 62) Anđelković, G., Pavlović, S., Đurđić, S., Belij, M., Stojković, S. (2016). *Tourism climate comfort index (TCCI) – an attempt to evaluate the climate comfort for tourism purposes: the example of Serbia*. *Glob NEST Journal*, 18(3), pp 482–493. <https://doi.org/10.30955/gnj.001798>
- 63) Armson, D., Stringer, P., Ennos, A.R. (2012). *The effect of tree shade and grass on surface and globe temperatures in an urban area*. *Urban For. Urban Green*. 11, pp 245–255. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2012.05.002>
- 64) Bajat, B., Blagojević, D., Kilibarda, M., Luković, J., Tošić, I. (2014). *Spatial analysis of the temperature trends in Serbia during the period 1961-2010*. *Theoretical and applied Climatology*, 121 (1-2), pp 289-301. DOI:10.1007/s00704-014-1243-7
- 65) Bačević, N., Valjarević, A., Kićović, D., Milentijević, N., Ivanović, M., Mujević, M. (2020). *Analysis of air temperature trends: City of Podgorica (Montenegro)*. *The University Thought - Publication in Natural Sciences*, 10(1), pp 31-36.
- 66) Bajšanski, I., Milošević, D., Savić, S. (2015). *Evaluation and improvement of outdoor thermal comfort in urban areas on extreme temperature days: Applications of automatic algorithms*. *Building and Environment*, 94, pp 632-643. DOI: 10.1016/j.buildenv.2015.10.019
- 67) Bajčinovci, B. (2017). *Achieving thermal comfort and sustainable urban development in accordance with the principles of bioclimatic architecture: A case study of Ulcinj (Montenegro)*. *Quaestiones Geographicae*, 36(4), pp 131-140.
- 68) Baruti, M.M., Johansson, E., Astrand, J. (2019). *Review of studies on outdoor thermal comfort in warm humid climates: challenges of informal urban fabric*. *Int J Biometeorol*, 63, pp 1449–1462. <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01757-3>
- 69) Basarin, B., Lukić, T., Matzarakis, A. (2016). *Quantification and assessment of heat and cold waves in Novi Sad, Northern Serbia*. *International Journal of Biometeorology*, 60 (1), pp 139-150. <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1012-z>
- 70) Basarin, B., Lukić, T., Mesaroš, M., Pavić, D., Djordjević, J., Matzarakis, A. (2017). *Spatial and temporal analysis of extreme bioclimatic condition in Vojvodina, Northern Serbia*. *International Journal of Climatology*, 38 (1), pp 142-157. <https://doi.org/10.1002/joc.5166>
- 71) Basarin, B., Lukić, T., Bjelajac, D., Micić, T., Stojićević, G., Stamenković, I., Đorđević, J., Đorđević, T., Matzarakis, A. (2018). *Bioclimatic and climatic tourism conditions at Zlatibor Mountain (Western Serbia)*. *IDŐJÁRÁS*, 122(3), pp 321–343. <https://doi.org/10.28974/idojaras.2018.3.6>
- 72) Battista, G., De Lieto Vollaro, R., Zinzi, M. (2019). *Assessment of urban overheating mitigation strategies in a square in Rome, Italy*. *Solar Energy*, 180, pp 608-621. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.01.074>
- 73) Baum, S., Horton, S., Choy, D. L., Gleeson, B. (2009). *Climate change, health impacts and urban adaptability: Case study of Gold Coast City*. *Urban Research Program, Research Monograph 11*. Brisbane, Queensland: Griffith University.
- 74) Berger, M. (2012). *Urban heat-balling: a review of measures on reducing heat in tropical and subtropical cities*. In: Sheng, T., Hing, P. (Eds.), *Sustainable Future Energy 2012: International Energy Conference, Brunei Darussalam & 10th Sustainable Energy and Environment (SEE) Forum Proceeding*. Universiti Brunei Darussalam, Brunei Darussalam, pp. 445–451.

- 75) Binarti, F., Donny Koerniawan, M., Triyadi, S., Utami, S.S., Matzarakis, A. (2020). *A review of outdoor thermal comfort indices and neutral ranges for hot-humid regions*. Urban Climate, 31, pp 100531. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100531>
- 76) Błażejczyk, A., Pecelj, M., Skrynyk, O., Błażejczyk, K., Skrynyk, O. (2020). *Weather suitability for outdoor tourism in three European regions in first decades of the twenty-first century*. International Journal of Biometeorology, special issue: 1st European biometeorologists' meeting. DOI:10.1007/s00484-020-01984-z
- 77) Błażejczyk, K. (1999). *Influence of solar radiation on skin temperature in standing and walking subjects outdoors*. J.A. Hodgdon, J.H. Heaney, M.J. Buono (ed.), Environmental Ergonomics VIII, International Series on Environmental Ergonomics, vol. 1, Selected papers from 8th Int. Conf. of Environmental Ergonomics, San Diego, California, USA.
- 78) Błażejczyk, K. (2001). *Assessment of recreational potential of bioclimate based on the human heat balance*. In: Matzarakis A, de Freitas CR, editors. Proceedings of the 1st international workshop on climate, tourism and recreation. Report of a workshop, Halkidiki (GR), pp. 133.
- 79) Błażejczyk, K. (2004a). *Bioclimatic principles of recreation and tourism in Poland*. (in Polish). Prace Geograficzne, IGiPZ PAN, 192.
- 80) Błażejczyk, K. (2004b). *Radiation balance in man in various meteorological and geographical conditions*. Geographia Polonica, 77(1), pp 63-76.
- 81) Błażejczyk, K. (2005). *New indices to assess thermal risks outdoors*. [in:] I. Holmér, K. Kuklane, Ch. Gao (red.), Environmental Ergonomics XI, Proc. of the 11th International Conference, 22-26 May, 2005 Ystad, Sweden, p. 222-225.
- 82) Błażejczyk, K., Matzarakis, A. (2007). *Assessment of bioclimatic differentiation of Poland based on the human heat balance*. Geographia Polonica, 80 (1), pp. 63-82.
- 83) Błażejczyk, K. (2011). *Assessment of regional bioclimatic contrasts in Poland*. Miscellanea Geographica, 15, pp 79-91.
- 84) Błażejczyk, K., Epstein, Y., Jendritzky, G., Staiger, H., Tinz, B. (2012). *Comparison of UTCI to selected thermal indices*. International Journal of Biometeorology, 56 (3), pp 515-535. <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0453-2>
- 85) Błażejczyk, K., Jendritzky, G., Brode, P., Fiala, D., Havenith, G., Epstein, Y., Psikuta, A., Kampmann, B. (2013). *An introduction to the Universal Thermal Climate Index*. Geographia Polonica, 86 (1), pp 5-10. <http://dx.doi.org/10.7163/GPol.2013.1>
- 86) Błażejczyk, K., Błażejczyk, A. (2014). *Assessment of bioclimatic variability on regional and local scales in Central Europe using UTCI*. Scientific annals of "Aleksandru Ioan Cuza", University of Iasi, Vol. LX, No.1, s. IIc, pp 67-82.
- 87) Błażejczyk, K., Kuchcik, M., Błażejczyk, A., Milewski, P., Szmyd, J. (2014). *Assessment of urban thermal stress by UTCI – experimental and modelling studies: an example from Poland*. Journal of the Geographical Society of Berlin, 145 (1-2), pp 16-33. <https://doi.org/10.12854/erde-145-3>
- 88) Błażejczyk, K., Kuchcik, M. (2021). *UTCI Application in practice (Methodological Questions)*. Geographia Polonica, 94(2), pp 153-165. DOI:10.7163/GPol.0198
- 89) Bleta, A., Nastos, T.P., Matzarakis, A. (2014). *Assessment of bioclimatic condition in Crete Island, Greece*. Regional Environmental Change, 14 (5), pp 1967-1981. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0530-7>
- 90) Bogdanović, D., Milošević, Z., Lazarević, K., Dolićanin, Z., Randelović, D., Bogdanović S. (2013). *The impact of the July 2007 heat wave on daily mortality in Belgrade, Serbia, the Nis fortress Case Study*. Central European Journal of Public Health, 21 (3), pp 140–145. DOI: 10.21101/cejph.a3840

- 91) Bogdanović Protić, I., Vukadinović, A., Radosavljević, J., Alizamir, M., Mitković, M. (2016). *Forecasting of Outdoor Thermal Comfort index in urban open spaces*. Thermal Science, 20(5), pp s1531-s1593. DOI:10.2298/TSCI16S5531B
- 92) Bokwa, A., Limanowska, D. (2014). *Effect of relief and land use on heat stress in Kraków, Poland*. DIE ERDE - Journal of the Geographical Society of Berlin, 145(1-2), pp 34-48. DOI:10.12854/erde-145-4
- 93) Bona, S., Silva-Afonso, A., Gomes, R., Matos, R., Rodrigues, F. (2023). *Nature-Based Solutions in Urban Areas: A European Analysis*. Applied Sciences, 13, 168. DOI:10.3390/app13010168
- 94) Boras, M., Herceg-Bulić, I., Žgela, M. (2024). *Urban Heat Load in a Small Mediterranean City in Recent, Extreme and Future Climate Conditions - A Case Study for the City of Dubrovnik*. International Journal of Climatology, pp 1-19. <https://doi.org/10.1002/joc.8728>
- 95) Brilhante, O., Klaas, J. (2018). *Green City Concept and a Method to Measure Green City Performance over Time Applied to Fifty Cities Globally: Influence of GDP, Population Size and Energy Efficiency*. Sustainability, 10 (6), 2031. DOI:10.3390/su10062031
- 96) Bröde, P., Fiala, D., Błażejczyk, K., Holmér, I., Jendritzki, G., Kampmann, B., Tinz, B., Havenith, G. (2012a). *Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI)*. International Journal of Biometeorology, 56 (3), 481-494. <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0454-1>
- 97) Bröde, P., Krüger, L.E., Rossi, F., Fiala, D. (2012b). *Predicting urban outdoor thermal comfort by the Universal Thermal Climate Index UTCI - a case study in Southern Brazil*. International Journal of Biometeorology, 56 (3), pp 471-480. <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0452-3>
- 98) Bröde, P., Krüger, L.E., Fiala, D. (2013). *UTCI: validation and practical application to the assessment of urban outdoor thermal comfort*. Geographia Polonica, 86 (1), pp 11-20. <http://dx.doi.org/10.7163/GPol.2013.2>
- 99) Bröde, P., Błażejczyk, K., Fiala, D., Havenith, G., Jendritzki, G., Kuklane, K., Kampmann, B. (2013). *The Universal Thermal Climate Index UTCI compared to Ergonomics standards for assessing the thermal environment*. Industrial Health, 51, pp 16-24. <https://doi.org/10.2486/indhealth.2012-0098>
- 100) Bukovetz, J., Kochubovski, M., Kaplan, G. (2023). *Urban Heat Island and Green Spaces in the City of Skopje: An Environmental Health Approach Combined with Remote Sensing data*. Scientific Journal of Civil Engineering, 12(2). DOI: 10.21203/rs.3.rs-3193084/v1
- 101) Budd, G.M. (2008). *Wet-bulb globe temperature (WBGT) - its history and its limitations*. Journal of Science and Medicine in Sport, 11, pp 20-32.
- 102) Burić, D., Doderović, M. (2019). *Precipitation, humidity and cloudiness in Podgorica (Montenegro) during the period 1951-2018*. Geographica Pannonica, 23(4). DOI:<https://doi.org/10.5937/gp23-23582>
- 103) Cabral, I., Costa, S., Weiland, U., Bonn, A. (2017). *Urban Gardens as Multifunctional Nature-Based Solutions for Societal Goals in a Changing Climate*. In: Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., Bonn, A. (eds) Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas. Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5_14
- 104) Cetin, M. (2019). *The effect of urban planning on urban formations determining bioclimatic comfort area's effect using satellitia images on air quality: a case study of Bursa city*. Air Quality, Atmosphere & Health, 12, pp 1237-1249. <https://doi.org/10.1007/s11869-019-00742-4>

