

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Mateja KOPAR

**ČASOVNE IN PROSTORSKE ZNAČILNOSTI
TEMPERATURE TAL V SLOVENIJI**

MAGISTRSKO DELO

Magistrski študij - 2. stopnja

Ljubljana, 2015

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Mateja KOPAR

**ČASOVNE IN PROSTORSKE ZNAČILNOSTI
TEMPERATURE TAL V SLOVENIJI**

MAGISTRSKO DELO
Magistrski študij - 2. stopnja

**TEMPORAL AND SPATIAL CHARACTERISTICS OF SOIL
TEMPERATURE IN SLOVENIA**

M. SC. THESIS
Master Study Programmes

Ljubljana, 2015

Magistrsko delo je zaključek Magistrskega študijskega programa 2. stopnje agronomije. Delo je bilo opravljeno na Katedri za agrometeorologijo, urejanje kmetijskega prostora ter ekonomiko in razvoj podeželja Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja magistrskega dela imenovala prof. dr. Lučko KAJFEŽ BOGATAJ.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Gregor OSTERC
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Članica: prof. dr. Lučka KAJFEŽ-BOGATAJ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Članica: doc. dr. Zalika ČREPINŠEK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora: 2. 10. 2015

Podpisana izjavljam, da je naloga rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Du2
DK	UDK 631.436.551.525(043.2)
KG	temperatura tal/agroklimatologija/klimatske spremembe
AV	KOPAR, Mateja
SA	KAJFEŽ BOGATAJ, Lučka (mentorica)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI	2015
IN	ČASOVNE IN PROSTORSKE ZNAČILNOSTI TEMPERATURE TAL V SLOVENIJI
TD	Magistrsko delo (Magistrski študij - 2. stopnja)
OP	XIII, 79 str., 21 pregl., 75 sl., 5 pril., 35 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	Temperatura tal je v raziskavah o klimatskih spremembah ter analizah, ki obravnavajo predvsem trende višanja temperatur zraka, nekoliko prezrta spremenljivka. Vendar je v kmetijstvu ter še v marsikateri panogi zelo pomembna. Od temperature tal je odvisna kalitev ter nadaljnji fiziološki razvoj rastlin, uspešnost tehnoloških ukrepov ter s tem tudi ekonomičnost v rastlinski pridelavi. V magistrskem delu si za glavno nalogo zadamo raziskati in analizirati temperaturo tal na štirih meteoroloških postajah; Ljubljana, Novo mesto, Murska Sobota ter Lesce v obdobju 1980-2014. Pogled osredotočimo na obravnavo časovnih vrst temperature tal v okviru splošnega segrevanja ozračja. Zanima nas hitrost in način rasti v odvisnosti od globine (10 cm, 20 cm in 100 cm) in letnih hodov. Letni hodi povprečne temperature tal za vse kraje in globine imajo sinusno obliko. Na globini 10 in 20 cm je večje nihanje temperatur kot v globini, amplituda nihanja z globino pada. Temperatura tal z globino časovno zaostaja (fazni zamik). Ugotovili smo, da je v vseh krajih in globinah statistično značilen trend naraščanja letne temperature tal (med 0,52 in 0,84 °C/ 10 let). Trendi so različni po globinah, krajih ter letnih časih in polletjih. Značilni so višji trendi naraščanja temperature tal v toplejšem delu leta (poleti ter spomladi) kot v hladnejši polovici leta.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Du2
DC UDC 631.436.551.525(043.2)
CX soil temperature/agriclimatology/climate change
AU KOPAR, Mateja
AA KAJFEŽ BOGATAJ, Lučka (supervisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
PY 2015
TY TEMPORAL AND SPATIAL CHARACTERISTICS OF SOIL TEMPERATURE
IN SLOVENIA
DT M. Sc. Thesis (Master Study Programmes)
NO XIII, 79 p., 21 tab., 75 fig., 5 ann., 35 ref.
LA sl
Al sl/en
AB Temperature of soil is very important in agriculture and many other areas. But it is often overlooked variable in modern researches. Germination, physiological development of the plants, the effectiveness of technological measures and economy of plant production are dependent on soil temperature. In master's thesis, soil temperature of four different meteorological stations (Ljubljana, Murska Sobota and Lesce) in the period between 1980 and 2014 is analyzed. We focus on the time series of soil temperature, as a function of the overall global warming. We are interested in the speed and the method of plant growth as a function of depth (10 cm, 20 cm and 100 cm), and the annual variation in soil temperature. Annual variation of the average soil temperature for all meteorological stations and depth of soil have a sinusoidal shape. Temperature of soil has time lag with depth (phase shift). We realized, that in all considered locations and depths, soil temperature is rising annually (between 0,52 and 0,84 °C per 10 years). Trends vary depending on the depth, meteorological stations, seasons and semesters. As expected, trends of temperature rising are higher in the warmer part of the year (summer and spring) than in the colder part of the year.

KAZALO VSEBINE

	Str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG	XII
1 UVOD	1
1.1 VZROK ZA RAZISKAVO	1
1.2 NAMEN RAZISKAVE	1
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 PODNEBNA SPREMENLJIVOST	5
2.1.1 Sprememba na globalni ravni	5
2.1.2 Spremembe v Sloveniji	6
2.2 TLA	8
2.2.1 Temperatura tal	10
2.2.1.1 Relief	10
2.2.1.2 Vegetacija	11
2.2.1.2 Toplotna izhlapevanja	12
2.2.1.3 Zamrzovanje tal	12
2.2.2 Toplotne lastnosti tal	13
2.2.2.1 Specifična toplota tal	13
2.2.2.2 Toplotna prevodnost tal	13
2.2.3 Temperaturna nihanja v tleh	14
2.2.3.1 Sezonska nihanja	14
2.2.3.2 Dnevna nihanja	15
2.2.4 Kako lahko vplivamo na temperaturo tal	16
2.2.5 Vpliv klimatskih sprememb na tla	17
2.3 RASTLINSKI PROCESI	17
2.3.1 Kalitev	18
2.3.2 Korenine	20
2.3.3 Pridelek	21
2.3.4 Mikrobiološki procesi	21
2.4 TERMODINAMIKA ATMOSFERE	22
2.4.1 Energijska bilanca tal	24
2.4.1.1 Konvekcija	25
2.4.1.2 Kondukcija	26
3 MATERIAL IN METODE	28
3.1 ARHIV PODATKOV	28
3.2 MERITVE TEMPERATURE TAL	29
3.3 STATISTIČNE OBDELAVE	30
3.4 METEOROLOŠKE POSTAJE	31
3.4.1 Ljubljana Bežigrad	32
3.4.2 Novo mesto	34

3.4.3 Murska Sobota	36
3.4.4 Lesce	38
4 REZULTATI Z RAZPRAVO	40
4.1 MINIMALNE IN MAKSIMALNE VREDNOSTI	40
4.2 LETNI HOD TEMPERATURE	42
4.2.1 Povprečne letne temperature tal po krajih	46
4.2.2 Povprečne letne temperature tal po globinah	51
4.2.3 Trendi povprečnih letnih temperatur tal	53
4.3 POLLETJA	54
4.3.1 Hladna polovica leta	54
4.3.2 Topla polovica leta	57
4.3.3 Topla in hladna polovica leta	59
4.4 LETNI ČASI	60
4.4.1 Pomlad	61
4.4.2 Poletje	63
4.4.3 Jesen	65
4.4.4 Zima	67
4.4.5 Primerjava letnih časov	69
5 SKLEPI	73
6 POVZETEK	76
7 VIRI	77

ZAHVALA

PRILOGE

KAZALO PREGLEDNIC

	Str.
Preglednica 1: Toplotna prevodnost tal (Ćirić, 1984).	14
Preglednica 2: Hitrost kaljenja vrtnin v odvisnosti od temperature tal (Mandelj, 2006).	20
Preglednica 3: Čas in globina setve poljščin (Mandelj, 2006).	20
Preglednica 4: Albedo nekaterih naravnih površin (Kajfež-Bogataj, 2011).	24
Preglednica 5: Podatki o meteoroloških postajah (nadmorska višina, geografska širina ter dolžna in tip tal) (ARSO, 2015).	31
Preglednica 6: Opis pedoloških kartografskih enot za Ljubljano (ARSO, 2015).	33
Preglednica 7: Opis pedoloških kartografskih enot za Novo mesto (ARSO, 2015).	35
Preglednica 8: Opis pedoloških kartografskih enot za Mursko Soboto (ARSO, 2015).	37
Preglednica 9: Opis pedoloških kartografskih enot za Lesce (ARSO, 2015).	39
Preglednica 10: Povprečne dolgoletne temperature tal (obdobje 1980-2014) po globinah in krajih s pripadajočim standardnim odklonom (STDEV) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	40
Preglednica 11: Minimalne letne, mesečne in dnevne povprečne vrednosti temperature tal po globinah in krajih za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	41
Preglednica 12: Maksimalne letne, mesečne in dnevne povprečne vrednosti temperature tal po globinah in krajih za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	41
Preglednica 13: Povprečne mesečne temperature tal po krajih na globini 10 cm (najvišje povprečne mesečne temperature so označene s krepkim tiskom) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	44
Preglednica 14: Povprečne mesečne temperature tal po krajih na globini 20 cm (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	44
Preglednica 15: Povprečne mesečne temperature tal po krajih na globini 100 cm (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	45
Preglednica 16: Trend dviganja povprečne letne temperature tal po globinah in krajih za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	53
Preglednica 17: Povprečna temperatura tal, minimum, maksimum ter trend za hladno polovico leta (od oktobra do marca) za vse globine (10, 20 in 100 cm) ter kraje (Ljubljana, Novo mesto, Murska Sobota, Lesce) za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	54
Preglednica 18: Povprečna temperatura tal, minimum, maksimum ter trend za toplo polovico leta (od aprila do septembra) za vse globine (10, 20 in 100 cm) ter kraje (Ljubljana, Novo mesto, Murska Sobota, Lesce) za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	57
Preglednica 19: Trendi naraščanja temperature tal po globinah ter krajih v °C/10 let (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	60
Preglednica 20: Povprečne dolgoletne temperature tal letnih časov po globinah (10, 20 in 100 cm) in krajih za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	60
Preglednica 21: Trendi naraščanja temperature tal po letnih časih (pomlad, poletje, jesen, zima), krajih (Ljubljana, Novo mesto, Murska Sobota, Lesce) in globinah (10 cm, 20 cm, 100 cm) za obdobje 1980-2014 (trendi, ki so označeni s krepkim, niso statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	69

KAZALO SLIK

	Str.
Slika 1: Spremembe padavinskega režima in temperaturnih razmer v zadnjem stoletju se kažejo v povečani sušnosti, še zlasti v Sredozemlju (Kajfež-Bogataj, 2008).	6
Slika 2: Karta časovnega trenda letne povprečne temperature zraka v Sloveniji v obdobju 1961-2011 na homogeniziranih podatkih (Vertačnik in sod., 2013).	7
Slika 3: Odklon povprečne temperature zraka v zimi 2014/2015 od povprečja 1961-1990 (ARSO, 2015).	7
Slika 4: Odklon povprečne temperature zraka ter povprečne količine padavin v poletju 2015 od povprečja 1961-1990 (ARSO, 2015).	8
Slika 5: Število organizmov v tleh v primerjavi s številom ljudi na Zemlji (Leštan, 2001).	9
Slika 6: Talni profil oz. prerez (levo) ter shematski prikaz deležev sestave tal (desno) (Leštan, 2001).	10
Slika 7: Tipični profil neto sevanja, hitrosti vetra, temperature in vlažnosti zraka v rastlinskem pokrovu in nad njim (Osnovne ..., 2015).	11
Slika 8: Spreminjanje temperature tal z globino v posameznih mesecih (prirejeno po Brady, 2002).	15
Slika 9: Izsušeni travnik Šmartno pri Slovenj Gradcu 8.8.2013 (: Sinjur, cit. po Cegnar, 2013).	17
Slika 10: Potek kalitve pri fižolu <i>Phaseolus vulgaris</i> (Pušenjak, 2015).	18
Slika 11: Odvisnost kalitve od temperature pri travi <i>Pennisetum typhoides</i> (Vodnik, 2008).	19
Slika 12: Vpliv segrevanja tal v eksperimentu v Oregonu na pridelek brokolija in jagod. Če tla ogrevamo, lahko povečamo pridelek (prirejeno po Brady, 2002).	21
Slika 13: Slabitev sončnega sevanja pri prehodu skozi ozračje (Kajfež-Bogataj, 2011).	23
Slika 14: Tipične smeri in velikosti energijskih tokov na površini tal ob radiacijskem vremenu (+ 'pozitivni členi' tlom prinašajo energijo, - 'negativni členi' tlom odnašajo energijo) (Črepinšek, 2007).	25
Slika 15: Prenos toplote v tleh s kondukcijo (Mandelj, 2006).	27
Slika 16: Povprečne letne temperature tal v Ljubljani za globine 10, 20 in 100 cm od leta 1960 do 2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	28
Slika 17: Različni termometri za meritve tal (levo; Five ..., 2015, desno; More ..., 2015).	30
Slika 18: Lokacija meteorološke postaje Ljubljana Bežigrad (ARSO, 2015).	32
Slika 19: Merilno mesto na postaji Ljubljana Bežigrad skozi čas (ARSO, 2015).	33
Slika 20: Povprečne letne vrednosti za temperaturo zraka ter količino padavin na meteorološki postaji Ljubljana Bežigrad (ARSO, 2015).	33
Slika 21: Lokacija meteorološke postaje Novo mesto (ARSO, 2015).	34
Slika 22: Meteorološka postaja na Racljevem hribu v Novem mestu (ARSO, 2015).	34
Slika 23: Povprečne letne vrednosti za temperaturo zraka ter količino padavin na meteorološki postaji Novo mesto (ARSO).	35
Slika 24: Lokacija meteorološke postaje Murska Sobota (ARSO, 2015).	36
Slika 25: Meteorološka postaja Murska Sobota (ARSO, 2015).	36
Slika 26: Povprečne letne vrednosti za temperaturo zraka ter količino padavin na meteorološki postaji Murska Sobota (ARSO, 2015).	37
Slika 27: Murska Sobota avgust 2006 (ARSO, 2015).	37

