

Analiza godišnjeg hoda temperature tla u Hrvatskoj u 30-godišnjem razdoblju

Jozinović, Andrea

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:335732>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-30**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

**ANALIZA GODIŠNJEG HODA TEMPERATURE TLA U
HRVATSKOJ U 30-GODIŠNJEM RAZDOBLJU**

DIPLOMSKI RAD

Andrea Jozinović

Zagreb, rujan, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:

Agroekologija

**ANALIZA GODIŠNJEG HODA TEMPERATURE U
HRVATSKOJ U 30-GODIŠNJEM RAZDOBLJU**

DIPLOMSKI RAD

Andrea Jozinović

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Ivana Šestak

Zagreb, rujan, 2024.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Andrea Jozinović**, JMBAG 0336039100, rođen/a 03.07.1999. u Landshutu, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

**ANALIZA GODIŠNJEG HODA TEMPERATURE TLA U HRVATSKOJ U 30-GODIŠNJEM
RAZDOBLJU**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta / studentice

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta/ice **Andree Jozinović**, JMBAG 0336039100, naslova

**ANALIZA GODIŠNJEG HODA TEMPERATURE TLA U HRVATSKOJ U 30-GODIŠNJEM
RAZDOBLJU**

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. Izv. prof. dr. sc. Ivana Šestak mentor _____
2. Prof. dr. sc. Aleksandra Bensa član _____
3. Izv. prof. dr. sc. Darija Bilandžija član _____

Zahvala

Veliku zahvalnost dugujem svojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Ivani Šestak koja je prihvatila mentorstvo. Hvala na prenesenom znanju i savjetima koji su utjecali na pisanje rada, na izdvojenom vremenu, strpljenju i vlastitom iskustvu za sva moja pitanja i nedoumice tijekom pisanja rada.

Posebno se zahvaljujem cijeloj svojoj obitelji i prijateljicama na nesebičnoj podršci i brizi kroz cijelo studiranje, pa tako i pisanje ovog rada. Od srca hvala na motivaciji koja me dovela do samoga kraja.

Sadržaj

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Uvod..... | 1 |
| 1.1. Ciljevi rada | 1 |
| 2. Pregled literature | 2 |
| 2.1. Faktori koji utječu na temperaturu tla | 3 |
| 2.2. Mjerenje temperature tla | 4 |
| 2.3. Temperatura tla kao ekološki čimbenik za razvoj biljaka | 6 |
| 2.4. Temperatura tla u Hrvatskoj..... | 11 |
| 3. Materijali i metode..... | 14 |
| 3.1. Podatci..... | 14 |
| 4. Analiza rezultata..... | 15 |
| 4.1. Panonska poljoprivredna regija..... | 15 |
| 4.1.1. Osijek | 17 |
| 4.1.2. Požega | 19 |
| 4.1.3. Bjelovar | 19 |
| 4.1.4. Varaždin | 22 |
| 4.1.5. Mjesečni trendovi po postajama i dubinama kroz višegodišnje razdoblje 24 | |
| 4.2. Gorska poljoprivredna regija | 25 |
| 4.2.1. Karlovac | 27 |
| 4.2.2. Gospić | 29 |
| 4.2.3. Mjesečni trendovi po postajama i dubinama kroz višegodišnje razdoblje 31 | |
| 4.3. Jadranska poljoprivredna regija | 32 |
| 4.3.1. Pazin | 34 |
| 4.3.2. Zadar..... | 36 |
| 4.3.3. Opuzen..... | 39 |
| 4.3.4. Mjesečni trendovi po postajama i dubinama kroz višegodišnje razdoblje 40 | |
| 5. Rasprava..... | 42 |
| 6. Zaključak..... | 46 |

| | |
|--------------------|----|
| 7. Literatura..... | 47 |
| 8. Prilozi | 49 |
| Životopis | 52 |

Sažetak

Diplomskog rada studenta/ice **Andree Jozinović**, naslova

ANALIZA GODIŠNJEG HODA TEMPERATURE TLA U HRVATSKOJ U 30-GODIŠNJEM RAZDOBLJU

Rad se bavi analizom godišnjeg hoda temperature tla u Hrvatskoj tijekom 30-godišnjeg razdoblja (1991.-2020.) u tri poljoprivredne regije: Panonskoj, Gorskoj i Jadranskoj. Cilj istraživanja je analizirati promjene minimalnih, maksimalnih i prosječnih godišnjih temperatura tla na različitim dubinama (5 cm, 20 cm, 50 cm, 100 cm) te procijeniti njihov utjecaj na poljoprivrednu proizvodnju. Metode uključuju analizu podataka prikupljenih s meteoroloških postaja u Hrvatskoj i izračun statistički značajnih trendova pomoću programa Microsoft Excel i Statistica 12.0. Uočeni su pozitivni trendovi porasta temperature tla, posebno u proljetnim i ljetnim mjesecima, s najvećim porastom u Jadranskoj regiji. Zaključeno je da klimatske promjene značajno utječu na porast temperature tla, što može ubrzati fenološke faze biljaka, povećati rizik od suše i emisije CO₂ iz tla, te zahtijevati prilagodbu poljoprivrednih praksi u Hrvatskoj.

Ključne riječi: temperatura tla, utjecaj na poljoprivredu, trendovi, klimatske promjene, Hrvatska

Summary

Of the master's thesis - student **Andrea Jozinović**, entitled

ANALYSIS OF THE ANNUAL TREND OF SOIL TEMPERATURE IN CROATIA OVER A 30-YEAR PERIOD

The paper analyzes the annual temperature trends of soil in Croatia over a 30-year period (1991-2020) across three agricultural regions: Pannonian, Mountainous, and Adriatic. The aim of the research is to examine changes in minimum, maximum, and average annual soil temperatures at various depths (5 cm, 20 cm, 50 cm, 100 cm) and to assess their impact on agricultural production. The methods include the analysis of data collected from meteorological stations in Croatia and the calculation of statistically significant trends using Microsoft Excel and Statistica 12.0. Positive trends in soil temperature increase were observed, particularly during the spring and summer months, with the highest increases in the Adriatic region. It is concluded that climate change significantly affects the rise in soil temperature, which may accelerate the phenological phases of plants, increase the risk of drought and CO₂ emissions from the soil, and require adjustments to agricultural practices in Croatia.

Key words: soil temperature, impact on agriculture, trends, climate change, Croatia

1. Uvod

Iako se smatra jednim od ključnih faktora unutar klimatskog sustava, temperatura tla dosad je bila izvan fokusa znanstvenih istraživanja. Tlo kao dinamički sustav ima vlastiti razvoj i utjecaj na biljni svijet te stoga neizravno utječe na okolnu klimu. Štoviše, proizvodnja usjeva u velikoj mjeri ovisi o temperaturnom režimu tla, jer temperatura tla ne utječe samo na razvojne faze rasta biljaka koje se odvijaju iznad tla, već i na energiju klijanja i izbijanja biljaka te na rast i upijajuću snagu korijena (Sviličić i sur., 2015.).

Toplina tla ima posebnu važnost za rješavanje mnogih teorijskih i praktičnih problema u agrometeorologiji. Procesi pedogeneze, svi fizikalno-kemijski, biokemijski i biološki procesi ne bi bili mogući bez topline (Kaučić, 1989.). Važna je za okoliš jer kontrolira mikrobne zajednice koje su blisko povezane s funkcijama ekosustava, poput stvaranja stakleničkih plinova te dinamike ugljika i dušika. Dobro je poznata pozitivna korelacija između respiracije tla i temperature tla, a studije pretežno pokazuju da toplija tla povećavaju razgradnju organske tvari. Stoga povišene temperature tla mogu povećati ispuštanje ugljičnog dioksida iz tla i globalno zagrijavanje. Temperatura tla utječe na mnoge čimbenike, uključujući meteorološke uvjete, topografiju tla, sadržaj vode u tlu i pokrivenost biljnim pokrovom (Yang i sur, 2021.).

Prvi zapisi o mjerenjima temperatura tla u Hrvatskoj potječu od 1898. godine. Te su godine u Gospodarskom i šumarskom učilištu u Križevcima postavljena tri termometra za mjerenje temperature tla, a sljedeće godine još pet geotermometra do dubine od 2 m (Derežić i Vučetić, 2011.). Pod nadzorom Državnog hidrometeorološkog zavoda trenutno je u Hrvatskoj 65 postaja (DHMZ) na kojima se mjeri svakodnevno temperatura tla. Međutim, još uvijek su nedovoljna istraživanja temperature tla kod nas, ali i u svijetu. Veća pozornost je posvećena vlazi u tlu nego temperaturi tla. Temperatura tla je analizirana kod nas većinom u starijim radovima (npr. Penzar, 1978; Pleško, 1987; Kaučić, 1989). Noviju analizu usporedbe srednjih mjesečnih temperatura tla u 2000. godini s višegodišnjim prosjekom dao je Kaučić (2001). Zbog toga bi istraživanje temperature tla trebalo proširiti, pri čemu bi rezultati trebali biti namijenjeni ne samo znanstvenicima već i neposrednim korisnicima poljoprivrednicima. Danas kada sve više ekstremne vremenske prilike, koje su rezultat klimatskih promjena, nanose velike štete poljoprivredi i gospodarstvu, agrometeorološka istraživanja treba što više iskoristiti pri donošenju političkih i gospodarskih odluka u proizvodnji hrane (Derežić i Vučetić, 2011.).

1.1. Ciljevi rada

Ciljevi ovog istraživačkog rada bili su analizirati i usporediti minimalne, maksimalne i prosječne godišnje temperature tla u Hrvatskoj po dubinama kroz višegodišnje razdoblje, predvidjeti prostorno-vremenske promjene temperature tla i na temelju trendova promjene temperature tla opisati mogući utjecaj temperature tla na svojstva tla i biljnu proizvodnju.

2. Pregled literature

Temperatura tla ključna je za rast i distribuciju biljaka, a na nju utječe niz faktora, uključujući orijentaciju i nagib terena, obradu tla, teksturu tla i sadržaj organske tvari. Razumijevanje ovih faktora može pomoći u upravljanju tlom za optimalan rast biljaka i poljoprivrednu proizvodnju (Mavi i Tupper, 2004.).

Osim navedenih faktora, neki od ostalih koji modificiraju temperaturu tla su razni okolišni faktori poput energije primljene od Sunca, temperatura zraka blizu površine, procesi prijenosa topline, stopa evaporacije, sadržaj vlage, naoblaka, površinski albedo i biljni pokrov. Svi ovi utjecaji na temperaturu tla mijenjaju se tijekom vremena s povećanjem dubine (Sviličić i sur., 2015.).

Primarni izvor topline koja ulazi u tlo je Sunčeva svjetlost, koja se apsorbira na površini tla, pretvara u toplinsku energiju i prenosi u dublje slojeve tla. Noću, ispuštanje topline putem zračenja premašuje dotok; površina tla i dublji slojevi tla se hlade. Intenzitet zagrijavanja i hlađenja tla ovisi o svojstvima tla - toplinskom kapacitetu, toplinskoj vodljivosti i toplinskoj difuzivnosti - kao i o temperaturnoj razlici između površine tla i njegovih dubljih slojeva (Chirkov i sur., 1979.).

Promjena temperature tla tijekom vremena izravno je proporcionalna toplinskoj vodljivosti, a obrnuto proporcionalna toplinskom kapacitetu. Toplinska vodljivost određuje brzinu prijenosa topline, dok toplinski kapacitet određuje promjenu temperature kao rezultat tog prijenosa topline. Tla s visokom toplinskom vodljivošću brže dobivaju i gube energiju od tla s niskom toplinskom vodljivošću. Tla s niskim toplinskim kapacitetom brže se zagrijavaju i hlade, za zadani toplinski tok, od tla s visokim toplinskim kapacitetom. Toplinska vodljivost i toplinski kapacitet variraju ovisno o mineralnom sastavu, poroznosti, sadržaju organske tvari i sadržaju vode u tlu (Bonan, 2002.).

Toplinski kapacitet (volumni) suhih mineralnih tala je približno dva puta manji od toplinskog kapaciteta vode. Stoga, toplinski kapacitet raste s povećanjem vlažnosti. Povećanje količine zraka u tlu smanjuje njegov toplinski kapacitet. Zbog toga je toplinski kapacitet suhih tresetnih tala manji od toplinskog kapaciteta mineralnih tala, dok je toplinski kapacitet vlažnih tresetnih tala veći (Chirkov i sur., 1979.).

Toplinska vodljivost tla prvenstveno ovisi o njegovoj poroznosti, kao i o njegovoj vlažnosti. Budući da je toplinska vodljivost zraka u tlu približno 50 puta manja od toplinske vodljivosti mineralnih čestica u tlu, niža gustoća suhog tla (veća poroznost) rezultira nižom toplinskom vodljivošću (Chirkov i sur., 1979.).

Značaj temperature tla može se promatrati s više gledišta:

- razgradnja i mineralizacija organske tvari (oslobađanje hraniva, utjecaj na vodni režim, strukturu tla itd.);
- razgradnja primarnih i sekundarnih minerala tla te tvorba gline (led, temperaturna amplituda dan/noć, izlučevine korijena i drugi kemijski agensi);
- rast i razvitak biljaka (potreba za temperaturom, temperaturna valencija, optimum, usvajanje vode i hraniva i dr.).

Također, temperatura ima izravan utjecaj (klijanje i nicanje sjemena, rast korijena, usvajanje hraniva i rast izdanaka), ali i neizravan utjecaj (premještanje vode, premještanje plinova, npr. N₂, O₂, struktura tla, raspoloživost hraniva i difuzija hraniva) na:

- pokretljivost vode (konvekcija, evaporacija);
- biologija tla (bakterije i gljive mogu preživjeti od -12°C pa čak do 100°C, ali u tlu većina ih živi između 0 i 30°C; većina velikih organizama spušta se dublje u tlo tijekom zime ili ljeta), (Vukadinović, 2016.).

Istraživanje o temperaturi tla u Hrvatskoj prikazano je u radu Kaučića iz 1989. godine gdje je prikazana prostorna raspodjela temperature tla na 5, 20 i 30 cm dubine prema podacima na 18 stanica u Hrvatskoj koje su raspoređene u tri područja: istočno i zapadno kontinentalno područje te Primorje. Analiza sadrži godišnji hod srednjih i mjesečnih temperatura za period 1951.-1975., a rezultati su uspoređeni s analizama Penzara (1978.) za period 1953.-1958. godine.

Navedeno istraživanje pokazuje da su bitna obilježja temperature tla i njezine prostorne raspodjele ostala ista, ali postoje razlike u pojedinim područjima i mjesecima. Primjerice, temperatura tla u kontinentalnim krajevima u dubini od 5 cm je uvijek viša od temperature zraka na 2 m visine, dok je na Primorju tlo hladnije u zimskom razdoblju od studenog do veljače. Na većim dubinama je hod razlika temperature obrnut, ali su amplitude manje.

2.1. Faktori koji utječu na temperaturu tla

Orijentacija i nagib tla su od velike važnosti u određivanju temperature tla izvan tropa. Na sjevernoj hemisferi, padina okrenuta prema jugu uvijek je toplija od padine okrenute prema sjeveru ili ravnice. Obrnuto je na južnoj hemisferi. Razlika u temperaturi površine tla premašuje razliku u temperaturi tla (Mavi i Tupper, 2004.).

Obradom tla, odnosno rastresanjem površinskog sloja i stvaranjem malča, smanjuje se protok topline između površine i dublje slojeve tla. Budući da površina prekrivena malčem ima veću izloženu površinu i kapilarna veza s vlažnim slojevima ispod je prekinuta, obrađeno tlo ima veću amplitudu temperature nego neobrađeno tlo. U podne, temperatura zraka 2,5 cm iznad površine tla može biti od 5 do 10°C viša u obrađenom tlu u usporedbi s neobrađenim tлом (Mavi i Tupper, 2004.).

Utjecaj teksture tla na temperaturu vidljiv je na primjeru nižeg toplinskog kapaciteta pjeskovitih tala koja se brže zagrijavaju i hlade od glinastih tala; stoga su tijekom dana na višoj temperaturi, a noću na nižoj temperaturi (Mavi i Tupper, 2004.).

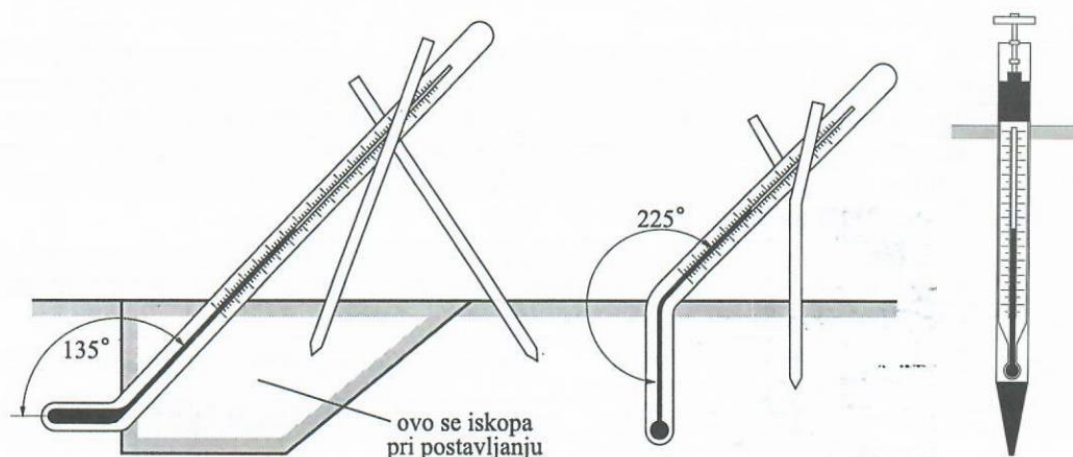
Organska tvar smanjuje toplinski kapacitet i toplinsku vodljivost tla, povećava njegovu sposobnost zadržavanja vode te ima tamnu boju koja povećava sposobnost apsorpcije sunčevog zračenja. U vlažnim klimama, zbog velikog sadržaja vode, treset i močvarna tla su mnogo hladnija od mineralnih tala u proljeće i toplija zimi. Kada su organska tla suha, ljeti postaju toplija od mineralnih tala, a zimi hladnija (Mavi i Tupper, 2004.). Tla koja sadrže više organske tvari uobičajeno imaju dobru strukturu, tamnije su boje te bolje apsorbiraju Sunčevo zračenje.

Npr. albedo (refleksija Sunčeve radijacije u %) tamnog tla je 5-15%, travnjaka 10 - 20%, dok na golom, vlažnom tlu s malo organske tvari albedo može doseći gotovo 50 %. Važno je znati da od Sunčeve radijacije koja dopiye na površinu usjeva svega ~1% biljke iskoriste u procesu fotosinteze, ~80% se potroši za isparavanje (evapotranspiracija) vode, a tek ~20% je iskorišteno za zagrijavanje tla. Važno je istaknuti kako zagrijavanje tla veoma ovisi o ekspoziciji (položaj u odnosu na upadni kut Sunčevog zračenja) što je važno kod uzgoja termofilnih vrsta (Vukadinović,2016.).

2.2. Mjerenje temperature tla

Temperature tla se mjere klasičnim koljenastim živinim termometrima na dubini od 2, 5, 10, 20, 30, 50 i 100 cm. Mjerenja se obavljaju tri puta dnevno (7, 14 i 21 h). Prema standardima Svjetske meteorološke organizacije (WMO), temperatura tla mjeri se na golom, redovito okopavanom tlu kako bi podaci sa svih postaja u svijetu bili međusobno usporedivi. Za potrebe agrometeoroloških istraživanja, na postaji je moguće imati dodatno mjerno polje iznad travnate podloge kako bi se vidio utjecaj niske vegetacije i isparavanja na vrijednosti temperature tla (DHMZ).

Prema Penzaru i Penzaru (2000.) za izradu meteoroloških termometara upotrebljavaju se živa, toluol i druge tekućine kojima je promjena temperature razmjerna promjeni obujma. Za mjerenje temperature tla na manjim dubinama (do 20 cm) mogu se upotrebljavati živini koljenasti termometri svinuti pod kutom 90°C, 135°C ili 225°C. Koljenasti termometri trajno su ukopani u tlo. Oklopni geotermometri služe za mjerenje temperature tla na većim dubinama (50 i 100 cm). Vrlo su praktični i u posljednje se vrijeme sve više upotrebljavaju i za manje dubine. Koljenasti i oklopni geotermometar prikazani su slikom 2.2.1.



Slika 2.2.1. Koljenasti geotermometar svinut pod kutom 135°C i 225°C i oklopni geotermometar

Izvor: Penzar i Penzar (2000.)

Temperaturu tla najteže je izmjeriti na samoj površini. Tehnički je, naime, neizvedivo postaviti posudicu termometra na tlo, a da ona istodobno ne bude u dodiru sa zrakom. Zato se temperatura na samoj površini tla ne mjeri, nego se neposredno uz tlo postavlja tzv. prizemni termometar ili se u tlo postavljaju geotermometri 2 ili 5, 10, 20, 50 i 100 cm duboko (Penzar i Penzar., 2000.).

Prema Naputku za rad običnih klimatoloških postaja iz 1993. godine temperature tla mjere se na za to odgovarajućoj površini određene veličine i bez vegetacije (usjeva ili trave), čije održavanje zahtijeva sljedeće:

- da je geotermometarsko polje uvijek čisto, tj. bez vegetacije,
- da mu je površina ravna i rahla (bez pokorice i pukotina),
- da se površina ne gazi i da je u tom smislu zaštićena od pristupa,
- da se na geotermometarskom polju ne skuplja voda,
- da se sasvim sačuva neporemećen snježni pokrivač (snijeg se ne smije odgrtati ni ugaziti).

Geotermometri su okrenuti prema sjeveru radi otklanjanja utjecaja direktnog Sunčevog zračenja na stvarnu vrijednost mjerenja. U krškim područjima, gdje je zemljani sloj plitak, mjeri se do one dubine do koje je moguće postaviti instrument. Iz toga razloga, malo je postaja koje mjere temperaturu tla na dubini 100 cm (DHMZ).