- 105) Charalampopoulos. I., Nouri, A. (2019). *Investigating the Behaviour of Human Thermal Indices under Divergent Atmospheric Conditions: A Sensitivity Analysis Approach*. Atmosphere, 10, 580. doi:10.3390/atmos10100580
- 106) Chen, L., Ng, E. (2012). *Outdoor thermal comfort and outdoor activities: A review of research in the past decade*. Cities, 29, pp 118-125. DOI:10.1016/j.cities.2011.08.006
- 107) Čegar, N., Durlević, U., Dobrić, M., Vukašinović, S. (2023). *A statistical analysis of temperature and precipitation in Belgrade, Serbia (1961-2020)*. Forum geografic. Studii și cercetări de geografie și protecția mediului, Volume XXII, Issue 1, pp 5-15. DOI: 10.5775/fg.2023.090.i
- 108) Dankers, R., Hiederer, R. (2008). *Extreme temperatures and precipitation in Europe: Analysis of a high resolution Climate Change*. Scenario, JRC Scientific and Technical reports, European Commission, Institute for Environment and Sustainability.
- 109) Dervishi, S., Lacaj, E., & Vathi, R. (2012). *Urban heat islands (UHI) mitigation in densely urban city of Tirana, Albania: Materials, energy, comfort*. International Journal of Business and Technology, 1(1), pp 48-57. DOI:10.33107/ijbte.2012.1.1.0
- 110) Di Napoli, C., Pappenberg, F., Cloke, L.H. (2018). *Assessing heat-related health risk in Europe via the Universal Thermal Climate Index (UTCI)*. International Journal of Biometeorology, 62 (7), pp 1155-1165. DOI:10.1007/s00484-018-1518-2
- 111) Di Napoli, Pappenberger, F., Cloke, L.H. (2019). *Verification of Heat Stress Thresholds for a Health-Based Heat-Wave Definition*. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 58. pp 1177-1194. DOI:10.1175/JAMC-D-18-0246.1
- 112) Djongyang, N., Tchinda, R., Njomo, D. (2010). *Thermal comfort: A review paper*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14(9), pp 2626-2640. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.07.040>
- 113) Drljača, V., Tošić, I., Unkašević, M. (2009). *An analysis of heat waves in Belgrade and Niš using the climate index*. Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijic" SASA, 59 (1), pp. 49-62.
- 114) Dunjić, J. (2019). *Outdoor Thermal Comfort Research in Urban Areas of Central and Southeast Europe: A Review*. Geographica Pannonica, 23 (4), pp 359-373. <https://doi.org/10.5937/gp23-24458>
- 115) Duplančić Leder, T. Leder, N. (2018). *Land Surface Temperature Determination in the Town of Mostar Area*. Tehnicki vjesnik - Technical Gazette 25(4), pp 1219-1226.
- 116) Đorđević, S. (2008). *Temperature and Precipitation Trends in Belgrade and Indicators of Changing Extremes for Serbia*. Geographica Pannonica, 12(2), pp. 62-68.
- 117) Đurić, D., Topalić-Marković, J. (2019). *Thermal comfort in the city of Bijeljina, for the period 2009 – 2018 defined by WBGT*. Archives For Technical Sciences, 21 (1), pp 69-74. <https://doi.org/10.7251/afts.2019.1121.069Dj>
- 118) Đurić, D., Jakšić, V., Šelić, A., Vlajić, I. (2021). *Thermal comfort of Ugljevik Town for the year 2021 observed through the bioclimatic index WBGT*. Archives for Technical Sciences, 26(1), pp 71-78. DOI: 10.7251/afts.2022.1426.071Dj
- 119) Đurić, D. (2023). *WBGT analysis of thermal comfort of the area of Semberija*. Archives for Technical Sciences, 29(1), pp 65-74. DOI:10.59456/afts.2023.1529.065Dj
- 120) Đurđević, D., Vasić, M., Ogrin, M., Savić, S., Milošević, D., Dunjić, J., Šećerov, I., Žgela, M., Boras, M., Herceg Bulić, I., Pecelj, M., Šušnjar, S., Lukić, M., Ivanišević, M., Trbić, G., Čulafić, G., Mitrović, L. (2023). *Long-Term Assessment of Bioclimatic Conditions at Micro and Local Scales in the Cities of the Western Part of the Balkan*

- Peninsula during the 21st Century*. Sustainability, 15, 15286. <https://doi.org/10.3390/su152115286>
- 121) Ebi, K., Capon, A., Berry, P., Broderick, C., de Dear, R., Havenith, G., Honda, Y., Kovats, R.S., Ma, W., et al. (2021). *Hot weather and heat extremes: health risks*. Lancet, 398, pp 698-708.
 - 122) Elgizawy, M.E. (2016). *The effect of green facades in Landscape Ecology*. Procedia Environmental Sciences, 34, pp 119-130. DOI:10.1016/j.proenv.2016.04.012
 - 123) El Ghorab, K.H., Shalaby, A.H. (2016). *Eco and Green cities as new approaches for planning and developing cities in Egypt*. Alexandria Engineering Journal, Alexandria University, 55, pp 495-503. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aej.2015.12.018>
 - 124) Elnabawi, H.M., Hamza, N. (2020). *Behavioural Perspectives of Outdoor Thermal Comfort in Urban Areas: A Critical Review*. Atmosphere, 11(1), 51. <https://doi.org/10.3390/atmos11010051>
 - 125) Epstein, Y., Moran, D.S. (2006). *Thermal comfort and heat stress indices*. Industrial Health, 44 (3), pp 388-398. <https://doi.org/10.2486/indhealth.44.388>
 - 126) Farajzadeh, H., Saligheh, M., Alijani, B., Matzarakis, A. (2015). *Comparison of selected thermal indices in the northwest of Iran*. Natural Environment Change, 1(1), pp 61-80
 - 127) Fernández, F.J., Alvarez-Vázquez, L.J., García-Chan, N., Martínez, A., Vázquez-Méndez, M.E. (2015). *Optimal location of green zones in metropolitan areas to control the urban heat island*. Journal of Computational and Applied Mathematics, 289, pp 412-425. <https://doi.org/10.1016/j.cam.2014.10.023>
 - 128) Fiala, D., Havenith, G., Bröde, P., Kampmann, B., Jendritzky, G. (2012). *UTCI-Fiala multi-node model of human heat transfer and temperature regulation*. International Journal of Biometeorology, 56, pp 429-441. DOI:10.1007/s00484-011-0424-7
 - 129) Fintikakis, N., Gaitani, N., Santamouris, M., Assimakopoulos, M., Assimakopoulos, D. N., Fintikaki, M., Albanis, G., Papadimitriou, K., Chryssochoides, E., Katopodi, K. & Doumas, P. (2011). *Bioclimatic design of open public spaces in the historic centre of Tirana, Albania*. Sustainable Cities and Society, 1(1), 54-62. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2010.12.001>
 - 130) Filipović, D., Lukić, A., Lukić, M. (2020). *Geospatial evaluation of Belgrade (Serbia) for the purposes of determination of suitable locations for the construction of PV plants*. Archives for Technical Sciences, No. 22 (1), pp 59-66. <http://dx.doi.org/10.7251/afts.2020.1222.059F>
 - 131) Filipović, L., Djurdjević, V. (2023). *Spatio-temporal Analysis of the Urban Heat Island in Belgrade Using Urban Climate Model Data*. International Conference on Hydro-Climate Extremes and Society, Jun, 27th-30th, University of Novi Sad, Serbia.
 - 132) Forouzandeh, A., (2021). *Prediction of surface temperature of building surrounding envelopes using holistic microclimate ENVI-met model*. Sustainable Cities and Society, 70, 102878. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102878>
 - 133) Geletič, J., Lehnert, M., Savić, S., Milošević, D. (2018). *Modelled spatiotemporal variability of outdoor thermal comfort in local climate zones of the city of Brno, Czech Republic*. Science of the Total Environment, 624, pp 385-395. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.076>
 - 134) Geletič, J., Lehnert, M., Dobrovolný, P., Žuvela-Aloise, M. (2019). *Spatial modelling of summer climate indices based on local climate zones: expected changes in the future climate of Brno, Czech Republic*. Climatic Change, 152 (3-4), pp 487-502. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2353-5>

- 135) Geletič, J., Lehnert, M., Jurek, M. (2020). *Spatiotemporal variability of air temperature during a heat wave in real and modified landcover conditions: Prague and Brno (Czech Republic)*. Urban Climate, 31, pp 100588. DOI:10.1016/j.uclim.2020.100588
- 136) Georgi, N.J., Sarikou, S. (2006). *Unification and Planning of Urban Public Spaces With Bioclimatic Conditions. Case Study Drama, Greece*. ERSa conference papers Ersa 06, p.893, European Regional Science Association.
- 137) Giannopoulou, K., Livada, I., Santamouris, M., Saliari, M., Assimakopoulos, M., Caouris, Y. (2014). *The influence of air temperature and humidity on human thermal comfort over the greater Athens area*. Sustainable Cities and Society, 10, pp 184-194. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2013.09.004>
- 138) Ghalhari, G., Dehghan, S., Asghari, M. (2022). *Trend analysis of Humidex as a heat discomfort index using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests*. Environmental Health Engineering and Management Journal, 9(2), pp 165-176. DOI: 10.34172/EHEM.2022.18
- 139) Ghani, S., Osama Mahgoub, A., Bakochristou, F., ElBialy, E. (2021). *Assessment of thermal comfort indices in an open air-conditioned stadium in hot and arid environment*. Journal of Building Engineering, 40, 102378. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102378>
- 140) Grimmond, C., Roth, M., Oke, T.R., Au, Y., Best, M., Betts, R., et al. (2010). *Climate and more sustainable cities: climate information for improved planning and management of cities (producers/capabilities perspective)*. Prog. Environ. Sci. 1, pp 247-274. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2010.09.016>
- 141) Group of authors (2016). *Green Cities Programme Methodology*. EBRD.
- 142) Group of authors (2021). *Climate-Conscious planning systems*. Canberra, Australia: Planning Institute of Australia.
- 143) Gulyas, A. (2005). *Differences in human comfort conditions within a complex urban environment: a case study*. Acta Climatologica et Chorologica. Universitatis Szegediensis, Tom. 38-39, pp 71-84.
- 144) Gunawardena, K.R., Wells, M.J., Kershaw, T. (2017). *Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity*. Science of the Total Environment, 584-585, pp 1040-1055. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.158>
- 145) Hamed, M.M., Alasow, A.A., Shahid, Sh. (2024). *Global Trends in Human Thermal Stress: A Spatiotemporal Analysis from 1940 to 2020*. Earth Syst Environ. <https://doi.org/10.1007/s41748-024-00537-3>
- 146) Hamdi, R., Duchêne, F., Berckmans, J., Delcloo, A., Vanpoucke, C., Termonia, P. (2016). *Evolution of urban heat wave intensity for the Brussels Capital Region in the ARPEGEclimat A1B scenario*. Urban Climate, 17, pp 176-195. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2016.08.001>
- 147) Haventih, G., Fiala, D., Błazejczyk, K., Richards, M., Bröde, P., Holmér, I., Rintamaki, H., Benshabat, Y., Jendritzky, G. (2012). *The UTCI-clothing model*. Int J Biometeorol, 56, pp 461-470. DOI:10.1007/s00484-011-0451-4
- 148) Heidari, R.H., Golbabaie, F., Jang, A.S., Shamsipour, A.A. (2016). *Validation of humidex in evaluating heat stress in the outdoor jobs in arid and semi-arid climates of Iran*. Journal of Health and Safety at Work, 6 (3), pp 29-42. <http://jhsw.tums.ac.ir/article-1-5466-en.html>
- 149) Hensen, J.L.M. (1991). *On the thermal interaction of building structure and heating and ventilating system*. PhD thesis. Eindhoven, Netherland: Technische Universiteit Eindhoven.

- 150) Ho, H.C., Knudby, A., Xu, Y., Hodul, M., Aminipouri, M. (2016). *A comparison of urban heat islands mapped using skin temperature, air temperature, and apparent temperature (HUMIDEX), for the greater Vancouver area*. Science of the Total Environment, 544, pp 929–938. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.021>
- 151) Horn, O., Lorentz, L., Guenard, M. (2023). *CLEVER Regional Solutions Catalogue*. CLEVER cities project.
- 152) Hurlimann, A., March, A. (2012). *The role of spatial planning in adapting to climate change*. WIREs Climate Change, 3 (5), pp 477-488. <https://doi.org/10.1002/wcc.183>
- 153) Huseynov, F.E. (2011). *Planning of sustainable cities in view of green architecture*. 2011 International Conference on Green Buildings and Sustainable Cities, Procedia Engineering 21, pp 534-542. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2048>
- 154) IPCC Climate Change 2023 - Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp. doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647
- 155) Jendritzky, G., De Dear, R., Havenith, G. (2012). *UTCI - Why another thermal index?* Int. J. Biometeorol., 56, pp 421-428. DOI:10.1007/s00484-011-0513-7
- 156) Juhola, S. (2018). *Planning for a green city: The Green Factor tool*. Urban Forestry & Urban Greening, 34, pp 254-258. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.07.019>
- 157) Jahić, H., Mezetović, A. (2014). *Statistical identification and qualitative Evaluation of Climate tourism Potential by Using Tourism Climate Index - TCI on the Example of Herzegovina-Neretva Canton*. Acta geographica Bosniae et Herzegovinae, 2, pp 77-89.
- 158) Joksimović, M., Gajić, M., Golić, R. (2013). *Tourism climatic index in the valorisation of climate in tourist centers of Montenegro*. Bulletin of the Serbian geographical society, 93(1), pp 15-34.
- 159) Kaplan, G., Avdan, U., Yigit Avdan, Z. (2018). *Urban Heat Island Analysis Using the Landsat 8 Satellite Data: A Case Study in Skopje, Macedonia*. Proceedings of the 2nd International Electronic Conference on Remote Sensing 2018, 2(7), 358. <https://doi.org/10.3390/ecrs-2-05171>
- 160) Karimi, A., Mohammad, P. (2022). *Effect of outdoor thermal comfort condition on visit of tourists in historical urban plazas of Sevilla and Madrid*. Environ Sci Pollut Res 29, 60641–60661. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20058-8>
- 161) Kendrovski, V., Donev, D., Spasenovska, M., Kisman-Hristovska, M. (2011). *Climate Change and Human Health in the Republic of Macedonia: Impacts, Vulnerability and Adaptation in Heat Wave Mortality*. The European Journal of Management and Public Policy, 11 (1), pp 71-84.
- 162) Kendrovski, V., Spasenovska, M., Menne, B. (2014). *The Public Health Impacts of Climate Change in the former Yugoslav Republic of Macedonia*. Int. J. Environ. Res. Public Health, 11(6), pp 5975-5988. <https://doi.org/10.3390/ijerph110605975>
- 163) Klemm, W., Heusinkveld, G.B., Lenzholzer, S., Hove, B. (2015). *Street greenery and its physical and psychological impact on thermal comfort*. Landscape and Urban Planning, 138, pages 87-98. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.009>
- 164) Kolendowicz, L., Polrolniczak, M., Szyga-Pluta, K., Bednorz, E. (2017). *Human-biometeorological conditions in the southern Baltic coast based on the universal thermal climate index (UTCI)*. Theoretical and Applied Climatology, 134, (1-2), pp 363-379. <https://doi.org/10.1007/s00704-017-2279-2>
- 165) Kościelniak, H., Górka, A. (2016). *Green Cities PPP as a Method of Financing Sustainable Urban Development*. 2nd International Conference "Green Cities - Green