Slika 28: Lokacija meteorološke postaje Lesce (ARSO, 2015).	38
Slika 29: Temperatura zraka ter količina padavin v Lescah (ARSO, 2015).	38
Slika 30: Meteorološka postaja v Lescah (ARSO, 2015).	39
Slika 31: Letni hod povprečnih mesečnih temperatur tal na različnih globinah (10, 20 in 100 cm) v Ljubljani za izbrano obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	42
Slika 32: Letni hod povprečnih mesečnih temperatur tal na različnih globinah (10, 20 in 100 cm) v Novem mestu za izbrano obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	43
Slika 33: Letni hod povprečnih mesečnih temperatur tal na različnih globinah (10, 20 in 100 cm) v Murski Soboti za izbrano obdobje 1980-2014	43
Slika 34: Letni hod povprečnih mesečnih temperatur tal na različnih globinah (10, 20 in 100 cm) v Lescah za izbrano obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	43
Slika 35: Povprečne letne temperature tal po krajih za vse globine (10, 20 in 100 cm) za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	46
Slika 36: Povprečne letne temperature za Ljubljano za globine 10, 20 in 100 cm za izbrano obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	47
Slika 37: Trendi povprečnih letnih temperatur za Ljubljano za globine 10, 20 in 100 cm za izbrano obdobje 1980-2014 (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	47
Slika 38: Povprečne letne temperature za Novo mesto za globine 10, 20 in 100 cm za izbrano obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	48
Slika 39: Trendi povprečnih letnih temperatur za Novo mesto za globine 10, 20 in 100 cm za izbrano obdobje 1980-2014 (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	48
Slika 40: Povprečne letne temperature za Mursko Soboto za globine 10, 20 in 100 cm za izbrano obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	49
Slika 41: Trendi povprečnih letnih temperatur za Mursko Soboto za globine 10, 20 in 100 cm za izbrano obdobje 1980-2014 (vsi trendi so statistično značilni)	49
Slika 42: Povprečne letne temperature za Lesce za globine 10, 20 in 100 cm za izbrano obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	50
Slika 43: Trendi povprečnih letnih temperatur za Lesce za globine 10, 20 in 100 cm za izbrano obdobje 1980-2014 (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	50
Slika 44: Povprečne letne temperature tal za globino 10 cm za vse kraje za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	52
Slika 45: Povprečne letne temperature tal za globino 20 cm za vse kraje za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	52
Slika 46: Povprečne letne temperature tal za globino 100 cm za vse kraje za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	52
Slika 47: Trend dviganja povprečne letne temperature tal po globinah (10, 20 in 100 cm) in krajih (Ljubljana, Novo mesto, Murska Sobota, Lesce) za obdobje 1980-2014 (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	53
Slika 48: Trendi povprečnih temperatur tal za hladno polovico leta (oktober – marec) za globino 10 cm za vse kraje (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	55

Slika 49: Trendi povprečnih temperatur tal za hladno polovico leta (oktober – marec) za globino 20 cm za vse kraje (trend za Mursko Soboto ni značilen, ostali so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	55
Slika 50: Trendi povprečnih temperatur tal za hladno polovico leta (oktober – marec) za globino 100 cm za vse kraje (trend za Mursko Soboto ni značilen, ostali so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	55
Slika 51: Trend povprečne temperature tal za toplo polovico leta (april-september) za globino 10 cm za vse kraje (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	58
Slika 52: Trend povprečne temperature tal za toplo polovico leta (april-september) za globino 20 cm za vse kraje (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	58
Slika 53: Trend povprečne temperature tal za toplo polovico leta (april-september) za globino 100 cm za vse kraje (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	58
Slika 54: Statistično značilni trendi naraščanja temperature tal v hladni polovici leta po globinah ter krajih v °C/10 let (statistično neznačilnih trendov ni v grafu) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	59
Slika 55: Statistično značilni trendi naraščanja temperature tal v topli polovici leta po globinah ter krajih v °C/10 let (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	59
Slika 56: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za pomladi (obdobje 1980-2014) za vse globine za Ljubljano (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	61
Slika 57: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za pomladi (obdobje 1980-2014) za vse globine za Novo mesto (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	62
Slika 58: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za pomladi (obdobje 1980-2014) za vse globine za Mursko Soboto (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	62
Slika 59: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za pomladi (obdobje 1980-2014) za vse globine za Lesce (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	62
Slika 60: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za poletje (obdobje 1980-2014) za vse globine za Ljubljano (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	63
Slika 61: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za poletje (obdobje 1980-2014) za vse globine za Novo mesto (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	64
Slika 62: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za poletje (obdobje 1980-2014) za vse globine za Mursko Soboto (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	64
Slika 63: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za poletje (obdobje 1980-2014) za vse globine za Lesce (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	64
Slika 64: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za jesen (obdobje 1980-2014) za vse globine za Ljubljano (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).	65

- Slika 65: Povprečna temperatura s pripadajočimi trendi tal za jesen (obdobje 1980-2014) za vse globine za Novo mesto (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015). 66
- Slika 66: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za jesen (obdobje 1980-2014) za vse globine za Mursko Soboto (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015). 66
- Slika 67: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za jesen (obdobje 1980-2014) za vse globine za Lesce (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015). 66
- Slika 68: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za zimo (obdobje 1980-2014) za vse globine za Ljubljano (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015). 67
- Slika 69: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za zimo (obdobje 1980-2014) za vse globine za Novo mesto (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015). 68
- Slika 70: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za zimo (obdobje 1980-2014) za vse globine za Mursko Soboto (trendi niso statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015). 68
- Slika 71: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za zimo (obdobje 1980-2014) za vse globine za Lesce (trend na globini 100 cm ni značilen, na 10 in 20 cm pa je statistično značilen trend) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015). 68
- Slika 72: Statistično značilni trendi za vse obravnavane kraje in globine za pomlad (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015). 70
- Slika 73: Statistično značilni trendi za vse obravnavane kraje in globine za poletje (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015). 70
- Slika 74: Statistično značilni trendi za vse obravnavane kraje in globine za jesen (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015). 71
- Slika 75: Statistično značilni trendi za vse obravnavane kraje in globine za zimo (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015). 71

KAZALO PRILOG

PRILOGA A: Povprečna letna temperatura tal po globinah za različne kraje za obdobje 1980-2014

- Priloga A1: Povprečna letna temperatura tal po globinah za Ljubljano za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)
- Priloga A2: Povprečna letna temperatura tal po globinah za Novo mesto za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)
- Priloga A3: Povprečna letna temperatura tal po globinah za Mursko Soboto za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)
- Priloga A4: Povprečna letna temperatura tal po globinah za Lesce za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

PRILOGA B: Povprečna mesečna temperatura tal po globinah za različne kraje za obdobje 1980-2014

- Priloga B1: Povprečna mesečna temperatura tal po globinah za Ljubljano za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)
- Priloga B2: Povprečna mesečna temperatura tal po globinah za Novo mesto za obdobje 1980-2014
- Priloga B3: Povprečna mesečna temperatura tal po globinah za Ljubljano za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)
- Priloga B4: Povprečna mesečna temperatura tal po globinah za Ljubljano za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

PRILOGA C: Povprečne mesečne temperature tal ter minimumi in maksimumi za različne kraje za vse globine za obdobje 1980-2014

- Priloga C1: Povprečne mesečne temperature tal ter minimumi in maksimumi za Ljubljano za globino 10 cm za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)
- Priloga C2: Povprečne mesečne temperature tal ter minimumi in maksimumi za Ljubljano za globino 20 cm za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)
- Priloga C3: Povprečne mesečne temperature tal ter minimumi in maksimumi za Ljubljano za globino 100 cm za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)
- Priloga C4: Povprečne mesečne temperature tal ter minimumi in maksimumi za Novo mesto za globino 10 cm za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)
- Priloga C5: Povprečne mesečne temperature tal ter minimumi in maksimumi za Novo mesto za globino 20 cm za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)
- Priloga C6: Povprečne mesečne temperature tal ter minimumi in maksimumi za Novo mesto za globino 100 cm za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)
- Priloga C7: Povprečne mesečne temperature tal ter minimumi in maksimumi za Mursko Soboto za globino 10 cm za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

Priloga C8: Povprečne mesečne temperature tal ter minimumi in maksimumi za Mursko Soboto za globino 20 cm za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

Priloga C9: Povprečne mesečne temperature tal ter minimumi in maksimumi za Mursko Soboto za globino 100 cm za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

Priloga C10: Povprečne mesečne temperature tal ter minimumi in maksimumi za Lesce za globino 10 cm za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

Priloga C11: Povprečne mesečne temperature tal ter minimumi in maksimumi za Lesce za globino 20 cm za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

Priloga C12: Povprečne mesečne temperature tal ter minimumi in maksimumi za Lesce za globino 100 cm za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

PRILOGA D: Povprečja, minimum in maksimum po polletjih in globinah za različne kraje za obdobje 1980-2014

Priloga D1: Povprečja, minimum in maksimum po polletjih in globinah za Ljubljano (obdobje 1980- 2014) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

Priloga D2: Povprečja, minimum in maksimum po polletjih in globinah za Novo mesto (obdobje 1980- 2014) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

Priloga D3: Povprečja, minimum in maksimum po polletjih in globinah za Murska Sobota (obdobje 1980-2014) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

Priloga D4: Povprečja, minimum in maksimum po polletjih in globinah za Lesce (obdobje 1980-2014) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

PRILOGA E: Povprečja, minimum in maksimum po letnih časih in globinah za različne kraje za obdobje 1980-2014

Priloga E1: Povprečja, minimum in maksimum po letnih časih in globinah za Ljubljano (obdobje 1980-2014) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

Priloga E2: Povprečja, minimum in maksimum po letnih časih in globinah za Novo mesto (obdobje 1980-2014) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

Priloga E3: Povprečja, minimum in maksimum po letnih časih in globinah za Mursko Soboto (obdobje 1980-2014) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

Priloga E4: Povprečja, minimum in maksimum po letnih časih in globinah za Lesce (obdobje 1980-2014) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

1 UVOD

1.1 VZROK ZA RAZISKAVO

Temperatura tal je pomembna meteorološka spremenljivka, vendar je do sedaj le redko raziskana. Da se zrak v zadnjih letih in desetletjih ogreva, je dejstvo, kaj pa se dogaja s tlemi? Gams (1989), Knez (2007) ter Garcia-Suarez in Butler (2005) so v svojih raziskavah dokazali, da so temperature tal in zraka tesno korelirane. Torej lahko predvidevamo, da se tudi tla ogrevajo, ravno tako kot zrak. Nekatere raziskave pri nas in v tujini že potrjujejo dejstvo, da se temperatura tal zvišuje, kar je posledica globalnega dviga temperatur zraka, ter sprememb klimatskih dejavnikov. Talne temperature se spreminjajo tudi zaradi sprememb v trajanju in debelini snežne odeje. Snežna odeja deluje kot izolator za tla ter rastline pod njo. Temperatura tal se lahko v zimskem času znižujejo zaradi krajšega časovnega obdobja snežne odeje, ki deluje kot toplotni izolator. Posledica je lahko povečano propadanje drobnih korenin, večja smrtnost talnih mikroorganizmov in povečanje izpiranje dušika in fosforja (Groffman in sod., 2001). Zmanjšanje debeline snežne odeje ter krajša pokritost tal s snegom je značilna tudi za območje Slovenije, prav tako višanje temperatur zraka ter spremembe v razporeditvi padavin čez leto. Vsi našteti pojavi imajo lahko za posledico spremenjen toplotni režim skozi leto v tleh.

1.2 NAMEN RAZISKAVE

Tla so živa zgornja plast zemeljske skorje, neobnovljiv naravni vir, ki ima funkcijo mehanske opore rastlinam ter jim zagotavlja oskrbo z vodo in hranili. Podnevi skladiščijo toploto, ki jo prejmejo s sončnim sevanjem, ponoči pa to energijo oddajajo v okolico. Temperatura tal vpliva na številne fizikalne, mikrobiološke ter biološke procese v tleh, zato je še posebej pomembna za kmetijstvo. Vpliva na kalitev semena ter vznik rastline, nadaljnjo rast rastline ter njen razvoj, gibanje vode v tleh, razgradnjo organske snovi, preživetje talnih patogenov, ter številne kemijske reakcije in patogene procese. Optimalna temperatura za kalitev semena se razlikuje glede na vrsto rastlin. Če temperature tal ne omogočajo kalitve posejanega semena, obstaja večja nevarnost poškodbe semena zaradi škodljivcev. To ima za posledico slabši vznik, slabšo gostoto posevka in slabšo vitalnost rastlin, posledično slabši kmetijski pridelek ter ekonomičnost pridelave. Temperatura tal vpliva tudi na kroženje dušika v tleh, nitrifikacijo, denitrifikacijo (hitrost tega procesa strmo narašča od 2 °C do 35 °C (Dar, 2010)), nastanek organske snovi, tvorbo humusa. Optimalen sprejem vode v rastlino je med 10 °C in 30 °C, nad ali pod to temperaturo se odvzem manjša. Fizikalne lastnosti tal se spreminjajo s temperaturo tal, npr. toplotna prevodnost, difuzivnost, specifična toplota, gostota toplotnega toka.

1.3 DELOVNA HIPOTEZA

Glavna naloga magistrskega dela je analizirati časovno in prostorsko razporeditev temperature tal na različnih meteoroloških postajah ter globinah v daljšem časovnem obdobju. Izbrali smo si štiri meteorološke postaje (Ljubljana, Novo mesto, Murska Sobota in Lesce) ter pridobili podatke za obdobje 1980-2014 na globinah 10, 20 in 100 cm.

Osredotočili se bomo na obravnavo časovnih vrst temperature tal. Zanimajo nas način ter hitrost rasti temperatur tal v odvisnosti od lokacije, globine ter primerjava mesečnih, sezonskih, polletnih in letnih hodov temperature tal. Glede na dolg niz podatkov, ki jih imamo, bomo preverili ali tudi temperatura tal, prav tako kot temperatura zraka, kaže pozitiven trend. Pričakujemo, da se bosta temperatura tal ter trend naraščanja temperature v izbranih krajih po Sloveniji razlikovala.

2 PREGLED OBJAV

Hočevar in Kajfež-Bogataj (1988) sta preučevala pomen toplotnih značilnosti tal pri oblikovanju temperaturnih razmer tal in prizemne plasti zraka pri napovedovanju minimalne temperature zraka in pri vključevanju vpliva tal na prognostične modele atmosfere. Izhajajoč iz drugega Fickovega zakona sta prikazala metodo, s katero lahko v naravi za poljuben dan na poljubni lokaciji ocenimo temperaturno difuzivnost tal. Difuzivnost tal je razmerje med toplotno prevodnostjo in volumensko toplotno kapaciteto tal.

Ivan Gams (1989) je izdal članek z naslovom »Zemeljske temperature v Sloveniji in njihovo odstopanje od zračnih«. Preučeval je povezanost med temperaturami zraka ter temperaturo tal, in ugotovil, da v letnem povprečju temperatura tal na globini 50 cm pod golim površjem odstopa za 0,0 do 2,1 °C od temperatur zraka. Menil je, da če temperaturo zraka ustrezno korigiramo, jo lahko uporabimo kot izhodišče za temperaturo tal. Skušal je ugotoviti, kolikšno vlogo pri razlikah imajo talni tipi in padavine. Njegova ugotovitev je, da temperature tal in zraka ne odstopajo veliko, razlika nastane predvsem tam, kjer je toplotna prevodnost tal boljša.

Virant in Hočevar (1989) sta analizirala ekstremne vrednosti desetletnega povprečja temperatur tal za Ljubljano, za globini 10 in 20 cm. Njuna ugotovitev je bila, da so amplitude talnih temperatur na globini 10 cm dvakrat večje kot na globini 20 cm. Maksimum se z globino časovno zamakne; maksimum na globini 20 cm je dve uri kasneje kot na globini 10 cm, minimum pa eno uro kasneje. Ob sončnih dnevih dnevni hodi temperatur manj odstopajo od periodičnosti. V deževnih dnevih temperatura na globini 10 cm in 20 cm enakomerno pada in ni značilnega dnevnega hoda.

Šušteršič (1991) je v diplomski nalogi obdelala dejanske in povprečne datume prestopa 17-tih temperaturnih pragov v Sloveniji v tleh na globinah 2, 5, 10 in 20 cm, za obdobje 1961-1989. Raziskala je razlike med leti, glede na globino in glede na temperaturno vrednost pragov. Ugotovila je, da se določen temperaturni prag pojavi najprej na globini 20 cm, saj so tu nihanja temperature najmanjša. Regresijska zveza je za vse globine zelo tesna. Temperatura tal najhitreje narašča na globini 5 cm. Glede na globino se temperature tal v prvih mesecih leta bolj razlikujejo, z naraščanjem datuma pa vse bolj izenačujejo. Njene ugotovitve je moč uporabiti pri določanju agrotehničnih ukrepov (datum setve, saditve).