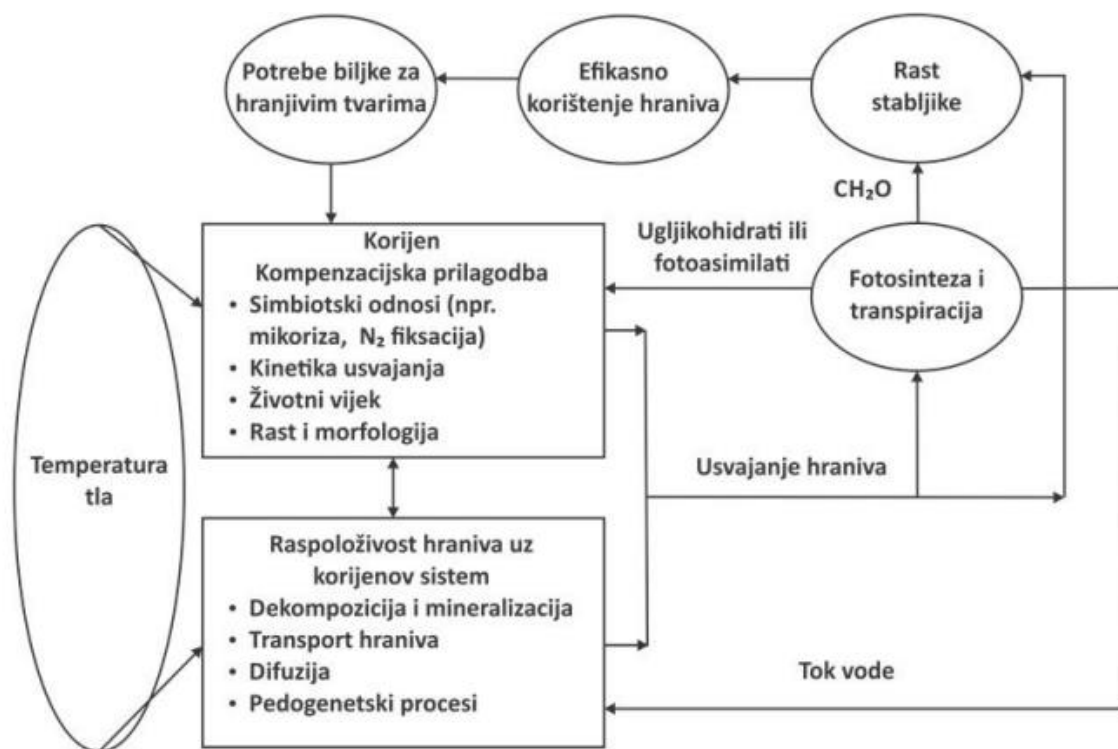
Slika 2.2.2. Geotemperaturno polje s geotermometrima. Instrumenti dubine do 30 cm su klasični koljenasti živi termometri, a na 50 i 100 cm su živini termometri na izvlačenje

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod -

https://meteo.hr/podaci.php?section=podaci_agro¶m=agro_tz&el=saznajte_vise – pristup 19.06.2024.

2.3. Temperatura tla kao ekološki čimbenik za razvoj biljaka

Temperatura je važan ekološki čimbenik koji određuje niz strukturnih i funkcionalnih svojstava tla, kako prirodnih tako i poljoprivrednih ekosustava. U klimatski hladnijim područjima temperatura u zoni korijena je najvažniji čimbenik za utvrđivanje prirasta organskih tvari (neto primarna produktivnost) jer određuje duljinu vegetacije. Porastom temperature raste aktivnost žive faze tla (biota; živi organizmi tla; 5-20 t ha⁻¹ ili još više u plodnom tlu) jednako kao i metabolizam i rast korijena uz porast usvajanja vode i hraniva što ubrzava rast i razvitak biljaka. Temperatura tla utječe i na brzinu usvajanja hraniva, posebice NH₄⁺, H₂PO₄⁻, HPO₄²⁻ i K⁺, tako da porast temperature za svakih 10°C ubrzava usvajanje 2 do 3 puta. To vrijedi samo do neke granice (npr. usvajanje fosfora i kalija raste kod kukuruza sve do 35 °C), zapravo dok se ne uspori ili zaustavi disanje korijena (Vukadinović, 2016.). Prema Vukadinoviću i sur. (2014.) temperatura tla može utjecati izravno (mijenjanjem brzine rasta korijena, morfologije, kinetike i usvajanja) i posredno (brzina kemijske transformacije hraniva u tlu, mineralizacija, transport hraniva u tlu – kretanje mase i difuzija) na usvajanje hraniva što je jasnije prikazano slikom 2.3.1.



Slika 2.3.1. Utjecaj temperature na usvajanje hraniva

Izvor: Vukadinović i sur. (2014.)

Temperatura tla utječe i na klijanje sjemena, aktivnost korijenovog sustava, pojavu biljnih bolesti i rast biljaka. Svaka biljka ima svoj biološki minimum za početak rasta. Ako je temperatura tla u sjetvenome sloju niža od tog biološkog minimuma, proces bubrenja i klijanja sjemena se usporava, a s time i nicanje i rast biljke. U dovoljno zagrijanom sloju temperaturni

uvjeti povoljni su za pravilan razvoj biljke. Ako se u trenutku razvoja biljke temperatura tla spusti ispod određene granice, količina vode i hranivih sastojaka se smanjuje, što u konačnici dovodi do zastoja u razvoju biljke. Apsorpcija vode i hranivih sastojaka gotovo kod svih biljaka prestaje na temperaturi ispod 0°C. Jednako tako su štetne i visoke temperature tla koje uzrokuju toplinski stres kod biljaka (DHMZ).

Rast korijena osjetljiviji je na nepovoljne temperature nego što je to kod nadzemnih dijelova biljke. Raspon između minimalne i maksimalne temperature manji je za korijen, u odnosu na lišće i izboje.

U brojnim slučajevima temperatura tla za rast biljaka tijekom sjetve važnija je od temperature zraka. Svaka vrsta ima posebne zahtjeve u pogledu optimalne temperature koja je potrebna za uzimanje hraniva i vode iz tla. Kao primjer može se navesti klijanje sjemena suncokreta, kukuruza i soje koje je vrlo slabo ukoliko su temperature tla ispod 21/12°C (dan/noć) i u nedostatku vode tijekom prvog tjedna nakon sjetve. Optimalna temperatura tla za krumpir je 17°C, a formiranje samog gomolja iznad temperature od 29°C izostaje.

Prema Maviju i Tupperu (2004.) temperatura tla bitna je za vegetativni rast usjeva. Povoljna temperatura tla za unos iona i vode je važna za svaku vrstu. Dnevna temperatura je bitnija od noćne zbog održavanja povoljnog unutarnjeg vodnog statusa biljke kako bi se uskladila s visokim stopama isparavanja. Jedan od primjera je prinos kukuruza koji je usko povezan s temperaturom tla prilikom sadnje. Temperatura tla kontrolira brzinu razvoja kukuruza dok je meristem ispod površine tla. Stupanj u kojem temperatura tla utječe na prinos varirat će ovisno o vremenu sjetve i geografskoj širini lokacije usjeva. Tablicom 2.3.1. prikazan je vremenski razmak od sjetve do nicanja koji se mijenja ovisno o površinskoj temperaturi tla za pšenicu i kukuruz.

Tablica 2.3.1. Razdoblje od sjetve do nicanja pšenice i kukuruza pri različitim površinskim temperaturama tla

| Kultura | Temperatura površine tla / °C | Vrijeme od sjetve do nicanja / dani |
|---------|-------------------------------|-------------------------------------|
| pšenica | 18 – 20 | 6 |
| | 10 – 12 | 14 |
| | 5 – 7 | 22 |
| kukuruz | 18 – 20 | 7 |
| | 20 – 12 | 30 |

Izvor: Penzar i Penzar (2000.)

Prepoznate su tri temperature vitalne za aktivnost biljaka, koje se često nazivaju kardinalnim točkama, a to su:

1. Minimalna temperatura ispod koje nema rasta: za tipične usjeve hladne sezone, kreće se između 0 i 5°C, a za usjeve tople sezone između 15 i 18°C

2. Optimalna temperatura pri kojoj se postiže maksimalni rast biljaka: za usjeve hladne sezone, kreće se između 25 i 31°C, a za usjeve tople sezone između 21 i 37°C

3. Maksimalna temperatura iznad koje rast biljaka prestaje: za usjeve hladne sezone, kreće se između 31 i 37°C, a za usjeve tople sezone između 44 i 50°C (Mavi i Tupper, 2004.).

Kardinalne temperature tla različite su za pojedine kulture u različitim fazama njihovog razvitka te neke od njih prikazane su tablicom 2.3.2.

Tablica 2.3.2. Kardinalne temperature tla za klijanje važnijih kultura

| Kardinalne temperature (°C) | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|------------|
| Biljka | Minimalna | Optimalna | Maksimalna |
| Pšenica | 3-4.5 | 25 | 30-32 |
| Ječam | 3-4.5 | 20 | 38-40 |
| Kukuruz | 8-10 | 32-35 | 40-44 |
| Riža | 10-12 | 30-32 | 36-38 |
| Duhan | 13-14 | 28 | 35 |
| Šećerna repa | 3-4 | 25 | 28-30 |
| Grašak | 1-2 | 30 | 35 |
| Zob | 3-4 | 25 | 30 |
| Sirak | 8-10 | 32-35 | 40 |
| Leća | 4-5 | 30 | 36 |
| Mrkva | 4-5 | 8 | 25 |
| Tikva | 12 | 32-34 | 40 |

Izvor: Mavi i Tupper (2004.)

Stoga je uz povoljne vanjske vremenske uvjete, utvrđivanje pravovremenih rokova sjetve određene poljoprivredne kulture svakako nezaobilazno bez praćenja temperature sjetvenog sloja tla. Također, u uvjetima toplinskog stresa važno je pratiti temperaturu tla radi pravovremene primjene agrotehničkih mjera i smanjenja mogućih gubitaka uroda (DHMZ).

Važno je poznavati i dubinu nulte izoterme u tlu koja se određuju formulom:

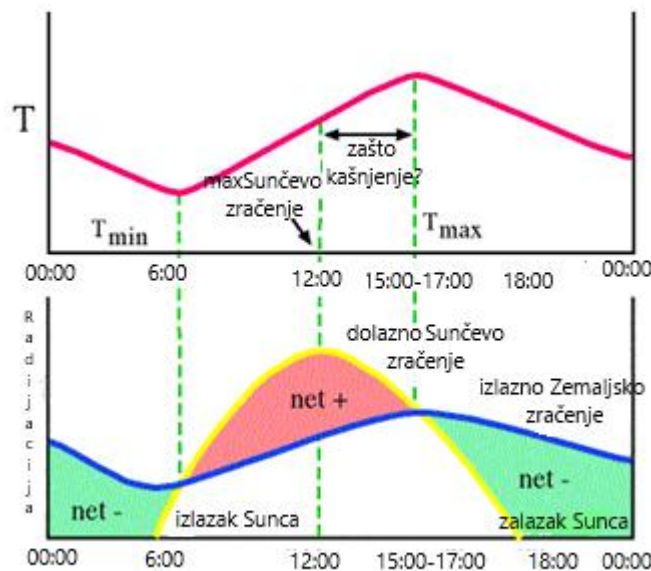
$$H = h_1 + \frac{h_2 - h_1}{t_2 - t_1} |t_1|$$

gdje je H dubina nulte izoterme u tlu (cm), h_1 dubina zadnje negativne, a h_2 prve pozitivne minimalne terminske temperature tla (cm), a t_1 i t_2 jesu minimalne terminske temperature tla (°C) na dubinama h_1 i h_2 . Terminske temperature tla odnose se na mjerenja u 7, 14 i 21 h SEV (Otošec, 1980.).

Zimi je u našim klimatskim prilikama tlo uglavnom zasićeno vodom. Zbog velike količine slobodne vode u tlu, može se pretpostaviti da dubina nulte izoterme odgovara dubini

smrzavanja tla. Smrznuto tlo dobar je vodič topline. Kada se smrzne površinski sloj, toplina se iz unutrašnjosti tla brzo odvodi u zrak. Ako tlo tada nije prekriveno snježnim pokrivačem, Sunčevo zračenje danju može otopiti samo tanak površinski sloj tla, koji se noću ponovo smrzne. To dovodi do promjena obujma gornjeg sloja tla, što uzrokuje njegovo pucanje. Ukoliko je prethodno opisano stanje dugotrajno, jače oštećene biljke tlo istisne i one se suše. Ta se pojava zove srijež (Penzar i Penzar, 2000.). Pozitivno djelovanje smrzavanja tla je poboljšavanje strukture tla nakon jesenskog oranja jer led mrvlji i usitnjava tlo.

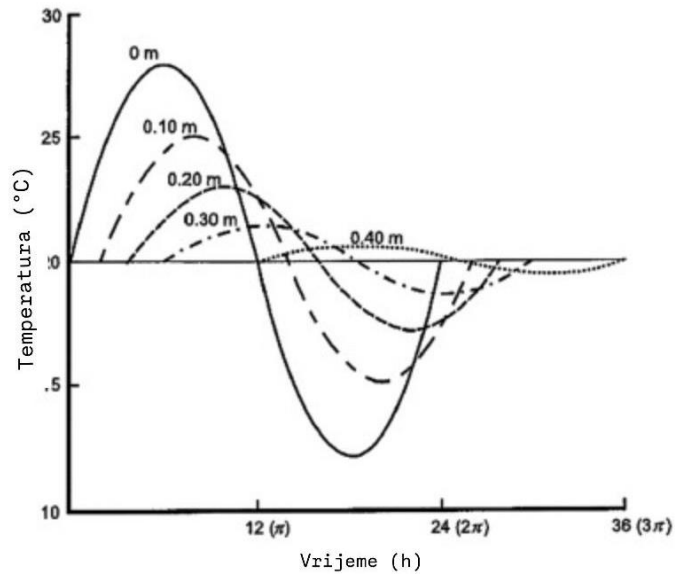
Prema Penzaru i Penzaru (2000.) od Sunčeva izlaska do podneva temperatura se na površini tla povisuje. U vrijeme izlaska Sunca zona zatopljenja se nalazi u sloju od površine tla do otprilike 20 cm dubine. U rano poslijepodne površinska temperatura tla postigne svoj maksimum, a tijekom popodneva ova se zona pomiče još dublje. U drugom dijelu dana, kada je Sunce u zalaznoj putanji, temperature tla na površini opadaju, dok u dubljim slojevima polako rastu pa dolazi do termičke ravnoteže. Maksimum je ujutro, neposredno nakon izlaska Sunca ili malo kasnije. Dnevni hod temperature tla prikazan je u nastavku grafom 2.3.1.



Graf 2.3.1. Dnevni hod temperature tla

Izvor: https://apollo.nvu.vsc.edu/classes/met130/notes/chapter3/daily_trend5.html

Penzar i Penzar (2000.) navode kako dnevni hod temperature tla varira na različitim dubinama. Nastup temperaturnog maksimuma i minimuma s porastom dubine sve više kasni. Do 10 cm dubine u homogenom tlu maksimum zakasni za onom na površini 3 sata, na 30 cm dubine kasni 12 sati, a na 60 cm dubine čak 33 sata. Primjer dnevnog hoda temperature tla na različitim dubinama prikazan je grafom 2.3.2. Danju i ljeti temperatura na površini tla je visoka, dok su dublji slojevi hladniji, a noću i zimi je obratno. Pod biljnim pokrovom temperaturne razlike su manje.

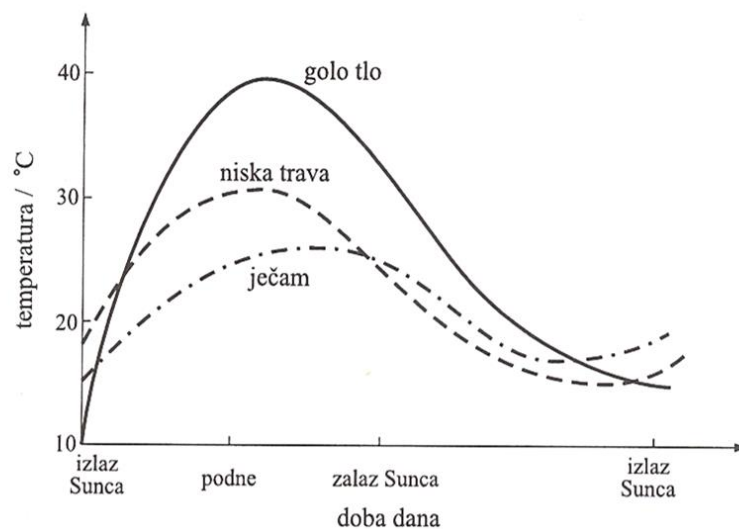


Graf 2.3.2. Dnevni hod temperature tla na različitim dubinama

Izvor: <https://math.stackexchange.com/questions/4169555/a-question-on-heat-transfer-and-soil-temperature-profile?newreg=f90ad459471d40f4aee24a6c843d3d7a>

Prema Penzaru i Penzaru (2000.) kod slabe toplinske vodljivosti dnevno grijanje i hlađenje odvija se u vrlo plitkom sloju tla pa su površinski ekstremi veliki, a dubinski mali. Na obrađenom tlu su veći površinski dnevni rasponi temperature, a kolebanja manja u dubljim slojevima u usporedbi s neobrađenim tлом. Boja tla također utječe na površinski raspon temperature. Veći je na tamnom nego na svijetlom tlu zbog jače apsorpcije i emisije zračenja tamnih ploha.

Dnevni hod temperature tla na golom tlu i u vegetaciji prikazan je grafom 2.3.3. te se može iščitati velika razlika raspona temperature na golom tlu i na tlu obraslom biljkama. Što je biljni ili snježni pokrov deblji, više štiti tlo od danjega grijanja i noćnog hlađenja.



Graf 2.3.3. Dnevni hod temperature tla na golom tlu i u vegetaciji

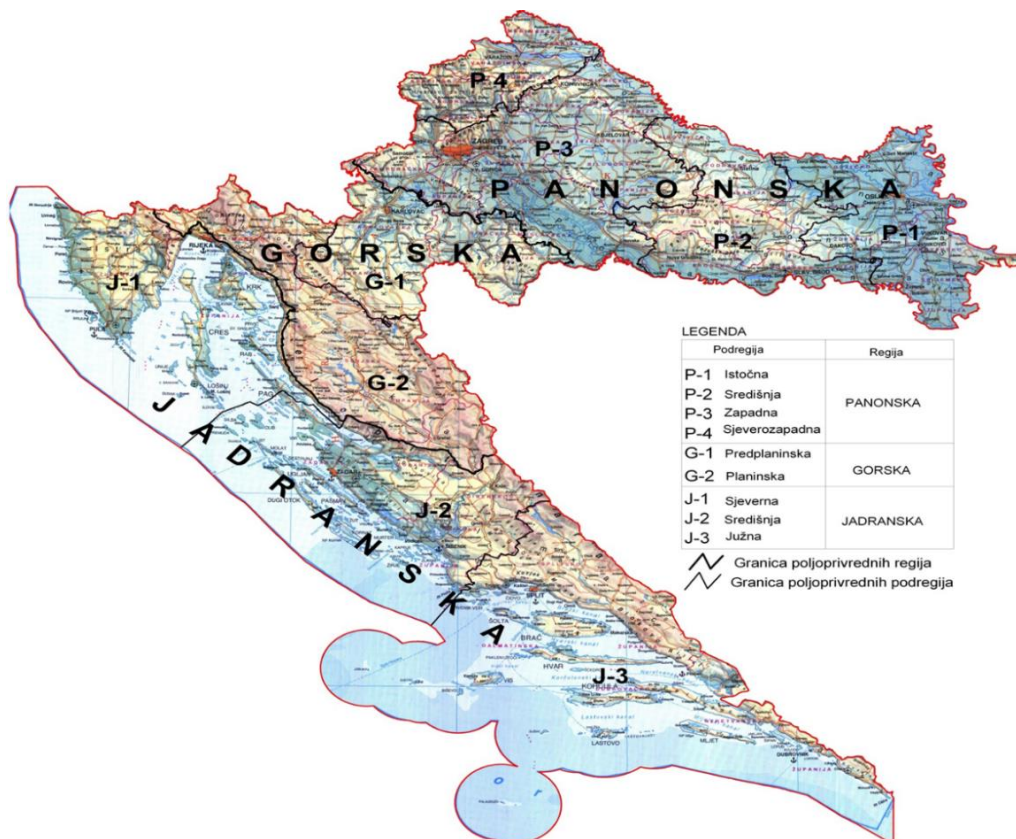
Izvor: Penzar i Penzar (2000.)

2.4. Temperatura tla u Hrvatskoj

Mjerenja temperature tla u Hrvatskoj datiraju od 1898. godine, kad je Gospodarsko i šumarsko učilište u Križevcima nabavilo tri termometra za tu svrhu. Sljedeće godine nabavljeno je još pet novih geotermometara, koji su ukopani na dubinama 25, 50, 100, 150 i 200 cm. Od 1951. godine postoji sustavno mjerenje temperature tla na više meteoroloških postaja. Temperatura tla mjerila se je u početku samo do 20 cm dubine i to u vegetacijskom razdoblju, a od 1955. mjeri se cijele godine na dubinama 2, 5, 10, 20, 30, 50 i 100 cm na golom tlu, tj. na tlu na kojem nema vegetacije (Klimatski atlas Hrvatske 1961.-2000., 2008.).

Temperatura tla u Hrvatskoj varira u obalnom području, u nizinskom kopnenom dijelu te u gorskim krajevima. Podjela Hrvatske na poljoprivredne regije i podregije prikazana je u nastavku slikom 2.4.1.

U obalnom području u najtoplijem mjesecu, srpnju, prosječna temperatura tla na dubini od 5 cm doseže 30°C. Tlo je obično najhladnije u siječnju. Prosječne temperature tla se tada na 5 cm dubine kreću od 5 do 7°C. U nizinskom kopnenom dijelu temperatura tla je približno 5°C niža nego u obalnom pojasu. Sustavnom promjenom prati se postupan porast od zapada prema istoku i od sjevera prema jugu (s iznimkom planinskog područja i ličke visoravni). U planinskim krajevima temperatura je tla vrlo nepravilno raspoređena. Ona ovisi o mnogim činiteljima kao što su nadmorska visina, nagib terena, izloženost Suncu, vlazi i vjetrovima (Penzar i Penzar., 2000.).