- Logistics for Greener Cities", *Transportation Research Procedia* 16, pp 227-235. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.11.022>
- 166) Kruger, L.E., Brode, P. (2013). *Analyzing the Relationship between Local Urban Morphology and Predicted Thermal Perception Using the Universal Thermal Climate Index UTCI*. PLEA2013 – 29th Conference, Sustainable Architecture for a Renewable Future, Munich, Germany 10-12th September 2013.
 - 167) Kurbán, A. (2017). *Bioclimatic Urban Green Indicators for the Sustainability of Cities in Arid Environments*. *International Journal of Applied Science and Technology*, 7 (2), pp 26-37.
 - 168) Kuttler, W. (2012). *Climate Change on the Urban Scale – Effects and Counter - Measures in Central Europe*. Chapter in *Human and Social Dimensions of Climate Change*. <http://dx.doi.org/10.5772/50867>
 - 169) Lai, D., Guo, D., Hou, Y., Lin, Ch., Chen, Q. (2014). *Studies of outdoor thermal comfort in northern China*. *Building and Environment*, 77, pp 110-118. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.03.026>
 - 170) Lai, D., Lian, Z., Liu, W., Guo, C., Liu, W., Liu, K., Chen, Q. (2020). *A comprehensive review of thermal comfort studies in urban open spaces*. *Science of the Total Environment*, 742, 140092.
 - 171) Lazić, L., Savić, S., Tomić, Ž. (2006). *Analysis of the Temperature Characteristics and Trends in Novi Sad Area (Vojvodina, Serbia)*. *Geographica Pannon.*, 10, pp 14-21.
 - 172) Lally, V. E., Watson, B. F. (1960). *Humiture revisited*. *Weatherwise*, 13 (6), pp 254-256. <https://doi.org/10.1080/00431672.1960.9940992>
 - 173) Lalošević, M., Komatina, M., Miloš, M., Rudonja, N. (2018). *Green roofs and cool materials as retrofitting strategies for Urban heat island mitigation – case study in Belgrade, Serbia*. *Thermal Science*, 22(6), pp 2309-2324.
 - 174) Lam, C.K.C., Lau, K.K. (2018). *Effect of long-term acclimatization on summer thermal comfort in outdoor spaces: a comparative study between Melbourne and Hong Kong*, *International Journal of Biometeorology*, 62, pp 1311-1324. <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1535-1>
 - 175) Laforteza, R., Davies, C., Sanesi, G., Konijnendijk, C.C. (2013). *Green Infrastructure as a tool to support spatial planning in European urban regions*. *iForest – Biogeosciences and Forestry*, 6, pp 102-108. DOI:10.3832/ifor0723-006
 - 176) Lehnert, M., Tokar, M., Jurek, M., Geletić, J. (2020). *Summer thermal comfort in Czech cities: measured effects of blue and green features in city centres*. *International Journal of Biometeorology*. <https://doi.org/10.1007/s00484-020-02010-y>
 - 177) Lehnert, M., Savić, S., Milošević, D., Dunjić, J., Geletić, J. (2021). *Mapping Local Climate Zones and Their Applications in European Urban Environments: A Systematic Literature Review and Future Development Trends*. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 10, 260. <https://doi.org/10.3390/ijgi10040260>
 - 178) Lennon, M., Scott, M. (2014). *Delivering ecosystems services via spatial planning: reviewing the possibilities and implications of a green infrastructure approach*. *The Town Planning Review*, 85 (5), pp 563–587. <https://doi.org/10.3828/tpr.2014.35>
 - 179) Leščešen, I., Basarin, B., Vujičić, M. (2024). *What do they know? Is Climate Change Education Necessary in Primary Schools in Serbia*. *Geographica Pannonica*, 28(2), pp 85-103. DOI:10.5937/gp28-48045
 - 180) Lindner-Cendrowska, K. (2013). *Assessment of bioclimatic conditions in cities for tourism and recreational purposes (a Warsaw case study)*. *Geographia Polonica*, 86(1), pp 55-66. <http://dx.doi.org/10.7163/GPol.2013.7>

- 181) Liu, Z., Li, J., Xi, T. (2023). *A Review of Thermal Comfort Evaluation and Improvement in Urban Outdoor Spaces*. Buildings, 13(12), 3050. DOI:10.3390/buildings13123050
- 182) Lukić, M. (2019). *An analysis of the influence of air temperature and humidity on outdoor thermal comfort in Belgrade (Serbia) using a simple heat index*. Archives for Technical Sciences, No. 21 (1), pp 75-84. DOI:10.7251/afts.2019.1121.075L
- 183) Lukić, M., Pecelj, M., Protić, B., Filipović, D. (2019). *An evaluation of summer discomfort in Niš (Serbia) using Humidex*. Journal of Geographical Institute "Jovan Cvijic" SASA, 69(2), pp 109-122. <https://doi.org/10.2298/IJGI1902109L>
- 184) Lukić, M., Milovanović, J. (2020). *UTCI based assessment of urban outdoor thermal comfort in Belgrade, Serbia*. Proceedings of the SINTEZA 2020 - International Scientific Conference on Information Technology and Data Related Research. Belgrade: Singidunum University, pp 70-77. <https://doi.org/10.15308/Sinteza-2020-70-77>, ISBN 978-86-7912-735-8
- 185) Lukić, M., Filipović, D., Pecelj, M., Crnogorac, Lj., Lukić, B., Divjak, L., Lukić, A., Vučićević, A. (2021). *Assessment of Outdoor Thermal Comfort in Serbia's Urban Environments during Different Seasons*. Atmosphere, 12, 1084. <https://doi.org/10.3390/atmos12081084>
- 186) Lukić, M., Đurić, D. (2021). *Comparative analysis of the outdoor thermal comfort in urban environments - case study of Bijeljina and Loznica*. Collection of papers „the 5th Serbian congress of geographers - Innovative approach and perspectives of the applied geography". Novi Sad: University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of geography, tourism and hotel management, pp 361-370. ISBN 978-86-7031-589-1
- 187) Lukić, M., Lukić, A. (2022). *Outdoor thermal comfort as an indicator of the "Belgrade Green City" concept - advantages and applications*. Proceedings of the 4th International Conference on Urban Planning – ICUP 2022. Niš: University of Niš - Faculty of Civil Engineering and Architecture, pp 173-180. ISBN 978-86-88601-74-0
- 188) Lukić, M., Đurić, D. (2023). *Thermal comfort in Belgrade, Serbia: UTCI-based seasonal and annual analysis for the period 1991-2020*. Archives for Technical Sciences, 28(1), pp 77-88. <http://dx.doi.org/10.59456/afts.2023.1528.077L>
- 189) Mandić, L., Đukić, A., Marić, J., Mitrović, B. (2024). *A Systematic Review of Outdoor Thermal Comfort Studies for the Urban (Re)Design of City Squares*. Sustainability 2024, 16(12), 4920. <https://doi.org/10.3390/su16124920>
- 190) Malinović-Milićević, S. (2023). *Biometeorological conditions of urban and suburban areas in Bosnia and Herzegovina*. Theoretical and Applied Climatology, 153, pp 697–708. <https://doi.org/10.1007/s00704-023-04501-5>
- 191) Malinović-Milićević, S., Petrović, M., Radovanović, M. (2023). *Evaluation of outdoor thermal comfort conditions: evidence from the Serbian major ski resort over the last 30 years*. International Journal of Biometeorology, 67, pp 807-819. <https://doi.org/10.1007/s00484-023-02456-w>
- 192) Malaperdas, G. (2019). *The Influence and Impact of Bioclimatic Indicators on the Evolution of Biosociety. A Geoarchaeological approach*. J. WNOFNS, 24, pp 189-199.
- 193) Masterton, J., Richardson, F.A. (1979). *Humidex, a method of quantifying human discomfort due to excessive heat and humidity*. Ontario: Atmospheric Environment Service Canada, Downsview, 45.
- 194) Martins, A.L.T., Adolphe, L., Bonhomme, M., Bonneaud, F., Faraut, S., Ginestet, S., Michel, Ch., Guyard, W. (2016). *Impact of Urban Cool Island measures on outdoor*

- climate and pedestrian comfort: Simulations for a new district of Toulouse, France.* Sustainable Cities and Society, 26, pp 9-26. DOI:10.1016/j.scs.2016.05.003
- 195) Mekis, É., Vincent, L.A., Shephard, M.W., Zhang, X. (2015). *Observed trends in severe weather conditions based on HUMIDEX, wind chill, and heavy rainfall events in Canada for 1953–2012.* Atmosphere - Ocean, 53 (4), pp 383–397. <https://doi.org/10.1080/07055900.2015.1086970>
 - 196) Meng, F., Qin, M., Gao, Z., Wang, H., Xu, X., Xu, F. (2025). *A review of RayMan in thermal comfort simulation: Development, applications and prospects.* Building and Environment 270, 112547. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.112547>
 - 197) Mersal, A. (2017). *Eco city – Challenge and opportunities in transferring a city in to green city.* International Conference – Green Urbanism, GU 2016, Procedia Environmental Sciences, 37, pp 22-33. DOI:10.1016/j.proenv.2017.03.010
 - 198) Mihaila, D., Piticar, A., Briciu, A. E., Bistricean, P. I., Lazurca, L. G., Puțuntica, A. (2018). *Changes in bioclimatic indices in the Republic of Moldova (1960–2012): consequences for tourism.* Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 77, pp 521–548. DOI:10.21138/bage.2550
 - 199) Milovanović, B., Radovanović, M., Schneider, Ch. (2020). *Seasonal distribution of urban heat island intensity in Belgrade (Serbia).* Journal of Geographical Institute "Jovan Cvijic" SASA, 70 (2), pp 163-170. <https://doi.org/10.2298/IJGI2002163M>
 - 200) Milošević, D., Bajšanski, I., Savić, S. (2017). *Influence of changing trees locations on thermal comfort on street parking lot and footways.* Urban Forestry & Urban Greening, 23, pp 113-124. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.03.011>
 - 201) Milošević, D., Savić, S., Arsenović, D., Lužanin, Z., Dunjić, J. (2020). *Analysis of human thermal comfort in central European city during summer of 2015: a case of Novi Sad (Serbia).* Bulletin of the Serbian geographical society, 100 (1), pp 31-39. DOI: 10.2298/GSGD2001031M
 - 202) Milošević, D., Dunjić, J., Stojanović, V. (2020). *Investigating Micrometeorological Differences between Saline Steppe, Forest-steppe and Forest Environments in Northern Serbia during a Clear and Sunny Autumn Day.* Geographica Pannonica, 24(3), pp 176-186. DOI:10.5937/gp24-25885
 - 203) Milošević, D., Trbić, G., Savić, S., Popov, T., Ivanišević, M., Marković, M., Ostojić, M., Dunjić, J., Fekete, R., Garić, B. (2022). *Biometeorological Conditions During Hot Summer Days in Diverse Urban Environments of Banja Luka (Bosnia and Herzegovina).* Geographica Pannonica. 26, 1, pp 29-45 17. doi: 10.5937/gp26-35456
 - 204) Milošević, D., Dunjić, J., Stojanović, R., Žgela, M., Savić, S., Arsenović, D. (2023). *Analysis of long- and short-term biometeorological conditions in the Republic of Serbia.* International Journal of Biometeorology, 67, pp 1105-1123. DOI:10.1007/s00484-023-02482-8
 - 205) Mitić-Radulović, A., Lalović, K. (2021). *Multi-Level Perspective on Sustainability Transition towards Nature-Based Solutions and Co-Creation in Urban Planning of Belgrade, Serbia.* Sustainability, 13, 7576. <https://doi.org/10.3390/su13147576>
 - 206) Mulahusić, A., Tuno, N., Topoljak, J., Kolić, T., Kogoj, D. (2018). *Satellite thermography of Sarajevo.* Geodetski Vestnik, 62(2), pp 173-187. DOI:10.15292/geodetski-vestnik.2018.02.173-187
 - 207) Muric, J. (2015). *Gender and Climate Change in the Republic of Serbia.* Belgrade: United Nations Development Programme (UNDP) Serbia.
 - 208) Mutani, G., Todeschi, V. (2021). *Roof-Integrated Green Technologies, Energy Saving and Outdoor Thermal Comfort: Insights from a Case Study in Urban*