Virant je (1993) izdelala dinamični model, ki simulira spreminjanje temperature in vodnatosti tal v času in prostoru, ter hkrati omogoča spremljanje spreminjanja velikosti členov energijske bilance na površini tal, ter gostote konduktivnega toka toplote in gostote toka latentne toplote v izbranih globinah tal. Naredila je analizo spreminjanja temperature tal in vsebnosti vode na dveh tipih tal (evtrična rjava in sprana pokarbonatna), pri različnih intenzitetah padavin.

Mandelj je (2006) v diplomski nalogi z naslovom Analiza temperature tal v Sloveniji analizirala temperaturo tal na treh globinah (2, 10 in 20 cm) za osem meteoroloških postaj v Sloveniji, v obdobju 1970-2004. Ugotovila je, da so se tla najbolj ogrela na globini 10

cm. Najtoplejša tla ima postaja v Novi Gorici, najhladnejša pa Slovenj Gradec in Brnik. Vzroki za takšne rezultate so: klima, lokacija, nadmorska višina in tip tal. Povprečna letna temperatura tal se je v Sloveniji v obravnavanem obdobju na globini 5 cm statistično značilno povečala za $0,51\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$, na globini 10 cm za $0,55\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$ ter na globini 20 cm za $0,51\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$. Tla so se najbolj ogrela na urbaniziranih področjih na 10 cm.

Knez (2007) je v diplomski nalogi raziskal in analiziral temperaturo tal na meteorološki postaji Ljubljana, za obdobje 1951-2005, ter za globine 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100 cm. Ugotovil je, da se tla ogrevajo skladno z rastjo temperature zraka in trajanja sončnega obsevanja, ter upadanjem količine padavin. Pozimi se zrak ogreva hitreje od tal. Poleti se temperatura tal zbližujejo, divergirajo po globinah. Ta so nekoliko toplejša od zraka. Temperatura tal raste na vseh globinah, od $0,45$ do $0,56\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let} \pm 0,19\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$ (obdobje 1967-2004), vendar malce počasneje od zraka ($0,58 \pm 0,20\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$). Na globini 2 cm je najhladnejši mesec januar ($-0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) in najtoplejši julij ($23,2\text{ }^{\circ}\text{C}$), na enem metru pa sta ekstremna februar ($3,6\text{ }^{\circ}\text{C}$) ter avgust ($20,0\text{ }^{\circ}\text{C}$). Največja gradienta temperature v tleh sta v decembru ($+5,8\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m}$) in juniju ($-4,3\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m}$).

Zhang in sod. (2005) so analizirali temperaturo tal za Kanado za 20. stoletje. Rezultati so pokazali, da se povprečna letna temperatura tal razlikuje od povprečne letne temperature zraka za $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (povprečno za $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$). Temperatura tal je odraz temperature zraka, vendar je odvisnost kompleksna. Večja razlika v nihanju temperature tal in zraka je pozimi ter spomladi. Povprečno se je temperatura tal v Kanadi zvišala za $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, medtem ko se je temperatura zraka zvišala za $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Raziskali in določili so tri vzroke za razliko med temperaturo zraka ter temperaturo tal; trajanje in debelina snežne odeje, sezonsko nihanje temperature tal ter sprememba padavin.

Garcia-Suarez in Butler (2005) sta obravnavala temperaturo tal na 30 in 100 cm globine na Irskem v kraju Armagh v obdobju 1904-2002. Podatke sta primerjala še z dvema krajema na Irskem, Birr in Valentia. Linearna regresija je pokazala, da se je temperatura tal v prejšnjem stoletju v vseh treh krajih značilno povečevala v vseh sezonah za $0,04$ - $0,25\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$ (odvisno od sezone, lokacije in globine). Pokazale so se geografske razlike pozimi; nižji trendi v kraju Armagh in Birr ter višji trendi v kraju Valentia. Poletja v Armagh-u imajo večji trend naraščanja temperature zraka kot v ostalih dveh krajih. Prav tako sta ugotovila, da je temperatura tal odraz sprememb v temperaturi zraka ter sprememb v padavinah. Temperatura zraka in tal se spreminja skozi obravnavano obdobje zelo podobno, vendar se tla različno hitro ogrevajo od zraka. Najtesnejša povezava med temperaturo tal in zraka je pozimi.

Houle in sod. (2012) so preučevali vpliv klimatskih sprememb na temperaturo tal in vlago v tleh v severnih gozdovih v Kanadi. Vhodne podatke za študijo so homogenizirali ter izbrali obdobje 1971-2000, različne globine v tleh, ter tri različna gozdna območja. Upoštevajoč klimatske scenarije so naredili osnutek modela za temperaturo ter vlago tal za obdobje 1971-2100. Povprečna letna temperatura tal bi se predvidoma dvignila za $1,1$ - $1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ do leta 2050 ter $1,9$ - $3,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ do leta 2080, odvisno od globine ter področja. Več kot za $5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ bi temperatura narasla v rastni sezoni (junij) na področju črne jelke v obdobju 2070-2099. Vsebnost vode v tleh na letni ravni naj ne bi značilno odstopala, vendar bi se lahko v rastni sezoni zmanjšala za 20 do 40 % (v obdobju 2070-2099) zaradi povečane

evapotranspiracije, ter povečala zaradi zgodnejšega taljenja snega v aprilu. Toplejše ter bolj sušno stanje tal v rastni sezoni bi lahko vplivalo na rast gozda ter biokemične cikle v tleh. Pod snežno odejo se v takih pogojih zviša aktivnost mikroorganizmov, ter proces kroženja dušika. Pozitiven odnos med aktivnostjo mikroorganizmov ter višjo temperaturo tal postane manj zaznaven, ko vlaga v tleh upade.

Bai in sod. (2014) so raziskovali odnos med regionalnimi spremembami podnebja in temperaturami tal za obdobje 1982-2000 v puščavi Mojave. Obravnavali so kar 75 merilnih mest, saj se puščava nahaja v ZDA na območju zveznih držav Kalifornija, Arizona, Utah in Nevada. V tem 19-letnem obravnavanem obdobju je bil značilen trend naraščanja temperature, temperatura tal na globini 50 cm se je povprečno zvišala za 0,79 °C/10 let. Prav tako so ugotovili, da so temperature zraka ter tal med seboj tesno korelirane. Na splošno so se temperature tal v ZDA v obdobju 1967-2002 dvignile za 0,31 °C/10 let.

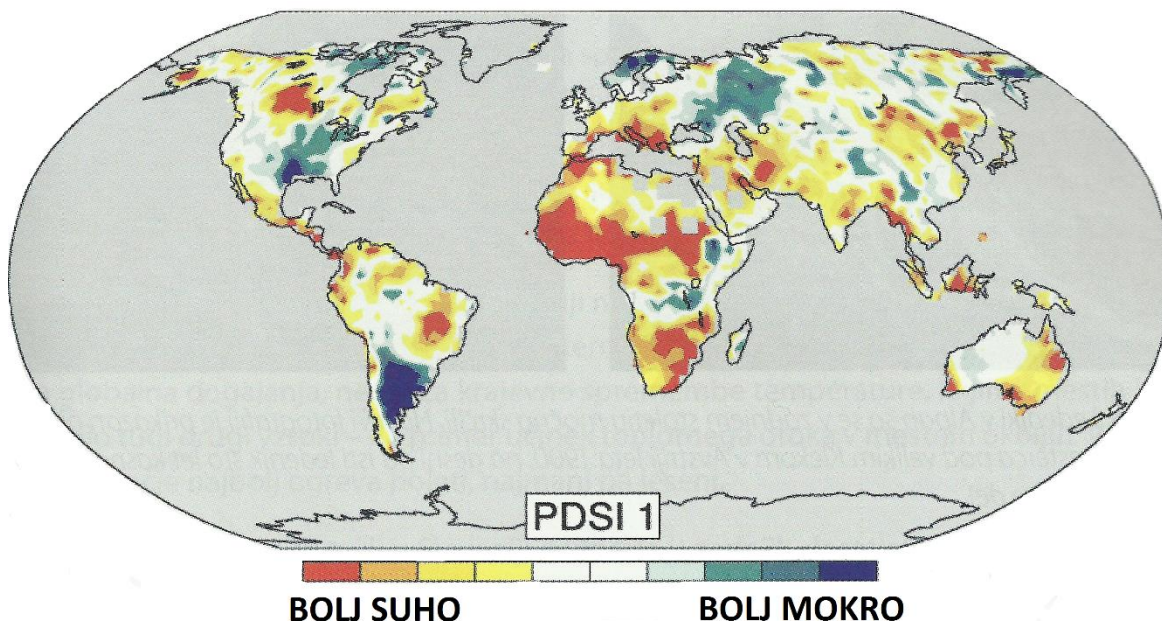
2.1 PODNEBNA SPREMENLJIVOST

V preteklosti se je podnebje veliko spreminjalo kot posledica naravnih vzrokov. Danes pa človek s svojo prisotnostjo in dejavnostjo vse bolj posega v naravne procese. Razumevanje spreminjanja podnebja se v zadnjih letih vse bolj povečuje zaradi novih podatkov, izboljšanih analiz, boljše kvalitete podatkov in primerjave podatkov. Ključno sporočilo, četrtega poročila o podnebnih spremembah, ki ga izdaja Medvladni odbor za podnebne spremembe (IPCC) je, da se podnebje nedvomno ogreva in da je zato kriv tudi človek. Podnebne spremembe so večinoma negativno vplivale tudi na kmetijsko pridelavo, na primer na svetovno proizvodnjo pšenice in koruze.

2.1.1 Sprememba na globalni ravni

V obdobju 1905-2005 je temperatura zraka na kopnem in oceanih naraščala za 0,74 °C ± 0,18 °C. Najizrazitejše povečanje (kar dvakrat večje kot v zadnjih 100 letih) je bilo v zadnjih 50-tih letih (kar za 0,13 °C/10 let). Trend zvišanja morske gladine v drugi polovici 20.st. je bil okrog 1,8 mm na leto, po letu 1993 pa 3,1 mm letno. Temperature na Antarktiki naraščajo dvakrat hitreje kot drugje po svetu. Po letu 1987 se je arktični led skrčil za 2,7 %/10 let, poleti kar za 7,4 %. Na kopnem v zmernih geografskih širinah se je izrazito zmanjšalo število hladnih dni, še zlasti so se zvišale minimalne nočne temperature zraka. V poletnem času se je povečalo število toplih noči (Fourth ..., 2007).

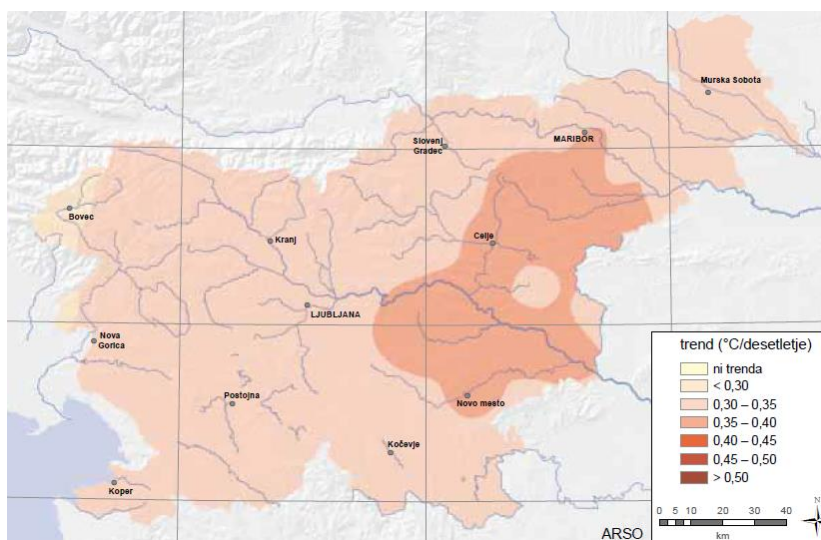
V povezavi s povečanjem temperature zraka in temperature površine oceanov se je povečala vlažnost zraka (specifična vlaga), nad oceani v obdobju od 1988 do 2004 za 1,2 %. S tem se je povečala pogostost obilnih padavin, tudi tam kjer je opazen trend upadanja letne količine padavin. Gledano globalno se je letna količina padavin na kopnem (v obdobju 1901-2004) povečala za 11 - 21 mm/10 let, regionalno pa so trendi različni (slika 1). Kljub globalnemu povečanju padavin pa se je pogostost suš povečevala, in sicer kot posledica spremenjenega splošnega kroženja zraka (Fourth ..., 2007).



Slika 1: Spremembe padavinskega režima in temperaturnih razmer v zadnjem stoletju se kažejo v povečani sušnosti, še zlasti v Sredozemlju (Kajfež-Bogataj, 2008).

2.1.2 Spremembe v Sloveniji

V zadnjih 50-tih letih (do 2005) se je temperatura zraka v Sloveniji povečala za $1,4 \pm 0,6$ °C, najbolj v mestih, manj na podeželju (slika 2). V vzhodni polovici države je trend v splošnem večji kot v zahodni polovici. Dvig dnevne najnižje temperature zraka je večji od dviga povprečne in dnevne najvišje temperature zraka. Najbolj pozitiven je časovni trend temperature zraka poleti. Časovni trend pomladne temperature zraka kaže prostorsko enotno sliko, zime so se bolj ogrele na severovzhodu. Jeseni so bile v izbranem obdobju postopno hladnejše, od konca 70. let pa beležimo počasen dvig temperature, vendar trend ni statistično značilen. Statistično je značilen dvig letne povprečne temperature za obdobje zadnjih 25 let in več. Temperature zraka v Ljubljani v zadnjih 156 letih so se v topli polovici leta zvišale za 1 °C (iz 15,7 °C na 16,7 °C), v hladni polovici leta pa za 1,5 °C (iz 4,2 °C na 5,7 °C). Povprečna letna temperatura zraka se je dvignila iz 9,1 °C na 10,4 °C. V prvi polovici leta količina padavin upada, v drugi polovici leta pa narašča. Največja količina padavin pade v oktobru (gledano zadnjih 15 let, do 2005), v vzhodni Sloveniji je maksimum junija. Narašča intenzivnost nalivov, vse pogostejše so poletne suše (v zadnjih 40-tih letih je bilo 9 suš, od tega jih je bilo 6 v zadnjih 15-tih letih). Število dni s snežno odejo pada, zime so posledično vse bolj zelene (ARSO, 2015).

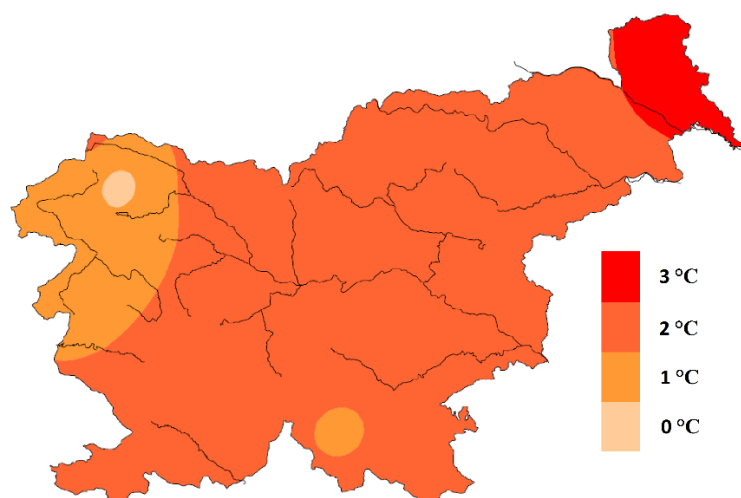


Slika 2: Karta časovnega trenda letne povprečne temperature zraka v Sloveniji v obdobju 1961-2011 na homogeniziranih podatkih (Vertačnik in sod., 2013).