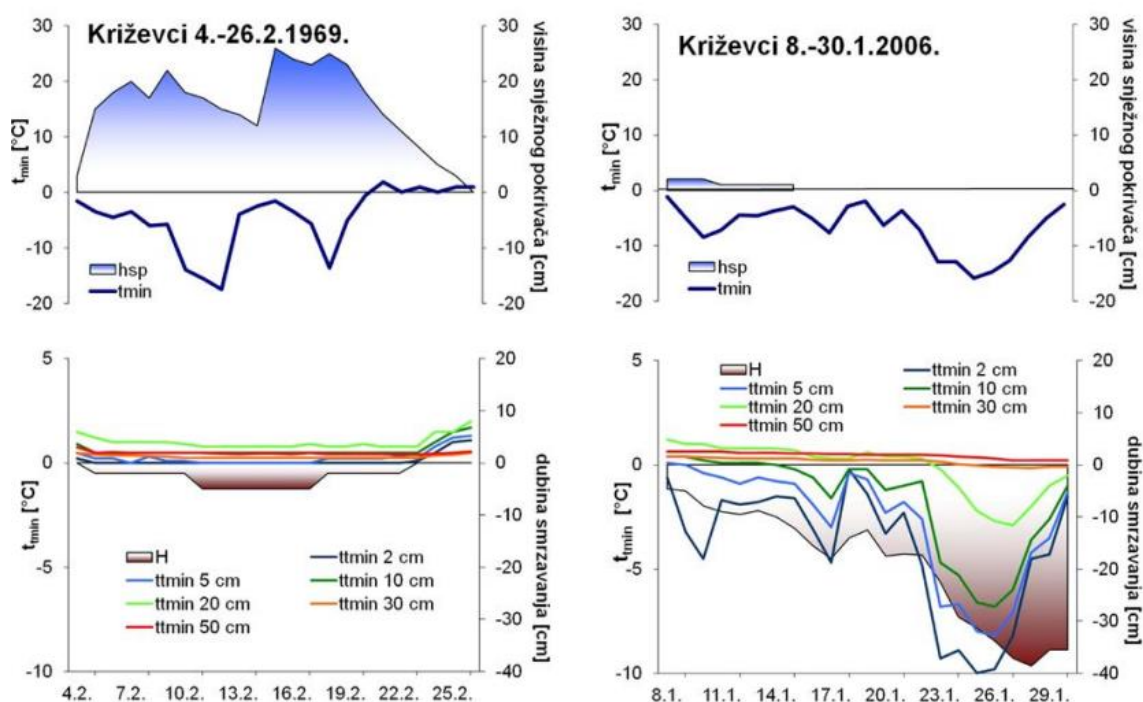


Slika 2.4.1. Podjela Hrvatske na poljoprivredne regije i podregije

Izvor: <https://issuu.com/st-1-2015-online/docs/perspektive-3-4-2022/s/17400547>

Poznato je da snježni pokrivač štiti ozime usjeve od smrzavanja i golomrazice. Koliki je njegov utjecaj na temperaturu tla i dubinu smrzavanja, pokazano je grafom 2.4.1. za dvije vremenske situacije u Križevcima.

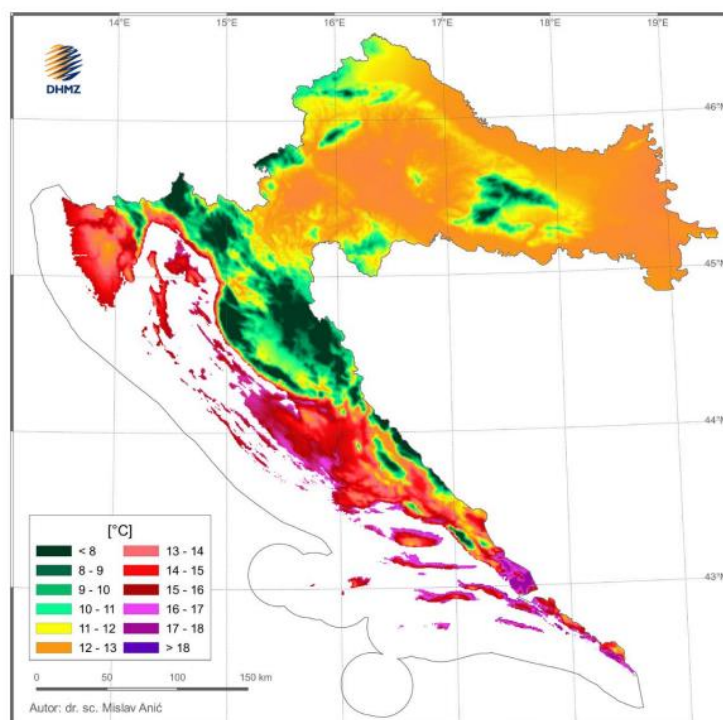
Prema Agroklimatskom atlasu RH 1981.-2020. godine, približno su jednake vrijednosti minimalne dnevne temperature zraka od -17.5°C u siječnju 1969. i -15.8°C u veljači 2006. (Smolić, 2013). Prva situacija bila je sa snježnim pokrivačem visine do 26 cm, a druga je uglavnom bila bez snježnog pokrivača. U situaciji s visokim snježnim pokrivačem, bez obzira na nisku minimalnu temperaturu zraka, vrijednosti minimalne temperature tla nisu se spuštale ispod 0°C kao što se može vidjeti na grafičkom prikazu u Križevcima od 4. do 26. veljače 1969. Smrzavanje tla događalo se samo u tankom površinskom sloju. U situaciji bez snježnog pokrivača u Križevcima od 8. do 30. siječnja 2006. bilo je izraženije ohlađivanje tla. Hodovi minimalne terminske temperature za pliće slojeve tla pratili su hod minimalne temperature zraka. Dubina smrzavanja od 40 cm znatno je veća nego u prvom slučaju, kada je snježni pokrivač bio visok. Promjene u tlu na većim dubinama kasne za onima u zraku i manje su naglašene nego one u plićim slojevima tla.



Graf 2.4.1. Utjecaj visine snježnog pokrivača [hsp, cm] na temperaturu tla na različitim dubinama za Križevce od 4. do 26. veljače 1969. godine i od 8. do 30. veljače 2006. (prilagođeno prema Smolić 2013.)

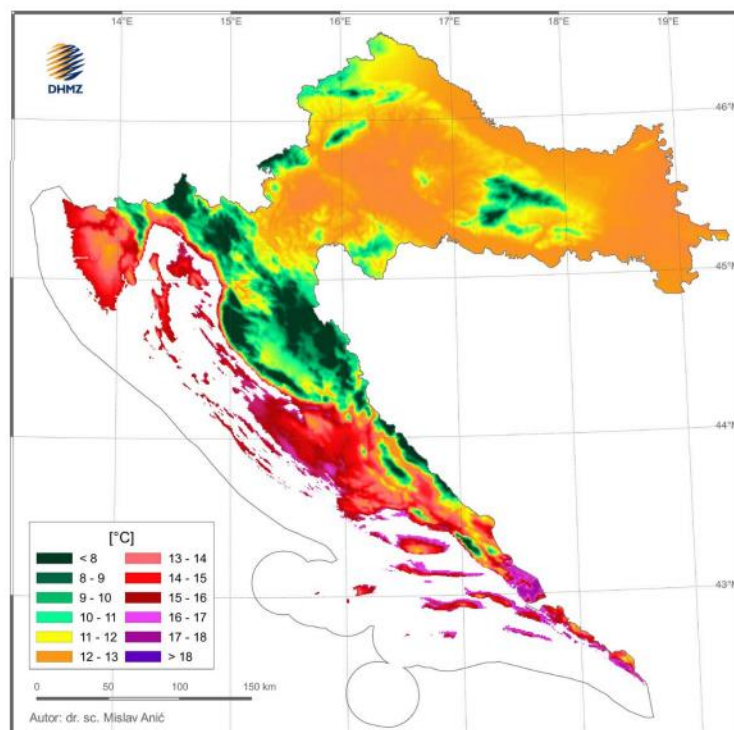
Izvor: https://klima.hr/razno/publikacije/agroklimatski_atlas_RH_1981_2020.pdf

Prostorna raspodjela srednje godišnje temperature tla u Hrvatskoj u razdoblju 1991.–2020. godine vizualno je u visokoj korelaciji s raspodjelom poljoprivrednih regija Hrvatske, prikazana slikom 2.4.2. na dubini od 5 cm i slikom 2.4.3. na dubini od 20 cm.



Slika 2.4.2. Srednja godišnja temperatura tla [$t_{\text{tsred}5 \text{ cm}}$, °C] na dubini od 5 cm u razdoblju 1991.–2020.

Izvor: https://klima.hr/razno/publikacije/agroklimatski_atlas_RH_1981_2020.pdf



Slika 2.4.3. Srednja godišnja temperatura tla [$t_{\text{tsred}20 \text{ cm}}$, °C] na dubini od 20 cm u razdoblju 1991.–2020.

Izvor: https://klima.hr/razno/publikacije/agroklimatski_atlas_RH_1981_2020.pdf

3. Materijali i metode

U ovome poglavlju navest će se opći podatci o meteorološkim postajama te dnevnim temperaturama tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm kroz 30-godišnje razdoblje (1991.-2020.) ustupljeni od strane Državnog hidrometeorološkog zavoda. Ti podatci korišteni su za izračun i usporedbu mjesečnih i godišnjih srednjih minimalnih i maksimalnih temperatura tla, srednje godišnje temperature tla te će se prikazati njihov godišnji hod. Analizom vremenskih serija izračunat će se trendovi promjena temperature tla za svaki mjesec. U svrhu toga koristit će se statistički alati Microsoft Excel i Statistica 12.0. Nepravilnosti u ustupljenim podacima nisu uključene u statističke analize.

3.1. Podatci

Analizirane su temperature tla na različitim dubinama tla na 9 meteoroloških postaja: Osijek, Požega, Bjelovar, Varaždin, Karlovac, Gospić, Pazin, Zadar i Opuzen. Prema DHMZ-u geotermometri su smješteni na južnoj strani meteorološkog motrilišta u geotermometarskom polju. Tip tla morao je biti reprezentativan za širu okolicu, a površina očišćena i održavana. Zbog specifičnosti terena na nekim meteorološkim postajama analiziranima u ovom radu nisu bila moguća mjerenja na svim dubinama i u svim mjesecima, odnosno godinama.

Meteorološke postaje mogu se podijeliti prema regijama i podregijama u Hrvatskoj:

- **Panonska regija:** istočna podregija – Osijek, središnja podregija – Požega, zapadna podregija – Bjelovar i sjeverozapadna podregija – Varaždin
- **Gorska regija:** predgorska regija – Karlovac i gorska podregija - Gospić
- **Jadranska regija:** sjeverna podregija – Pazin, središnja podregija – Zadar i južna podregija – Opuzen.

Bitno je spomenuti opće značajke klime Hrvatske s obzirom da ona utječe i na toplinski režim tla. Kontinentalna Hrvatska ima umjereno kontinentalnu klimu i cijele se godine nalazi u cirkulacijskom pojasu umjerenih širina, gdje je stanje atmosfere vrlo promjenjivo: obilježeno je raznolikošću vremenskih situacija uz česte i intenzivne promjene tijekom godine. Na višim nadmorskim visinama dinarskih planina u Gorskom kotaru, Lici i dalmatinskom zaleđu prisutna je planinska klima koja se razlikuje od šireg područja prvenstveno po temperaturnom i snježnom režimu koje karakteriziraju niske temperature zraka i snježni režim s dugotrajnijim i obilnijim snježnim oborinama. Primorska Hrvatska nalazi se veći dio godine također u cirkulacijskom području umjerenih širina, s čestim i intenzivnim promjenama vremena, osim ljeti. Jedan od najvažnijih modifikatora klime tog područja jest more, od kuda dolazi i naziv primorska klima (DHMZ).

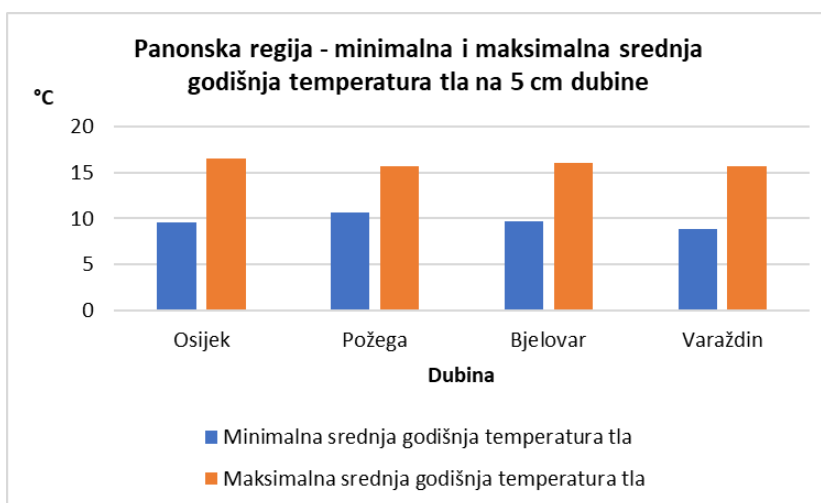
4. Analiza rezultata

Analiza rezultata provodila se po regijama: Panonska, Gorska i Jadranska Hrvatska. Izrađen je prikaz trendova promjene temperature tla za višegodišnje razdoblje po dubinama i po postajama, mjesečni trendovi po postajama i dubinama kroz višegodišnje razdoblje.

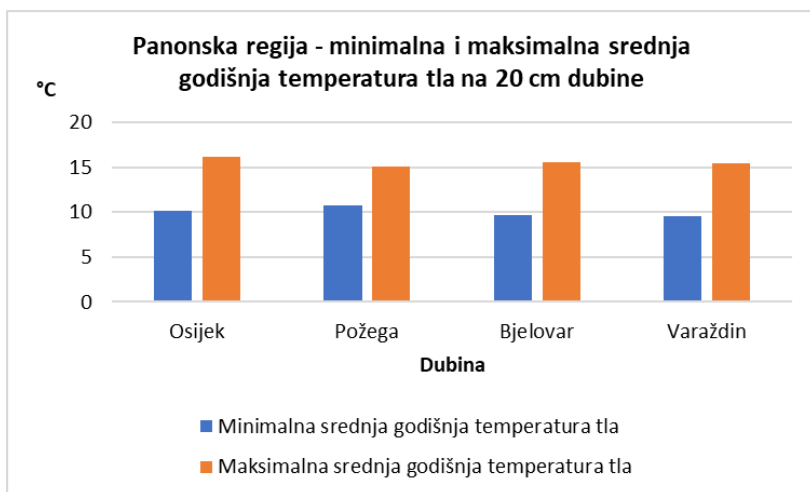
U rezultatima su prikazani i opisani statistički značajni trendovi, a u priložima su prikazani oni trendovi koji nisu statistički značajni.

4.1. Panonska poljoprivredna regija

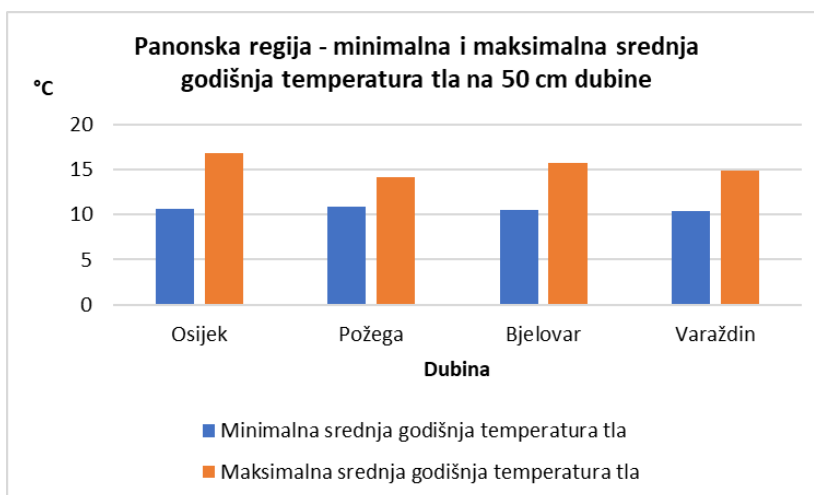
Grafovi 4.1.1., 4.1.2., 4.1.3. i 4.1.4. u nastavku prikazuju minimalne i maksimalne srednje godišnje temperature tla na različitim dubinama (5 cm, 20 cm, 50 cm i 100 cm) u Panonskoj poljoprivrednoj regiji u razdoblju 1991.-2020. godine za četiri različite postaje: Osijek, Požega, Bjelovar i Varaždin. Prikazane razlike između maksimalne i minimalne temperature tla ukazuju na sezonske oscilacije u temperaturi tla. U dubljim slojevima tla oscilacije temperature su manje izražene nego na površini. Razlike među postajama su minimalne, no postaja Osijek pokazuje nešto više maksimalne temperature tla na svim dubinama.



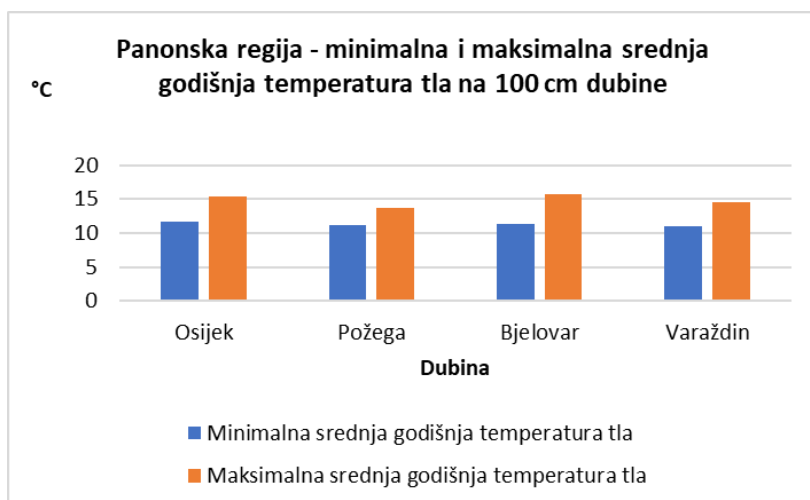
Graf 4.1.1. Minimalna i maksimalna srednja godišnja temperatura tla Panonske regije na 5 cm dubine



Graf 4.1.2. Minimalna i maksimalna srednja godišnja temperatura tla Panonske regije na 20 cm dubine



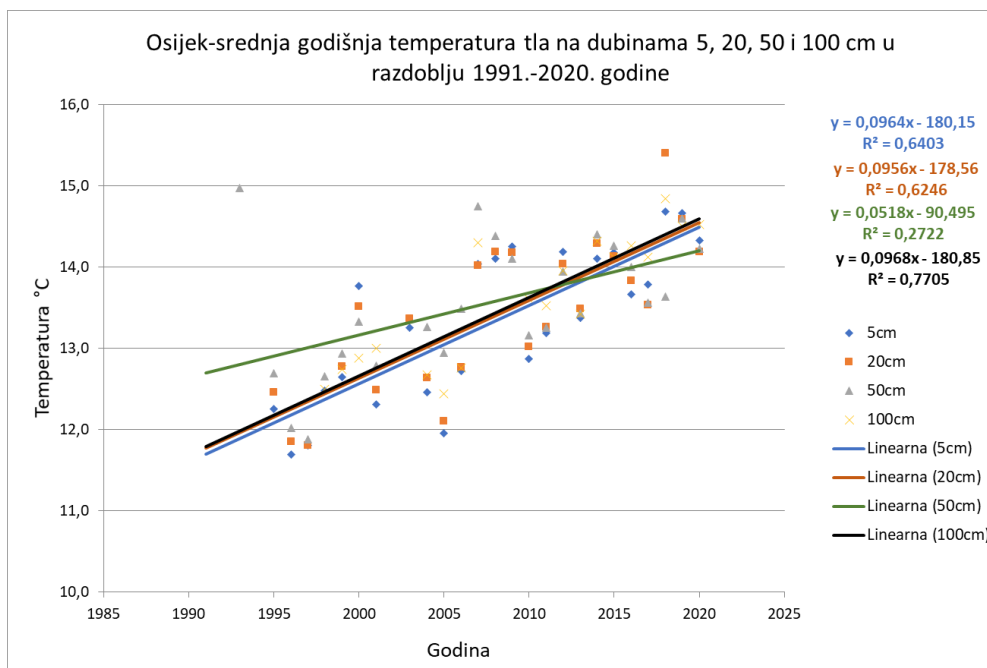
Graf 4.1.3. Minimalna i maksimalna srednja godišnja temperatura tla Panonske regije na 50 cm dubine



Graf 4.1.4. Minimalna i maksimalna srednja godišnja temperatura tla Panonske regije na 100 cm dubine

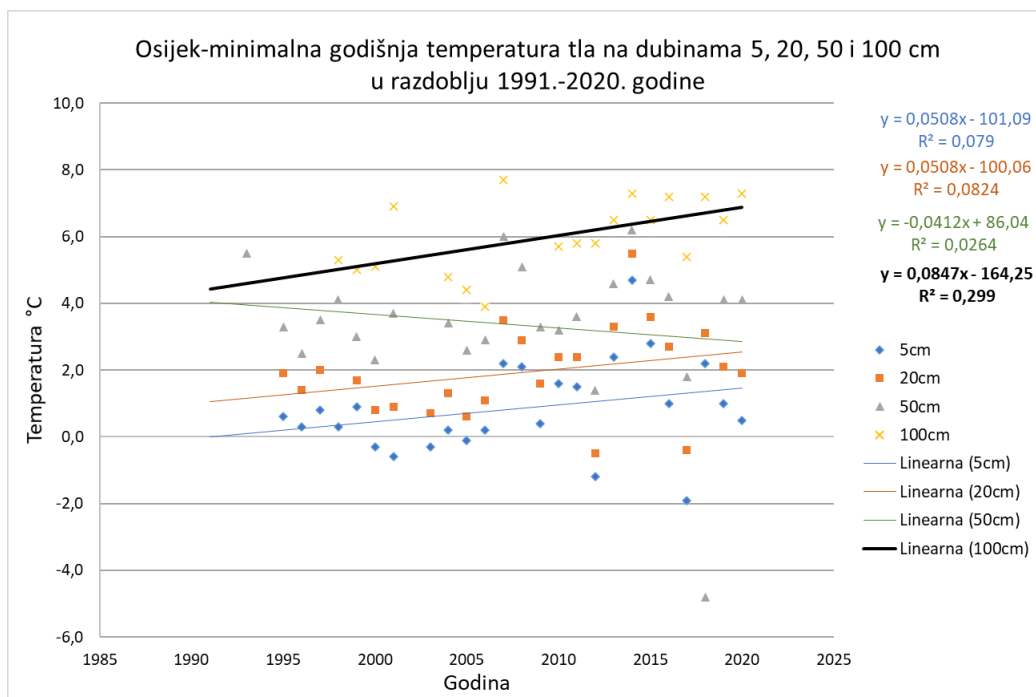
4.1.1. Osijek

Korelacijskom analizom utvrđen je linearni trend promjene srednje godišnje temperature tla na dubini od 5 cm za postaju Osijek. Trend se može očitati iz jednadžbe $y=0,0964x-180,15$. Trend iznosi $0,96^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se srednja godišnja temperatura tla na **dubini 5 cm** povećala za $0,96^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 20 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,0956x-178,56$. Trend iznosi $0,96^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se srednja godišnja temperatura tla na **dubini 20 cm** povećala za $0,96^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 50 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,0518x-90,495$. Trend iznosi $0,52^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se srednja godišnja temperatura tla na **dubini 50 cm** povećala za $0,52^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 100 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,0968x-180,85$. Trend iznosi $0,97^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se srednja godišnja temperatura tla na **dubini 100 cm** povećala za $0,97^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Izračunati trendovi statistički su značajni ($p < 0.05$) i prikazani su grafom 4.1.1.1.