- Environment. International Journal of Sustainable Development and Planning*, 16 (1), pp 13-23. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.160102>
- 209) Morille, B., Musy, M. (2017). *Comparison of the impact of three climate adaptation strategies on summer thermal comfort – Cases study in Lyon, France*. *Procedia Environmental Sciences*, 38, pp 619 – 626. DOI:10.1016/j.proenv.2017.03.141
 - 210) Mölders, N. (2019). *Outdoor Universal Thermal Comfort Index Climatology for Alaska*. *Atm and Climate Sciences*, 9, pp 558-582. DOI:10.4236/acs.2019.94036
 - 211) Nam, Ch., Lierhammer, L., Buntmeyer, L., Evadzi, P., Cabana, D., Celliers, L. (2024). *Changes in universal thermal climate index from regional climate model projections over European beaches*. *Climate Services*, 34, 100447.
 - 212) Nastos, P. T., & Matzarakis, A. (2012). *The effect of air temperature and human thermal indices on mortality in Athens, Greece*. *Theoretical and Applied Climatology*, 108(3-4), pp 591-599. <https://doi.org/10.1007/s00704-011-0555-0>
 - 213) Nikolopoulou, M., Lykoudis, S. (2006). *Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries*. *Building and Environment*, 41(11), pp 1455-1470. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.05.031>
 - 214) Nimac, I., Herceg-Bulić, I., Žuvela-Aloise, M., Žgela, M. (2021). *Impact of North Atlantic Oscillation and drought conditions on summer urban heat load - a case study for Zagreb*. *International Journal of Climatology*. <https://doi.org/10.1002/joc.7507>
 - 215) Nimac, I., Herceg-Bulić, I., Žuvela-Aloise, M. (2022). *The contribution of urbanisation and climate conditions to increased urban heat load in Zagreb (Croatia) since the 1960s*. *Urban Climate*, 46, 101343. DOI:10.1016/j.uclim.2022.101343
 - 216) Oleson, K.W., Monaghan, A., Wilhelmi, O., Barlage, M., Brunsell, N., Feddema, J., Hu, L., Steinhoff, D.F. (2013). *Interactions between urbanization, heat stress, and climate change*. *Climatic Change*, 129 (3-4), pp 525–541. DOI:10.1007/s10584-013-0936-8
 - 217) Pantavou, K., Theoharatos, G., Mavrakakis, A., Santamouris, M. (2011). *Evaluating thermal comfort conditions and health responses during an extremely hot summer in Athens*. *Building and Environment*, 46, pp. 339-344. DOI:10.1016/j.buildenv.2010.07.026
 - 218) Pantavou, K., Theoharatos, G., Santamouris, M., Asimakopoulos, D. (2013). *Outdoor thermal sensation of pedestrians in a Mediterranean climate and a comparison with UTCI*. *Building and Environment*, 66, pp 82-95. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.02.014>
 - 219) Pappenberger, F., Jendritzky, G., Staiger, H., Dutra, E., Di Giuseppe, F., Richardson, D., Cloke, H. (2015). *Global forecasting of thermal health hazards: the skill of probabilistic predictions of the Universal Thermal Climate Index (UTCI)*. *International Journal of Biometeorology*, 59 (3), pp 311–323. <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0843-3>
 - 220) Park, S., Tuller, S., Jo, M. (2014). *Application of Universal Thermal Climate Index (UTCI) for microclimatic analysis in urban thermal environments*. *Landscape and Urban Planning*, 125, pp 146-155. DOI:10.1016/j.landurbplan.2014.02.014
 - 221) Pecelj, M.M., Pecelj, M., Mandić, D., Pecelj, J., Vujadinović, S., Šećerov, V., Šabić, D., Gajić, M., Milinčić, M. (2010). *Bioclimatic Assessment of Weather Condition for Recreation in Health Resorts*. In N. Mastorakis, V. Mladenov, M. Demiralp, Z. Bojkovic (Eds.), *Advances in Biology, Bioengineering and Environment*, pp 211-214.
 - 222) Pecelj, M., Pecelj, M.M., Cutovic, M., Pavlovic, M., Zivkovic, D., Zivkovic, Lj., Vujadinovic, S., Pecelj, J., Gajic, M., Mandic, D. (2011). *Bioclimate Weather Classification of Doboj for Helth Spa Tourism*. *Recent Researches in Artificial*

- Intelligence, Knowledge Engineering and Data Bases, pp. 292-296. ISBN: 978-960-474-273-8.
- 223) Pecelj, M. (2013). *Bioclimatic indices based on the Menex model-example on Banja Luka*. Journal of the Geographical Institute Jovan Cvijić SASA, 63(1), pp. 1-10, <https://doi.org/10.2298/IJGI120803003P>
 - 224) Pecelj, M., Đordđević, A., Pecelj, R.M., Pecelj-Purković, J., Filipović, D., Šećerov, V. (2017a). *Biothermal conditions on Mt. Zlatibor based on thermophysiological indices*. Archives of Biological Sciences, 69 (3), pp 455-461. DOI:10.2298/ABS151223120P
 - 225) Pecelj, M., Lukić, M., Pecelj, M., Đurić, D. (2017b). *Application of the Menex model in bioclimatic analysis of Novi Sad and environment for the purposes of tourism and recreation*. Arch. for Tech. Sciences, 16, pp 77-84. DOI:10.7251/afts.2017.0916.077P
 - 226) Pecelj, M.M., Lukić, M., Vučićević A, De Una-Alvarez, E., Esteves da Silva, C.G.J., Freinkin, I., Ciganović, S., Bogdanović, U. (2018). *Geoecological evaluation of local surroundings for the purposes of recreational tourism*. Journal of Geographical Institute "Jovan Cvijic" SASA, 68(2), pp 215-231. <https://doi.org/10.2298/IJGI1802215P>
 - 227) Pecelj, M., Lukić, M., Filipović, D., Protić, B., Bogdanović, U. (2020). *Analysis of the Universal Thermal Climate Index during heat waves in Serbia*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 20, pp 2021-2036. <https://doi.org/10.5194/nhess-20-2021-2020>
 - 228) Pecelj, M., Matzarakis, A., Vujadinović, M., Radovanović, M., Vagić, N., Đurić, D., Cvetkovic, M. (2021). *Temporal Analysis of Urban-Suburban PET, mPET and UTCI Indices in Belgrade (Serbia)*. Atmosphere, 12, 916. DOI:10.3390/atmos12070916
 - 229) Pecelj, M., Blazejczyk, A., Vagić, N., Ivanović, P. (2021). *The assessment of human bioclimate of Vranje health resort (Serbia) based on Universal Thermal Climate Index (UTCI) with the focus on extreme biothermal conditions*. Geographia Polonica, 94, 2, pp. 201-222. <https://doi.org/10.7163/GPol.0201>
 - 230) Pogačar, T., Žnidaršič, Z., Kajfež Bogataj, L., Flouris, A. D., Pouliantiti, K., & Črepinšek, Z. (2019a). *Heat Waves Occurrence and Outdoor Workers' Self-assessment of Heat Stress in Slovenia and Greece*. International Journal of Environmental research and public health, 16(4), 597.
 - 231) Pogačar, T., Žnidaršič, Z., Črepinšek, Z., Bogataj, L. K. (2019b). *Aggravated Occupational Heat Stress Recognition and Mitigation in Slovenia*. In: Climate Change Adaptation in Eastern Europe, pp 267-277.
 - 232) Popov, T., Gnjata, S., Trbić, G., Ivanišević, M. (2023). *Changes in air temperature and precipitation in Banja Luka in 1961-2022*. Bulletin of the Serbian geographical society, 103(2), pp 231-254. <https://doi.org/10.2298/GSGD2302231P>
 - 233) Prokić, M. (2018). *Climate trends of temperature and precipitation in Nišava river valley (Serbia) for 1960-2015 period*. Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijic" SASA, 68 (1), pp 35-50. <https://doi.org/10.2298/IJGI1801035P>
 - 234) Phanprasit, W., Rittaprom, K., Dokkem, S., Meeyai, A., Boonyayothin, V., Jaakkola, J., Näyhä, S. (2021). *Climate Warming and Occupational Heat and Hot Environment Standards in Thailand*. Safety and Health at Work, 12, pp 119-126, DOI:10.1016/j.shaw.2020.09.008
 - 235) Rakhmanov, R., Kolesov, S., Alikberov, M., Potekhina, N., Belous'ko, N., Tarasov, A., Nepryakhin, D., Zhargalov, S. (2018). *Health risks for workers caused by weather and climatic conditions during a cold season*. Health Risk Analysis, 2, pp 70-77. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2018.2.08.eng>
 - 236) Rana, R., Kusy, B., Jurdak, R., Wall, J., Hu, W. (2013). *Feasibility analysis of using Humidex as an indoor thermal comfort predictor*. Energy and Buildings, 64, pp 17-25, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.04.019>

- 237) Ribeiro, A., Madureira, L., Carvalho, R. (2023). *Evidence on how urban gardens help citizens and cities to enhance sustainable development. Review and bibliometric analysis*. Landscape and Urban Planning. DOI:10.1016/j.landurbplan.2023.104766
- 238) Ronchi, S., Arcidiacono, A., Pogliani, L. (2020). *Integrating green infrastructure into spatial planning regulations to improve the performance of urban ecosystems. Insights from an Italian case study*. Sustainable Cities and Society, 53, pp 101907. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101907>
- 239) Roshan, G., Yousefi, R., Błażejczyk, K. (2018). *Assessment of the climatic potential for tourism in Iran through biometeorology clustering*. International Journal of Biometeorology, 62 (4), pp 525-542. <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1462-6>
- 240) Rui, L., Buccolieri, R., Gao, Z., Gatto, E., Ding, W. (2019). *Study of the effect of green quantity and structure on thermal comfort and air quality in an urban-like residential district by ENVI-met modelling*. Building Simulation, 12, pp 183-194. <https://doi.org/10.1007/s12273-018-0498-9>
- 241) Rupp, R., Vasquez, N., Lamberts, R. (2015). *A review of human thermal comfort in the built environment*. Energy and Buildings, 105, pp. 178-205. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.07.047>
- 242) Ruparathna, R., Hewage, K., Karunathilake, H., Dyck, R., Idris, A., Culver, K., Saidq, R. (2017). *Climate conscious regional planning for fast-growing communities*. Journal of Cleaner Production, 165, pp 81-92. DOI:10.1016/j.jclepro.2017.07.092
- 243) Savić, S., Arsenović, D., Marković, V., Milošević, D. (2019). *Temperature risk assessment in urban environments during heat wave periods: a case study on the city of Novi Sad (Serbia)*. In: Leal Filho, W., Trbić, G., Filipović, D. (eds). Climate Change Adaptation in Eastern Europe. Springer, Cham, pp 185-197.
- 244) Savić, S., Geletić, J., Milošević, D., Lehnert, M. (2020). *Analysis of land surface temperatures in the "Local climate zones" of Novi Sad (Serbia)*. Bulletin of the Serbian geographical society, 100 (1), pp 41-50. <https://doi.org/10.2298/GSGD2001041S>
- 245) Savić, S., Trbić, G., Milošević, D., Dunjić, J., Ivanišević, M., Marković, M. (2022). *Importance of assessing outdoor thermal comfort and its use in urban adaptation strategies: a case study of Banja Luka (Bosnia and Herzegovina)*. Theoretical and Applied Climatology 150, 1425-1441. DOI:10.1007/s00704-022-04237-8
- 246) Savić, S., Šećerov, I., Lalić, B., Nie, D., Roantree, M. (2023). *Air Temperature and Relative Humidity Datasets from an Urban Meteorological Network in the City Area of Novi Sad (Serbia)*. Data in Brief, 49, 109425.
- 247) Savić, S., Milanović, B., Milošević, D., Dunjić, J., Pecelj, M., Lukić, M., Ostojić, M., Fekete, R. (2024). *Thermal assessments at local and micro scales during hot summer days: a case study of Belgrade (Serbia)*. IDŐJÁRÁS Quarterly Journal of the HungaroMet Hungarian Meteorological Service, 128 (1), pp 121-141, DOI:10.28974/idojaras.2024.1.7
- 248) Salata, F., Golasi, I., de Lieto Vollaro, R., de Lieto Vollaro, A. (2016). *Outdoor thermal comfort in the Mediterranean area. A transversal study in Rome, Italy*. Building and Environment, 96(1), pp 46-61. DOI:10.1016/j.buildenv.2015.11.023
- 249) Sanchez Jimenez, L.J., Ruiz de Adana, M. (2024). *Assessment of Outdoor Thermal Comfort in a Hot Summer Region of Europe*. Atmosphere, 15(2), 214. <https://doi.org/10.3390/atmos15020214>
- 250) Santamouris, M. (2014). *Cooling the cities - a review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments*. Sol. Energy 103, 682-703. DOI:10.1016/j.solener.2012.07.003