2.1.2.1 Ekstremno leto 2015

Zima 2014/2015

Povprečna zimska temperatura je bila nad dolgoletnim povprečjem. Večina krajev je dolgoletno povprečje presegla za 2 do 3 °C (slika 3). Večji odklon je bil le v Prekmurju, v Murski Soboti je bila zima 3,2 °C toplejša kot v dolgoletnem povprečju. Število mrzlih dni je povsod po državi močno zaostajalo za dolgoletnim povprečjem (v Ratečah so jih našteali le 10, največ jih je bilo pozimi 1962/63, zabeležili so jih 62). V Ljubljani je pozimi 2014/15 sonce sijalo kar 222 ur, kar je 33 % več od dolgoletnega povprečja. Padavine v primerjavi z dolgoletnim povprečjem so bile porazdeljene dokaj neenakomerno. Največji presežek je bil izmerjen v Beli krajini in Novomeško-Brežiški kotlini, kjer je bilo dolgoletno povprečje preseženo za vsaj četrtino (največ v Novem mestu, kar za 51 % dolgoletnega povprečja) (ARSO, 2015).

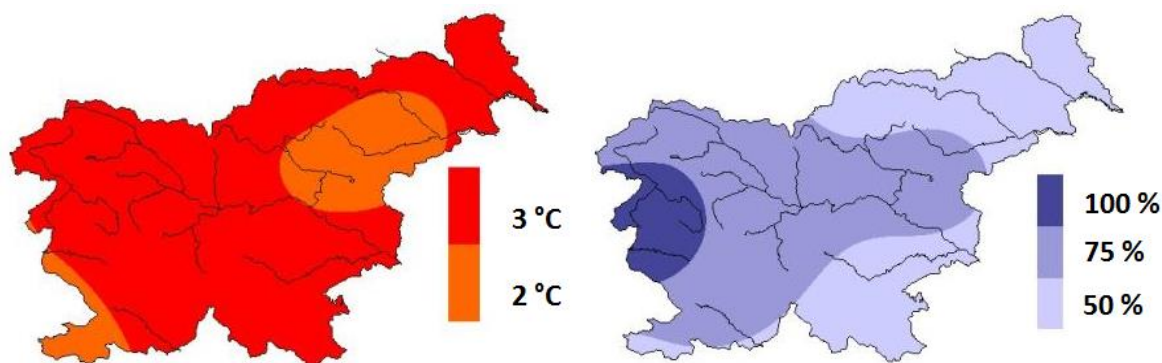


Slika 3: Odklon povprečne temperature zraka v zimi 2014/2015 od povprečja 1961-1990 (ARSO, 2015).

Poletje 2015

V poletju 2015 so v Ljubljani zabeležili kar 38 vročih dni, najvišja je bila 36,5 °C. Po številu vročih dni se poletje 2015 v Ljubljani uvršča na drugo mesto najbolj vročega poletja po letu 1900 (na prvem mestu ostaja leto 2003, ki pa je imelo za posledico tudi hudo sušo).

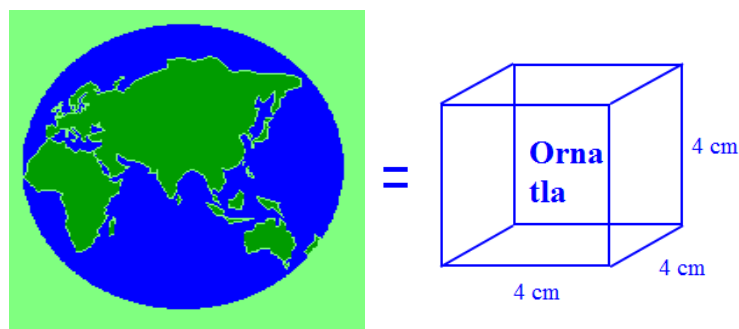
Prvo vročinsko obdobje je zajelo zahodno in osrednjo Slovenijo v začetku junija. V Ljubljani so bile temperature v obdobju med 2. 6. in 14. 6. vsak dan med 28 in 30 °C. V začetku junija se še nikoli ni zgodilo, da bi bile temperature trikrat zaporedoma nad 30 °C. Druga polovica junija je bila sveža s pogostimi padavinami. Prvi vročinski val je trajal od 1. 7. do 8. 7. 2015. Po krajši osvežitvi dežja se je začel drug vročinski val z dnem 14. 7. 2015. V Ljubljani je temperatura presegla 30 °C kar enajstkrat, od tega je bilo šestkrat kar 35 °C (slika 4). V zadnjem obdobju meseca je bilo deževno, tako da je bila tudi v juliju (prav tako kot v juniju) mesečna količina padavin v okviru normale (slika 4). V začetku avgusta se je vročina zopet vrnila. V Ljubljani so zabeležili 12 dni nad 30 °C, a le enkrat nad 35 °C. V drugi polovici avgusta je dež namočil že precej sušno zemljo. V poletju 2015 so v Ljubljani zabeležili kar 38 vročih dni, najvišja temperatura je bila 36,5 °C. Po številu vročih dni se poletje 2015 v Ljubljani uvršča na drugo mesto najbolj vročih poletij po letu 1900 (na prvem mestu ostaja leto 2003, ki pa je imelo za posledico tudi hudo sušo) (ARSO, 2015).



Slika 4: Odklon povprečne temperature zraka ter povprečne količine padavin v poletju 2015 od povprečja 1961–1990 (ARSO, 2015).

2.2 TLA

Tla so naravna tvorba na Zemljinem površju, ki so pod vplivom tlotvornih dejavnikov in procesov pridobila novo lastnost; rodovitnost. To je sposobnost, da oskrbujejo rastline s hranili in vodo, hkrati pa jim nudijo tudi možnost fizične opore. Tla kot naravni vir so velikega pomena za vsako nacionalno ekonomijo in varstvo okolja (tla so omejen naravni vir). So živa zgornja plast zemeljske skorje in so sestavljena iz mineralne snovi, organske snovi, vodne raztopine in plinske faze (slika 6). Pore predstavljajo prazen prostor, katerega lahko zapolnjuje plinasta ali tekoča faza. V nenasičenem stanju vsebujejo tla snovi v vseh treh agregatnih stanjih, tekoče (voda), trdno (minerali, organska snov) ter plinasto stanje (kisik, dušik, ogljikov dioksid, vodna para, dušikovi oksidi, metan). Sistem tal je porozen, sestavljen iz vode in zraka (vsebnost zraka se spreminja z vsebnostjo vlage v porah tal).



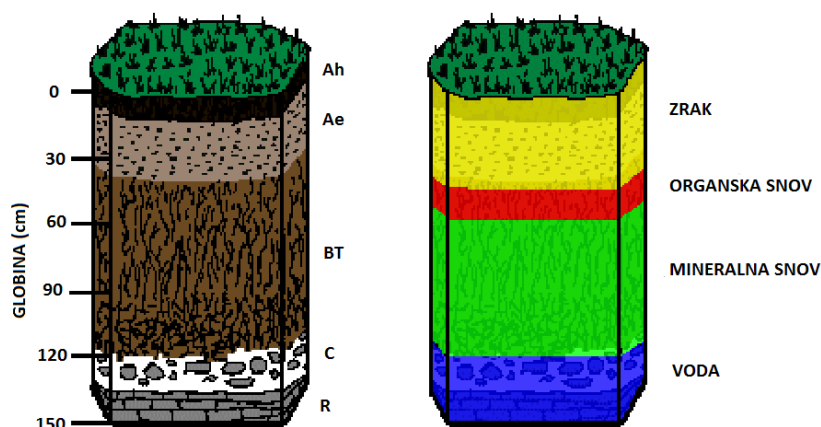
Slika 5: Število organizmov v tleh v primerjavi s številom ljudi na Zemlji (Leštan, 2001).

V ornih tleh je povprečno (Leštan, 2001):

- 1 % volumna živih talnih organizmov,
- 5 % rastlinskih korenin,
- 5 % humusne snovi,
- 20 % zraka,
- 25 % vode,
- 44 % mineralov.

V tleh žive zelo različne vrste organizmov z različno vlogo v ekologiji tal, najštevilčnejši so mikroorganizmi. Tudi velikost organizmov je zelo različna, prav tako njihov življenjski prostor. Na prisotnost in vrsto organizmov vplivajo fizikalno-kemijske lastnosti tal; količina in kvaliteta organske snovi, temperatura, pH, prezračenost. Število organizmov na volumsko enoto tal je izredno veliko. V zelo bogatih tleh lahko število posameznih osebkov talnih živali doseže do 100.000 na kvadratni meter, število posameznih osebkov različnih mikroorganizmov pa tudi milijardo na gram tal. Pri tem je v enem gramu tal do 10.000 različnih vrst mikroorganizmov. Za tipična orna tla velja, da povprečno vsebujejo približno 100 milijonov organizmov na gram tal. V kocki tal z volumnom 64 cm^3 živi v povprečju toliko organizmov kot je ljudi na Zemlji (slika 5). Življenjski prostor sega od površine do matične podlage, vendar je največja koncentracija v zgornjih 30 cm (Leštan, 2001).

Formacija tal je odvisna od klime, kamninske osnove, rastlinskih in živalskih organizmov, reliefa in časa. Na določenem območju klima definira naravno rastje in možnosti za kmetijstvo. Produktivnost tal pa je odvisna od rodovitnosti tal, temperatur ter padavin. Tekstura tal je sestava tal glede na delež mineralnih delcev različnih velikosti; zelo grobi pesek, pesek, fini pesek, zelo fini pesek, melj, glina. Glinena tla imajo zelo fino strukturo z veliko površino delcev, ki lahko zadržijo več vode kot peščena tla. Peščena tla imajo velik delež por, vendar so te tako velike, da voda odteče. Delež vode v tleh premo-sorazmerno narašča tudi z vsebnostjo humusa v tleh. Vsebnost vode v tleh je odvisna tudi od vodnega režima v tleh, količina padavin, nivo podtalnice, evapotranspiracije.



Slika 6: Talni profil oz. prerez (levo) ter shematski prikaz deležev sestave tal (desno) (Leštan, 2001).

2.2.1 Temperatura tal

Odločilen vpliv na temperaturo tal ima kakovost zgornje plasti tal, gola tla se hitreje ogrejejo ter tudi hitreje ohladijo kot zastrta tla. Najbolj se segrejejo temna tla z veliko humusa, vlažna tla se segrevajo počasneje ter se tudi ohlajajo počasneje. Temperatura tal je odvisna od toplotnih lastnosti tal, saj je toplota eden najpomembnejših faktorjev, ki določajo intenziteto fizičnih, kemijskih in bioloških procesov v tleh. Od toplote v tleh so odvisne mnoge življenjske funkcije rastlin, predvsem kalitev semena, rast in razvoj korenin in rast in razvoj rastlin. Primarni vir toplote v tleh je sončno sevanje. Intenzivnost sončnega sevanja je odvisna predvsem od geografske širine, kjer se tla nahajajo, lokalna faktorja pa sta relief in vegetacija.

2.2.1.1 Relief

Pomembnejši kot sama jakost sevanja je kot, pod katerim sončni žarki padejo na zemeljsko površje (enačba 1). Če je Sonce navpično, je vstopni kot navpičen na tla in energija absorpcije je največja (Brady, 2002).

$$J = J_0 \cos z \quad \dots (1)$$

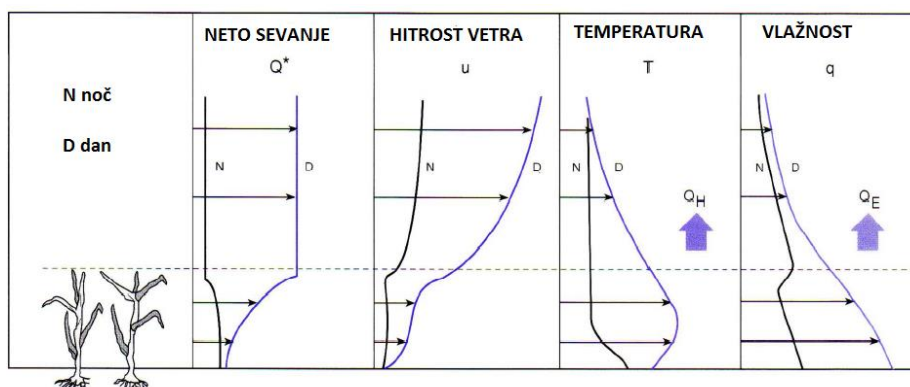
Gostota energijskega toka sevanja na horizontalni ploskvi (J) je definirana kot gostota energijskega toka sevanja, ki pade na ploskev (J_0) pomnoženo s kosinusom vpadnega kota (z) sevanja sončnih žarkov.

Relief vpliva na skupno bilanco sevanja preko ekspozicije in nagiba. Južne lege so toplejše od severnih, prav tako so prisojna pobočja planin toplejša kot osojna. Tudi zaradi osvetlitve so južnejša pobočja toplejša. Večje temperaturne razlike nastanejo tam, kjer je relief strmejši. Vpliv ekspozicije je pomembnejši v severnih in južnih območjih, okoli ekvatorja pa je manjši. Ob enakonočju, ko je Sonce direktno nad ekvatorjem, je jakost sončnega sevanja zelo velika. Manjši kot je kot vpadanja sončnih žarkov, manjše je

sevanje. Temperature pri tleh so na ekvatorju visoke, na polih nizke. V jasnih dnevih imata vpliv ekspozicije ter nagiba večji pomen kot v oblačnih dnevih, kjer vpliva skoraj ni. Spomladi in poleti nastane največja razlika med severnimi in južnimi nagibi, pozimi je razlika manjša. Spomladi se vegetacija začne prej prebujati na južnih pobočjih, ki se prej začnejo ogrevati. Na hladnih severnih nagibih se lahko pri nekaterih drevesnih vrstah (koščičarji) izognemo nevarnosti pozebe, zaradi kasnejšega cvetenja (Hočevnar in Petkovšek, 1984).

2.2.1.2 Vegetacija

Vegetacija je pomemben faktor pri spremembah temperature tal (Collins in Cummins, 1996). Rastlinski pokrov ustvari specifično mikroklimo (modificira absorpcijo kratkovalovnega sevanja, izgubo dolgovalovnega sevanja in zračne tokove) (slika 7). Pomembna je sklenjenost rastlinskega pokrova. Rastlinski pokrov oziroma vegetacija vpliva na dnevni in letni tok temperature tal površinskega sloja (zmanjšuje temperaturna nihanja za 2-3 °C) (Ćirić, 1984). Vegetacija ima velik pomen za toplotne lastnosti tal. Odvisno od gostote sklopa, vegetacija zmanjšuje prodiranje sončnih žarkov do tal, del energije se porabi za transpiracijo in fotosintezo. Podnevi in v toplem delu leta predstavlja zaščito pred soncem ter povečuje površino izparevanja. Ponoči in v hladnem delu leta pa ima termoizolacijsko vlogo ter zmanjšuje izžarevanje toplote in povečuje temperaturo tal. Zato gozdna vegetacija v poletnih mesecih zmanjšuje segrevanje tal, kjer je lahko razlika med gozdnimi in kmetijskimi tlemi tudi do 20 °C. V zimskih mesecih so lahko gozdna tla toplejša, saj vegetacija preprečuje izgubo toplote iz tal. Gola tla se hitreje ogrejejo in ohladijo kot tla poraščena z vegetacijo, pokrita s snegom ali mulčem.