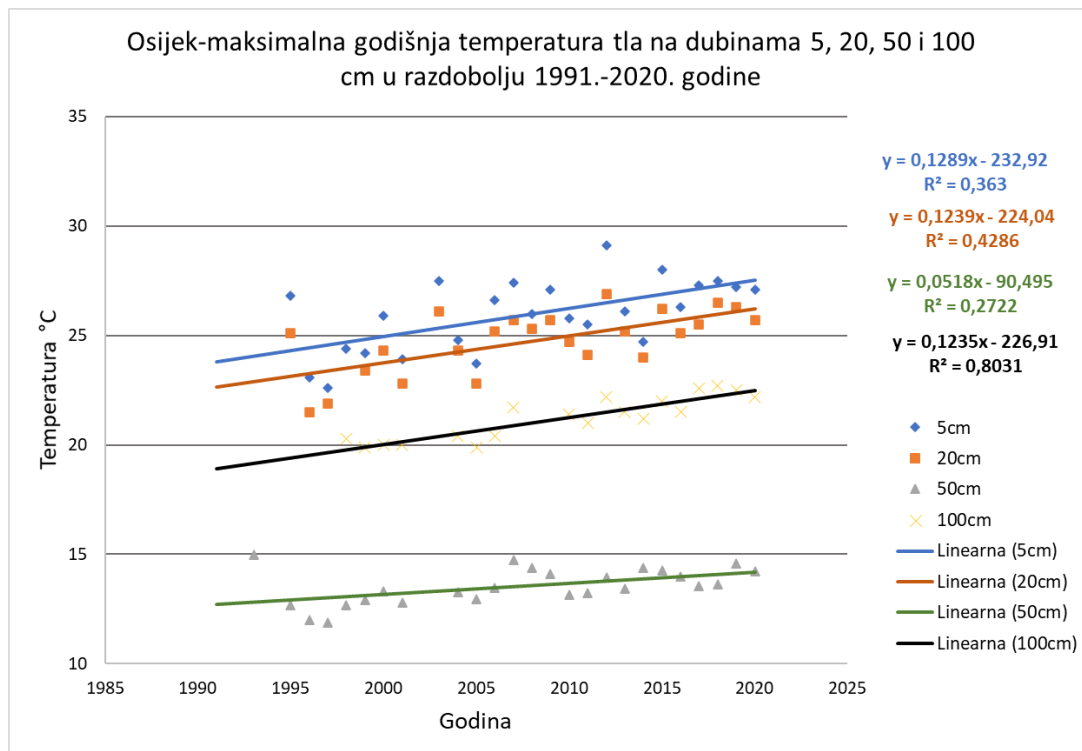
Graf 4.1.1.1. Promjena srednje godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020. godine

Korelacijskom analizom utvrđen je linearni trend promjene minimalne godišnje temperature tla na dubini od 100 cm za postaju Osijek. Trend se može očitati iz jednadžbe $y=0,0847x-164,25$. Trend iznosi $0,85^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se minimalna godišnja temperatura tla na **dubini 100 cm** povećala za $0,85^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju minimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Izračunati trend statistički je značajan ($p < 0.05$) i prikazan je grafom 4.1.1.2.



Graf 4.1.1.2. Promjena minimalne godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020. godine

Korelacijskom analizom utvrđen je linearni trend promjene maksimalne godišnje temperature tla na dubini od 5 cm za postaju Osijek. Trend se može očitati iz jednadžbe $y=0,1289x-232,92$. Trend iznosi $1,29^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se maksimalna godišnja temperatura tla na **dubini 5 cm** povećala za $1,29^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju maksimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 20 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,1239x-224,04$. Trend iznosi $1,24^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se maksimalna godišnja temperatura tla na **dubini 20 cm** povećala za $1,24^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju maksimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 50 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,0518x-90,495$. Trend iznosi $0,52^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se maksimalna godišnja temperatura tla na **dubini 50 cm** povećala za $0,52^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju maksimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 100 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,1235x-226,91$. Trend iznosi $1,24^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se maksimalna godišnja temperatura tla na **dubini 100 cm** povećala za $1,24^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju maksimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Izračunati trendovi statistički su značajni ($p < 0.05$) i prikazani su grafom 4.1.1.3.



Graf 4.1.1.3. Promjena maksimalne godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020. godina

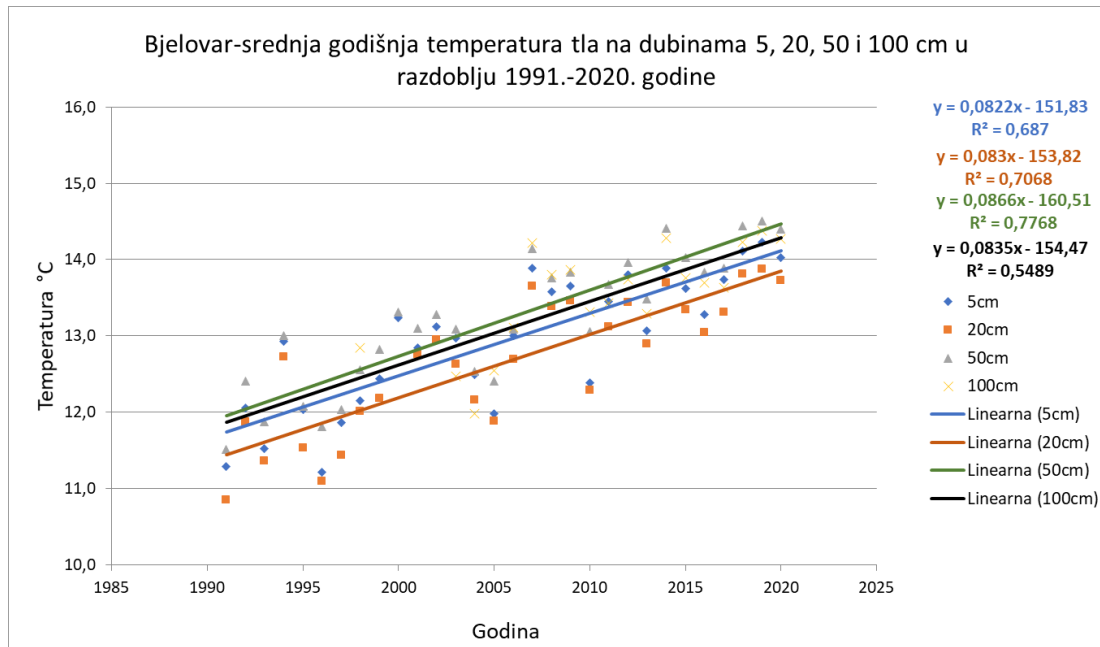
4.1.2. Požega

Za postaju Požega je u prilogu 8.1. prikazana promjena srednje godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020. godine, u prilogu 8.2. promjena minimalne godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020. godine, a u prilogu 8.3. promjena maksimalne godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020. godine. Zbog nedostatka podataka za određene godine u navedenom 30-godišnjem razdoblju nije utvrđen statistički značajan trend promjene za srednju, minimalnu i maksimalnu godišnju temperaturu tla na 4 dubine za postaju Požega te kao takav nije usporediv s ostalim rezultatima.

4.1.3. Bjelovar

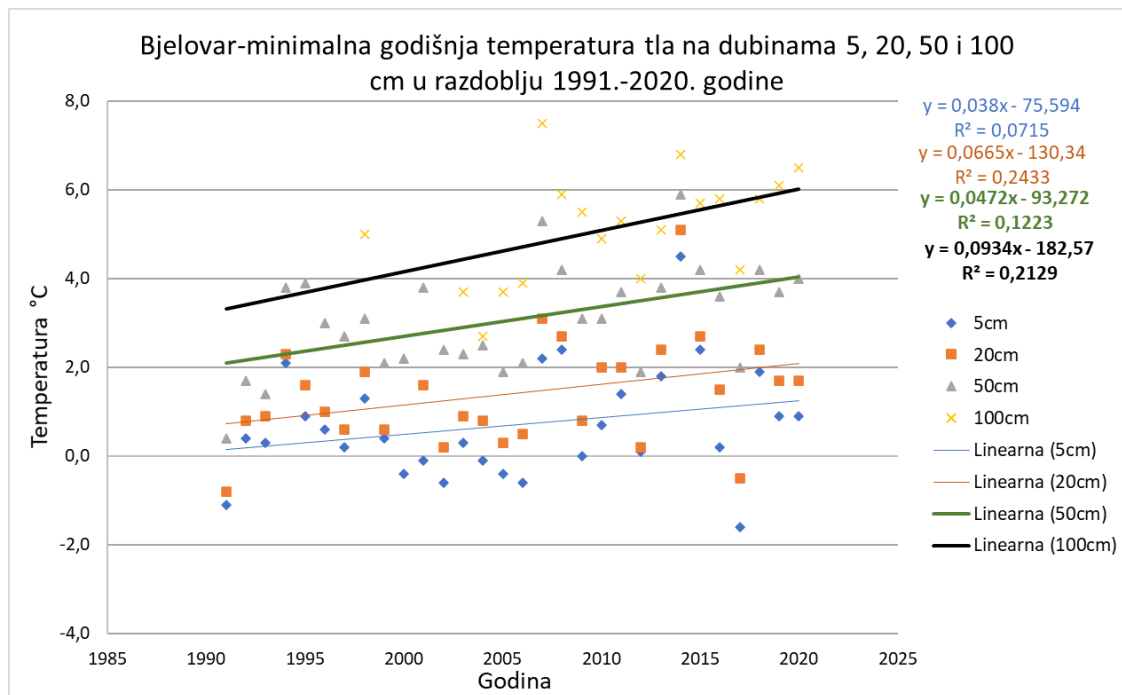
Korelacijskom analizom utvrđen je linearni trend promjene srednje godišnje temperature tla na dubini od 5 cm za postaju Bjelovar. Trend se može očitati iz jednadžbe $y=0,0822x-151,83$. Trend iznosi 0,82°C kroz 10 godina, što znači da se srednja godišnja temperatura tla na **dubini 5 cm** povećala za 0,82°C u odnosu na srednju vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 20cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,083x-153,82$. Trend iznosi 0,83°C kroz 10 godina, što znači da se srednja godišnja temperatura tla na **dubini 20 cm** povećala za 0,83°C u odnosu na srednju vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 50 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,0866x-160,51$. Trend iznosi 0,86°C kroz 10 godina, što znači da se srednja godišnja temperatura tla na **dubini 50 cm** povećala za 0,86°C u odnosu na srednju

vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 100 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,0835x-154,47$. Trend iznosi $0,84^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se srednja godišnja temperatura tla na **dubini 100 cm** povećala za $0,84^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Izračunati trendovi statistički su značajni ($p < 0.05$) i prikazani su grafom 4.1.3.1.



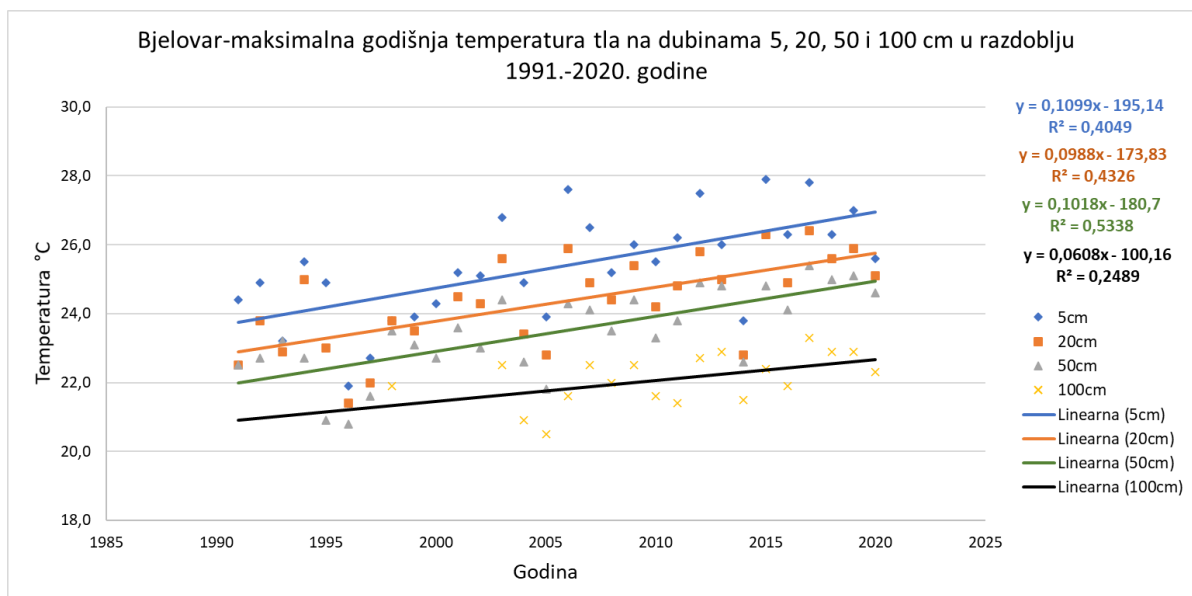
Graf 4.1.3.1. Promjena srednje godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020. godine

Korelacijskom analizom utvrđen je linearni trend promjene minimalne godišnje temperature tla na dubini od 50 cm za postaju Bjelovar. Trend se može očitati iz jednadžbe $y=0,0472x-93,272$. Trend iznosi $0,47^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se minimalna godišnja temperatura tla na **dubini 50 cm** povećala za $0,47^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju minimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 100 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,0934x-182,57$. Trend iznosi $0,93^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se minimalna godišnja temperatura tla na **dubini 100 cm** povećala za $0,93^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju minimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Izračunati trendovi statistički su značajni ($p < 0.05$) i prikazani su grafom 4.1.3.2.



Graf 4.1.3.2. Promjena minimalne godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020. godine

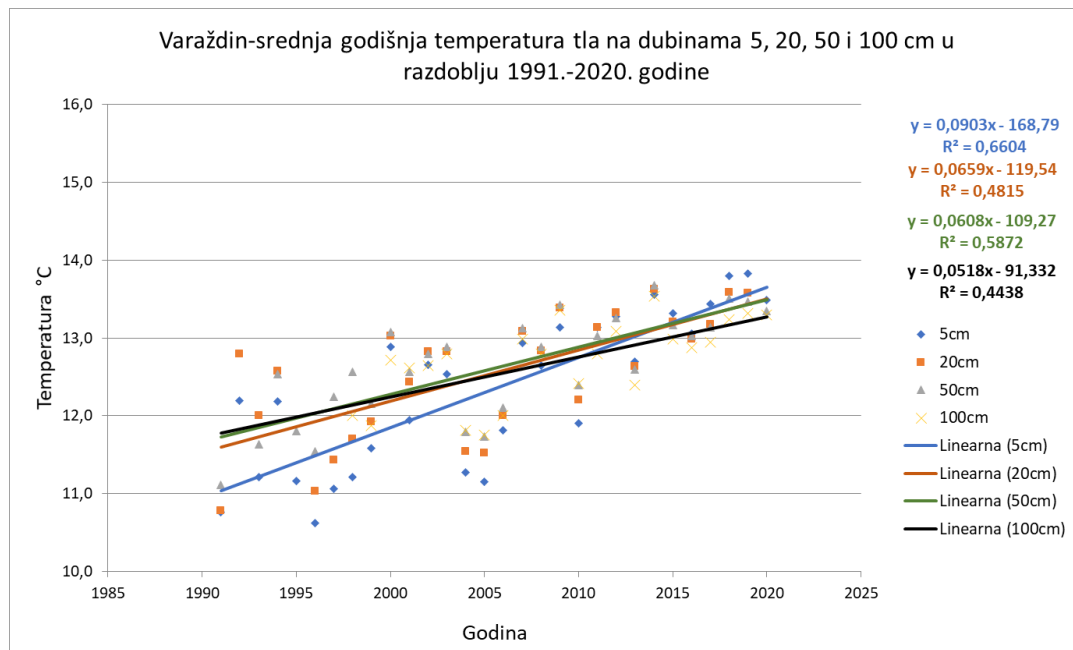
Korelacijskom analizom utvrđen je linearni trend promjene maksimalne godišnje temperature tla na dubini od 5 cm za postaju Bjelovar. Trend se može očitati iz jednadžbe $y=0,1099x-195,14$. Trend iznosi $1,1^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se maksimalna godišnja temperatura tla na **dubini 5 cm** povećala za $1,1^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju maksimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 20 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,0988x-173,83$. Trend iznosi $0,98^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se maksimalna godišnja temperatura tla na **dubini 20 cm** povećala za $0,98^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju maksimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 50 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,1018x-180,7$. Trend iznosi $1,02^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se maksimalna godišnja temperatura tla na **dubini 50 cm** povećala za $1,02^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju maksimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 100 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,0608x-100,16$. Trend iznosi $0,61^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se maksimalna godišnja temperatura tla na **dubini 100 cm** povećala za $0,61^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju maksimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Izračunati trendovi statistički su značajni ($p < 0.05$) i prikazani su grafom 4.1.3.3.



Graf 4.1.3.3. Promjena maksimalne godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020. godine

4.1.4. Varaždin

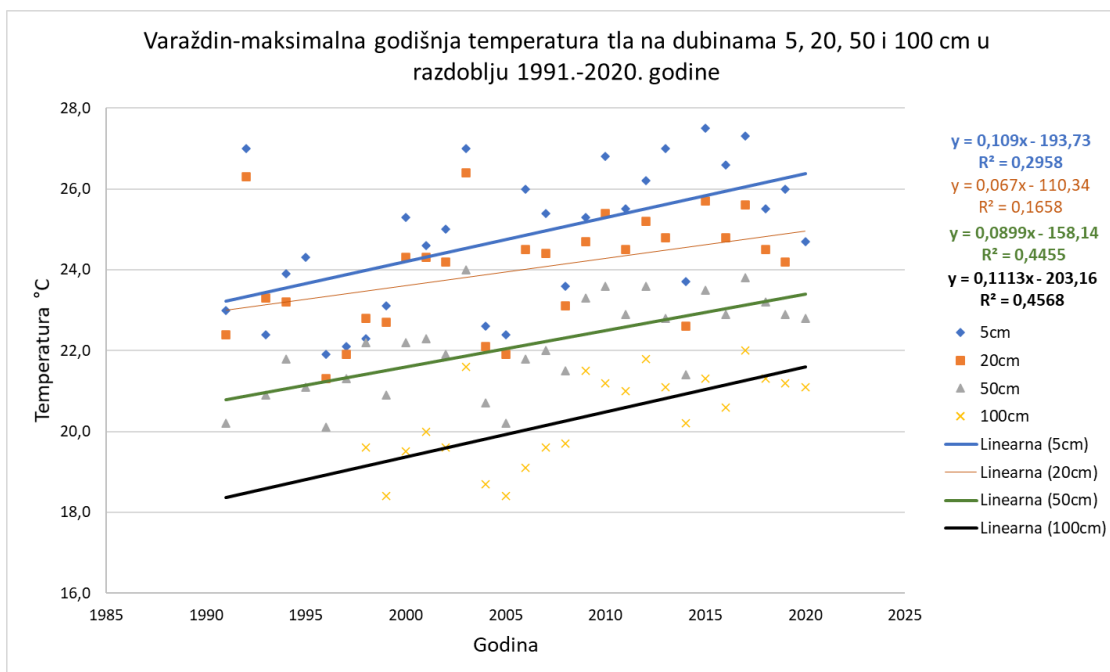
Korelacijskom analizom utvrđen je linearni trend promjene srednje godišnje temperature tla na dubini od 5cm za postaju Varaždin. Trend se može očitati iz jednadžbe $y=0,0903x-168,79$. Trend iznosi 0,90°C kroz 10 godina, što znači da se srednja godišnja temperatura tla na **dubini 5 cm** povećala za 0,90°C u odnosu na srednju vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 20 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,0659x-119,54$. Trend iznosi 0,66°C kroz 10 godina, što znači da se srednja godišnja temperatura tla na **dubini 20 cm** povećala za 0,66°C u odnosu na srednju vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 50 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,0608x-109,27$. Trend iznosi 0,61°C kroz 10 godina, što znači da se srednja godišnja temperatura tla na **dubini 50 cm** povećala za 0,61°C u odnosu na srednju vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 100 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,0518x-91,332$. Trend iznosi 0,52°C kroz 10 godina, što znači da se srednja godišnja temperatura tla na **dubini 100 cm** povećala za 0,52°C u odnosu na srednju vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Izračunati trendovi statistički su značajni ($p < 0.05$) i prikazani su grafom 4.1.4.1.



Graf 4.1.4.1. Promjena srednje godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020. godine

Za postaju Varaždin je u prilogu 8.4. prikazana promjena minimalne godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020. godine. Zbog nedostatka podataka za određene godine u navedenom 30-godišnjem razdoblju nije utvrđen statistički značajan trend promjene za minimalnu godišnju temperaturu tla na 4 dubine za postaju Varaždin te kao takav nije usporediv s ostalim rezultatima.

Korelacijskom analizom utvrđen je linearni trend promjene maksimalne godišnje temperature tla na dubini od 5 cm za postaju Varaždin. Trend se može očitati iz jednadžbe $y=0,109x-193,73$. Trend iznosi 1,1°C kroz 10 godina, što znači da se maksimalna godišnja temperatura tla na **dubini 5 cm** povećala za 1,1°C u odnosu na srednju maksimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 50 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,0899x-158,14$. Trend iznosi 0,89°C kroz 10 godina, što znači da se maksimalna godišnja temperatura tla na **dubini 50 cm** povećala za 0,89°C u odnosu na srednju maksimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 100 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,1113x-203,16$. Trend iznosi 1,11°C kroz 10 godina, što znači da se maksimalna godišnja temperatura tla na **dubini 100 cm** povećala za 1,11°C u odnosu na srednju maksimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Izračunati trendovi statistički su značajni ($p < 0.05$) i prikazani su grafom 4.1.4.2.



Graf 4.1.4.2. Promjena maksimalne godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020. godine

4.1.5. Mjesečni trendovi po postajama i dubinama kroz višegodišnje razdoblje

Tablica 4.1.5.1. u nastavku prikazuje mjesečne trendove promjene temperature tla u četiri postaje Panonske poljoprivredne regije na različitim dubinama tijekom višegodišnjeg razdoblja (1991.-2020. godine). Vrijednosti su izražene u stupnjevima Celzijusa (°C) na 10 godina, a crvenom bojom su označeni statistički značajni trendovi. Tablica jasno pokazuje trend porasta temperature tla na pojedinim postajama, dubinama i mjesecima. U obzir se mora uzeti nedostatak podataka te činjenica da sljedeće postaje imaju određeni raspon godina pri izračunu trendova:

- Osijek na dubini od 100 cm – 1997.-2020.
- Požega na svim dubinama – 2005.-2020.
- Bjelovar na dubini od 100 cm – 1996.-2020.
- Varaždin na dubini od 100 cm – 1997.-2020.