- 251) Seiwert, A., Rößler, S. (2020). *Understanding the term green infrastructure: origins, rationales, semantic content and purposes as well as its relevance for application in spatial planning*. Land Use Policy, 97, 104785. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104785>
- 252) Setaih, K., Hamza, N., Townshend, T. (2013). *Assessment of outdoor thermal comfort in urban microclimate in hot arid areas*. Proceedings of BS2013: 13th Conference of International Building Performance Simulation Association, Chambéry, France, pp 3153-3160.
- 253) Sharmin, T., Steemers, K., 2018. Effects of microclimate and human parameters on outdoor thermal sensation in the high-density tropical context of Dhaka. International Journal of Biometeorology, 64, pp 187-203.
- 254) Slätmo, E., Nilsson, K., Turunen, E. (2019). *Implementing Green Infrastructure in Spatial Planning in Europe*. Land, 8 (4), 62. <https://doi.org/10.3390/land8040062>
- 255) Stanojević, G., Stojićević, J., Spalević, A., Kokotović, V. (2014). *Impact of Heat waves on daily mortality in Belgrade*. Environmental Hazards 13 (4), pp 329-342. <https://doi.org/10.1080/17477891.2014.932268>
- 256) Stanojević, G., Spalević, A., Kokotović, V., Stojilković, J. (2014b). *Does Belgrade (Serbia) need heat health warning system?* Disaster Prevention and Management, 23(5), pp 494-507. <http://dx.doi.org/10.1108/dpm-11-2013-0200>
- 257) Stevović, S., Mirjanić, S., Đurić, N. (2017). *Sustainable urban environment and conflict of resources management*. Archives for Technical Sciences, 17 (1), pp 79-87. <https://doi.org/10.7251/afts.2017.0917.079S>
- 258) Stošić-Mihajlović, Lj., Mihajlović, M., Trajković, S. (2017). *Bioclimatic urban design – general ecological and economic aspect*. Journal of Process Management – New Technologies, International, 5 (3), pp 17-27. DOI:10.5937/jouproman5-14304
- 259) Stredova, H., Streda, T., Litschmann, T. (2015). *Smart tools of urban climate evaluation for smart spatial planning*. Moravian Geographical Reports, 23 (3), pp 47-57. <https://doi.org/10.1515/mgr-2015-0017>
- 260) Shin, J.Y., Kim, K.R., Ha, J.C. (2020). *Intensity-duration-frequency relationship of WBGT extremes using regional frequency analysis in South Korea*. Environmental Research, 190, 109964. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109964>
- 261) Spanou, A., Mavarakis, A., Kantavou, K. et al. (2010). *Heat Load index levels during the heat waves of June and July 2007 in Greece*. Conference Proceedings of 10th COMECAP conference, Patras, Greece, pp. 386-393.
- 262) Šušnjar, S., Pecelj, M. (2014). *Bioclimate analysis of Mountain Bjelašnica*. Bulltein of the Serbian Geographical Society, pp 91-104, DOI:10.2298/GSGD1401091S
- 263) Taha, H., Akbari, H., Rosenfeld, A., Huang, J. (1988). *Residential cooling loads and the urban heat-island - the effects of albedo*. Build. Environ. 23, 271-283.
- 264) Theoharatos, G., Pantavou, K., Mavrakis, A. et al. (2010). *Heat waves observed in 2007 in Athens, Greece: Synoptic conditions, bioclimatological assessment, air quality levels and health effects*. Environmental Research, 110, pp 152-161. doi:10.1016/j.envres.2009.12.002
- 265) Tomczyk, M.A. (2016). *Impact of atmospheric circulation on the occurrence of heat waves in southeastern Europe*. IDŐJÁRÁS - Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service, 120 (4), pp 395-414.
- 266) Tomczyk, M.A., Owczarek, M. (2020). *Occurrence of strong and very strong heat stress in Poland and its circulation conditions*. Theoretical and Applied Climatology, 139, pp 893-905. <https://doi.org/10.1007/s00704-019-02998-3>

- 267) Toy, S., Matzarakis, A. (2017). *Quantification of bioclimate conditions for humans for winter sport events – candidate city Erzurum for winter Olympic Games 2026*. Proceedings of the 8th Atmospheric sciences symposium, Istanbul, pp 41-46.
- 268) Tošić, I., Mladjan, M., Gavrilov, M., Živanović, S., Radaković, M., Putniković, S., Petrović, P., Krstić Mistrđelović, I., Marković, S. (2019). *Potential influence of meteorological variables on forest fire risk in Serbia during the period 2000-2017*. Open Geosciences, 11, pp. 414-425. <https://doi.org/10.1515/geo-2019-0033>
- 269) Tsoka, S., Tsikaloudaki, K., Theodosiou, T. (2017). *Urban space's morphology and micro climatic analysis: A study for atypical urban district in the Mediterranean city of Thessaloniki, Greece*. Energy and Buildings, 156, pp 96-108. DOI:10.1016/j.enbuild.2017.09.066
- 270) Unkašević, M., Vujović, D., Tošić, I. (2005). Trends in extreme summer temperatures at Belgrade. Theoretical and Applied Climatology, 82, pp 199-205. <https://doi.org/10.1007/s00704-005-0131-6>
- 271) Unkašević, M., Tošić, I. (2009a). *An analysis of heat waves in Serbia*. Global Planet Gchange, 65 (1-2), pp 17-26. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2008.10.009>
- 272) Unkašević, M., Tošić, I. (2009b). *Heat waves in Belgrade and Niš*. Geographica Pannonica, 13 (1), pp 4-10.
- 273) Unkašević, M., Tošić, I. (2011). *The maximum temperatures and heat waves in Serbia during the summer of 2007*. Climate Change 108 (1-2), pp 207-223. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-0006-4>
- 274) Unkašević, M., Tošić, I. (2013). *Trends in temperature indices over Serbia: relationships to large-scale circulation patterns*. International Journal of Climatology, 33, pp 3152–3161. <https://doi.org/10.1002/joc.3652>
- 275) Unkašević, M., Tošić, I. (2015). *Seasonal analysis of cold and heat waves in Serbia during the period 1949-2012*. Theoretical and Applied Climatology, 120 (1-2), pp 29-40. <https://doi.org/10.1007/s00704-014-1154-7>
- 276) Unger, J., Skarbit, N., Gál, T. (2018) *Evaluation of outdoor human thermal sensation of local climate zones based on long-term database*. Int J Biometeorol 62, pp 183–193. <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1440-z>
- 277) Urban, A., Kysely, J. (2014). *Comparison of UTCI with Other Thermal Indices in the Assessment of Heat and Cold Effects on Cardiovascular Mortality in the Czech Republic*. Int. J. Environ. Res. Public Health, 11, pp 952-967. DOI:10.3390/ijerph110100952
- 278) Vasić, M., Milošević, D., Savić, S., Bjelajac, D., Arsenović, D., Dunjić, J. (2022). *Micrometeorological measurements and biometeorological survey in different urban settings of Novi Sad (Serbia)*. Bulletin of the Serbian geographical society, 102(2), pp 45-66. <https://doi.org/10.2298/GSGD2202045V>
- 279) Vitt, R., Gulyás, Á., & Matzarakis, A. (2015). *Temporal differences of urban-rural human biometeorological factors for planning and tourism in Szeged, Hungary*. Advances in Meteorology. <https://doi.org/10.1155/2015/987576>
- 280) Vučković, D., Jovic, S., Bozovic, R., Džamić, V., Kićović, D. (2019). *Potential of neuro-fuzzy methodology for forecasting of outdoor thermal comfort index at urban open spaces*. Urban Climate, 28, 100467. DOI:10.1016/j.uclim.2019.100467
- 281) Vuković, A., Vujadinović, M., Rendulić, S., Đurđević, V., Ruml, M., Babić, V., Popović, D. (2018). *Global Warming impact on climate change in Serbia for the period 1961-2100*. Thermal Science, 22(6A), pp 2267-2280.
- 282) Zaninovic, K. (2013). *Potential of beach tourism in Croatia using climate index for tourism*. In EMS Annual Meeting Abstracts (Vol. 10).

- 283) Zaninović, K., Matzarakis, A. (2014). *Impact of heat waves on mortality in Croatia*. International journal of biometeorology, 58 (6), pp 1135-1145. <https://doi.org/10.1007/s00484-013-0706-3>
- 284) Zare, S., Shirvan, H., Hemmatjo, R., Nadri, F. et al. (2019). *A comparison of the correlation between heat stress indices (UTCI, WBGT, WBGT, TSI) and physiological parameters of workers in Iran*. Weather and Climate Extremes, 26, 100213. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2019.100213>
- 285) Zare, S., Hasheminejad, N., Elahi Shirvan., H., Hemmatjo, R., Sarebanzadeh, K., Ahmadi, S. (2018). *Comparing Universal Thermal Climate Index (UTCI) with selected thermal indices / environmental parameters during 12 months of the year*. Weather and Climate Extreme, 19, pp 49-57. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2018.01.004>.
- 286) Zubelzu, S., Alvarez, R. (2015). *Urban planning and industry in Spain: A novel methodology for calculating industrial carbon footprints*. Energy Policy, 83, pp 57-68. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.03.025>
- 287) Zhang, W., Du, Z., Zhang, D., Yu, S., Huang, Y., Hao, Y. (2016). *Assessing the impact of Humidex on HFMD in Guangdong Province and its variability across social-economic status and age groups*. Scientific Reports, 6, pp 1-8. DOI:10.1038/srep18965
- 288) Zhang, L., Wei, D., Hou, Y., Du, J., Liu, Z., Zhang, G., Shi, L. (2020). *Outdoor Thermal Comfort of Urban Park - A Case Study*. Sustainability, 12, 1961. <https://doi.org/10.3390/su12051961>
- 289) Zhou, Y., Ji, A., Tang, E., Liu, J., Yao, Ch., Liu, X., Xu, Ch., Xiao, H., Hu, Y., Jiang, Y., Li, D., Du, N., Li, Y., Zhou, L., Cai, T. (2023). *The role of extreme high humidex in depression in chongqing, China: A time series-analysis*. Environmental Research, 222, 115400. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115400>
- 290) Žgela, M., Lozuk, J., Jureša, P. et al. (2024a). *Urban heat load assessment in Zagreb, Croatia: a multi-scale analysis using mobile measurement and satellite imagery*. Environ Monit Assess 196, 410. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-12538-w>
- 291) Žgela, M., Herceg-Bulić, I., Lozuk, J., Jureša P. (2024b). *Linking land surface temperature and local climate zones in nine Croatian cities*. Urban Climate, 54, 101842. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.101842>
- 292) Žibera, I., & Ivajnsi, D. (2018). *Heat waves in Maribor between 1961-2018*. Revija za geografiju-Journal for Geography, 13(2), pp 73-90.
- 293) Yaglou, C.P., Minaed, D. (1957). *Control of heat casualties at military training centers*. Archives for Industrial Health, 16, pp 302-316.
- 294) Yang, S., Wang, L.L., Stathopoulos, T., Marey, A. (2023). *Urban microclimate and its impact on built environment – A review*. Building and Environment. 238, 110334. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110334>
- 295) Yilmaz, H., Toy, S., Irmak, M.A., Yilmaz, S., Bullut, Y. (2007). *Determination of temperature differences between asphalt concrete, soil and grass surfaces of the City of Erzurum, Turkey*. Atmosphere, 21(2), pp 135-146.
- 296) Wu, F., Yang, X., Shen., Z. (2019). *Regional and seasonal variations of outdoor thermal comfort in China from 1966 to 2016*. Science of The Total Environment, 665, pp 1003-1016. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.190>
- 297) Акциони план адаптације на климатске промене са проценом рањивости („Сл. лист града Београда“, бр. 65/2015).
- 298) Акциони план за зелени град ("Сл. лист града Београда", бр. 45/2021).
- 299) Акциони план за одрживу енергију и климу за Град Београд ("Сл. лист града Београда", бр. 44/2021).