Slika 7: Tipični profil neto sevanja, hitrosti vetra, temperature in vlažnosti zraka v rastlinskem pokrovu in nad njim (Osnovne ..., 2015).

Stanje površine tal tudi vpliva na segrevanje tal, kajti na sami površini lahko pride do večje ali manjše refleksije sončnih žarkov (albedo). Na refleksijo vpliva barva, svetlejša tla reflektirajo več žarkov kot temnejša. Strukturna tla odbijajo manj žarkov kot zbite gladke površine. Pomembne so tudi prekrivke na površini tal (mulčenje).

2.2.1.2 Toplotna izhlapevanja

Za vsak kilogram vode, ki izhlapi s površine, se porabi približno 2,257 MJ energije. Energija se zagotovi s sevanjem Sonca ali okoliških tal, ter tako ohladi tla (enako se zgodi z osebo, ko pride iz bazena in jo ohladi). Mokra tla so tako zaradi izhlapevanja ter visoke specifične toplote hladnejša. Zgornjih nekaj centimetrov tal je po navadi za 3-6 °C hladnejših pri mokrih tleh v primerjavi z vlažnimi ali suhimi tlemi. Ta pojav je zelo pomemben spomladi, ko le nekaj °C vpliva na kalitev semen ter sprostitev hranil iz organske snovi (Brady, 2002). Sam dež (v zmernih conah), ki pomladi pronica v notranjost tal, ogreva tla, poleti pa jih ohlaja, ker ima dež pogosto nižjo temperaturo kot temperatura tal. Zhang in sodelavci (2001) so v svoji raziskavi definirali in poimenovali efekt »the negative soil moisture feedback mechanism«, ki bi ga lahko prevedli kot negativni povratni mehanizem vlažnosti tal. Za poletja na delu Rusije je značilno, da je količina padavin v zadnjih letih narasla za 84 % glede na povprečne dolgoletne količine. Posledica večje vlažnosti tal je povečana evapotranspiracija, ta pa izrablja energijo iz tal. Tla se tako ohlajajo, kljub temu, da je takrat značilen porast temperature zraka.

2.2.1.3 Zamrzovanje tal

Debelina in trajanje snežne odeje lahko vplivata na temperaturo tal, zaradi izolacijske vloge snega (Chen in sod., 2003). Tla, ki so pokrita s snegom (slika 8), so toplejša za 3-4 °C v primerjavi z golimi površinami. Debelejša kot je snežna odeja, večjo toplotno izolacijo predstavlja. Na zamrzovanje tal vpliva tudi koncentracija razpadlih soli v talni vodi. Če je v talni raztopini skoncentriranih več soli, se lahko temperatura, pri kateri talna raztopina zamrzne, spremeni za -0,2 do -0,5 °C. Od količine vode pa je odvisna globina zamrzovanja tal. Velike količine vode, ki prehajajo v led, osvobajajo več latentne toplote in tla na manjši globini zamrzujejo.

Posledica zamrzovanja tal je prekinitev bioloških aktivnosti ter kemičnih procesov v tleh. Na fizikalne lastnosti tal imajo velik vpliv kristali leda (zmanjšanje talne mase). Vertikalno rast kristalov lahko omogočajo dviganje površinskih delov tal, kar ima za posledico poškodbe korenin ter celo odmrtnost rastline (Ćirić, 1984). Pozimi presežek vlage v tleh in nizke talne temperature povzročajo tvorbo ledenih plošč. Le te poškodujejo ali zadušijo prekrivne rastline in trave pozimi ter naglo ohladijo tla. Ledene plošče povzročijo hitro ohlajanje tal ter znižanje temperature, ker je led boljši prevodnik toplote kot zrak. Visok nivo talne vlage v tleh v jeseni lahko poškoduje nekatere rastline (na primer lucerno). Dokazali so, da je za preživetje lucerne najboljša vlažnost tal v jeseni pod 50 % poljske kapacitete. Problem je moč rešiti z drenažo. Marsikje so z drenažo površine spremenili do te mere, da je lucerno sedaj moč pridelovati, kljub temu, da so prej veljale površine za premokre (Mandelj, 2006).

2.2.2 Toplotne lastnosti tal

Toplota je eden najpomembnejših parametrov, ki odredajo fizikalne, kemijske in biotične procese v tleh. Od toplote v tleh so odvisne mnoge življenjske funkcije rastlin, predvsem pa kalitev semen, rast in razvoj korenin in rast ter razvoj rastlin.

Toplota, ki dospe na površino tal, se prenaša v notranjost tal, kjer je podvržena spremembam pod vplivom lastnosti tal. Osnovna parametra, ki regulirata gibanje toplote v tleh, sta specifična toplota in toplotna prevodnost.

2.2.2.1 Specifična toplota tal

Specifična toplota tal je količina toplote, izražena v J/kgK, ki je potrebna, da se 1 kg snovi segreje za 1 K (Ćirić, 1984). Specifična toplota ali toplotna kapaciteta c je izražena kot kalorije/gram (cal/g) (Brady, 2002).

Specifična toplota je odvisna od poroznosti, vlažnosti, in mineralne sestave tal. S povečanjem vlažnosti se specifična toplota tal veča, ker je specifična toplota vode dvakrat večja kot trdih delcev. Zmanjšanje vlažnosti oziroma povečanje količine zraka v tleh zmanjšuje specifično toploto tal. Posledično so vlažna tla hladnejša, ter suha tla toplejša. Prav tako so glinena tla hladnejša od peščenih, ker vsebujejo manj zračnega dela, ter več vode. Specifična toplota tal je odvisna tudi od barve tal (temna tla absorbirajo več sončne energije in se zato hitreje in močneje segrejejo od svetlejših tal), ter ekspozicije (najtoplejše lege so južne, nato zahodne, nato vzhodne, nazadnje severne). Peščena tla se spomladi hitreje ogrejejo kot glinena, zaradi nižje toplotne kapacitete, nižje toplotne konduktivnosti in manj ohlajanja z evapotranspiracijo. Svetla lahka tla se prej odtajajo ter prej segrejejo kot temna težka tla. V jeseni pa so posledično težka tla dalj časa topla, medtem ko se svetla tla hitreje ohlajajo z radiacijo in perkolacijo hladnega dežja. Vsebnost organske snovi v tleh reducira toplotno kapaciteto in toplotno konduktivnost tal, poveča sposobnost tal za zadrževanje vode, kar je zaznavno s temnejšo barvo tal. V vlažni klimi sta šota in gnoj zaradi velike vsebnosti vode hladnejša kot mineralna tla spomladi in poleti, vendar toplejša v jeseni in pozimi (Mandelj, 2006).

2.2.2.2 Toplotna prevodnost tal

Toplotna prevodnost je sposobnost materije, da toploto prenese iz ene molekule na drugo. Definiramo jo kot (k) količina toplote, ki v sekundi preide skozi 1 cm² nekega telesa debeline 1 cm, ko je razlika v temperaturi med obema sistemoma 1 °C (izražamo jo v W/mK). Večji kot je koeficient toplotne prevodnosti, hitreje tla prevajajo toploto in hitreje se ogrejejo v globino. Toplotna prevodnost je odvisna od lastnosti tal, poroznosti, vodnatosti, razmerja med trdno, tekočo in plinasto fazo tal. Večina trdnih delcev ima toplotno prevodnost okoli 0,02 W/(mK), zrak ima stokrat manjšo, voda pa 0,0058 W/(mK). To pomeni, da se v suhih tleh prevaja toplota preko trdnih delcev, ker je prevodnost preko zraka neznatna. Z naraščanjem vlažnosti raste toplotna prevodnost (Mandelj, 2006).

Preglednica 1: Toplotna prevodnost tal (Ćirić, 1984).

SNOV	K (W/mK)
Trdni delci	0,0200
Voda	0,0058
Zrak	100x manj

2.2.3 Temperaturna nihanja v tleh

Temperature tal na površini se spreminjajo podobno kot zračne temperature. Največje temperature spremembe so na površini tal in se z globino naglo zmanjšujejo. V nezmrzneni zemlji se dnevne spremembe opazijo do globine 60 centimetrov, letne pa do globine 10 metrov, pod to globino je temperatura stalna. Postopna rast temperature se začne na globini 20 metrov (Penzar I. in Penzar B., 1989).

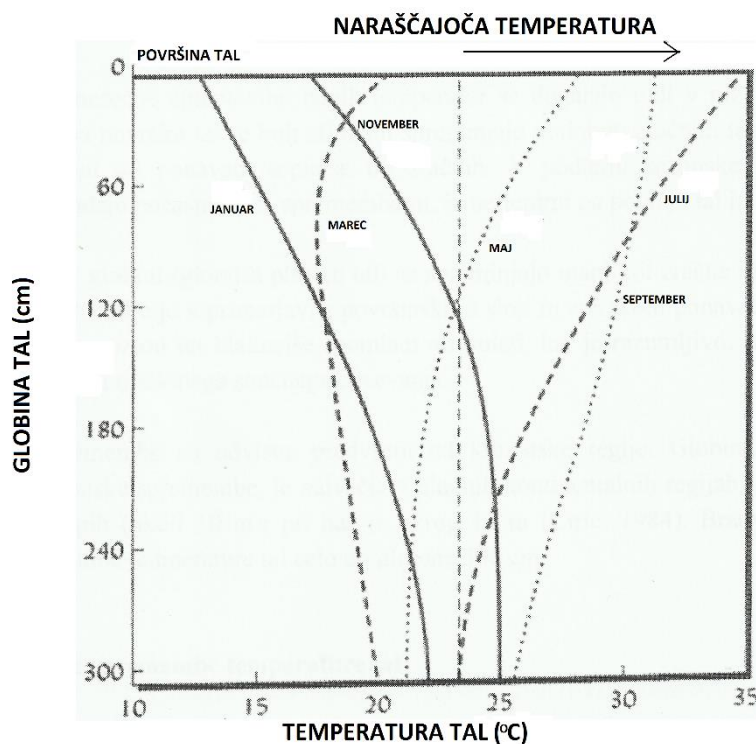
Standardni odklon z globino pada dogajanje pojasni enačba:

$$T(z, t) = \bar{T} + A(0) e^{\left(\frac{-z}{D}\right)} \sin\left(\omega t - \frac{z}{D}\right) \quad \dots (2)$$

Spreminjanje temperature tal na vseh globinah preko leta je periodično. $\bar{T}$ predstavlja dolgoletno povprečje, $A(0) e^{\left(\frac{-z}{D}\right)}$ pa je analogen standardni deviaciji.

2.2.3.1 Sezonska nihanja

V globini sezone temperature tal naraščajo in padajo počasneje kot temperature na površju tal. Zaradi temperature površinskega sloja ter zraka so tla v pozni jeseni in pozimi toplejša na večji globini, spomladi ter poleti pa so tla toplejša v plitvejšem delu tal. Globine, do katere zaznamo sezone spremembe, so odvisne predvsem od klimatske regije (v hladnih kontinentalnih regijah do 20 metrov, v tropih okoli 10 metrov) (Ćirić, 1984).



Slika 8: Spreminjanje temperature tal z globino v posameznih mesecih (prirejeno po Brady, 2002).

2.2.3.2 Dnevna nihanja

Tik pred sončnim vzhodom je temperatura zemeljskega površja najnižja, najvišja pa okoli poldneva oziroma malo pozneje. Zakasnitev minimalne in maksimalne dnevne temperature tal se veča z globino. Temperatura zraka in tal pri tleh je podnevi višja, ponoči pa nižja od temperature zraka na 2 metrih nad tlemi. Največja amplituda dnevne spremembe se kaže na sami površini tal in do globine okrog 20 do 40 cm. Na globini 30 cm spremembe redko preidejo razliko 3 °C, na globini 60 cm pa je sprememba za okoli 1 °C. Krivulja poteka sprememb dnevnih temperatur tal je podobna zračnim, vendar z zakasnitvijo, odvisno od toplotne prevodnosti tal. Povečanje temperature zraka zaznamo v tleh na globini 10 cm s triurno zamudo.

Vemo, da se v tleh pojavi čas zaostajanja maksimuma in minimuma toplotnega cikla temperature. Le tega lahko izrazimo z enačbo:

$$t_2 - t_1 = \frac{z_2 - z_1}{2} \sqrt{\frac{P}{k h \pi}} \quad \dots (3)$$

kjer sta t_2 in t_1 časa, ko sta opažena maksimum in minimum na globini z_2 in z_1 . P pomeni periodo oziroma čas, k je toplotna prevodnost tal, h je koeficient prehajanja toplote. Iz enačbe je razvidno, da je čas zaostajanja za površinskimi temperaturami linearno sorazmeren z globino v homogenih tleh.

Dnevne spremembe na površini tal so odvisne tudi od drugih dejavnikov; barva tal, osončenost, oblačnost, rastlinski pokrov, snežni pokrov.

Manjše dnevne spremembe v temperaturi tal so v mokrih in zbitih tleh ter v zmrznjenih tleh, kjer je močnejša vez med površino in globljim slojem tal. Stalno temperaturo tal imajo tla, pokrita s snegom (med 0 in 1 °C), ker zrak med delci snega prepreči izgubo toplote v tleh. Dnevna nihanja temperature tal so zelo velika na suhih in rahlih tleh, kjer ni dobre toplotne povezave med površino in globljim delom tal.

Temperatura tal za katerikoli točko pod površjem je podana z enačbo:

$$R_z = R_0 e^{\frac{-z\sqrt{\pi}}{khP}} \quad \dots (4)$$

Kjer sta R_0 in R_z temperaturi na površju in v globini z , P je perioda nihanja, K toplotna difuzivnost tal ter h koeficient prehajanja toplote. Iz enačbe je razvidno, da amplituda vsakega vala pada z globino eksponentno. Pri večji difuzivnosti ali daljši periodi amplituda počasneje pada z globino, zato se letne temperaturne spremembe počasneje odražajo kot dnevne.

Temperatura tal je odvisna od razlike med absorbirano energijo ter energijo, ki jo tla oddajajo. Konstantne spremembe se odražajo kot sezonske, mesečne in dnevne temperature.

2.2.4 Kako lahko vplivamo na temperaturo tal

Na temperaturo tal lahko vplivamo na dva načina, z regulacijo prejete ter oddane energije ter s spremembo toplotnih lastnosti tal.

Učinek vstopne energije lahko nadzorujemo z vzpostavitvijo izolacijskega pasu na talnem površju (prekrivke različnih materialov), tako bodo tla toplejša. Ta učinek lahko dosežemo tudi z gretjem tal, s spremembo absorptivnosti ter s spremembo zračne temperature (vetrne naprave, postavitve zaščite preprečijo udar hladnejšega zraka).

S povečanjem absorpcije tal, s spremembo toplotne kapacitete (namakanje ali osuševanje), s spremembo toplotne konduktivnosti (s kultiviranjem, valjanjem, irigacijo, rahljanjem), s spremembo evapotranspiracije (odstranitev plevela, regulacijo talne vlage, s postavitvijo mulča) pa lahko spremenimo toplotne lastnosti tal.

Pri obdelavi tal, ko ustvarjamo mulč, reduciramo toplotni tok med površjem in podtaljem. Talni mulč ima večjo izpostavljeno površino kot nezastrita tla ter prekinjene kapilare z vlažnimi pasovi spodaj, zato se vlaga v podtalju pod mulčem ohrani. Ponoči so obdelana tla hladnejša in bolj nagnjena k pozebi, imajo tudi večjo amplitudo dnevnega temperaturnega vala kot neobdelana.