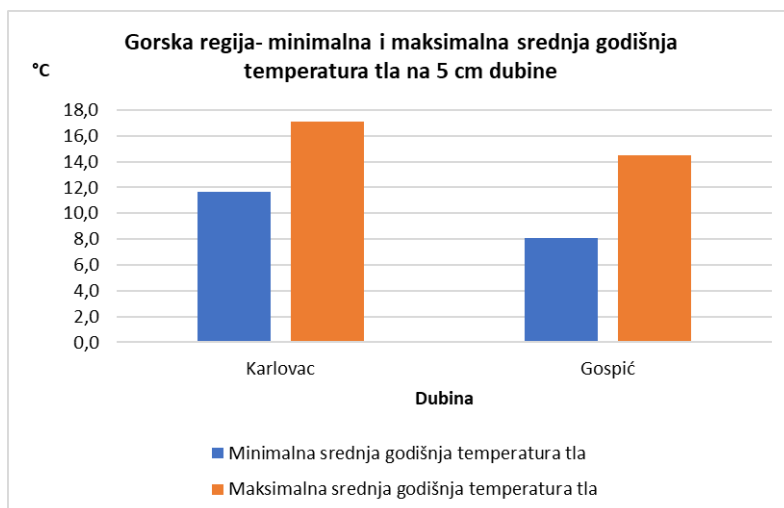
Osijek i Bjelovar pokazuju najveći broj statistički značajnih pozitivnih trendova, u proljetnim i ljetnim mjesecima što može biti povezano s klimatskim uvjetima i povećanjem temperature zraka. S obzirom na raspon godina, Požega ima manje statistički značajnih trendova, neki mjeseci pokazuju čak negativne ili promjene bez značaja.

Tablica 4.1.5.1. Mjesečni trendovi promjene temperature tla po postajama Panonske poljoprivredne regije tijekom višegodišnjeg razdoblja- °C/10 godina (1991.-2020.)

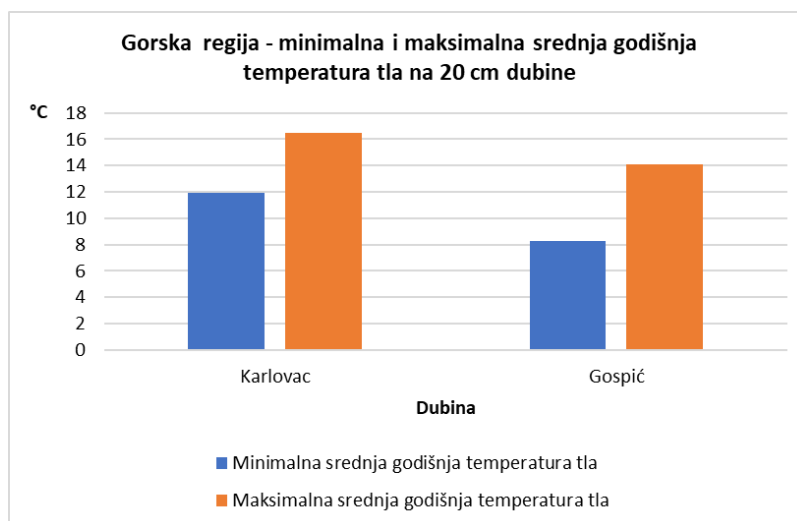
| Osijek | I. | II. | III. | IV. | V. | VI. | VII. | VIII. | IX. | X. | XI. | XII. |
|-----------------|-------|-------|------|-------|------|------|------|-------|-------------------|------|------|-------|
| 5 cm | +0,2 | +0,8 | +0,7 | +1,3 | +0,6 | +1,0 | +1,2 | +1,2 | +1,2 | +0,6 | +0,7 | +0,5 |
| 20 cm | +0,4 | +0,9 | +0,9 | +1,2 | +0,4 | +0,8 | +1,0 | +0,9 | +1,2 | +0,5 | +0,6 | +0,4 |
| 50 cm | -0,1 | +0,2 | +0,2 | +0,6 | +0,1 | +0,5 | +0,8 | +0,8 | +0,9 | +0,3 | +0,5 | +0,1 |
| 100 cm | +0,7 | +0,8 | +0,9 | +1,0 | +0,6 | +0,7 | +1,0 | +1,2 | +1,3 | +0,8 | +1,1 | +0,9 |
| Požega | | | | | | | | | | | | |
| 5 cm | -0,9 | +0,4 | +0,5 | +0,1 | -1,1 | -0,6 | -1,3 | +0,5 | -0,1 | -0,4 | +0,8 | -0,03 |
| 20 cm | -0,8 | +0,5 | +0,4 | -0,01 | -0,9 | -0,3 | -1,1 | +0,4 | +0,1 | -0,4 | +0,7 | -0,1 |
| 50 cm | -0,4 | +0,2 | +0,2 | -0,2 | -0,7 | -0,4 | -1,0 | +0,01 | +0,1 | -0,4 | +0,6 | +0,1 |
| 100 cm | +0,01 | +0,1 | +0,2 | -0,2 | -0,4 | -0,4 | -0,8 | -0,1 | 0 (bez trenda) | -0,4 | +0,3 | +0,2 |
| Bjelovar | | | | | | | | | | | | |
| 5 cm | +0,3 | +0,9 | +0,8 | +1,4 | +0,5 | +1,1 | +1,1 | +1,1 | +0,7 | +0,6 | +0,7 | +0,6 |
| 20 cm | +0,4 | +0,9 | +0,8 | +1,4 | +0,6 | +0,9 | +1,0 | +1,0 | +0,9 | +0,5 | +0,7 | +0,6 |
| 50 cm | +0,6 | +0,9 | +0,8 | +1,2 | +0,6 | +0,7 | +1,0 | +1,0 | +1,1 | +0,7 | +1,0 | +0,8 |
| 100 cm | +0,7 | +0,7 | +0,7 | +1,1 | +0,5 | +0,5 | +0,6 | +0,7 | +0,7 | +0,3 | +0,4 | +0,6 |
| Varaždin | | | | | | | | | | | | |
| 5 cm | +0,4 | +0,8 | +0,5 | +1,3 | +0,6 | +1,4 | +1,4 | +0,9 | +0,8 | +0,8 | +1,0 | +0,9 |
| 20 cm | +0,4 | +0,7 | +0,4 | +1,1 | +0,2 | +0,8 | +0,9 | +0,7 | +0,7 | +0,6 | +0,9 | +0,8 |
| 50 cm | +0,2 | +0,3 | +0,2 | +0,8 | +0,4 | +0,9 | +1,0 | +0,7 | +0,7 | +0,5 | +0,8 | +0,4 |
| 100 cm | -0,01 | -0,01 | +0,1 | +0,3 | +0,2 | +0,8 | +1,1 | +1,1 | +1,1 | +0,6 | +0,7 | +0,3 |

4.2. Gorska poljoprivredna regija

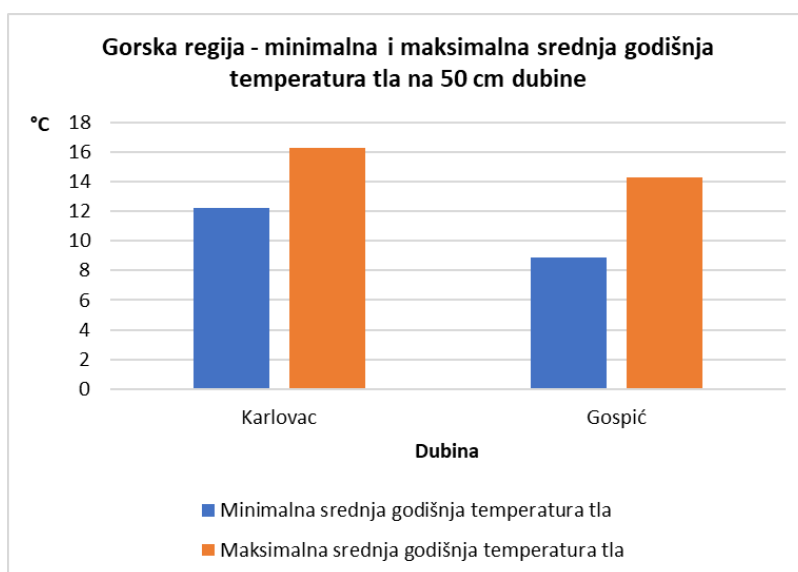
Grafovi 4.2.1., 4.2.2., 4.2.3. i 4.2.4. prikazuju minimalne i maksimalne srednje godišnje temperature tla na različitim dubinama (5 cm, 20 cm, 50 cm i 100 cm) u dvije postaje Gorske poljoprivredne regije Hrvatske: Karlovac i Gospić. Gospić, smješten na većoj nadmorskoj visini, pokazuje niže maksimalne temperature tla i veće oscilacije temperature na plićim dubinama. Karlovac, na nižoj nadmorskoj visini, ima stabilnije temperature tla i manje oscilacije, što odražava blažu klimu područja predhorske podregije.



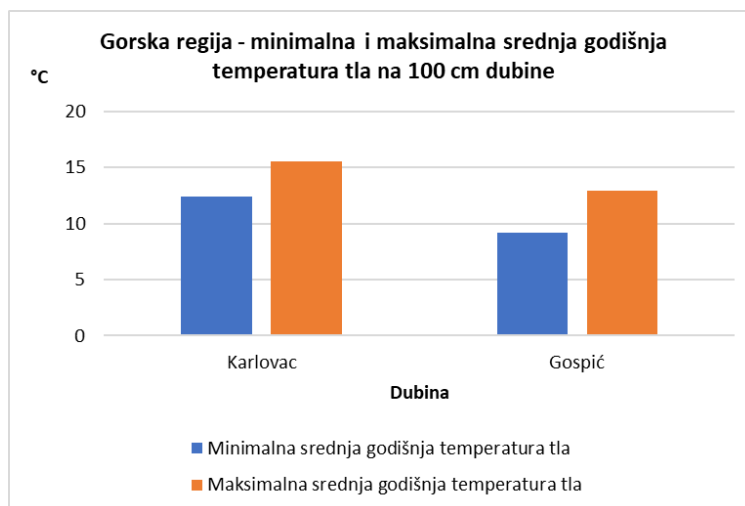
Graf 4.2.1. Minimalna i maksimalna srednja godišnja temperatura tla na 5 cm dubine



Graf 4.2.2. Minimalna i maksimalna srednja godišnja temperatura tla na 20 cm dubine



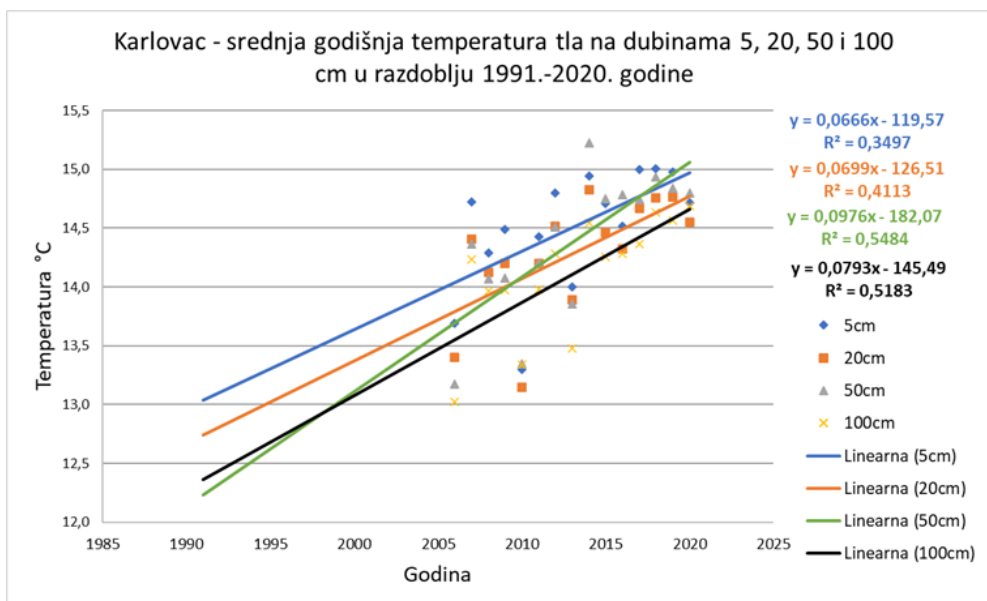
Graf 4.2.3. Minimalna i maksimalna srednja godišnja temperatura tla Gorske regije na 50 cm dubine



Graf 4.2.4. Minimalna i maksimalna srednja godišnja temperatura tla na 100 cm dubine

4.2.1. Karlovac

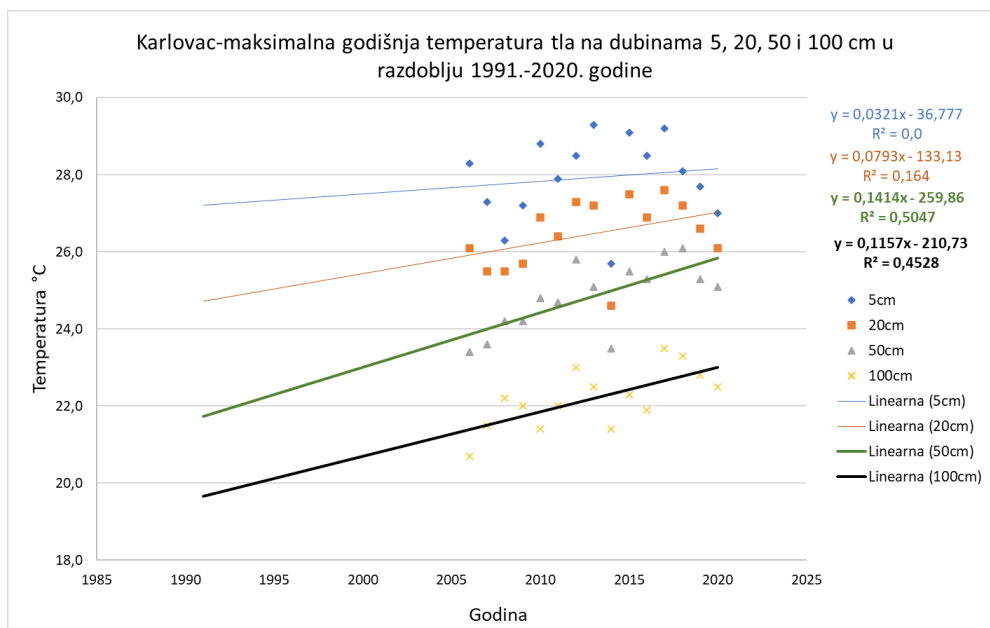
Za postaju Karlovac bitno je spomenuti da se raspon godina, kod utvrđivanja trendova promjene temperature tla, kreće od 2006. do 2020. godine za sve podatke. Korelacijskom analizom utvrđen je linearni trend promjene srednje godišnje temperature tla na dubini od 5 cm za postaju Karlovac. Trend se može očitati iz jednadžbe $y=0,0666x-119,57$. Trend iznosi $0,7^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se srednja godišnja temperatura tla na **dubini 5 cm** povećala za $0,7^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 20 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,0699x-126,51$. Trend iznosi $0,7^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se srednja godišnja temperatura tla na **dubini 20 cm** povećala za $0,7^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 50 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,0976x-182,07$. Trend iznosi $0,98^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se srednja godišnja temperatura tla na **dubini 50 cm** povećala za $0,98^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 100 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,0793x-145,49$. Trend iznosi $0,8^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se srednja godišnja temperatura tla na **dubini 100 cm** povećala za $0,8^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Izračunati trendovi statistički su značajni ($p < 0.05$) i prikazani su grafom 4.2.1.1.



Graf 4.2.1.1. Promjena srednje godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020. godine

Za postaju Karlovac je u prilogu 8.5. prikazana promjena minimalne godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020. godine. Zbog nedostatka podataka za određene godine u navedenom 30-godišnjem razdoblju nije utvrđen statistički značajan trend promjene za minimalnu godišnju temperaturu tla na 4 dubine za postaju Karlovac te kao takav nije usporediv s ostalim rezultatima.

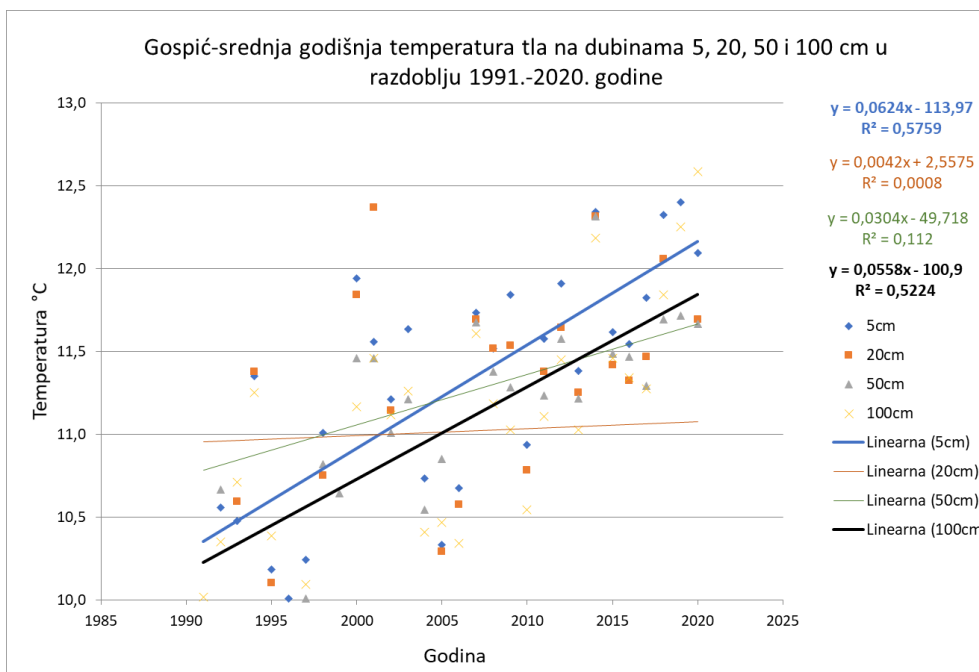
Korelacijskom analizom utvrđen je linearni trend promjene maksimalne godišnje temperature tla na dubini od 50 cm za postaju Karlovac, što se može očitati iz trenda jednadžbe $y=0,1414x-259,86$. Trend iznosi $1,41^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se maksimalna godišnja temperatura tla na **dubini 50 cm** povećala za $1,41^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju maksimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 100 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,1157x-210,73$. Trend iznosi $1,16^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se maksimalna godišnja temperatura tla na **dubini 100 cm** povećala za $1,16^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju maksimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Izračunati trendovi statistički su značajni ($p < 0.05$) i prikazani su grafom 4.2.1.2.



Graf 4.2.1.2. Promjena maksimalne godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020. godine

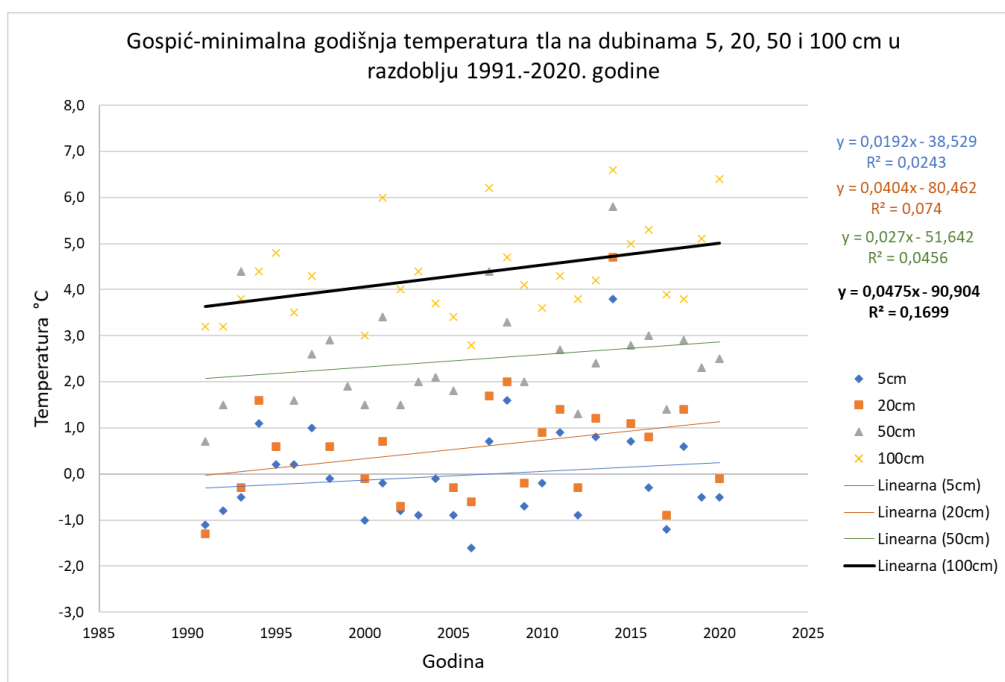
4.2.2. Gospić

Korelacijskom analizom utvrđen je linearni trend promjene srednje godišnje temperature tla na dubini od 5 cm za postaju Gospić. Trend se može očitati iz jednadžbe $y=0,0624x-113,97$. Trend iznosi $0,62^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se srednja godišnja temperatura tla na **dubini 5 cm** povećala za $0,62^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 100 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,0558x-100,9$. Trend iznosi $0,56^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se srednja godišnja temperatura tla na **dubini 100 cm** povećala za $0,56^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Izračunati trendovi statistički su značajni ($p < 0,05$) i prikazani su grafom 4.2.2.1.