- 300) Генерални план Београда (2003). Београд: Обрађивач – ЈУП Урбанистички завод Београда, Наручилац – Скупштина Града Београда.
- 301) Генерални урбанистички план Београда („Сл. лист града Београда“, бр. 11/2016).
- 302) Елаборат за рани јавни увид Генералног Урбанистичког Плана Београда (ГУП) 2041 (2022). Београд, Обрађивач плана: Урбанистички завод Београда.
- 303) Закон о климатским променама ("Сл. гласник РС", бр. 26/2021).
- 304) Закон о заштити животне средине ("Сл. гласник РС", бр. 135/2004, 36/2009, 36/2009 - др. закон, 72/2009 - др. закон, 43/2011 - одлука УС, 14/2016, 76/2018, 95/2018, 95/2018 - 5 др. закон, 94/2024 - др.
- 305) Закон о заштити природе ("Сл. гласник РС", бр. 36/2009, 88/2010, 91/2010 - испр., 14/2016, 95/2018 – др. закон и 71/2021).
- 306) Закон о планирању и изградњи ("Сл. гласник РС", бр. 72/2009, 81/2009 - испр., 64/2010 - одлука УС, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - одлука УС, 50/2013 - одлука УС, 98/2013 - одлука УС, 132/2014, 145/2014, 83/2018, 31/2019, 37/2019 - др. закон, 9/2020, 52/2021 и 62/2023).
- 307) Закон о планском систему Републике Србије ("Сл. гласник РС", бр. 30/2018).
- 308) Закон о Просторном плану Републике Србије ("Сл. гласник РС", бр. 88/2010).
- 309) Извештај „Климатске промене и здравље“ (2016). Београд: Министарство пољопривреде и заштите животне средине, UNDP Serbia.
- 310) Извештај о ревизији сврсисходности пословања – Планирање зелене инфраструктуре у градовима (2024). Београд: Државна ревизорска институција.
- 311) Извештај о Стратешкој процени утицаја Акционог плана за зелени град за Београд (GCAP) на животну средину, (2021). Београд: Институт за архитектуру и урбанизам Србије ИАУС.
- 312) Измене и допуне Акционог плана адаптације на климатске промене са проценом рањивости („Сл. лист града Београда“, бр. 72/2023).
- 313) Измене и допуне плана генералне регулације грађевинског подручја седишта јединице локалне самоуправе – Град Београд (целине I – XIX) (I фаза – 2. етапа), са Извештајем о стратешкој процени. 2022. ЈУП Урбанистички завод Београда.
- 314) Измене и допуне плана генералне регулације грађевинског подручја седишта јединице локалне самоуправе – Град Београд (целине I – XIX) (I фаза – 3. етапа), са Извештајем о стратешкој процени. 2023. ЈУП Урбанистички завод Београда.
- 315) Интегрисани национални енергетски и климатски план Републике Србије за период до 2030.године са визијом до 2050.године ("Сл. гласник РС", бр. 70/2024).
- 316) Локални план управљања отпадом Града Београда 2021-2030.година (2020). Београд: Градска управа Града Београда – Секретаријат за заштиту животне средине, Универзитет у Београду – Географски факултет.
- 317) Општине и региони у Републици Србији (2023). Београд: РЗС
- 318) План генералне регулације грађевинског подручја седишта јединице локалне самоуправе – Град Београд (целине I-XIX) („Сл. лист града Београда“, бр. 20/16, 97/16, 69/17, 97/17, 72/21, 27/22, 45/23, 66/23, 91/23).
- 319) План генералне регулације система зелених површина Београда („Сл. лист града Београда“, бр. 110/19).

- 320) Правилник о класификацији намене земљишта и планских симбола у документима просторног и урбанистичког планирања ("Сл. гласник РС", бр. 105/2020).
- 321) Први Национални план адаптације на измењене климатске услове за Републику Србију (2015). Београд: Министарство пољопривреде и заштите животне средине.
- 322) Програм заштите животне средине града Београда („Сл. лист града Београда“, бр. 72/2015).
- 323) Програм прилагођавања на измењене климатске услове за период од 2023. до 2030.године ("Сл. гласник РС", бр. 119/2023).
- 324) Регионални просторни план административног подручја Града Београда ("Сл. лист града Београда, бр. 10/2004, 38/2011).
- 325) Стратегија заштите животне средине – Зелена агенда за Републику Србију за период 2024-2033.година са Акционим планом (2024). Предлог Стратегије, Министарство заштите животне средине.
- 326) Стратегија зелене инфраструктуре Града Београда за период од 2025. до 2032.године (2024). Београд: Наручилац – Секретаријат за заштиту животне средине, Извршилац – Универзитет у Београду-Шумарски факултет.
- 327) Стратегија комуникације за област климатских промена (2017). Обрађивач: Организација за европску безбедност и сарадњу (ОЕБС), наручилац: Министарство заштите животне средине, Београд.
- 328) Стратегија нискоугљеничног развоја Републике Србије за период 2023. до 2030. године са пројекцијама до 2050.год. („Службени гласник РС", 46/2023).
- 329) Стратегија одрживог урбаног развоја Републике Србије до 2030.године ("Сл. гласник РС", бр. 47/2019).
- 330) Стратегија развоја енергетике Републике Србије до 2040. године са пројекцијама до 2050.године ("Сл. гласник РС", бр. 94/2024).
- 331) Стратегија развоја Града Београда („Сл. лист града Београда“, бр. 47/2017).
- 332) Стратегија развоја Града Београда до 2027.године. Нацрт. Секретаријат за привреду, Градска управа Града Београда, 2022.
- 333) Стратегија утицаја климатских промена на интеракцију екосистемских услуга у коришћењу и управљању шумским ресурсима Београда („Сл. лист града Београда“, бр. 112/2022).
- 334) Студија о социо-економским аспектима климатских промена у Републици Србији (2019). Београд: Програм Уједињених Нација за развој Србија.
- 335) American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, dostupno na <https://www.ashrae.org/>
- 336) ANSI/ASHRAE Standard 55, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, dostupno na <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standard-55-thermal-environmental-conditions-for-human-occupancy>
- 337) Balkan Green Energy News, Nacionalna asocijacija zelenih krovova, dostupno na <https://balkangreenenergynews.com/rs/nacionalna-asocijacija-zelenih-krovova-inicijativa-za-zelenu-infrastrukturu/>
- 338) Bioklima 2.6 - Universal tool for bioclimatic and thermophysiological studies, Institute of Geography and Spatial Organization, Polish Academy of Science, author: Prof. Krzysztof Błażejczyk, PhD, <https://www.igipz.pan.pl/bioklima-crd.html>
- 339) Canadian Centre for Occupational Health and Safety, CCOHS: Humidex Rating and Work, dostupno na: https://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/humidex.html

- 340) Canadian Climate Data and Scenarios, Representative Concentration Pathways, dostupno na <https://climate-scenarios.canada.ca/?page=scen-rcp>
- 341) Copernicus Climate Change Service – Climate Bulletins, dostupno na <https://climate.copernicus.eu/climate-bulletins>
- 342) Copernicus Land Monitoring Service, CORINE Land Cover, dostupno na <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover>
- 343) Digitalni atlas klime Srbije, dostupno na <https://atlas-klime.eko.gov.rs/lat/map?dataType=mod&visualization=pro&area=regions>
- 344) EEA, Percentage of total green infrastructure, urban green space, and urban tree cover in the area of EEA-38 capital cities (excluding Liechtenstein), dostupno na https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/percentage-of-total-green-infrastructure/#tab-googlechartid_chart_11
- 345) ENVI-met, Modeling the Urban Heat Island and Urban Thermal Stress, dostupno na <https://envi-met.com/modelling-the-urban-heat-island-and-urban-thermal-stress/>
- 346) Environmental Protection Agency EPA US, Heat Island Effect, dostupno na <https://www.epa.gov/heatlands>
- 347) EUR-Lex, Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law'), dostupno na <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32021R1119>
- 348) European Commission, Biodiversity Strategy for 2030, dostupno na: https://environment.ec.europa.eu/strategy/biodiversity-strategy-2030_en
- 349) European Commission, EU Adaptation Strategy, dostupno na: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/adaptation-climate-change/eu-adaptation-strategy_en
- 350) European Commission, Green infrastructure, EU Green Infrastructure Strategy, dostupno na https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/green-infrastructure_en
- 351) European Commission, Nature-based Solutions, dostupno na https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/environment/nature-based-solutions_en
- 352) European Commission, New EU forest Strategy for 2030, dostupno na https://environment.ec.europa.eu/strategy/forest-strategy_en
- 353) European Commission, New Leipzig Charter - The transformative power of cities for the common good, dostupno na https://ec.europa.eu/regional_policy/whats-new/newsroom/12-08-2020-new-leipzig-charter-the-transformative-power-of-cities-for-the-common-good_en
- 354) European Commission, The European Green Deal, dostupno na: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- 355) European Commission, Urban Agenda for the EU, dostupno na: https://commission.europa.eu/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/urban-agenda-eu_en
- 356) European Council, Fit for 55 package, dostupno na <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/fit-for-55/#what>
- 357) European Union, New European Bauhaus, dostupno na https://new-european-bauhaus.europa.eu/index_en

- 358) European Union, Publication Office of the European Union, The Covenant of Mayors for climate and energy reporting guidelines, dostupno na <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/ac865f28-dedb-11e6-ad7c-01aa75ed71a1>
- 359) Grad Zagreb, Organizacija gradskih vrtova, dostupno na <https://www.zagreb.hr/o-projektu/84060>
- 360) Gradski zavod za zaštitu zdravlja Beograd, Ekološki atlas Beograda, dostupno na <https://www.zdravlje.org.rs/ekoatlas/02a.htm>
- 361) Hell of a story, Škola klimatskog novinarstva, dostupno na <https://hellofastory.org/skola/>
- 362) Hrvatski zavod za javno zdravlje, HZJZ: Služba za medicine rada i sporta, prevenciju invalidnosti i psosocijalne rizike na radnom mestu, dostupno na: <https://www.hzzzs.hr/index.php/rizici-na-radu/rizici-na-radnom-mjestu/humidex/>
- 363) Institut za standardizaciju Srbije, ISO standardi na srpskom jeziku, dostupno na https://iss.rs/sr_Latn/
- 364) ISO 28802:2012 Ergonomics of the physical environment - Assessment of environments by means of an environmental survey involving physical measurements of the environment and subjective responses of people, dostupno na <https://www.iso.org/standard/44964.html>
- 365) ISO 7243:2017 Ergonomics of the thermal environment - Assessment of heat stress using the WBGT (wet bulb globe temperature) index, dostupno na <https://www.iso.org/standard/67188.html>
- 366) ISO 7730:2005 Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria, dostupno na <https://www.iso.org/standard/39155.html>
- 367) ISO 7933:2023 Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain, dostupno na <https://www.iso.org/standard/78240.html>
- 368) ISO 8996:2021 Ergonomics of the thermal environment — Determination of metabolic rate, dostupno na <https://www.iso.org/standard/74443.html>
- 369) Klima 101, dr Igor Leščešen - Šta kažu deca: Da li su klimatske promene kao tema dovoljno zastupljene u osnovnim školama u Srbiji, dostupno na: <https://klima101.rs/klimatske-promene-obrazovanje-srbija/>
- 370) Klima 101, Prva mapa urbanih toplotnih ostrva Beograda: gde su najčešće tropske noći, dostupno na <https://klima101.rs/toplotna-ostrva-u-beogradu-tropske-noci/>
- 371) Ministarstvo za evropske integracije, Deklaracija iz Sofije o Zelenoj agendi za zapadni Balkan, dostupno na <https://www.mei.gov.rs/srl/dokumenta/eu-dokumenta/zelena-agenda-za-zapadni-balkan/>
- 372) National Weather Service, Meteorological Conversions and Calculations, Heat Index Calculator, dostupno na <https://www.wpc.ncep.noaa.gov/html/heatindex.shtml>
- 373) Occupational Safety and Health Administration, OSHA, WBGT Informational Guide, dostupno na www.weather.gov/safety/heat-outreach
- 374) RHMZ, Biometeorološka prognoza za Srbiju, dostupno na <https://www.hidmet.gov.rs/latin/prognoza/bioprognosa.php>