Temperaturo tal dvigujemo tudi s polipropilenskimi folijami (tkanine, koprene). Prozorna folija dobro prepušča toploto (pod njo pa zraste veliko plevela), korenine pa bolje rastejo pod rjavo folijo, črne folije vpijejo vse sončne žarke in se ogrejejo tudi do 50 °C in več. Temperatura zraka tik nad folijo je podnevi višja, ponoči pa nižja, ker folija ne prepušča dolgovalovnih toplotnih žarkov zemeljskega sevanja. Pod prozorno folijo podnevi naraste temperatura tal za 2 do 10 °C, kar je odvisno od letnega časa, vrste tal, osončenosti in vlažnosti zemlje. Ponoči se podnevi zbrana toplota zaradi sevanja tal postopoma zmanjšuje in je razlika le 2 do 4 °C.

2.2.5 Vpliv klimatskih sprememb na tla

Nekatere lastnosti tal se počasi prilagajajo na spremembe, nekatere zelo hitro. Visoke temperature zraka in tal ter spremembe padavinskega režima lahko povzročijo čedalje več suš (kar se že dogaja) in s tem akumulacijo soli v tleh (slika 9). V mnogih tleh bi se zato lahko pojavilo pomanjkanje topnih soli. Povečala naj bi se izguba organske snovi iz tal. Zaradi spremenjene klime se lahko spremeni tudi vegetacija, kar vpliva na proces tvorbe tal. Določena področja so lahko posledično bolj izpostavljena eroziji. Ob spremembi klime se bodo spremenili tudi talni fizikalni, kemični ter biološki procesi, kar pomeni spremembo vsebnosti vode v tleh, vsebnosti organske snovi, biodiverzitete talnih organizmov. Posledica sprememb v tleh bo tudi sprememba albeda tal, ter s tem temperature tal.



Slika 9: Izsušeni travnik Šmartno pri Slovenj Gradcu 8.8.2013 (foto: Sinjur, cit. po Cegnar, 2013).

2.3 RASTLINSKI PROCESI

Temperatura tal skupaj z vodnatostjo pogojuje potek številnih fizikalnih, kemičnih in bioloških procesov v tleh in posledično v rastlini. Temperatura tal je lahko celo pomembnejša za rastlino kot temperatura zraka (Gams, 1989; Brady, 2002). Bukev, jesen in hrast lahko prenesejo temperature zraka do -25 °C, njihove korenine pa odmrejo pri -13 do -16 °C. V zmrznjenih tleh se kemični in biološki procesi upočasnijo ali celo zaustavijo. Pod temperaturo tal 5 °C se rast korenin ter celotne rastline ustavi.

Temperatura tal vpliva na kalitev semen, funkcijo korenin, rast in razvoj rastline, razvoj rastlinskih bolezni. Zelo visoke temperature lahko škodujejo koreninam in povzročijo poškodbe stebela rastlin. Nizke temperature pa ovirajo oziroma preprečijo sprejem hranilnih snovi ter talne vlage v rastlino. Pri temperaturi 1 °C talna vlaga ni več dostopna rastlinam (Chang, 1971). Na področju hladnejših klimatskih razmer temperatura tal narekuje možnost kmetijske pridelave ter naravne vegetacije.

Rastline imajo določene optimalne temperature, sama rast pa je mnogo bolj odvisna od temperature tal kot od temperature zraka. Koruza najbolje raste pri talni temperaturi 25-30 °C in je rastlina toplih območij, rž ima optimalno rast pri temperaturi tal 12-18 °C in je rastlina hladnejših območij. Tako temperatura tal pogojuje produktivnost kmetijskih rastlin v toplejših in hladnejših območjih. Različni procesi v rastlini imajo različne zahteve glede temperature.

2.3.1 Kalitev

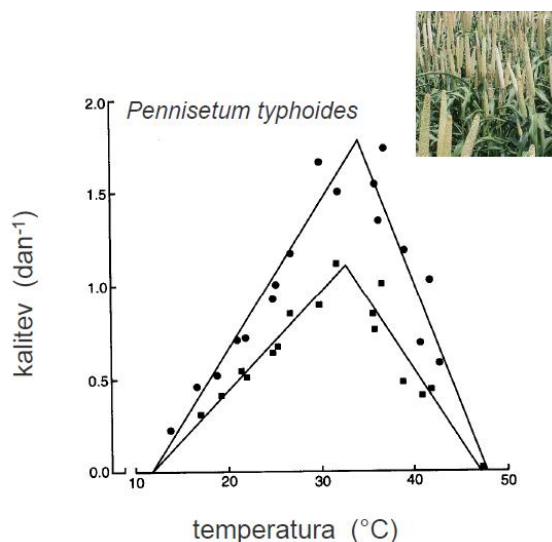
Za kalitev fiziološko zrelega semena (slika 10) je potrebna ustrezna vlaga, toplota ter kisik. Naraščajoča temperatura do določene meje povečuje hitrost in moč kalitve (slika 11). Za vsako rastlinsko vrsto definiramo tri glavne točke, temperaturni minimum, optimum (temperatura, pri kateri je kalitev najbolj intenzivna) in maksimum. Pri nekaterih rastlinah se fiziološka in morfološka zrelost ujemata in taka semena lahko vzkalijo takoj, ko padejo na ugodna tla.



Slika 10: Potek kalitve pri fižolu *Phaseolus vulgaris* (Pušenjak, 2015).

Druga kljub ugodnim razmeram ne vzkalijo, ker jim inhibitorji prepričujejo kalitev. Obdobje mirovanja se zaključi, ko se pod vplivom nizkih temperatur inhibitorji razgradijo in se ob ugodnih pogojih poveča delež hormonov v semenu. Za vsako rastlino je določen temperaturni prag. Nad to temperaturo je faza mirovanja zaključena in v ugodnih razmerah (temperatura, vlaga, čas) seme vzkali. Najprej kaleče seme začne nabrekati zaradi vpijanja vode. V tej prvi fazi je proces reverzibilen, seme vpija toliko vode, da mitohondriji postanejo fiziološko aktivni. V tej fazi temperatura ugodno vpliva na proces (vpliv na hidratacijo celic). Pri višjih temperaturah je lahko nabrekanje nekajkrat večje kot pri nižjih temperaturah. S tem, ko temperatura pospešuje absorpcijo vode tkivom omogoča aktivacijo

številnih procesov. Ireverzibilna, druga faza kaljenja semena nastopi, ko se začne večati volumen in teža semena. Na rastnih vršičkih in plumuli se začne delitev celic. Pri ugodnih temperaturnih razmerah ta faza nastopi prej in količina sprejete vode je manjša.



Slika 11: Odvisnost kalitve od temperature pri travi *Pennisetum typhoides* (Vodnik, 2008).

Med kalitvijo poteka tudi dihanje, na katerega ima temperatura pomemben vpliv. Intenzivnost dihanja namreč narašča z višanjem temperature do neke meje, nato začne padati. Dihanje je oksidacijski proces, v katerem kisik reagira z ogljikom in vodikom iz glukoze, pri čemer nastane voda ter ogljikov dioksid in se sprosti glukoza. Ta energija se porabi za delitev celic ter posredno za rast in razvoj rastline. V sekundarnem endospermu, perispermu ali kličnih listih ima rastlina shranjene rezervne snovi, ki jih potrebuje za dihanje. Hranilne snovi so ločene od kalčka, zato se tvorijo pri kalitvi hormoni, ki prenašajo hranilne snovi v klične liste. Tu se aktivirajo fermenti, s pomočjo katerih se rezervne snovi pretvorijo v primerno obliko za prehrano kalčka. Tudi za aktivnost hormonov in encimov je pomembna temperatura. Razgrajeni sladkorji se prenašajo v kalček preko ščitka. Del teh ogljikovih hidratov se porabi za dihanje, del pa za sestavo novih sestavin celic (glikoliza) (Vodnik, 2008).

Po kalitvi je mlada rastlina zelo občutljiva na znižanje temperature tal in zraka, količino padavin, osončenost. Že v začetni fazi razvoja lahko negativni vplivi okolja bistveno vplivajo na razvoj korenin, kasnejšo rast in razvoj nadzemnih delov rastline, ter na splošno na normalen potek fizioloških procesov v rastlini, od katerega je odvisna kmetijska pridelava.

Pri nižjih temperaturah tal, pri poznih jesenskih setvah ali zgodnji pomladanski setvi, je kalitev počasna in tako so mlade rastline dalj časa izpostavljene napadu različnih gliv v tleh. Nižje temperature vplivajo na močnejši pojav rje, napad sneti. Močnejši napad smrdljive sneti pri pšenici tako lahko opazimo pri kasnejši jesenski setvi ali zgodnji pomladanski. Dalj časa kot pšenica rabi za kalitev (od faze prvega lista do koleoptile) lažje klice okužijo že vzkaljene klamidospore smrdljive sneti. V vročih poletnih dneh so ugodne

razmere za napad gliv iz rodu *Fusarium*, *Verticillium*. Te glive okužijo rastline, ki imajo moteno oskrbo z vodo, ter se tako zmanjša odpornost teh rastlin.

Preglednica 2: Hitrost kaljenja vrtnin v odvisnosti od temperature tal (Mandelj, 2006).

RASTLINA	ŠT. DNI DO VZNIKA PRI 5 °C	ŠT. DNI DO VZNIKA PRI 12 °C	ŠT. DNI DO VZNIKA PRI 20 °C
Rdeča pesa	40	12	7
Zelje	30	9	5-8
Korenje	40	15	5-10
Por	60	22	6-12
Jajčevac	30	10	6
Solata	47	8	4

Preglednica 3: Čas in globina setve poljščin (Mandelj, 2006).

RASTLINA	ČAS SETVE (datum)	GLOBINA (cm)
Ozimna pšenica	5.10.-25.10.	2-5
Grah	15.2.-30.3.	3-6
Nizki fižol	25.4.-15.5.	2-4
Oljna ogrščica	20.8.-5.9.	1-2,5
Buča	5.5.-15.5.	2-4
Nizki fižol	25.4.-15.5.	2-4
Ozimni ječmen	15.9.-15.10.	3-4

Znižanje temperature tal takoj po kalitvi lahko povzroči poškodbe v rastlini, zastoj v rasti ali celo odmrtnje rastline. Zato je setev oziroma sajenje zelo pomembno agrotehnično opravilo, ki ga opravimo potem, ko niso več napovedane nižje temperature tal od potrebne temperature za kalitev. Prognoza roka setve oziroma saditve je v bistvu prognoza temperature tal na določeni globini. S setvijo oziroma s saditvijo začnemo, ko se tla segrejejo do biotičnega praga, potrebnega za kalitev semena. Različne rastlinske vrste imajo različne potrebe po temperaturi tal za kalitev, pa tudi globina saditve oziroma setve je različna (kar je razvidno iz preglednice 2 in 3). Koliko časa po setvi bo seme vzniknilo, je odvisno od temperature tal. Višja temperatura tal pomeni hitrejši vznik semena (do neke točke), kar lahko razberemo iz preglednice 2. Pri 5 °C potrebuje seme rdeče pese 40 dni do vznika, pri 12 °C samo 12 dni, pri 20 °C 7 dni. Podobno tudi korenje, pri 5 °C vzkljuje seme v 40 dneh, pri 12 °C pa v 15 dneh. Zato je potrebno spremljati temperature tal spomladi ter setev načrtovati, ko so temperature tal primerne za našo vrtnino oz. poljščino. V preglednici 3 tudi vidimo, da imajo različne vrste rastlin različne globine setve, po globini pa se temperatura tal seveda razlikuje. Zato pri setvi priporočamo spremljanje prognoze temperature tal, da ujamemo najbolj primeren čas za opravilo ter imamo posledično bolj zdrav in večji pridelek.

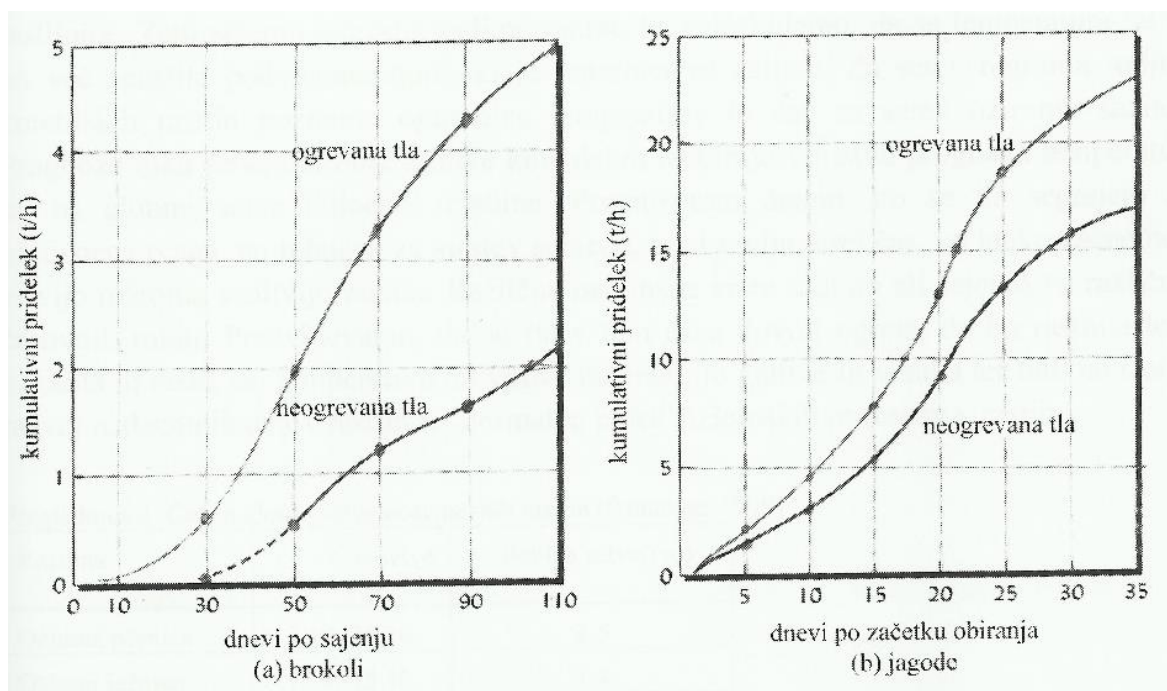
2.3.2 Korenine

Korenine so nitasta tvorba, ki po navadi rastejo v tla (zračne tudi v zrak) ter imajo funkcijo pričvrstitve rastline v tla. So rezervoar za shranjevanje ter služijo za dotok hranil v druge dele rastline. Zgodaj spomladi, ko so tla hladnejša, procesi v korenini potekajo počasi.

Mlade rastline imajo spomladi rumenkast videz, ki je posledica pomanjkanja fosforja, ki ima pri nizkih temperaturah počasnejši dotok do rastline (posledično so znaki pomanjkanja elementa). Ko se tla dovolj ogrejejo, pojav izgine. Znak nizke temperature tal je tudi zimska pozeba. Na sončen zimski dan ali zgodnje pomladanski dan lahko rastlina odmre zaradi hitrega osuševanja in počasnega dotoka vode (v hladnih dneh ne morejo slediti višku izhlapevanja). Zato je priporočljivo grme pozimi zaščititi z zastirko, s slamo, s smrekovimi vejami, saj tako omilimo močnejšo transpiracijo iz rastline, ki je v jasnih ter hladnih zimskih dneh hitrejša od dotoka vode v rastlino (Mandelj, 2006).