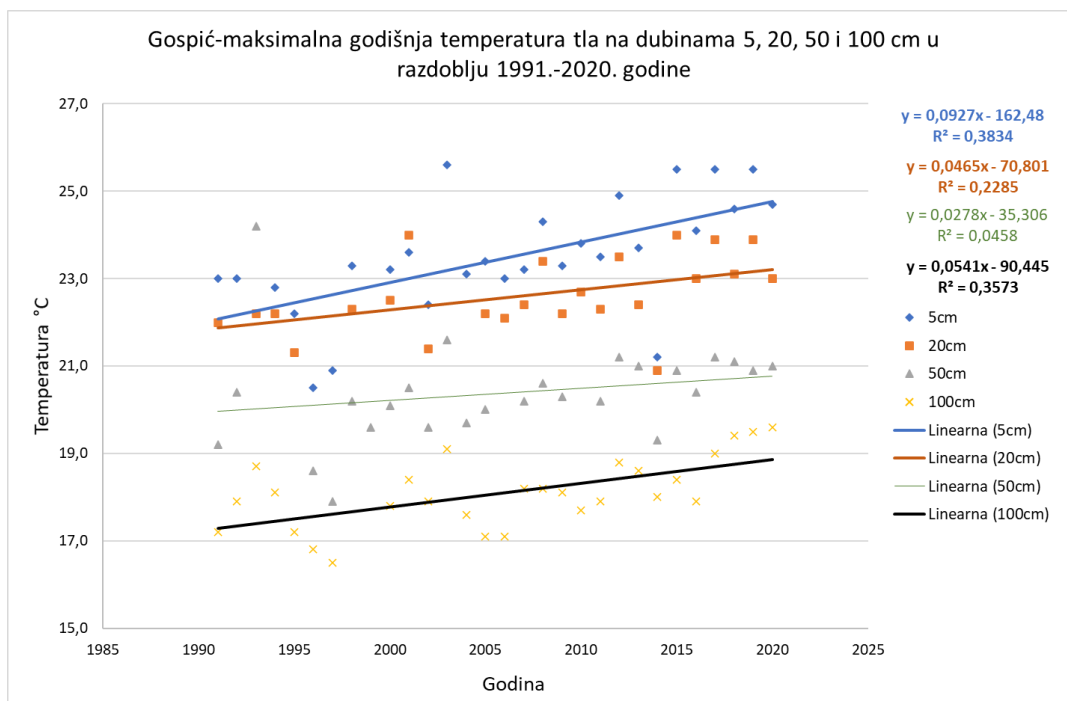
Graf 4.2.2.1. Promjena srednje godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020. godine

Korelacijskom analizom utvrđen je linearni trend promjene minimalne godišnje temperature tla na dubini od 100 cm na postaji Gospić, čiji se trend može očitati iz jednadžbe $y=0,0475x-90,904$. Trend iznosi $0,48^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se minimalna godišnja temperatura tla na **dubini 100 cm** povećala za $0,48^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju minimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Izračunati trend statistički je značajan ($p < 0.05$) i prikazan je grafom 4.2.2.2.



Graf 4.2.2.2. Promjena minimalne godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020. godine

Korelacijskom analizom utvrđen je linearni trend promjene maksimalne godišnje temperature tla na dubini od 5 cm za postaju Gospić. Trend se može očitati iz jednadžbe $y=0,0927x-162,48$. Trend iznosi $0,93^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina što znači da se maksimalna godišnja temperatura tla na **dubini 5 cm** povećala za $0,93^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju maksimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 20 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,0465x-70,801$. Trend iznosi $0,47^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se maksimalna godišnja temperatura tla na **dubini 20 cm** povećala za $0,47^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju maksimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 100 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,0541x-90,445$. Trend iznosi $0,54^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se maksimalna godišnja temperatura tla na **dubini 100 cm** povećala za $0,54^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju maksimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Izračunati trendovi statistički su značajni ($p < 0.05$) i prikazani su grafom 4.2.2.3.



Graf 4.2.2.3. Promjena maksimalne godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020. godine

4.2.3. Mjesečni trendovi po postajama i dubinama kroz višegodišnje razdoblje

Tablica 4.2.3.1. u nastavku prikazuje mjesečne trendove promjene temperature tla u dvije postaje Gorske poljoprivredne regije na različitim dubinama tijekom višegodišnjeg razdoblja (1991.-2020. godine). Vrijednosti su izražene u stupnjevima Celzijusa ($^{\circ}\text{C}$) na 10 godina, a crvenom bojom su označeni statistički značajni trendovi. Važno je napomenuti da se Gospić nalazi na većoj nadmorskoj visini u usporedbi s Karlovcem, što utječe na temperaturne trendove tla. Ova tablica pruža uvid u to kako nadmorska visina i dubina tla utječu na temperaturne trendove u Gorskoj poljoprivrednoj regiji Hrvatske, s posebnim naglaskom na

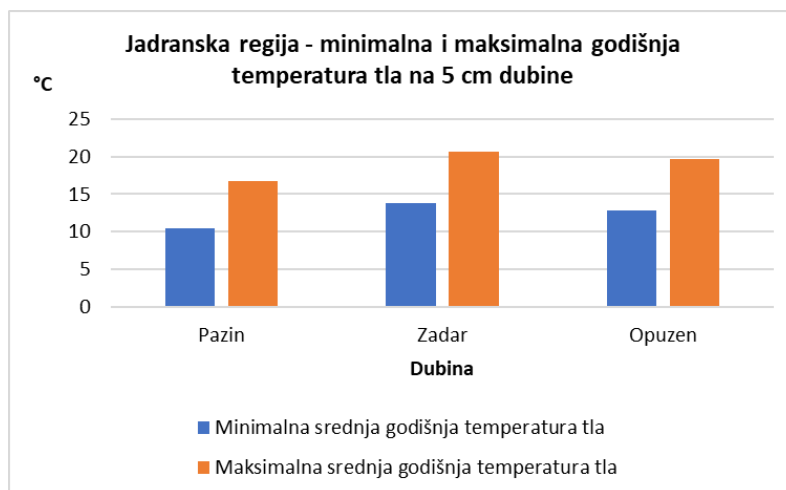
statistički značajne promjene koje potvrđuju dugoročne klimatske utjecaje na temperaturu tla. U obzir se mora uzeti nedostatak podataka te činjenica da postaja Karlovac ima određeni raspon godina pri izračunu trendova na svim dubinama – od 2006. do 2020. godine.

Tablica 4.2.3.1. Mjesečni trendovi promjene temperature tla po postajama Gorske poljoprivredne regije tijekom višegodišnjeg razdoblja- °C/10 godina (1991.-2020.)

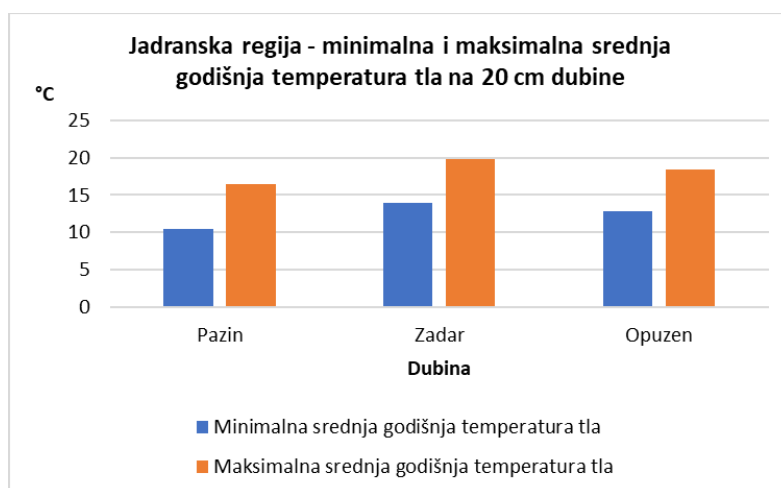
| Gospić | I. | II. | III. | IV. | V. | VI. | VII. | VIII. | IX. | X. | XI. | XII. |
|-----------------|-----------|------------|-------------|------------|-----------|------------|-------------|--------------|------------|-----------|------------|-------------|
| 5 cm | +0,2 | +0,8 | +0,4 | +1,3 | +0,4 | +0,9 | +1,2 | +0,7 | +0,5 | +0,2 | +0,5 | +0,4 |
| 20 cm | +0,3 | +0,8 | +0,4 | +1,0 | +0,4 | +0,8 | +0,8 | +0,4 | +0,3 | +0,1 | +0,5 | +0,3 |
| 50 cm | +0,1 | +0,6 | +0,4 | +0,8 | +0,1 | +0,4 | +0,5 | +0,3 | +0,3 | +0,01 | +0,3 | +0,01 |
| 100 cm | +0,4 | +0,6 | +0,5 | +0,7 | +0,5 | +0,5 | +0,6 | +0,5 | +0,6 | +0,4 | +0,7 | +0,6 |
| Karlovac | | | | | | | | | | | | |
| 5 cm | +0,4 | +1,1 | +1,3 | +0,2 | -1,7 | +1,0 | +0,7 | +2,7 | +0,7 | +0,6 | +0,9 | +0,7 |
| 20 cm | +0,2 | +1,0 | +1,2 | +0,4 | -0,9 | +1,3 | +0,8 | +2,3 | +0,9 | +0,5 | +0,8 | +0,4 |
| 50 cm | +0,6 | +1,2 | +1,2 | +0,8 | -0,1 | +1,4 | +1,1 | +2,1 | +1,3 | +0,8 | +0,9 | +0,7 |
| 100 cm | +0,7 | +1,0 | +0,9 | +0,6 | +0,2 | +0,9 | +0,7 | +1,3 | +1,1 | +0,8 | +0,9 | +0,8 |

4.3. Jadranska poljoprivredna regija

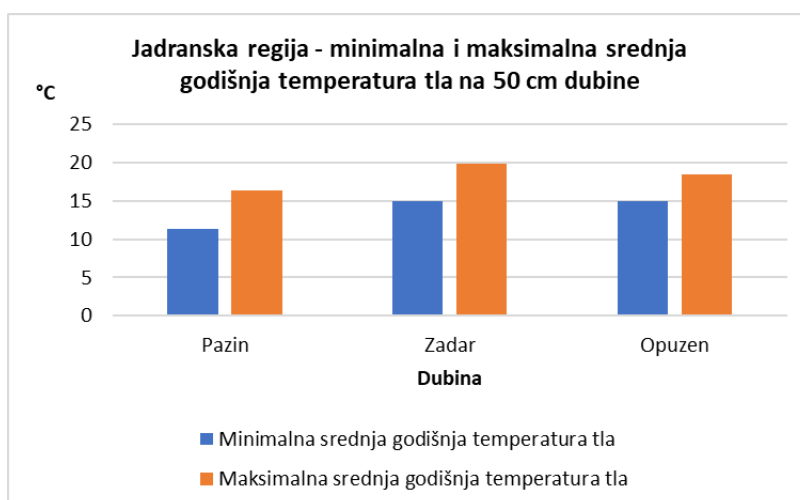
Grafovi 4.3.1., 4.3.2., 4.3.3. i 4.3.4. prikazuju minimalne i maksimalne srednje godišnje temperature tla na različitim dubinama (5 cm, 20 cm, 50 cm i 100 cm) u tri postaje Jadranske poljoprivredne regije Hrvatske: Pazin, Zadar i Opuzen. Ovi grafovi pružaju uvid u to kako različite dubine i klimatski uvjeti u Jadranskoj poljoprivrednoj regiji utječu na temperaturu tla, s vidljivim razlikama među gradovima i smanjenjem temperaturnih oscilacija s povećanjem dubine.



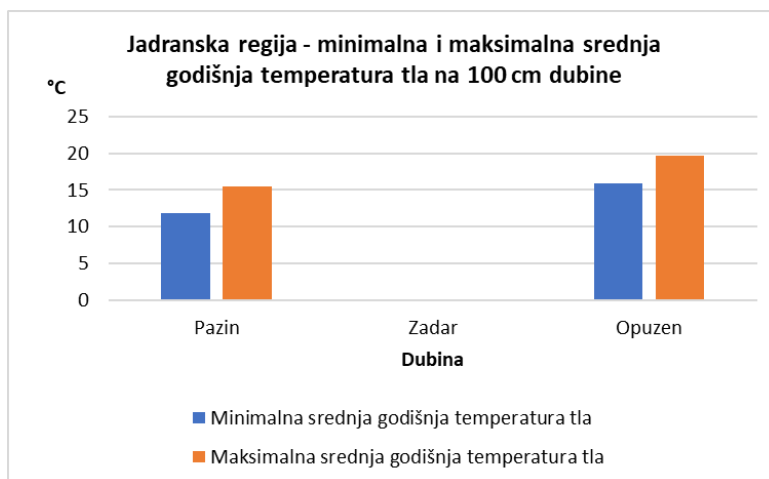
Graf 4.3.1. Minimalna i maksimalna srednja godišnja temperatura tla Jadranske regije na 5 cm dubine



Graf.4.3.2. Minimalna i maksimalna srednja godišnja temperatura tla Jadranske regije na 20 cm dubine



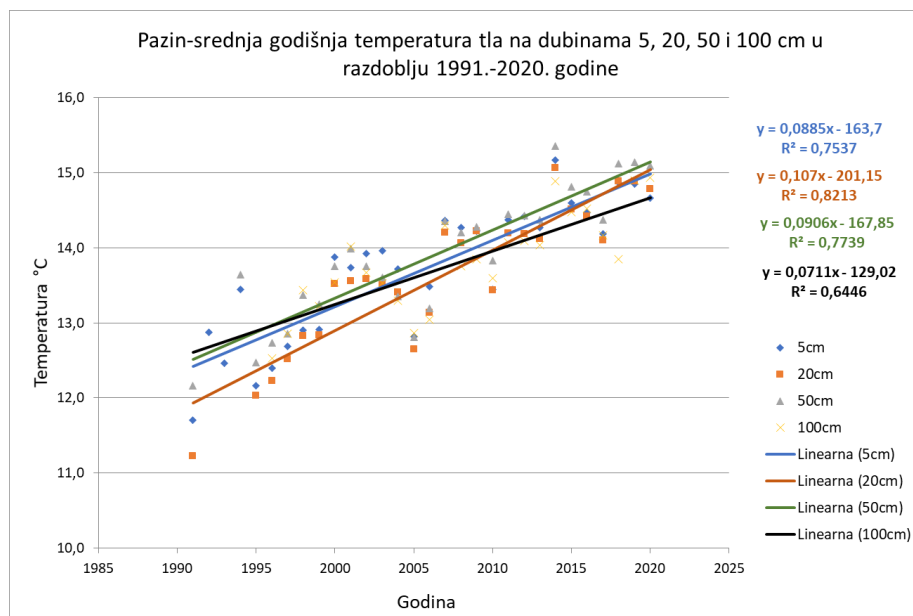
Graf 4.3.3. Minimalna i maksimalna srednja godišnja temperatura tla Jadranske regije na 50 cm dubine



Graf 4.3.4. Minimalna i maksimalna srednja godišnja temperatura tla Jadranske regije na 100 cm dubine

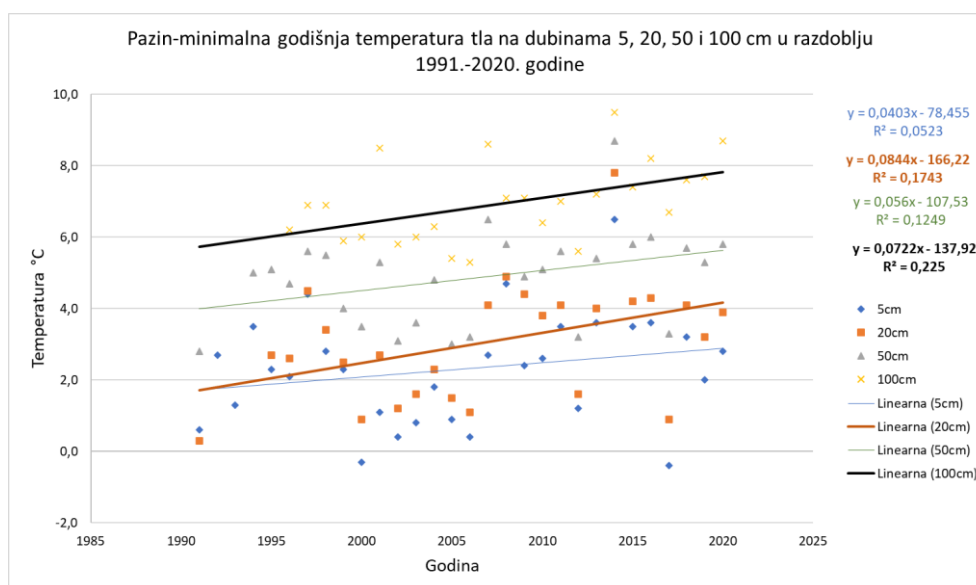
4.3.1. Pazin

Korelacijskom analizom utvrđen je linearni trend promjene srednje godišnje temperature tla na dubini od 5 cm za postaju Pazin. Trend se može očitati iz jednadžbe $y=0,0855x-163,7$. Trend iznosi $0,86^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se srednja godišnja temperatura tla na **dubini 5 cm** povećala za $0,86^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 20 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,107x-201,15$. Trend iznosi $1,07^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se srednja godišnja temperatura tla na **dubini 20 cm** povećala za $1,07^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 50 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,0906x-167,85$. Trend iznosi $0,91^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se srednja godišnja temperatura tla na **dubini 50 cm** povećala za $0,91^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 100 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,0711x-129,02$. Trend iznosi $0,71^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se srednja godišnja temperatura tla na **dubini 100 cm** povećala za $0,71^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Izračunati trendovi statistički su značajni ($p < 0.05$) i prikazani su grafom 4.3.1.1.



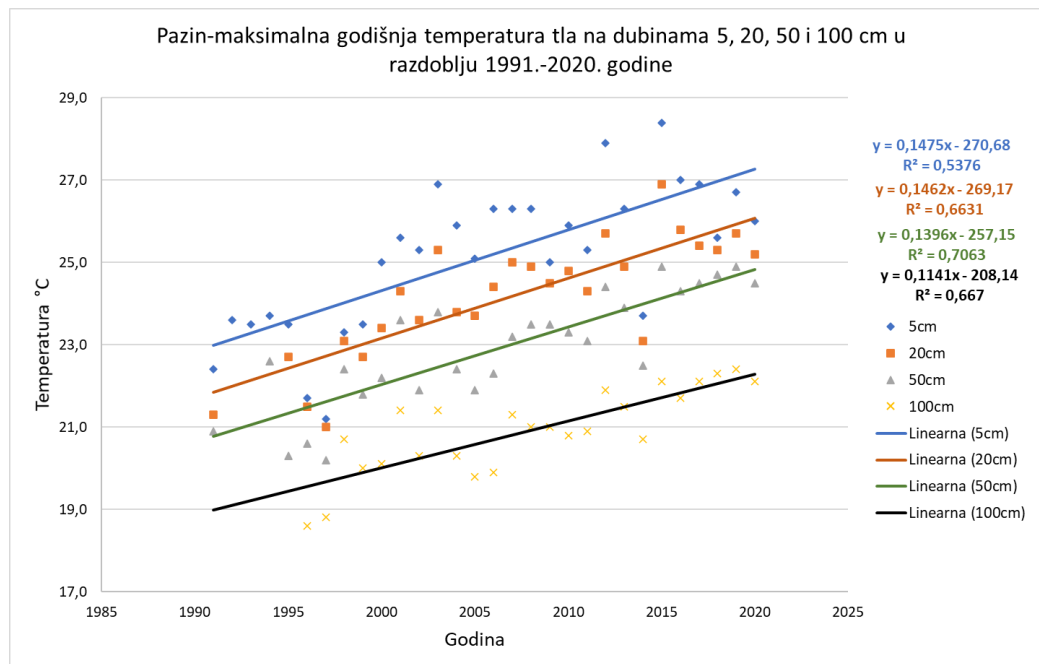
Graf 4.3.1.1. Promjena srednje godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020. godine

Korelacijskom analizom utvrđen je linearni trend promjene minimalne godišnje temperature tla na dubini od 20 cm za postaju Pazin. Na dubini od 20 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,0844x-166,22$. Trend iznosi $0,84^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se minimalna godišnja temperatura tla na **dubini 20 cm** povećala za $0,84^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju minimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 100 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,0722x-137,92$. Trend iznosi $0,72^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se minimalna godišnja temperatura tla na **dubini 100 cm** povećala za $0,72^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju minimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Izračunati trendovi statistički su značajni ($p < 0.05$) i prikazani su grafom 4.3.1.2.



Graf 4.3.1.2. Promjena minimalne godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020. godine

Korelacijskom analizom utvrđen je linearni trend promjene maksimalne godišnje temperature tla na dubini od 5 cm za postaju Pazin. Trend se može očitati iz jednadžbe $y=0,1475x-270,68$. Trend iznosi $1,46^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se maksimalna godišnja temperatura tla na **dubini 5 cm** povećala za $1,46^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju maksimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 20 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,1462x-269,17$. Trend iznosi $1,46^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se maksimalna godišnja temperatura tla na **dubini 20 cm** povećala za $1,46^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju maksimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 50 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,1396x-257,15$. Trend iznosi $1,4^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se maksimalna godišnja temperatura tla na **dubini 50 cm** povećala za $1,4^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju maksimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 100 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,1141x-208,14$. Trend iznosi $1,14^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se maksimalna godišnja temperatura tla na **dubini 100 cm** povećala za $1,14^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju maksimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Izračunati trendovi statistički su značajni ($p < 0.05$) i prikazani su grafom 4.3.1.3.