- 375) RHMZ, Hidrološki godišnjaci – Površinske vode, dostupno na https://www.hidmet.gov.rs/latin/hidrologija/povrsinske_godisnjaci.php
- 376) RHMZ, Meteorološki godišnjak - Klimatološki podaci, 1991-2020, https://www.hidmet.gov.rs/latin/meteorologija/klimatologija_godisnjaci.php
- 377) RHMZ, Godišnji, sezonski i mesečni bilteni, dostupno na <https://www.hidmet.gov.rs/>
- 378) Republički sekretarijat za javne politike, Vlada Republike Srbije, Dokumenti javnih politika, dostupno na <https://rsjp.gov.rs/sr/dokumenti-javnih-politika/>
- 379) Popis Srbija 2022 – excel tabele, dostupno na <https://popis2022.stat.gov.rs/sr-latn/popisni-podaci-eksel-tabele/>
- 380) Sesvete danas, Korisnicima gradskih vrtova u Sesvetama uručeni stručni priručnici, dostupno na <https://www.sesvete-danas.hr/vijesti/korisnicima-gradskih-vrtova-u-sesvetama-uruceni-strucni-prirucnici-11164>
- 381) Srbija i klimatske promene, Kjoto protokol, dostupno na <http://klimatskepromene.dev2.nbgcreator.com/kjoto-protokol>
- 382) Srbija i klimatske promene, Nacionalno utvrđeni doprinos (NDC) Republike Srbije za period 2021 – 2030. godine, dostupno na <https://www.klimatskepromene.rs/vesti/nacionalno-utvrdjeni-doprinos-ndc-republike-srbije-za-period-2021-2030-godine/>
- 383) Srbija i klimatske promene, Obaveze prema EU, dostupno na <https://www.klimatskepromene.rs/obaveze-prema-eu/>
- 384) Srbija i klimatske promene, Obaveze prema UN, dostupno na <https://www.klimatskepromene.rs/obaveze-prema-un/>
- 385) Srbija i klimatske promene, Okvirna konvencija UN o promeni klime, dostupno na <https://www.klimatskepromene.rs/obaveze-prema-un/unfccc/>
- 386) UN Habitat III, The New Urban Agenda, dostupno na <https://habitat3.org/the-new-urban-agenda/>
- 387) United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Urban population in the world, dostupno na <https://www.un.org/uk/desa/68-world-population-projected-live-urban-areas-2050-says-un>
- 388) United Nations, Population, dostupno na <https://www.un.org/en/global-issues/population>
- 389) United Nations, The Sustainable Development Agenda 2030, dostupno na <https://www.un.org/sustainabledevelopment/development-agenda/>
- 390) United Nations Climate Change, The Paris Agreement, dostupno na <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>
- 391) World Health Organization WHO, Climate change, dostupno na https://www.who.int/health-topics/climate-change#tab=tab_1
- 392) World Meteorological Organization (WMO), Climatological normals, dostupno na <https://community.wmo.int/en/activity-areas/climate-services/climate-products-and-initiatives/wmo-climatological-normals>

* Napomena: u spisku korišćene literature i izvora, od broja 1 do broja 31 popisani su naučni radovi, udžbenici, monografije, doktorske teze i druge publikacije na ćirilicom pismu koji su objavljeni na srpskom jeziku. Od broja 32 do broja 54 popisani su naučni radovi, udžbenici, monografije, doktorske teze i druge publikacije na latiničnom pismu koji su objavljeni na srpskom i hrvatskom jeziku. Od broja 55 do broja 296 popisana je naučna i stručna literature objavljena na engleskom jeziku. Od broja 297 do broja 334 popisana su planska i strateška dokumenta, pravna regulativa i drugi izvori na ćirilicom pismu. Od broja 335 do broja 392 popisani su elektronski izvori.

SPISAK TABELA

- **Tabela br. 1:** Ekspozicija reljefa gradskog naselja Beograd
- **Tabela br. 2:** Vrednosti nagiba terena na području gradskog naselja Beograd
- **Tabela br. 3:** Prosečna količina padavina u Beogradu, po mesecima, za period 1961-2020.godina
- **Tabela br. 4:** Srednje godišnje vrednosti temperature (°C) vazduha (Beograd Opservatorija, 1991-2020)
- **Tabela br. 5:** Srednje mesečne temperature (°C) vazduha u Beogradu tokom dva klimatska perioda
- **Tabela br. 6:** Način korišćenja zemljišta na području gradskog naselja Beograd, 1990. i 2018.godina
- **Tabela br. 7:** Uporedni pregled broja stanovnika po godinama popisa 1948-2022.
- **Tabela br. 8:** Indikatori starosne strukture stanovništva Beograda u 2022.godini
- **Tabela br. 9:** UTCI kategorije termalnog stresa i nivo fiziološkog stresa kod čoveka
- **Tabela br. 10:** Kategorije termalnog stresa i stepen ugodnosti prema indeksu Humidex
- **Tabela br. 11:** Kategorije termalnog stresa i stepen ugodnosti prema indeksu
- **Tabela br. 12:** Kategorije toplotnog opterećenja u čoveku (HL) i stepen udobnosti
- **Tabela br. 13:** Opseg fiziološkog naprezanja (PhS) i stepen udobnosti
- **Tabela br. 14:** Kategorije termalnog stresa i stepen udobnosti (STI)
- **Tabela br. 15:** Kategorije PST termalnog stresa i stepen udobnosti
- **Tabela br. 16:** Srednje godišnje vrednosti indeksa UTCI, 1991-2020.godina (crvenom bojom je označeno 5 godina sa najvišim srednjim vrednostima indeksa)
- **Tabela br. 17:** Srednja 30-to godišnja vrednost indeksa UTCI, tokom referentnog perioda 1991-2020.god
- **Tabela br. 18:** Srednje letnje vrednosti indeksa Humidex, za period 1991-2020.godina (crvenom bojom je označeno 5 godina sa najvišim srednjim vrednostima indeksa)
- **Tabela br. 19:** Maksimalne letnje vrednosti indeksa Humidex, za period 1991-2020.godina
- **Tabela br. 20:** Srednje godišnje vrednosti indeksa WBGT, za period 1991-2020.godina (crvenom bojom je označeno 5 godina sa najvišim srednjim vrednostima indeksa)
- **Tabela br. 21:** Srednja 30-to godišnja vrednost indeksa WBGT, tokom referentnog perioda 1991-2020.god
- **Tabela br. 22:** Srednja prolećna vrednost indeksa WBGT, tokom referentnog perioda 1991-2020.god
- **Tabela br. 23:** Srednja 30-to godišnja vrednost indeksa PhS, tokom referentnog perioda 1991-2020.god.
- **Tabela br. 24:** Srednja prolećna vrednost indeksa PhS, tokom referentnog perioda 1991-2020.god.
- **Tabela br. 25:** Srednja mesečna vrednost indeksa PhS tokom referentnog perioda (30-to godišnji prosek) i najniža srednja minimalna vrednost PhS zabeležena tokom perioda istraživanja (mart, april i maj)
- **Tabela br. 26:** Srednja letnja vrednost indeksa PhS, tokom referentnog perioda 1991-2020.godina

- **Tabela br. 27:** Srednja mesečna vrednost indeksa PhS tokom referentnog perioda (30-to godišnji prosek) i najniža srednja minimalna vrednost PhS zabeležena tokom perioda istraživanja (jun, jul i avgust)
- **Tabela br. 28:** Srednja jesenja vrednost indeksa PhS, tokom referentnog perioda 1991-2020.godina
- **Tabela br. 29:** Srednja mesečna vrednost indeksa PhS tokom referentnog perioda (30-to godišnji prosek) i najniža srednja minimalna vrednost PhS zabeležena tokom perioda istraživanja (sept., okt., nov.)
- **Tabela br. 30:** Srednja zimska vrednost indeksa PhS, tokom referentnog perioda 1991-2020.godina
- **Tabela br. 31:** Srednja mesečna vrednost indeksa PhS tokom referentnog perioda (30-to godišnji prosek) i najniža srednja minimalna vrednost PhS zabeležena tokom perioda istraživanja (dec., jan., feb.)
- **Tabela br. 32:** Srednje godišnje vrednosti indeksa STI, za period 1991-2020., (crvenom bojom je označeno 5 godina sa najvišim srednjim vrednostima indeksa)
- **Tabela br. 33:** Srednja 30-to godišnja vrednost indeksa STI, tokom referentnog perioda 1991-2020.god
- **Tabela br. 34:** Srednje godišnje vrednosti indeksa PST, za period 1991-2020., (crvenom bojom je označeno 5 godina sa najvišim srednjim vrednostima indeksa)
- **Tabela br. 35:** Srednja 30-to godišnja vrednost indeksa PST (referentni period 1991-2020.god)
- **Tabela br. 36:** Srednja zimska vrednost indeksa PST tokom referentnog perioda 1991-2020., najviša srednja zimska vrednost indeksa tokom perioda od 30 godina i najveća zabeležena odstupanja od proseka
- **Tabela br. 37:** Predlog lokacija za uspostavljanje mreže osmatranja STK u okviru visoko urbanizovane zone, zone mešovite namene i zone zdravstvene nege i zaštite
- **Tabela br. 37:** Predlog lokacija za uspostavljanje mreže osmatranja STK u okviru zone gradskih zelenih površina i zone u blizini vodenih površina

SPISAK GRAFIKONA

- **Grafikon br. 1:** Maksimalna dnevna temperatura (°C) u Beogradu za period 1951-2100.godina i za scenario RCP4.5
- **Grafikon br. 2:** Maksimalna dnevna temperatura (°C) u Beogradu za period 1951-2100.godina i za scenario RCP8.5
- **Grafikon br. 3:** Minimalna dnevna temperatura (°C) u Beogradu za period 1951-2100.godina i za scenario RCP4.5
- **Grafikon br. 4:** Minimalna dnevna temperatura (°C) u Beogradu za period 1951-2100.godina i za scenario RCP8.5
- **Grafikon br. 5:** Udeo stanovništva gradskog naselja Beograd po opštinama u odnosu na ukupan broj stanovnika naselja Beograd u 2022.godini
- **Grafikon br. 6:** Stanovništvo naselja Beograd prema starosti i polu u 2022.godini
- **Grafikon br. 7:** Udeo stanovništva naselja Beograd staro 15 i više godina prema školskoj spremi
- **Grafikon br. 8:** Zastupljenost različitih UTCI kategorija termalnog stresa po godinama (1991-2020)
- **Grafikon br. 9:** Godišnji trend promene indeksa UTCI, za period 1991-2020.godina

- **Grafikon br. 10:** Zastupljenost različitih UTCI kategorija termalnog stresa, proleće 1991-2020.
- **Grafikon br. 11:** Trend promene vrednosti indeksa UTCI, proleće 1991-2020.godina
- **Grafikon br. 12:** Zastupljenost različitih UTCI kategorija termalnog stresa, leto 1991-2020.
- **Grafikon br. 13:** Trend promene vrednosti indeksa UTCI, leto 1991-2020.godina
- **Grafikon br. 14:** Zastupljenost različitih UTCI kategorija termalnog stresa, jesen 1991-2020.
- **Grafikon br. 15:** Trend promene vrednosti indeksa UTCI, jesen 1991-2020.godina
- **Grafikon br. 16:** Zastupljenost različitih UTCI kategorija termalnog stresa, zima 1991-2020.
- **Grafikon br. 17:** Trend promene vrednosti indeksa UTCI, zima 1991-2020.godina
- **Grafikon br. 18:** Trend maksimalnih vrednosti indeksa UTCI tokom perioda 1991-2020.godina
- **Grafikon br. 19:** Trend promene vrednosti indeksa UTCI, po mesecima, 1991-2020.godina
- **Grafikon br. 20:** Zastupljenost različitih Humidex kategorija termalnog stresa, leto, 1991-2020.god.
- **Grafikon br. 21:** Trend promene vrednosti indeksa Humidex, leto, 1991-2020.
- **Grafikon br. 22:** Trend promene indeksa Humidex, po mesecima (jun, 1991-2020.)
- **Grafikon br. 23:** Trend promene indeksa Humidex, po mesecima (jul i avgust 1991-2020.god.)
- **Grafikon br. 24:** Trend promene maksimalnih letnjih vrednosti indeksa Humidex, 1991-2020.god.
- **Grafikon br. 25:** Godišnji trend promene vrednosti indeksa Humidex, za period 1991-2020.godina
- **Grafikon br. 26:** Zastupljenost različitih WBGT kategorija termalnog stresa, po godinama, 1991-2020.
- **Grafikon br. 27:** Trend promene (rasta) indeksa WBGT na godišnjem nivou, za period 1991-2020.
- **Grafikon br. 28:** Zastupljenost različitih WBGT kategorija termalnog stresa, proleće, 1991-2020.
- **Grafikon br. 29:** Trend promene (rasta) indeksa WBGT, tokom proleća 1991-2020.
- **Grafikon br. 30:** Zastupljenost različitih WBGT kategorija termalnog stresa, leto, 1991-2020.
- **Grafikon br. 31:** Trend promene (rasta) indeksa WBGT, tokom leta 1991-2020.
- **Grafikon br. 32:** Zastupljenost različitih WBGT kategorija termalnog stresa, jesen, 1991-2020.
- **Grafikon br. 33:** Trend promene (rasta) indeksa WBGT, tokom jeseni 1991-2020.
- **Grafikon br. 34:** Zastupljenost različitih WBGT kategorija termalnog stresa, zima, 1991-2020.
- **Grafikon br. 35:** Trend promene (rasta) indeksa WBGT, tokom zime 1991-2020.
- **Grafikon br. 36:** Trend promene indeksa WBGT, po mesecima, tokom perioda 1991-2020.
- **Grafikon br. 37:** Zastupljenost različitih HL kategorija toplotnog opterećenja, po godinama (1991-2020)
- **Grafikon br. 38:** Trend promene indeksa HL na godišnjem nivou, za period 1991-2020.