2.3.3 Pridelek

Temperatura tal lahko vpliva tudi na količino in kakovost pridelka. Visoke temperature lahko pri gomoljih krompirja povzročijo degeneracijo (optimum temperature tal za krompir je 17 °C, pri temperaturi višji od 29 °C se gomolji ne morejo več tvoriti). Na sliki 12 lahko vidimo, koliko se količina pridelka brokolija ter jagod lahko poveča, če segrevamo tla.



Slika 12: Vpliv segrevanja tal v eksperimentu v Oregonu na pridelek brokolija in jagod. Če tla ogrevamo, lahko povečamo pridelek (prirejeno po Brady, 2002).

2.3.4 Mikrobiološki procesi

Razkroj organskih ostankov in nastanek humusa je oksidativni biokemični proces, ki poteče s pomočjo sodelovanja organizmov. Za potek procesa je potrebna optimalna temperatura, vlaga, prezračevost tal, pravilno razmerje med ogljikom in dušikom, ter hranila za organizme (dušik, fosfor). Temperatura tal vpliva tudi na kroženje hranil v tleh (amonifikacija, nitrifikacija, denitrifikacija). Hitrost denitrifikacije strmo narašča od 2,0 °C

do 35 °C. Biološka ničla je pojav, ko pod temperaturo 5 °C talni mikrobni procesi in razkroj organske snovi prenehajo. Nivo mikrobnih procesov naraste za 5 °C na vsakih 10 °C v območju med 35 in 40 °C. Mikrobna respiracija je odvisna od temperature tal in ima pomembno vlogo pri talnem zračenju, razkroju organskih ostankov in na kroženje hranil v tleh. Pri nizki temperaturi (8-10 °C) je mikrobiološka oksidacija amonijevih ionov v nitratne ione malenkostna, saj ta proces poteka pri temperaturi nad okrog 30 °C (Brady, 2002).

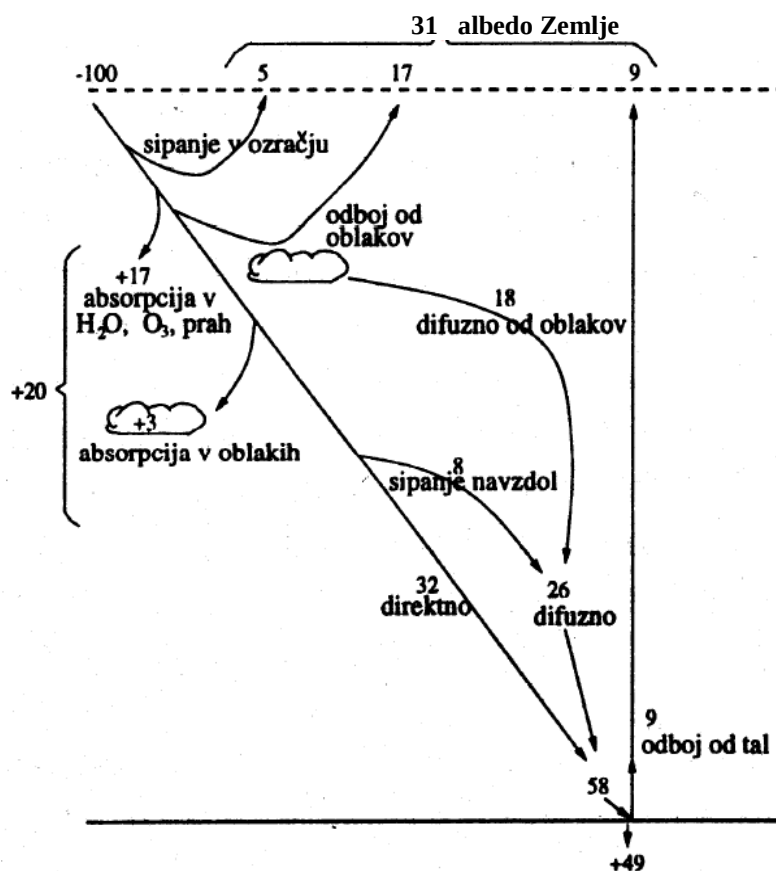
2.4 TERMODINAMIKA ATMOSFERE

Za Zemljo in njeno atmosfero je glavni vir toplote sončno sevanje. Energija sončnega sevanja v precejšnji meri neovirano preide skozi atmosfero, na površju Zemlje pa se energija delno absorbira, delno pa odbije. Zaradi absorbirane energije se tla segrejejo, topla tla nato segrevajo atmosfero. Del sončnega sevanja prehaja na zemeljsko površino kot direktno ter razpršeno sevanje.

Radiacijska energija se razdeli na:

- odboj od tal (odvisno od albeda tal),
- izguba z dolgovalovnim sevanjem,
- s kondukcijo v tla,
- s konvekcijo v atmosfero (tok zaznavne toplote),
- poraba za izhlapevanje (tok latentne toplote).

Po izvoru sevanje delimo na sončno sevanje (izvira iz Sonca), ter terestično sevanje (izvira iz atmosfere, oblakov, tal). Razlika med njima je njuna temperatura sevanja, Sonce seva pri 6000 K, atmosfera in tla pa pri temperaturi 210-310 K. Energija sončnega sevanja na poti do tal oslabi, v odvisnosti od dolžine poti skozi atmosfero in gostote absorbirajočega plina v posamezni plasti (slika 13). Telesa (atmosfera, oblaki, površje Zemlje) energijo deloma vpijajo (absorbirajo), deloma prepuščajo, deloma oddajo. Najboljši sevalci so črna telesa, ki energijo popolnoma absorbirajo. Večino sončnega toplotnega sevanja Zemlja prejme v obliki vidne svetlobe (svetloba v jasnih dneh nemoteno prodre do tal). Zemlja sončno sevanje absorbira in se ogreva, prejeto toploto pa ponovno izseva (Rakovec in Vrhovec, 2007). Sončni žarki sevajo na Zemljo kot direktno sevanje ali razpršeno sevanje. Vsoto imenujemo energija globalnega obsevanja ali globalno obsevanje. Pri prehodu skozi atmosfero brez oblakov sončna energija oslabi za 19 % (toliko vpije atmosfera). Na površini se del sončevega sevanja odbije nazaj v atmosfero. Koeficient odboja imenujemo albedo (Kajfež-Bogataj, 2011).



Slika 13: Slabitev sončnega sevanja pri prehodu skozi ozračje (Kajfež-Bogataj, 2011).

Le 30 % vpadne sončne svetlobe se odbije od atmosfere (25 %) in tal (5 %) v obliki vidne svetlobe. Ostalih 70 % se porabi za ogrevanje atmosfere (25 %) in tal (45 %). Ta energija se odbije nazaj v atmosfero kot infrardeče sevanje. Na svoji poti se večkrat absorbira in ponovno izseva preden uide v vesolje. Vsakič se polovico izseva proti Zemlji, polovica proti vesolju. Odbito toplotno sevanje dodatno ogreva tla in nižje plasti atmosfere. Količina odbitega sevanja je odvisna predvsem od tega, kako močno ozračje absorbira infrardeče sevanje, torej od tega, koliko je v njej plinov tople grede, predvsem vodne pare in ogljikovega dioksida (Kajfež-Bogataj, 2011).

Sonce je edini vir energije na Zemljo ter tako tudi primarni vir energije za ogrevanje tal. Oblaki ter prašni delci v zraku prestrežejo sončne žarke ter jih absorbirajo, raztresejo ali reflektirajo. V oblačnih in humidnih področjih doseže Zemljo 35-40 % sončevega sevanja, v aridnih območjih brez oblačnosti pa 70 %. Večino energije se porabi za evaporacijo vode iz tal in listnih rež ali reflektira nazaj v nebo, le 10 % energije pa se absorbira v tla ter ogreva tla (Brady, 2002). Glavnino toplote za Zemljo priskrbi Sonce, v manjši meri pa še: zemeljska toplota (geotermična energija), človek (termoelektrarne, peči, požigi...), sežig organskih snovi, energija, ki nastane zaradi privlačnosti drugih nebesnih teles (predvsem Lune) (Kajfež-Bogataj, 2011).

Preglednica 4: Albedo nekaterih naravnih površin (Kajfež-Bogataj, 2011).

NARAVNE POVRŠINE	ALBEDO
Zemlja (kot planet)	0,34
Svež sneg	75-90
Sklenjena oblačna plast	60-90
Suh pesek	18
Temna vlažna ilovica	2-8
Voda	3-10
Zelena trava	12-30
Žitna polja	10-25
Gozd	5-20

S pojmom dolgovalovno sevanje poimenujemo sevanje Zemlje in atmosfere in je odvisno od količine in razporeditve H_2O ter CO_2 . Zaradi njunih temperatur so valovne dolžine daljše kot pri Soncu. Pod $3\ \mu m$ je 98 % energije sončnega sevanja, nad $100\ \mu m$ pa 99 % energije sevanja tal in atmosfere (Hočevár in Petkovšek, 1984). Dolgovalovno sevanje je največje, če je nebo prekrito z oblaki, ki so večinoma sestavljeni iz vodnih kapljic. Oblaki vpijajo sevanje zemeljske površine kot črno telo in se segrevajo ter sevajo nazaj, kar pojasnjuje Kirchoffov zakon. Pri oblačnem vremenu dobi zemeljska površina od atmosfere več energije kot pri jasnem vremenu, saj je vpoj sevanja H_2O ter CO_2 v celoti pri jasnem nebu znatno manjši. Zato se v mirnih nočeh z jasnim nebom zemeljska površina bolj ohladi kot v oblačnih nočeh. Temperatura tal se ob jasnih dneh bolj spreminja kot če je oblačno (Garcia-Suarez in Butler, 2005).

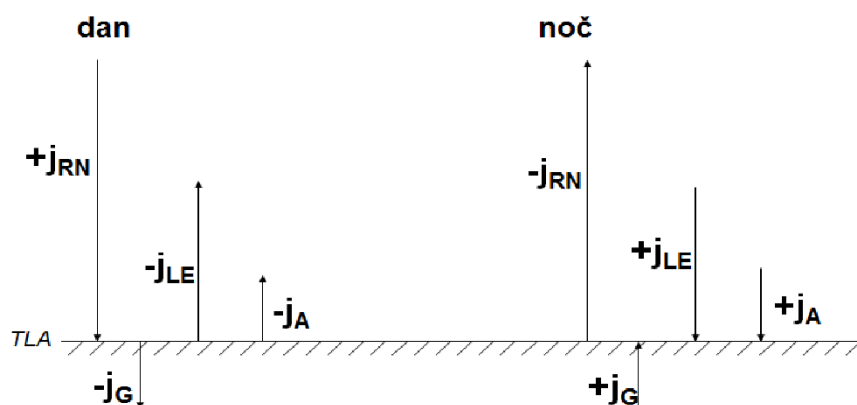
2.4.1 Energijska bilanca tal

Energijska bilanca tal je vsota vseh energijskih tokov, ki prihajajo na površino ali in odhajajo z nje. Upoštevati moramo naslednje energijske tokove: direktno sončno sevanje, dolgovalovno sevanje ozračja ter kondukcijo toplote iz tal. Iz enačbe lahko določimo deleže energije, ki jo tla prejemajo in je od nje odvisna temperatura tal. Ker ploskev ne more akumulirati energije, je vsota vedno nič, vrednosti posameznih členov pa se spreminjajo (Črepinšek, 2007).

Enačbo energijske bilance tal zapišemo kot:

$$J_{RN} + j_G + j_A + j_{LE} = 0 \quad \dots (5)$$

Kjer je J_{RN} neto sevanje (W/m^2) oz. vsota vseh sevanj, j_G pomeni gostoto toplotnega toka v tleh (kondukcija), j_A je gostota toka zaznavne toplote (konvekcija) ter j_{LE} pomeni gostoto toka latentne toplote (konvekcija).



Slika 14: Tipične smeri in velikosti energijskih tokov na površini tal ob radiacijskem vremenu (+ 'pozitivni členi' tlom prinašajo energijo, -'negativni členi' tlom odnašajo energijo) (Črepinšek, 2007).

Slika 14 prikazuje velikosti in smeri energijskih tokov na površini tal. Pozitivni členi prikazujejo energijo, ki doteka v tla, negativni pa tlom odnašajo energijo. Energijska bilanca je podnevi in ponoči enaka nič. Pozitivni člen podnevi je vsota različnega sevanja na tla (neto sevanje), ponoči je ta vrednost negativna. Energija neto sevanja se porabi za segrevanje tanke plasti tal in zraka nad njo in za izhlapevanje vode na površini. Podnevi predstavlja negativne člene gostota toplotnega toka v tleh, gostota toka zaznavne toplote ter gostota toka latentne toplote. Ti členi ponoči predstavljajo pozitivne člene.

2.4.1.1 Konvekcija

Konvekcija je prenos toplote z gibanjem tekočine. Naravna konvekcija se pojavi zaradi razlik v gostoti zraka, ki se pojavlja ob neenakomernem segrevanju zemeljske površine, ki posredno neenakomerno segreva zrak. Nad toplimi območji se zrak segreva in zato dviga in s seboj v višino prenaša zaznavno toploto, vlago in onesnaženje. Prisilna konvekcija je posledica mehaničnih sil zaradi orografije, pri trenju med posameznimi zračnimi plastmi, ki se gibljejo z različnimi hitrostmi, pri trenju zraka ob zemeljsko površino (valovanje zraka, prisilni dvigi zraka ob gorskih pregradah in ob frontah, striženje vetra) (Črepinšek, 2007).

Zaznavna toplota

Gostota toka zaznavne toplote je pojav, ko se toplejši delec zraka s pomočjo vrtincev primeša med hladnejši zrak in se hladi (odda toploto) in obratno.

$$j_A = -\rho \cdot c_p \cdot K_A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta z} \quad \dots (6)$$

V enačbi gostote toka zaznavne toplote (j_A) predstavlja ρ gostota zraka pri tleh (kgm^{-3}), c_p specifično toploto zraka pri konstantnem pritisku ($1004 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$), K_A je turbulentna difuzivnost zaznavne toplote (m^2s^{-1}), $\frac{\Delta T}{\Delta z}$ je vertikalni temperaturni gradient v tleh (Km^{-1}).

Latentna toplota

Do pojava latentne toplote pride, če zaradi ohlajanja oziroma segrevanja delca zraka, ki se pomeša z okolico z drugačno temperaturo, pride do fazne spremembe vode (utekočinjenje oz. izhlapevanje) v zraku, pri tem se sprosti oziroma porabi dodatna energija.

$$j_{LE} = -\rho \cdot L \cdot K_{LE} \cdot \frac{\Delta q}{\Delta z} \quad \dots (7)$$

V enačbi ρ predstavlja gostoto zraka pri tleh (kgm^{-3}), L specifično izparilno toploto vode (Jkg^{-1}), K_{LE} je turbulentna difuzivnost latentne toplote (m^2/s), $\frac{\Delta q}{\Delta z}$ pa vertikalni gradient specifične vlažnosti (m^{-1}).