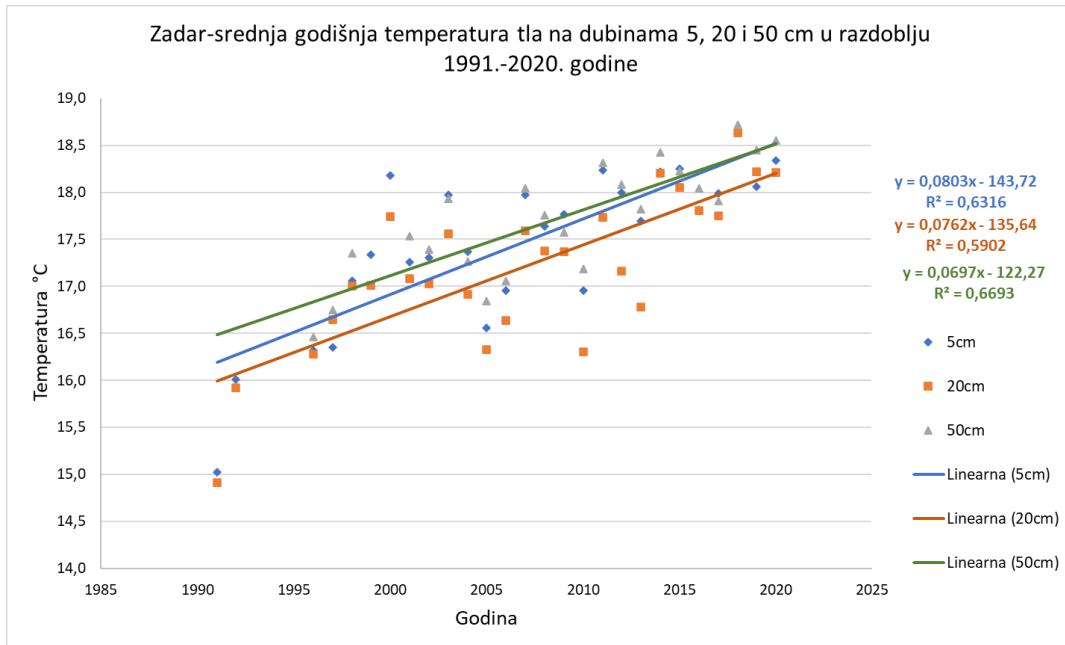


Graf 4.3.1.3. Promjena maksimalne godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020. godine

4.3.2. Zadar

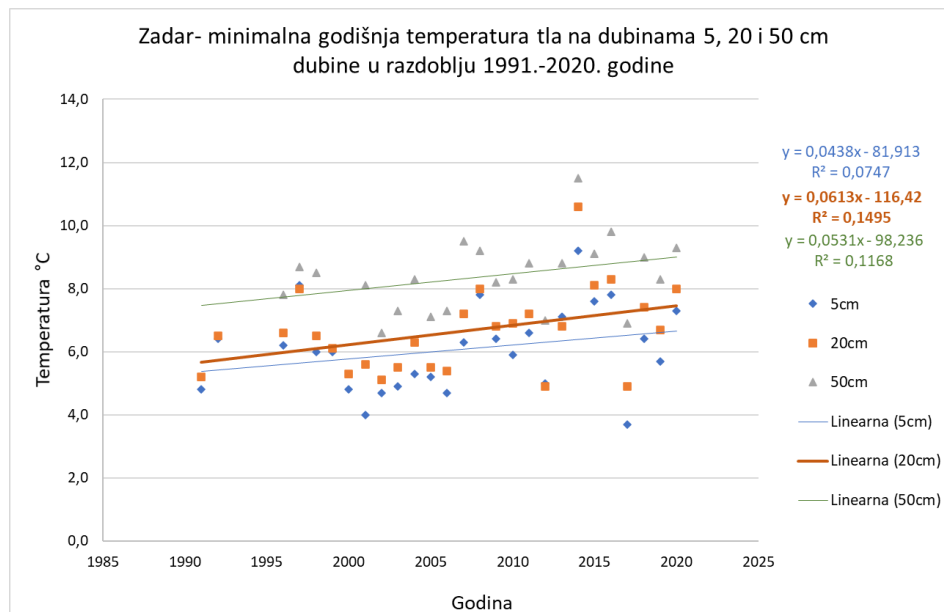
Korelacijskom analizom utvrđen je linearni trend promjene srednje godišnje temperature tla na dubini od 5 cm za postaju Zadar. Trend se može očitati iz jednadžbe $y=0,0803x-143,72$. Trend iznosi $0,80^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se srednja godišnja temperatura tla na **dubini 5 cm** povećala za $0,80^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 20 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,0762x-135,64$. Trend iznosi $0,76^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se srednja godišnja temperatura tla na **dubini 20 cm** povećala za $0,76^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 50 cm se može očitati

trend iz jednadžbe $y=0,0697x-122,27$. Trend iznosi $0,7^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se srednja godišnja temperatura tla na **dubini 50 cm** povećala za $0,7^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Izračunati trendovi statistički su značajni ($p < 0.05$) i prikazani su grafom 4.3.2.1.



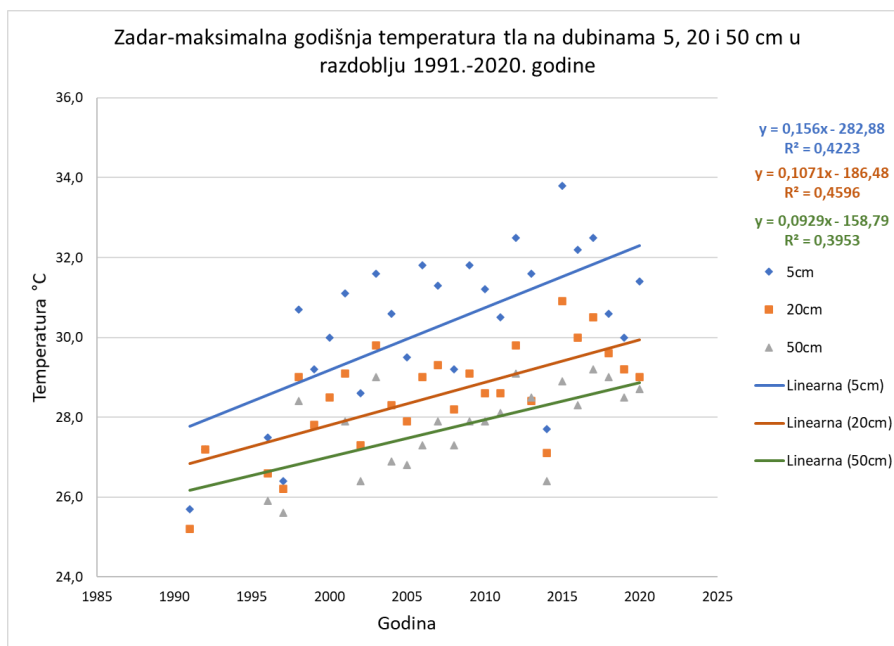
Graf 4.3.2.1. Promjena srednje godišnje temperature tla na dubinama 5, 20 i 50 cm u razdoblju 1991.-2020. godine

Korelacijskom analizom utvrđen je linearni trend promjene minimalne godišnje temperature tla na dubini od 20 cm za postaju Zadar. Trend se može očitati iz jednadžbe $y=0,0613x-116,42$. Trend iznosi $0,61^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se minimalna godišnja temperatura tla na **dubini 20 cm** povećala za $0,61^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju minimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Izračunati trend statistički je značajan ($p < 0.05$) i prikazan je grafom 4.3.2.2.



Graf 4.3.2.2. Promjena minimalne godišnje temperature tla na dubinama 5, 20 i 50 cm u razdoblju 1991.-2020. godine

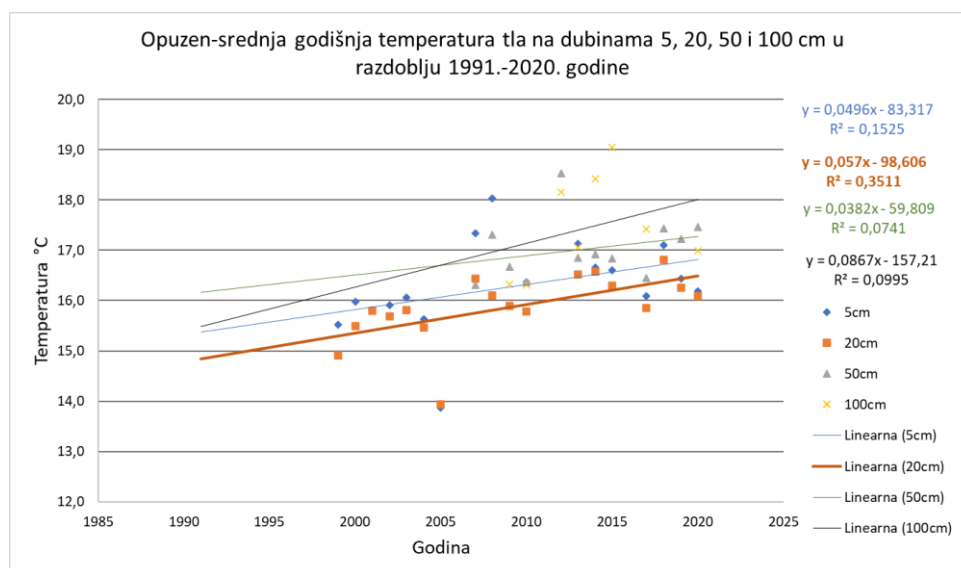
Korelacijskom analizom utvrđen je linearni trend promjene maksimalne godišnje temperature tla na dubini od 5 cm za postaju Zadar. Trend se može očitati iz jednadžbe $y=0,156x-282,88$. Trend iznosi $1,56^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se maksimalna godišnja temperatura tla na **dubini 5 cm** povećala za $1,56^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju maksimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 20 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,1071x-186,48$. Trend iznosi $1,07^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se maksimalna godišnja temperatura tla na **dubini 20 cm** povećala za $1,07^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju maksimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Na dubini od 50 cm se može očitati trend iz jednadžbe $y=0,0929x-158,79$. Trend iznosi $0,93^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se maksimalna godišnja temperatura tla na **dubini 50 cm** povećala za $0,93^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju maksimalnu vrijednost u 30-godišnjem razdoblju. Izračunati trendovi statistički su značajni ($p < 0.05$) i prikazani su grafom 4.3.2.3.



Graf 4.3.2.3. Promjena maksimalne godišnje temperature tla na dubinama 5, 20 i 50 cm u razdoblju 1991.-2020. godine

4.3.3. Opuzen

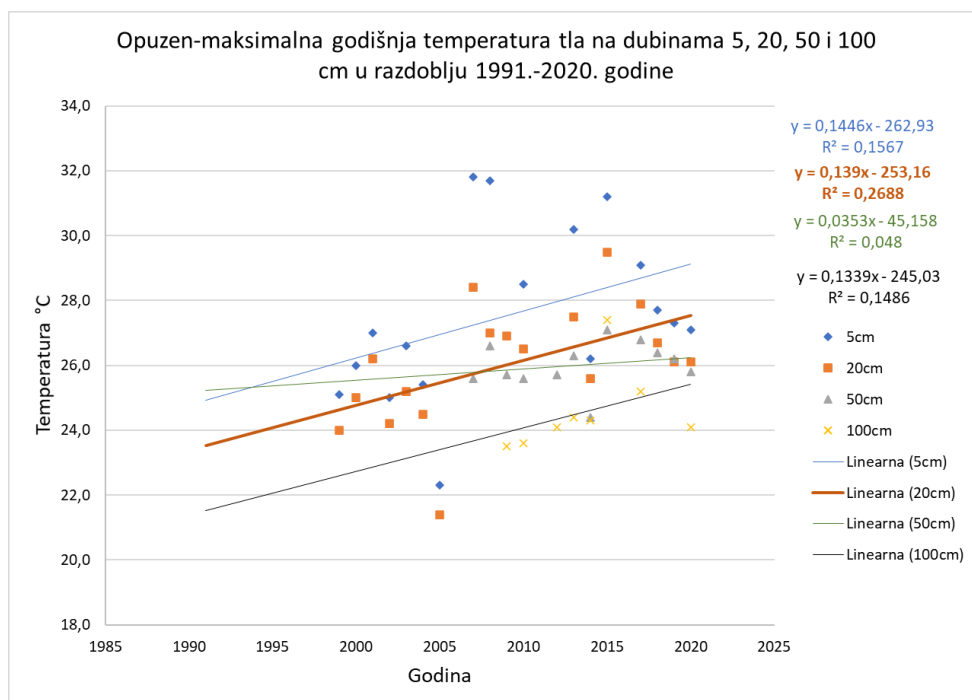
Korelacijskom analizom utvrđen je linearni trend promjene srednje godišnje temperature tla na dubini od 20 cm za postaju Opuzen. Trend se može očitati iz jednadžbe $y=0,057x-98,606$. Trend iznosi $0,57^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se srednja godišnja temperatura tla na **dubini 20 cm** povećala za $0,57^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju vrijednost u razdoblju od 1999. do 2020. godine, pritom nedostaju mjerenja za više godina u tom razdoblju. Izračunati trend statistički je značajan ($p < 0.05$) i prikazan je grafom 4.3.3.1.



Graf 4.3.3.1. Promjena srednje godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020. godine

Za postaju Opuzen je u prilogu 8.6. prikazana promjena minimalne godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1999.-2020. godine, pritom nedostaju mjerenja za više godina u tom razdoblju. Zbog nedostatka podataka za određene godine u navedenom razdoblju nije utvrđen statistički značajan trend promjene za minimalnu godišnju temperaturu tla na 4 dubine za postaju Opuzen.

Korelacijskom analizom utvrđen je linearni trend promjene maksimalne godišnje temperature tla na dubini od 20 cm za postaju Opuzen i trend se može očitati iz jednadžbe $y=0,139x-253,16$. Trend iznosi $1,39^{\circ}\text{C}$ kroz 10 godina, što znači da se maksimalna godišnja temperatura tla na **dubini 20 cm** povećala za $1,39^{\circ}\text{C}$ u odnosu na srednju maksimalnu vrijednost u razdoblju od 1999. do 2020. godine, pritom nedostaju mjerenja za više godina u tom razdoblju. Izračunati trend statistički je značajan ($p < 0.05$) i prikazan je grafom 4.3.3.2.



Graf 4.3.3.2. Promjena maksimalne godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020. godine

4.3.4. Mjesečni trendovi po postajama i dubinama kroz višegodišnje razdoblje

Tablica 4.3.4.1. u nastavku prikazuje mjesečne trendove promjene temperature tla u tri postaje Jadranske poljoprivredne regije Hrvatske (Pazin, Zadar, i Opuzen) na različitim dubinama (5 cm, 20 cm, 50 cm i 100 cm) tijekom razdoblja od 1991. do 2020. godine. Vrijednosti su izražene u stupnjevima Celzijusa ($^{\circ}\text{C}$) na 10 godina. Crvenom bojom označeni su statistički značajni trendovi. Najizraženiji trendovi vidljivi su u proljetnim i ljetnim mjesecima, što ukazuje na značajnije zagrijavanje tla tijekom toplijeg dijela godine. U obzir se mora uzeti

nedostatak podataka te činjenica da sljedeće postaje imaju određeni raspon godina pri izračunu trendova:

- Opuzen na svim dubinama – 1999.-2020. (nepotpuno razdoblje)
- Zadar na 100 cm dubine nema podataka u cijelom razdoblju.

Tablica 4.3.4.1. Mjesečni trendovi promjene temperature tla po postajama Jadranske poljoprivredne regije tijekom višegodišnjeg razdoblja – °C/10 godina (1991.-2020.)

| Pazin | I. | II. | III. | IV. | V. | VI. | VII. | VIII. | IX. | X. | XI. | XII. |
|---------------|-------|------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|
| 5 cm | +0,1 | +1,1 | +0,8 | +1,4 | +0,8 | +1,5 | +1,7 | +1,1 | +0,9 | +0,4 | +0,5 | +0,3 |
| 20 cm | +0,4 | +1,2 | +0,8 | +1,5 | +0,9 | +1,3 | +1,6 | +1,2 | +1,1 | +0,7 | +0,5 | +0,8 |
| 50 cm | +0,1 | +0,8 | +0,7 | +1,2 | +0,9 | +1,3 | +1,6 | +1,2 | +1,0 | +0,5 | +0,4 | +0,6 |
| 100 cm | +0,4 | +0,6 | +0,7 | +0,9 | +0,7 | +0,8 | +1,2 | +1,2 | +1,1 | +0,7 | +0,7 | +0,6 |
| Zadar | | | | | | | | | | | | |
| 5 cm | +0,1 | +0,8 | +0,4 | +1,2 | +0,7 | +1,4 | +1,9 | +1,1 | +0,7 | +0,3 | +0,6 | +0,6 |
| 20 cm | +0,2 | +0,9 | +0,5 | +1,1 | +0,6 | +1,0 | +1,3 | +0,8 | +0,8 | +0,4 | +0,7 | +0,6 |
| 50 cm | +0,2 | +0,9 | +0,3 | +0,9 | +0,5 | +0,9 | +0,9 | +1,0 | +1,2 | +0,3 | +0,8 | +0,6 |
| Opuzen | | | | | | | | | | | | |
| 5 cm | -0,01 | +0,8 | +0,01 | +0,7 | +0,2 | +1,8 | +2,0 | +1,2 | +0,4 | -1,1 | +0,3 | +0,8 |
| 20 cm | -0,1 | +0,8 | +0,3 | +0,7 | +0,4 | +1,9 | +2,0 | +1,2 | +0,6 | -0,6 | +0,3 | +0,6 |
| 50 cm | -0,2 | +0,7 | +1,2 | +0,2 | -0,3 | +0,4 | +0,6 | +0,2 | +0,5 | +0,1 | +1,2 | +1,2 |
| 100 cm | +0,3 | +0,7 | +1,5 | +1,3 | +0,4 | +0,3 | +0,8 | +0,9 | +1,0 | +0,3 | -0,01 | +0,9 |

5. Rasprava

Analiza godišnjeg hoda temperature tla u Hrvatskoj je ukazala na promjene u srednjoj, minimalnoj i maksimalnoj temperaturi tla po dubinama (5, 20, 50 i 100 cm) u razdoblju od 1991. do 2020. godine (s iznimkama za pojedine postaje) na području tri poljoprivredne regije Hrvatske.

Prema Bašiću (2013.) istočni dio Panonske regije karakterizira polusuha kontinentalna klima, suha i vruća ljeta te oštre zime, za razliku od zapadnog dijela s vlažnom klimom, većom količinom oborina i manjim temperaturnim amplitudama. Tipovi tala su aluvijalna tla i černoze. Trendovi rasta srednjih godišnjih, minimalnih godišnjih i maksimalnih godišnjih temperatura tla kroz 10 godina u odnosu na srednje vrijednosti 30-godišnjeg razdoblja po postajama Panonske regije ukazuju na sam prijenos topline u dublje slojeve tla. Osijek, Bjelovar i Varaždin pokazuju najviše poraste temperature tla s trendovima od oko +0,8°C do +1°C po desetljeću. Trendovi rasta temperature tla mogu se povezati sa porastom temperature zraka koja je prikazana u Agroklimatskom atlasu RH 1981.-2020. Povišene temperature tla u proljeće i ljeto mogu ubrzati fenologiju usjeva, potencijalno skraćujući razdoblje rasta i zimskih i proljetnih usjeva (Brady i Weil, 2017.).

Bašić (2013.) također navodi kako Gorsku regiju karakterizira tipična planinska klima s vrlo visokim količinama oborina, od kojih značajnih dio pada u obliku snijega. Karakteristična tla za to područje su kalkokambisol, rendzina, crvenica i crnica na vapnencu, a karakteristična značajka ovog područja je relativno kratko vegetacijsko razdoblje zbog kasnih proljetnih i ranih jesenskih mrazeva. Uz šume i/ili planinske pašnjake kao dominantnu prirodnu vegetaciju ovo geografsko područje predstavlja tipičnu šumsku regiju. Trendovi rasta srednjih godišnjih, minimalnih godišnjih i maksimalnih godišnjih temperatura tla kroz 10 godina u odnosu na srednje vrijednosti 30-godišnjeg razdoblja u Gospiću, koji se nalazi na većoj nadmorskoj visini, pokazuju manji rast temperature, ali je i dalje statistički značajan (proljeće). U odnosu na ostatak Gorske regije, Karlovac pokazuje izraženije stope rasta temperature tla, koje se može povezati sa umjerenijom klimom i nižom nadmorskom visinom u usporedbi sa drugim dijelovima.

Klimatski uvjeti Jadranske poljoprivredne regije pokazuju razliku u smjeru od sjeverozapada prema jugoistoku; prosječna godišnja temperatura zraka postupno raste, kao i količina oborina. Klima je topla, s obiljem Sunčeve svjetlosti, temperature zraka rijetko padaju ispod 0 °C, a ljetni mjeseci (uključujući rujun u Dubrovniku) su vrlo vrući (Bašić, 2013.). Karakteristično tlo je crvenica. U ovoj regiji koja obuhvaća postaje Pazin, Zadar i Opuzen, najveće povećanje temperature tla utvrđeno je u ljetnim mjesecima gdje su zabilježeni statistički trendovi rasta temperature tla koji doseže čak +1,4°C po desetljeću u ljetnim mjesecima. Pri većim dubinama je prisutan rast temperature, no intenzitet se smanjuje.

Odstupanja su ukazala na porast temperature tla na odabranim postajama i mjesecima u Hrvatskoj, što se može očitati u usporedbi mjesečnih trendova po postajama i dubinama kroz navedeno razdoblje kako je prikazano u tablicama 4.1.5.1, 4.2.3.1 i 4.3.4.1, uz nedostatke mjerenja za određene godine. Usporedbom triju regija mogu se uočiti različiti obrasci i

intenziteti promjena. Najveće povećanje temperature tla može se primijetiti u proljetnim i ljetnim mjesecima, osobito na plićim dubinama (5 i 20 cm), dok se intenzitet promjene smanjuje s povećanjem dubine. Proljeće i ljeto su najviše izloženi klimatskim promjenama u svim regijama te su trendovi izravna posljedica intenzivnog zagrijavanja tla tijekom toplijih mjeseci. Jadranska regija pokazuje najizraženije promjene što je povezano sa mediteranskom klimom dok Gorska regija ima umjerenije trendove (zbog veće nadmorske visine). Panonska regija prati trendove rasta temperature tla, posebno u toplijim mjesecima, no u manjem intenzitetu u odnosu na Jadransku regiju. Promjene temperature u tlu izravno utječu na mikrobiološku aktivnost, ciklus hranjivih tvari i emisije ugljika, što doprinosi ubrzanju klimatskih promjena (Lal, 2004.). Više temperature tla dovode do povećanih stopa razgradnje organske tvari, čime se ubrzava kruženje hranjivih tvari i respiracije tla. Ovaj proces oslobađa ugljik pohranjen u tlu natrag u atmosferu, pridonoseći efektu staklenika (Schlesinger i Andrews, 2000).

Potrebno je spomenuti Strategiju prilagodbe klimatskim promjenama u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu koja je prije svega uvedena zbog rastuće prijetnje klimatskih promjena u 21. stoljeću. Strategija govori o utjecaju klimatskih promjena koji ovisi o čitavom nizu parametara i kako će intenzitet utjecaja biti različit ovisno o geografskom položaju, o stupnju razvijenosti i ranjivosti. Prema međunarodnim rezultatima klimatskog modeliranja Sredozemna regija je prepoznata kao klimatski "vruća točka" te je već dosegnut prosječni porast od 1,5 °C s posebno izraženim utjecajima klimatskih promjena (ekstremni vremenski događaji, širenje sušnih područja, porast razine mora). Sve je više dokaza da je Republika Hrvatska pod utjecajima klimatskih promjena, a s obzirom da velikim dijelom spada u Sredozemnu regiju, on će rasti te se ranjivost na klimatske promjene ocjenjuje kao velika. Klimatske promjene snažno utječu na okoliš te potenciraju postojeće okolišne probleme poput pada bioraznolikosti i slabljenja usluga koje ekosustavi pružaju (Strategija prilagodbe klimatskim promjenama u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu, 2020.).

Strategija prilagodbe postavlja viziju: Republika Hrvatska otporna na klimatske promjene. Da bi se to postiglo postavljeni su ciljevi: (a) smanjiti ranjivost prirodnih sustava i društva na negativne utjecaje klimatskih promjena, (b) povećati sposobnost oporavka nakon učinaka klimatskih promjena i (c) iskoristiti potencijalne pozitivne učinke, koji također mogu biti posljedica klimatskih promjena (Strategija prilagodbe klimatskim promjenama u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu, 2020.).