- **Grafikon br. 39:** Zastupljenost različitih HL kategorija toplotnog opterećenja, proleće (1991-2020)
- **Grafikon br. 40:** Trend promene indeksa HL, proleće, 1991-2020.
- **Grafikon br. 41:** Zastupljenost različitih kategorija toplotnog opterećenja, leto, 1991-2020.
- **Grafikon br. 42:** Trend promene indeksa HL, leto, 1991-2020.
- **Grafikon br. 43:** Zastupljenost različitih kategorija toplotnog opterećenja, jesen 1991-2020.
- **Grafikon br. 44:** Trend promene indeksa HL, jesen, 1991-2020.
- **Grafikon br. 45:** Zastupljenost različitih kategorija toplotnog opterećenja, zima 1991-2020.
- **Grafikon br. 46:** Trend promene indeksa HL, zima, 1991-2020.
- **Grafikon br. 47:** Trend promene indeksa HL, po odabranim mesecima, 1991-2020.
- **Grafikon br. 48:** Zastupljenost različitih kategorija fiziološkog naprezanja po godinama (1991-2020.)
- **Grafikon br. 49:** Srednje godišnje vrednosti indeksa PhS (07h, 14h, 21h, sr, max, min), 1991-2020.godina
- **Grafikon br. 50:** Zastupljenost različitih kategorija fiziološkog naprezanja tokom proleća, 1991-2020.
- **Grafikon br. 51:** Srednje prolećne vrednosti PhS, 1991-2020.godina (07h, 14h, 21h, sr, max, min)
- **Grafikon br. 52:** Srednje mesečne vrednosti indeksa PhS: mart, april, maj, 1991-2020.godina
- **Grafikon br. 53:** Zastupljenost različitih kategorija fiziološkog naprezanja tokom leta, 1991-2020.
- **Grafikon br. 54:** Srednje letnje vrednosti PhS, 1991-2020.godina (07h, 14h, 21h, sr, max, min)
- **Grafikon br. 55:** Srednje mesečne vrednosti indeksa PhS: jun, jul, avgust, 1991-2020.godina
- **Grafikon br. 56:** Zastupljenost različitih kategorija fiziološkog naprezanja tokom jeseni, 1991-2020.
- **Grafikon br. 57:** Srednje jesenje vrednosti PhS, 1991-2020.godina (07h, 14h, 21h, sr, max, min)
- **Grafikon br. 58:** Srednje mesečne vrednosti indeksa PhS: septembar, oktobar, novembar, 1991-2020.
- **Grafikon br. 59:** Zastupljenost različitih kategorija fiziološkog naprezanja tokom zime, 1991-2020.
- **Grafikon br. 60:** Srednje zimske vrednosti PhS, 1991-2020.godina (07h, 14h, 21h, sr, max, min)
- **Grafikon br. 61:** Srednje mesečne vrednosti indeksa PhS: decembar, januar, februar, 1991-2020.
- **Grafikon br. 62:** Zastupljenost različitih STI kategorija termalnog stresa, na godišnjem nivou, 1991-2020.
- **Grafikon br. 63:** Trend promene indeksa STI, godišnje vrednosti, 1991-2020.
- **Grafikon br. 64:** Zastupljenost različitih STI kategorija termalnog stresa, tokom proleća, 1991-2020.
- **Grafikon br. 65:** Trend promene indeksa STI, tokom proleća, 1991-2020.

- **Grafikon br. 66:** Zastupljenost različitih STI kategorija termalnog stresa, tokom leta, 1991-2020.
- **Grafikon br. 67:** Trend promene indeksa STI, tokom leta, 1991-2020.
- **Grafikon br. 68:** Zastupljenost različitih STI kategorija termalnog stresa, tokom jeseni, 1991-2020.
- **Grafikon br. 69:** Trend promene indeksa STI, tokom jeseni, 1991-2020.
- **Grafikon br. 70:** Zastupljenost različitih STI kategorija termalnog stresa, tokom zime, 1991-2020.
- **Grafikon br. 71:** Trend promene indeksa STI, tokom zime, 1991-2020.
- **Grafikon br. 72:** Trend promene maksimalnih vrednosti indeksa STI tokom perioda 1991-2020.god.
- **Grafikon br. 73:** Trend promene indeksa STI, po mesecima, za period 1991-2020.
- **Grafikon br. 74:** Zastupljenost različitih PST kategorija termalnog stresa, na godišnjem nivou, 1991-2020.
- **Grafikon br. 75:** Trend promene indeksa PST, na godišnjem nivou, za period 1991-2020.
- **Grafikon br. 76:** Zastupljenost različitih PST kategorija termalnog stresa, tokom proleća, 1991-2020.
- **Grafikon br. 77:** Trend promene indeksa PST, tokom proleća, za period 1991-2020.
- **Grafikon br. 78:** Zastupljenost različitih PST kategorija termalnog stresa, tokom leta, 1991-2020.
- **Grafikon br. 79:** Trend promene indeksa PST, tokom leta za period 1991-2020.
- **Grafikon br. 80:** Zastupljenost različitih PST kategorija termalnog stresa, tokom jeseni, 1991-2020.
- **Grafikon br. 81:** Trend promene indeksa PST, jesen, za period 1991-2020.
- **Grafikon br. 82:** Zastupljenost različitih PST kategorija termalnog stresa, tokom zime, 1991-2020.
- **Grafikon br. 83:** Trend promene indeksa PST, zima, za period 1991-2020.
- **Grafikon br. 84:** Trend promene indeksa PST po mesecima, tokom perioda 1991-2020.
- **Grafikon br. 85:** Ukupan udeo zelene infrastrukture i zelenih površina u odnosu na površinu 37 evropskih prestonica

SPISAK KARATA

- **Karta br. 1:** Administrativno područje Grada Beograda i gradsko naselje Beograd
- **Karta br. 2:** Reljef teritorije Grada Beograda (levo), reljef teritorije gradskog naselja Beograd (desno)
- **Karta br. 3:** Nagib terena Grada Beograda, Ekspozicija reljefa Grada Beograda
- **Karta br. 4:** Nagib terena i ekspozicija reljefa na području gradskog naselja Beograd
- **Karta br. 5:** Broj tropskih noći u Beogradu i Srbiji tokom perioda 2011-2020., Digitalni atlas klime Srbije
- **Karta br. 6:** Broj vrelih dana u Beogradu i Srbiji tokom perioda 2011-2020., Digitalni atlas klime Srbije
- **Karta br. 7:** Način korišćenja zemljišta na teritoriji gradskog naselja Beograd, 1990.(levo) i 2000.(desno)
- **Karta br. 8:** Način korišćenja zemljišta na teritoriji gradskog naselja Beograd, 2006.(levo) i 2012.(desno)

- **Karta br. 9:** Način korišćenja zemljišta u 2018.god, gradsko naselje Beograd (levo) i Grad Beograd (desno)
- **Karta br. 10:** Pristupačnost postojećim šumama i zelenim površinama, Izvor: Elaborat za rani javni uvid – Generalni Urbanistički Plan Beograda 2041, str. 16
- **Karta br. 11:** Područja Beograda koja su deficitarna zelenim površinama (plava boja) u funkciji rekreacije na deseto minutnoj pešačkoj distanci
- **Karta br. 12:** Prikaz planiranog sistema zelenih površina Beograda
- **Karta br. 13:** Temperatura površine tla u Beogradu – 2001.godina (levo) i 2019.godina (desno)
- **Karta br. 14:** Predlog lokacija za uspostavljanje mreže osmatranja STK u okviru visoko urbanizovane zone, zone mešovite namene i zone zdravstvene nege i zaštite
- **Karta br. 15:** Predlog lokacija za uspostavljanje mreže osmatranja STK u okviru visoko urbanizovane zone, zone mešovite namene i zone zdravstvene nege i zaštite (bliži prikaz)
- **Karta br. 16:** Predlog lokacija za uspostavljanje mreže osmatranja STK u okviru zone gradskih zelenih površina i zone u blizini vodenih površina
- **Karta br. 17:** Predlog lokacija za uspostavljanje mreže osmatranja STK u okviru zone gradskih zelenih površina i zone u blizini vodenih površina (bliži prikaz)

SPISAK SLIKA

- **Slika br. 1:** Mikrometeorološko merenje na lokaciji Obilićev venac u Beogradu, uređaj Kestrel 5400 Heat Stress Tracker, fotografisano avgusta 2021.godine, autorka: Milica Lukić
- **Slika br. 2:** *sMaRT-mobile-BioMeteoS*, autorka: dr Milica Pecelj
- **Slika br. 3:** Temperatura podloge (°C) i visinske zone na istraživanom području grada Banja Luke
- **Slika br. 4:** Mapa tropskih noći u Beogradu tokom perioda jun-jul-avgust 2008-2017.godina (Izvor: Filipović & Đurđević, 2023; Simić, 2023; Klima 101.rs, 2023)
- **Slika br. 5:** Gradski vrt - naselje Sesvete, Zagreb (Izvor: Sesvete danas, Borko Samec)
- **Slika br. 6:** STK na području grada Oberhauzena (Nemačka), mereno indeksom PET, modelovanje izvršeno korišćenjem softvera ENVI-met (izvor: Kuttler, W., 2012)

BIOGRAFIJA AUTORKE

Milica Lukić je rođena 04. 05. 1992.godine u Beogradu gde je završila osnovnu školu i XV beogradsku gimnaziju (prirodno-matematički smer). Geografski fakultet, Univerziteta u Beogradu, upisala je 2011.godine, studijski program prostorno planiranje. Diplomirala je 2015.godine sa prosečnom ocenom 9.64, odbranom završnog rada na temu „*Osnove sistema upravljanja elektronskim otpadom u Republici Srbiji*“. Iste godine upisala je master studije i nastavila školovanje na Geografskom fakultetu. Master studije je završila 2016.godine sa prosečnom ocenom 10.00, odbranom master rada na temu sa „*Integralni plan razvoja sistema reciklaže i reciklažnih centara u Beogradu*“ i time stekla zvanje master prostorna planerka. Tokom osnovnih i master studija bila je dobitnica nagrade „*Dositeja*“ Fonda za mlade talente Republike Srbije. Doktorske studije na Geografskom fakultetu u Beogradu upisala je školske 2016/17.godine. U periodu od 2016. do 2019.godine bila je saradnica Regionalnog centra za talente Beograd II u oblastima *prostorno planiranje* i *zaštita životne sredine*. Tokom školske 2017/18.godine bila je angažovana kao demonstratorka na katedri za Geoprostorne osnove životne sredine na Geografskom fakultetu. Od jula 2018.godine zaposlena je na Geografskom fakultetu u zvanju istraživačica-pripravnica, a potom istraživačica-saradnica. Do sada je samostalno ili u koautorstvu objavila 44 naučna i stručna rada, od čega 5 u časopisima na SCI listi. Učestvovala je u više različitih međunarodnih, nacionalnih i lokalnih projekata i studija u oblasti zaštite životne sredine.

Članica je više stručnih međunarodnih i domaćih udruženja i asocijacija: *International Association for Urban Climate* (IAUC), *Asocijacija prostornih planera Srbije* (APPS), *Srpsko geografsko društvo* (SGD), *Društvo za zaštitu i proučavanje ptica Srbije* (BirdLife Serbia), *Žene Srbije u održivoj energetici* (WISE Serbia), *Mreža žena za zaštitu prirode*, *Međunarodna akademija održivog razvoja* (MAOR) i dr. Saradnica je *Organizacije za poštovanje i brigu o životinjama* (ORCA). Izabrana je za članicu Statutarnog odbora *Sindikata nauke Srbije* i Konferencije sekcije žena *Saveza samostalnih sindikata Srbije* (SSSS) za mandatni period 2025-2030.godina. Odnedavno je članica *Mreže akademske solidarnosti i angažovanosti* (MASA).

Milica je posvećena eko-aktivistkinja koja aktivno učestvuje u različitim inicijativama organizacija civilnog društva i neformalnih građanskih pokreta. Sebe opisuje kao borkinju za ekološku i socijalnu pravdu. Najveću motivaciju i inspiraciju pronalazi u prirodi i neljudskim bićima, a ponajviše u njoj Tobici, Majucki i Maciju.

Изјава о ауторству

Име и презиме аутора Милица Лукић

Број индекса 5/2016

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

СПОЉАШЊИ ТЕРМАЛНИ КОМФОР У ФУНКЦИЈИ УРБАНОГ

ПЛАНИРАЊА ГРАДСКОГ НАСЕЉА БЕОГРАД

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

Потпис аутора

У Београду, _____



Милица Лукић

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Милица Лукић

Број индекса 5/2016

Студијски програм Геонауке

Наслов рада СПОЉАШЊИ ТЕРМАЛНИ КОМФОР У ФУНКЦИЈИ УРБАНОГ ПЛАНИРАЊА ГРАДСКОГ НАСЕЉА БЕОГРАД

Ментор Проф. др Дејан Филиповић

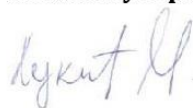
Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањивања у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

У Београду, _____

Потпис аутора



Милица Лукић

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

СПОЉАШЊИ ТЕРМАЛНИ КОМФОР У ФУНКЦИЈИ УРБАНОГ ПЛАНИРАЊА ГРАДСКОГ НАСЕЉА БЕОГРАД

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)

2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)

3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)

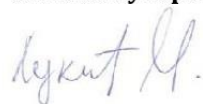
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)

6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.
Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

У Београду, _____

Потпис аутора



Милица Лукић