Uočeno je da klimatske promjene već utječu na fenološke faze voćnih i povrtnih kultura, posebno u području Slavonije i Dalmacije, te se mijenja vegetacijsko razdoblje ratarskih kultura s naglaskom na žitarice i uljarice, niži je prinos svih kultura i veća potreba za vodom. U sektoru poljoprivrede klimatske promjene će imati i neke pozitivne učinke poput omogućavanja uzgoja novih kultura i sorti na područjima kojima to do sada nije bilo moguće (Strategija prilagodbe klimatskim promjenama u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu, 2020.).

Glavni očekivani utjecaji klimatskih promjena koji uzrokuju visoku ranjivost u sektoru poljoprivrede jesu: promjena vegetacijskog razdoblja ratarskih kultura s naglaskom na žitarice i uljarice (npr. kukuruz, šećerna repa, soja itd.); niži prinosi svih kultura i veća potreba za vodom; duži vegetacijski period omogućit će uzgoj nekih novih sorti i hibrida; dok će učestalije poplave i stagnacija površinske vode smanjiti ili posve uništiti prinose. Prema nekim predviđanjima poljoprivreda je sektor koji će pretrpjeti najveće štete od posljedica klimatskih promjena. Očekuje se da će se zbog klimatskih promjena do 2050. godine prinos trenutnih poljoprivrednih kultura u Republici Hrvatskoj smanjiti za 3 - 8 % (Strategija prilagodbe klimatskim promjenama u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu, 2020.). Prikaz utjecaja i izazova prilagodbe klimatskim promjenama u području poljoprivrede prikazani su tablicom 5.1.

Tablica 5.1. Prikaz utjecaja i izazova prilagodbe klimatskim promjenama u području poljoprivrede

| Utjecaji i izazovi koji uzrokuju visoku ranjivost | Mogući odgovori na smanjenje visoke ranjivosti |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • promjena trajanja/duljine vegetacijskog razdoblja poljoprivrednih kultura i niži prinosi • veća potreba za vodom za navodnjavanje zbog učestalih suša • duži vegetacijski period omogućit će uzgoj nekih novih sorti i hibrida • učestalije poplave i stagnacija površinske vode - koje će smanjiti ili posve uništiti prinose • smanjenje prirasta, kvalitete animalnih proizvoda i poremećaji u reprodukciji, pojava novih bolesti | <ul style="list-style-type: none"> • jačanje kapaciteta za razumijevanje i primjenu mjera prilagodbe klimatskim promjenama • povećanje prihvatnog kapaciteta tla za vodu na poljoprivrednom zemljištu • konzervacijska obrada tla i ostali načini reducirane obrade tla • izbor pasmina životinja koje su otpornije na klimatske promjene, • uzgoj sorti, hibrida i pasmina otpornijih na klimatske promjene • navodnjavanje poljoprivrednog zemljišta • gradnja vodnih akumulacija • primjena bioinženjerskih antierozivnih mjera • obnova i/ili izgradnja drenažnih sustava • razvoj sustava za upozorenje na sušu |

Izvor: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2020_04_46_921.html

Sve dulja i češća sušna razdoblja, olujni vjetar, poplave, tuča, požari, kao i sve veća ugroženost poljoprivrednih kultura od toplinskog stresa tijekom posljednjih desetljeća, posebice u Dalmaciji, jasan su signal, prije svega voćarima, maslinarima i vinogradarima, da počnu s provedbom mjera prilagodbe klimatskim promjenama. Suša u ljetnim mjesecima bila je u razdoblju od 1980. – 2014. godine najveći pojedinačni uzrok šteta koje hrvatskoj

poljoprivredi nanosi klimatska varijabilnost, dok je u razdoblju od 2013. – 2016. godine prouzrokovala štetu od ukupno 3 milijarde kuna, što je jednako 43 % izravnih potpora isplaćenih za poljoprivredu u istom razdoblju (Strategija prilagodbe klimatskim promjenama u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu, 2020.).

Bez pojačanih ulaganja neće se moći postići zadovoljavajući postotak površina pod navodnjavanjem i proizvodnjom u zatvorenom, kao ni značajnije podići razinu organske tvari u tlu što će, u odnosu na postojeće stanje, rezultirati smanjenjem poljoprivredne proizvodnje (Strategija prilagodbe klimatskim promjenama u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu, 2020.).

Određeni su pokazatelji učinaka provedenih mjera prilagodbe koje trebaju pokazati jesu li poduzete mjere doprinijele smanjenju ranjivosti na klimatske promjene. Prijedlozi mogućih pokazatelja za granu poljoprivrede su: povećanje poljoprivredne proizvodnje uslijed navodnjavanja, povećavanje poljoprivrednih površina pod navodnjavanjem, postotak poljoprivrednog zemljišta zasijanog kulturama i sortama otpornima na klimatske promjene, masa (u tisućama tona) erodiranog poljoprivrednog tla, površina poljoprivrednog zemljišta s funkcionalnim drenažnim sustavom, količina (u tisućama tona) kubičnih metara vode za navodnjavanje uštedena uslijed poboljšanih metoda poljoprivredne proizvodnje, površina poljoprivrednog zemljišta na kojoj se provode preventivne aktivnosti, površina poljoprivrednog zemljišta sanirane od elementarnih nepogoda, površina poljoprivrednog zemljišta na kojoj se provode konzervacijska obrada ili ostali načini reducirane obrade tla, osigurana dostatna količina kvalitetnih poljoprivrednih proizvoda uslijed učinkovite zaštite poljoprivrednih kultura od štetnih organizama (Strategija prilagodbe klimatskim promjenama u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu, 2020.).

6. Zaključak

Temperatura tla je ključna komponenta agroklimatskog sustava, ona izravno utječe na fiziološke procese biljaka, aktivnost mikroorganizama i kruženje hranjivih tvari. Zbog utjecaja promjena atmosfere, u plitkim slojevima promjene temperature tla su brže. Toplina se prenosi sporije na većim dubinama tla, no dugotrajni utjecaji i promjene u površinskim slojevima utječu i na dublje slojeve kroz duže vremensko razdoblje. Promjene temperature tla utječu na poljoprivredne kulture, posebno na fenološke faze.

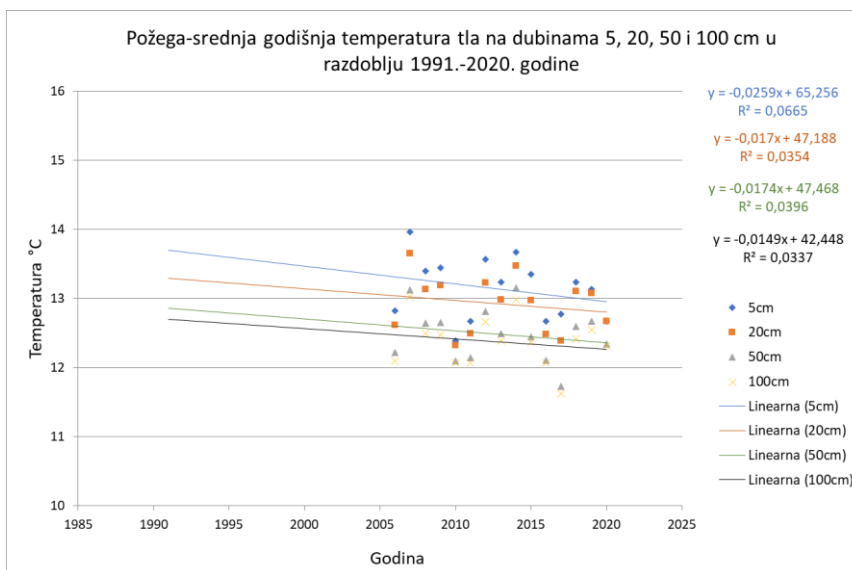
Rezultati ove analize doprinose studijama o određivanju trendova temperature tla u zapadnim dijelovima jugoistočne Europe, posebno u određivanju trendova ekstremnih temperatura tla. Sveukupni rezultati pokazuju porast temperature u režimu temperature tla u Hrvatskoj. Povećanje temperature tla u sve tri regije Hrvatske tijekom razdoblja od 1991. do 2020. godine ima značajne ekološke i poljoprivredne implikacije. Usporedbom s klimatskim uvjetima prikazanim u Agroklimatskom atlasu za razdoblje 1981.-2020., može se zaključiti da promjene temperature tla prate slične trendove porasta temperature zraka, čime se potvrđuje povezanost klimatskih promjena i promjena u toplinskom režimu tla u Hrvatskoj. Proljetni i ljetni mjeseci su najviše pod utjecajem klimatskih promjena te izravno mogu utjecati na fenološke faze biljaka, emisiju CO₂ iz tla, mikrobiološku aktivnost, kruženje hranjivih tvari. Više temperature tla utječu na rast i razvoj biljaka, posebno na usvajanje vode i hranjivih tvari. Zbog toga će biti potrebno prilagoditi poljoprivredne prakse, uključujući povećanje navodnjavanja i promjene u izboru kultura.

7. Literatura

1. Bašić F. (2013). The Soils of Croatia. Springer. University of Zagreb. Zagreb
2. Bonan G. (2002). Ecological climatology: concepts and applications. Cambridge university press. Cambridge
3. Brady C.N., Weil R.R. (2017). The nature and properties of soil. Pearson Education. University of Maryland
4. Derežić D., Vučetić V. (2011). Tendencija povećanja srednje temperature tla u Hrvatskoj. Hrvatski meteorološki časopis. [online] 46: 85-96 <https://hrcak.srce.hr/file/129449> (pristupljeno 17. travnja 2024.)
5. DHMZ. Državni hidrometeorološki zavod. https://meteo.hr/klima.php?section=klima_hrvatska¶m=k1 (pristupljeno 14. srpnja 2024.)
6. DHMZ. Državni hidrometeorološki zavod. https://meteo.hr/podaci.php?section=podaci_agro¶m=agro_tz&el=saznajte_vis_e (pristupljeno 14. srpnja 2024.)
7. Kaučić D. (1989). Karakteristike temperature tla u Hrvatskoj. Republički hidrometeorološki zavod SR Hrvatska – Zagreb. [online] Rasprave 24: 65-71 <https://hrcak.srce.hr/file/103291> (pristupljeno 17. travnja 2024.)
8. Lal R. (2004). Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. Science [online] 304(5677):1623-7 https://www.researchgate.net/publication/8515631_Soil_Carbon_Sequestration_Impacts_on_Global_Climate_Change_and_Food_Security (pristupljeno 19. rujna 2024.)
9. Mavi H.S., Tupper G.J. (2004). Agrometeorology: principles and applications of climate studies in agriculture. Food Products Press. New York
10. Penzar I., Penzar B. (2000). Agrometeorologija. Školska knjiga. Zagreb
11. Schlesinger W. i Andrews J. (2000). Soil respiration and the global carbon cycle. Biogeochemistry[online]48(1):7-20 https://www.researchgate.net/publication/304425234_Soil_respiration_and_the_global_carbon_cycle (pristupljeno 15. rujna 2024.)
12. Seemann J., Chirkov Y.I., Lomas J., Primault B. (1979). Agrometeorology. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Germany
13. Strategija prilagodbe klimatskim promjenama u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu (2020). Narodne novine 46/2020. [online] https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2020_04_46_921.html (pristupljeno 10. rujna 2024.)
14. Sviličić P., Vučetić V., Smolić A. (2015). Soil temperature regime and vulnerability due to extreme soil temperatures in Croatia. Theoretical and Applied Climatology.[online]126:1-2 https://www.researchgate.net/publication/280944591_Soil_temperature_regime_a

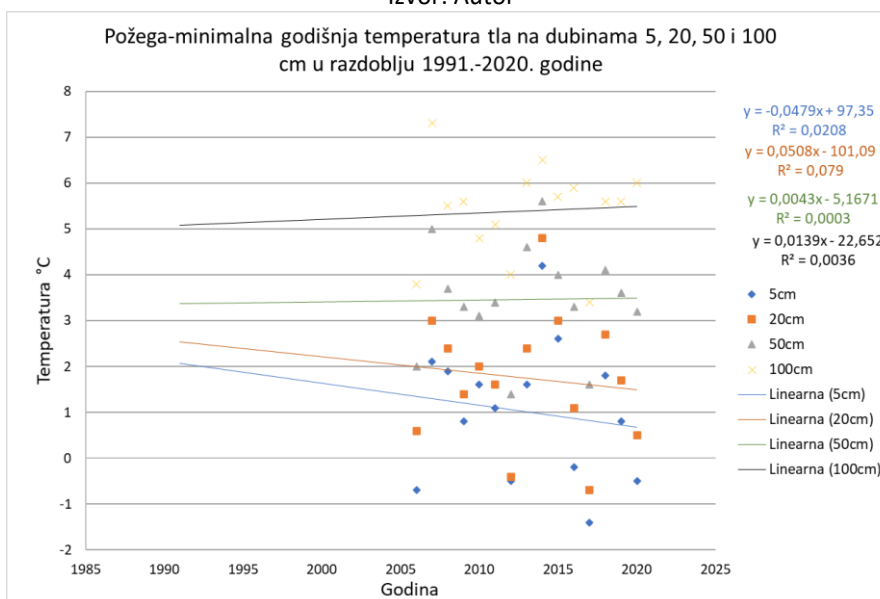
- [nd vulnerability due to extreme soil temperatures in Croatia](#) (pristupljeno 26. svibnja 2024.)
15. Vučetić V., Anić M. (2021). Agroklimatski atlas Hrvatske u razdobljima 1981.-2010. i 1991.-2020. DHMZ [online] https://klima.hr/razno/publikacije/agroklimatski_atlas_RH_1981_2020.pdf (pristupljeno 10. lipnja 2024.)
 16. Vukadinović V., Jug I., Đurđević B. (2014). Ekofiziologija bilja. Poljoprivredni fakultet Osijek. Osijek
 17. Yang X., Reynolds D., Drury C.F. (2021). Cover crop effects on soil temperature in a clay loam soil in southwestern Ontario. Canadian Journal of Soil Science. [online] 1010(4):1-10
https://www.researchgate.net/publication/354951417_Cover_crop_effects_on_soil_temperature_in_a_clay_loam_soil_in_southwestern_Ontario (pristupljeno 17. travnja 2024.)
 18. Zaninović K., Gajić-Čapka M., Perčec Tadić M., Vučetić M., Milković J., Bajić A., Cindrić K., Cvitan L., Katušin Z., Kaučić D., Likso T., Lončar E., Lončar Ž., Mihajlović D., Pandžić K., Patarčić M., Srnec L., Vučetić V. (2008). Klimatski atlas Hrvatske 1961.-1990. i 1971.-2000. DHMZ [online] https://klima.hr/razno/publikacije/klimatski_atlas_hrvatske.pdf (pristupljeno 10. lipnja 2024.)

8. Prilozi



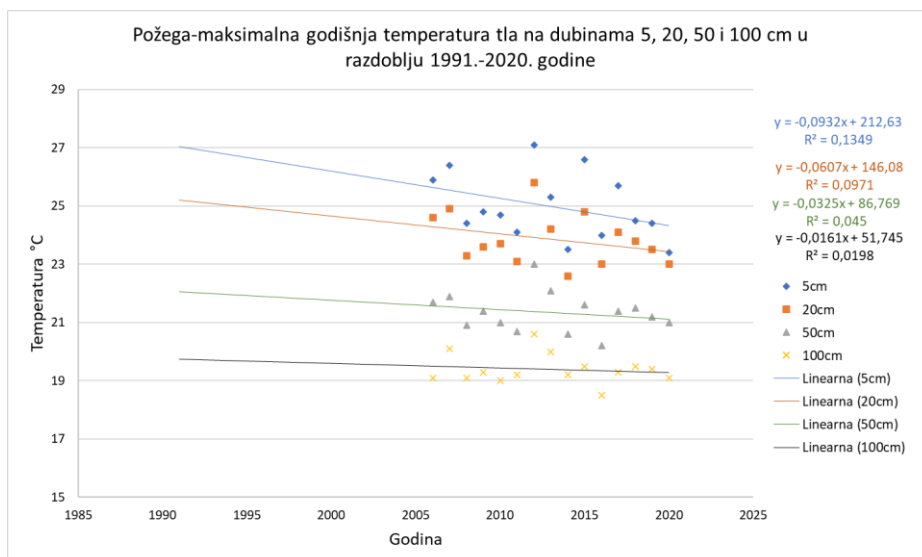
Prilog 8.1. Promjena srednje godišnje temperature tla na dubinama 5,20, 50 i 100 cm dubine u razdoblju 1991.-2020. godine

Izvor: Autor



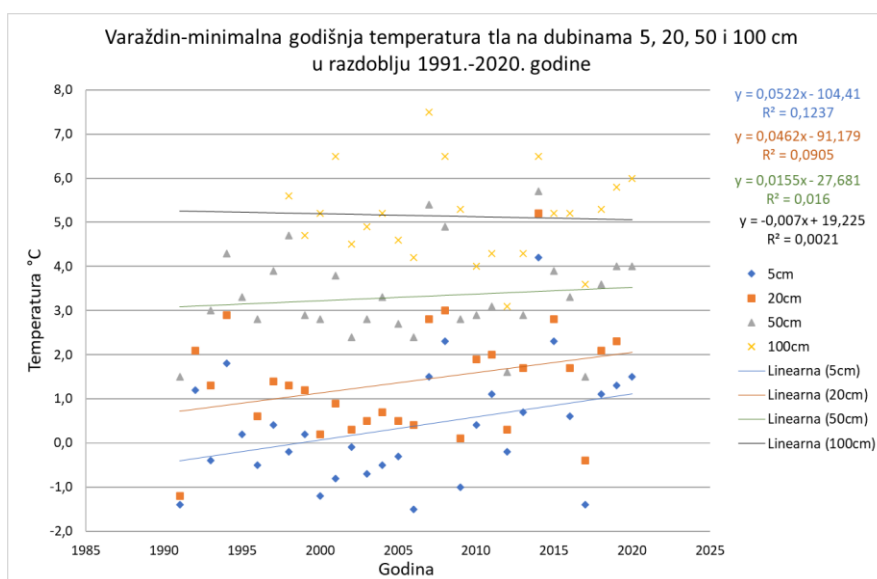
Prilog 8.2. Promjena minimalne godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020.

Izvor: Autor



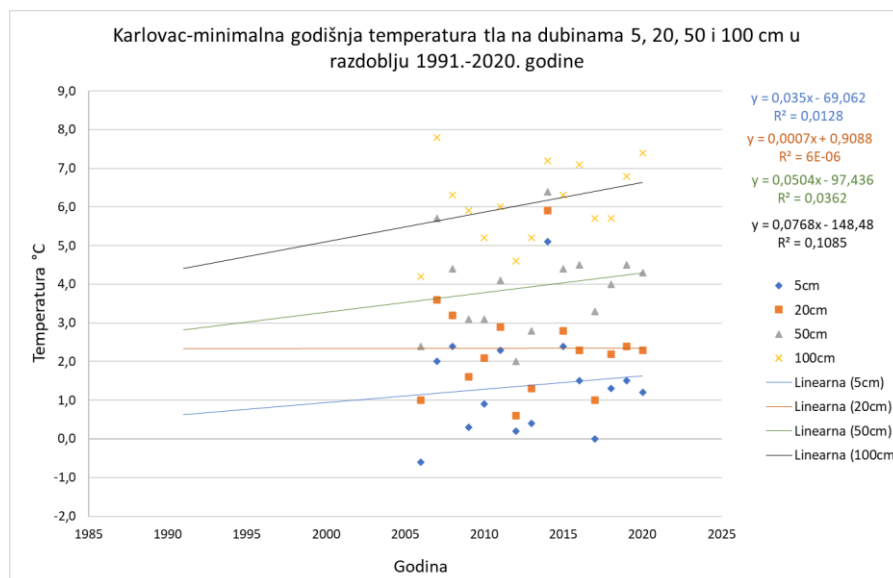
Prilog 8.3. Promjena maksimalne godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020.

Izvor: Autor



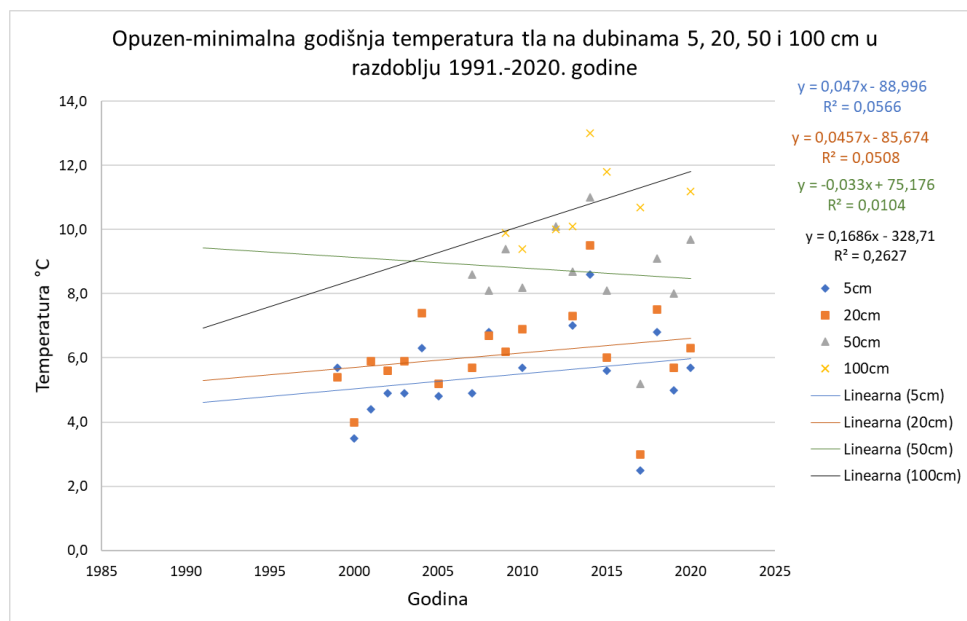
Prilog 8.4. Promjena minimalne godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020.

Izvor: Autor



Prilog 8.5. Promjena minimalne godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020.

Izvor: Autor



Graf 8.6. Promjena minimalne godišnje temperature tla na dubinama 5, 20, 50 i 100 cm u razdoblju 1991.-2020.

Izvor: Autor

Životopis

Andrea Jozinović rođena je 3. srpnja 1999. godine u Landshutu, u Njemačkoj gdje je živjela do svoje 4. godine života s roditeljima Viktorom i Suzanom Jozinović te bratom Dominikom Jozinovićem. Nakon toga se preselila u Hrvatsku, u Zagreb gdje je završila Osnovnu školu Granešina. Zatim je upisala Zdravstveno učilište Zagreb gdje je završila četverogodišnju srednju školu za zdravstveno-laboratorijskog tehničara. Nakon srednje škole upisuje i završava Sveučilište Sjever u Koprivnici smjer Prehrambena tehnologija te diplomski studij Agroekologije na Agronomskom fakultetu u Zagrebu.