2.4.1.2 Kondukcija

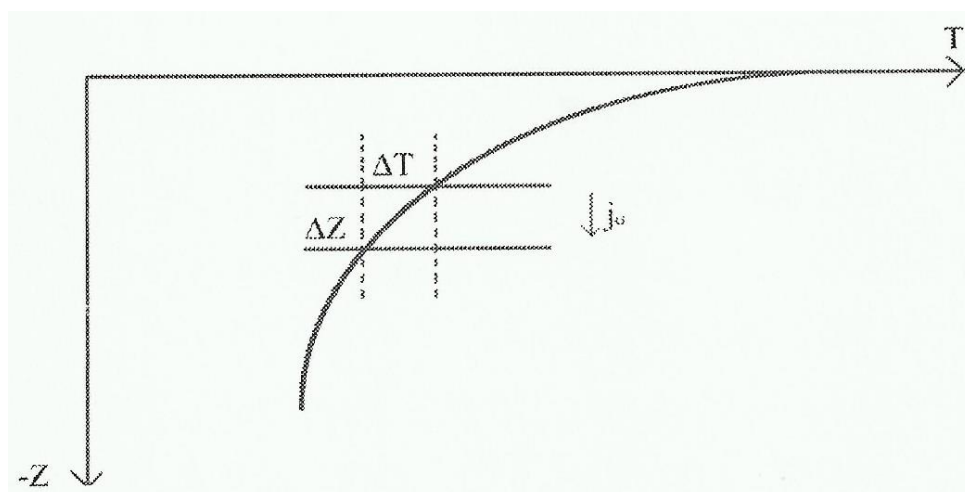
Kondukcija je prenos toplote z neposrednim dotikom. Vpliva na temperaturne razmere v tleh, kondukcija pa je odvisna od volumske kapacitete tal. Toplotna prevodnost je posledično odvisna od: mineralne sestave agregatov v tleh, teksture, strukture, volumna por, vodne kapacitete, količine organske snovi. Toplotna prevodnost zraka je znatno manjša od toplotne prevodnosti vode in snovi. Tla z velikim volumnom por imajo majhno toplotno prevodnost. Če se pore nasičijo z vodo, se toplotna prevodnost poveča. Z vodo nasičena tla imajo nekajkrat večjo toplotno prevodnost kot suha tla (Kajfež-Bogataj, 2011).

Temperatura v homogenih tleh se spreminja samo z globino in časom. Gostota toplotnega toka je sorazmerna vertikalnemu temperaturnemu gradientu, sorazmernostni faktor pa je toplotna prevodnost.

V homogenih tleh se energija prenaša v skladu z izrazom:

$$j_G = -k \frac{\delta T}{\delta z} \quad \dots (8)$$

kjer je j_G gostota toplotnega toka, k predstavlja toplotno prevodnost, $\frac{\delta T}{\delta z}$ pa je vertikalni temperaturni gradient v tleh.



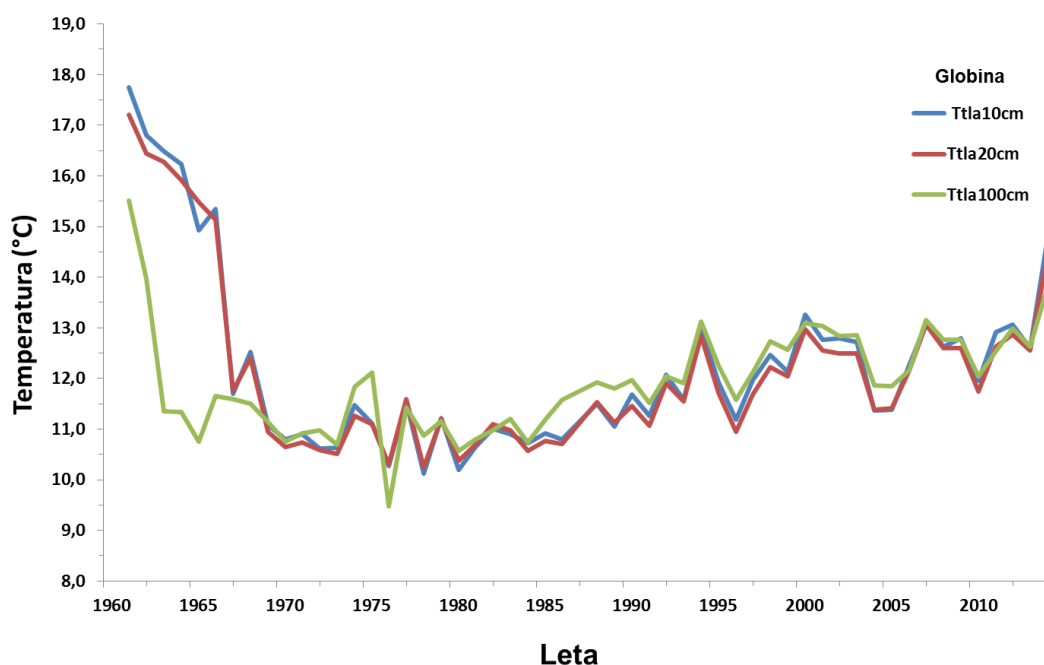
Slika 15: Prenos toplote v tleh s kondukcijo (Mandelj, 2006).

Časovna sprememba temperature je sorazmerna ukrivljenosti krivulje, ki predstavlja potek temperature z globino (slika 15). Čim bolj je krivulja ukrivljena, tem večje so časovne spremembe temperature tal. Če se temperatura linearno spreminja z globino (ukrivljenost nič), se temperatura s časom ne spreminja (Mandelj, 2006).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 ARHIV PODATKOV

Meteorološke podatke smo pridobili na spletni strani Agencije Republike Slovenije za okolje in sicer v elektronski obliki povprečne dnevne vrednosti. Meritve temperature so se v Sloveniji začele leta 1951, vendar so podatki prvih let manj zanesljivi, saj je metoda merjenja potrebovala nekaj časa, da je dozorela. Sprva se je merilo na različnih globinah, ob različnih časih, na različnih postajah različno. Ponekod so merili samo v vegetacijskem obdobju, drugod vse leto, ponekod na nekaterih globinah meritve sploh niso potekale. Merilna mesta so se tudi večkrat selila, nizi podatkov tudi niso popolni. Usklajene meritve so se začele leta 1967, vendar so se v tem času postaje tudi mnogo selile. Za čim bolj zanesljive podatke smo želeli čim bolj izključiti selitve postaj ter pridobiti čim bolj popoln niz podatkov (največjo težavo je predstavljala globina 100 cm, ki so jo ponekod na začetku merili le v vegetacijskem obdobju). Merilno mesto Ljubljana Bežigrad ima najdaljši in najbolj popoln niz podatkov za temperaturo tal. Vendar lahko vidimo iz slike 30, da kot smo že omenili, da prva leta meritve še niso natančne in zanesljive. Po letu 1967 so se meritve poenotile in tudi zanesljivost podatkov ni več vprašljiva. Vendar pa smo zaradi primerljivosti podatkovnih nizov in želje, da bi analizirali podatke tudi prostorsko, izbrali podatke po letu 1980 ter dodali k analizi še merilna mesta Novo mesto, Murska Sobota ter Lesce. Kljub želji, da bi imeli v analizi še merilno mesto iz Primorskega konca, ki ima čisto drugačno klimo, podatki nobene postaje niso ustrezali.



Slika 16: Povprečne letne temperature tal v Ljubljani za globine 10, 20 in 100 cm od leta 1960 do 2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

S spletne strani Agencije Republike Slovenije za okolje smo pridobili podatke o srednji dnevni vrednosti temperature tal za tri globine (10, 20 in 100 cm). V programu Microsoft Excel smo z interpolacijo dodali še manjkajoče podatke, kjer je bilo to mogoče. Interpolacija je v matematiki približna vrednost funkcije znotraj obsega znanih nepovezanih vrednosti neodvisne spremenljivke. Uporabili smo linearno metodo interpolacije, ki deluje med dvema znanima točkama. Orodje v Excelu za interpolacijo je funkcija FORECAST, ki napove vrednost z uporabo obstoječih vrednosti. Prav tako smo izključili nesmiselne vrednosti in jih interpolirali. Merilni mesti Ljubljana ter Lesce imata skoraj popolni niz podatkov, največ manjkajočih podatkov pa je pri Murski Soboti. Tistih mesecev oz. let, ko podatki manjkajo, nismo uporabili v nalogi. V grafih so manjkajoče celice povezane skupaj.

3.2 MERITVE TEMPERATURE TAL

Meritve talnih temperatur potekajo na globinah 2, 5, 10, 20, 30, 50 cm trikrat dnevno (ob 7h, 14h, 21h UTC) ter na 100 cm (ob 14h UTC). Uporabljajo se kolenčni živosrebrni termometri z bučko na določeni globini. Na globinah do 30 cm so termometri zakopani v zemljo in so statični. V zadnjih letih je odčitavanje avtomatsko na vsako uro in ne več le trikrat dnevno. Uvedba novih meritev ter klasičnih meritev je nekaj časa potekala vzporedno, v arhivu so podatki klasičnih meritev.

Do globine pol metra se dnevna povprečna temperatura računa po formuli:

$$T_d = \frac{T_7 + T_{14} + T_{21}}{3} \quad \dots (9)$$

T_d povprečna dnevna temperatura tal

T_{7h} temperatura merjena ob 7:00 h

T_{14h} temperatura merjena ob 14:00 h

T_{21h} temperatura merjena ob 21:00 h

Na globini enega metra pa je dnevna povprečna temperatura $T_d = T_{14h}$. Dnevni hod na globini enega metra ne presega nekaj desetink stopinje. Za merjenje temperature na manjših globinah se uporabljajo živosrebrni kolenasti termometri, zviti pod različnimi koti (90°, 135°, 225°) ali alkoholni kolenasti termometri, vgrajeni v kovinski oklep z ostrim vrhom, ki se zabode v tla. Kolenčni termometri imajo lomljeno obliko. Bučka termometra je zabodena vertikalno v tla, na termometru je označena globina. Skala termometra je pri tem nagnjena za 45°, da se vrednost na skali čim lažje bere, ter obrnjena proti jugu, da imajo sončni žarki nanjo čim manjši vpliv. Kolenasti termometri so trajno zakopani v tla. Tla ob termometru morajo biti čim bolj naravna in zato pri postavitvi ne kopljejo jame, ampak potisnejo termometer v tla.

Agencija Republike Slovenije vsakodnevno objavlja podatke o temperaturi in stanju tal na spletnem portalu Meteo. Vidimo lahko podatke za temperaturo tal na globini 5 in 10 cm ter podatek, ali so tla namočena, vlažna ali suha. Podatki nam lahko služijo kot usmeritev pri agrotehničnih opravilih v kmetijstvu.

Kolenčni termometer

Za merjenje temperature na večjih globinah se uporablja oklepni geotermometer (50 in 100 cm). Termometer je vgrajen na leseno palico, bučka na koncu je obdana z medeninastim obročem. V cev se vstavi geotermometer, nataknen na palico, da pride do dna cevi. Poleg tega cev gleda iz zemlje okoli pol metra, da snežni pokrov pozimi ne ovira odčitavanja. Termometer se ob določeni uri povleče iz zemlje in odčita temperaturo.



Slika 17: Različni termometri za meritve tal (levo; Five ..., 2015, desno; More ..., 2015).

3.3 STATISTIČNE OBDELAVE

Za preučevanje in sklepanje na klimatske spremembe so zaželeni čim daljši in neprekinjeni nizi podatkov. Za statistično obdelavo podatkov smo tako izbrali obdobje 34 let (1980-2014), saj je zanesljivost podatkov v tem obdobju že zelo dobra. Zanesljivost izračunanih vrednosti povečuje dejstvo, da smo izbrali zaporedna leta in se s tem izognili slučajnosti izbora ekstremnih let. Manjkajoče podatke smo poskušali zapolniti z metodo interpolacije, kjer je to le bilo mogoče. Drugače pa smo obdobja, kjer so podatki manjkali, izključili iz obravnave.

Pridobljene povprečne dnevne vrednosti temperature tal smo statistično obdelali. Zaradi boljšega razumevanja lastnosti tal smo si ogledali opisno statistiko; aritmetično sredino, minimalno in maksimalno vrednost, standardni odklon. Dinamiko pojavov analiziramo tako, da opazujemo spreminjanje vrednosti členov v časovnih vrstah in iščemo zakonitosti tega spreminjanja. Naloga enostavne analize je primerjava med členi v vrsti. Časovna vrsta je številčen izraz časovnega dogajanja vseh dejavnikov, ki vplivajo na pojav, katerega vrsta prikazuje. Njihova moč in učinek se lahko spreminjata, zato se členi časovne vrste spreminjajo. Nekatere spremembe lahko testiramo z regresijsko analizo. To je statistična metoda, ki nam pomaga analizirati odnos med odvisno spremenljivko in eno ali več neodvisnimi spremenljivkami. Kompleksen vpogled v dinamiko časovne vrste dobimo z grafičnim prikazom, tako imenovanim razsevnim grafikonom. V koordinatnem sistemu na absciso os nanašamo čas (leta, meseci, letni časi), na ordinatno os pa temperaturo tal

(spremenljivka). Osredotočimo se na smer razvoja oz. trende. K izračunanim trendom dodamo interval zaupanja s 95 % stopnjo zaupanja ter naredimo testno statistiko, s katero si pomagamo, da določimo ali je linearni trend statistično značilen. V nalogi ugotavljamo velikost ter obliko trenda časovnih vrst. Meteorološke spremenljivke so po navadi korelacijsko povezane. Povezanost oziroma soodvisnost med dvema časovnima vrstama merimo s korelacijskim koeficientom. Osnoven izračun korelacijskega koeficienta je Pearsonov. Pri vrednosti $k = 1$ ali $k = -1$ (k – korelacijski koeficient) sta spremenljivki popolno povezani, za $k = 0$ pa pomeni da sta korelacijsko neodvisni. Vendar Pearsonov koeficient meri le linearno odvisnost. Koeficient determiniranosti je še en statistični način, kako različne časovne vrste primerjati med seboj. Ker ni odvisen od enot, je zelo primeren za meteorološke spremenljivke. Koeficient r^2 meri, kolikšen del variacije spremenljivke lahko pojasnimo s predvidenim trendom. Če je $r^2 = 1$, obstaja v vzorcu popolna korelacija ter med modeliranim in dejanskimi vrednostmi ni razlik. Če je koeficient r^2 blizu vrednosti 0, o trendu ni smiselno govoriti.

Obdelava podatkov

Podatke smo statistično obdelali v programu Microsoft Excel 2010. Najprej smo manjkajoče podatke interpolirali, nato smo iz povprečnih dnevnih vrednosti preračunali mesečne, letne, sezonske ter polletna povprečja za posamezne kraje in globine. Naredili smo primerjalno analizo med globinami ter kraji in izrisali grafe.

3.4 METEOROLOŠKE POSTAJE

Preglednica 5: Podatki o meteoroloških postajah (nadmorska višina, geografska širina ter dolžina in tip tal) (ARSO, 2015).

KRAJ	NADMOSKA VIŠINA (m)	GEOGRAFSKA ŠIRINA	GEOGRAFSKA DOLŽINA
Ljubljana	299	46°4'	14°31'
Novo mesto	220	45°48'	15°11'
Murska Sobota	188	46°39'	16°12'
Lesce	515	46°22'	14°11'

Na temperaturo tal vpliva tudi tip tal na kraju, kjer je locirana meteorološka postaja, klima ter mikroklima in zunanji dejavniki. Nekatere lokacije so v letih merjenja temperature tal spreminjale lokacije. Z izbiro obdobja smo se poskusili čim bolj izogniti selitvam, predvsem tistim večjim. Vendar so se vseeno v izbranem obdobju postaje selile. Pri tem je prišlo do sprememb v geografski dolžini in širini ter nadmorski višini. Merilno mesto v Murski Soboti se je selilo v izbranem obdobju enkrat, in sicer 19.6.1985 in pri tem spremenilo nadmorsko višino iz 184 m na sedanjih 188 m. Merilni mesti v Ljubljani in Novem mestu se v izbranem obdobju nista selili. Vpliva selitve postaje v nalogi nismo upoštevali.

3.4.1 Ljubljana Bežigrad



Geografska širina: 46° 4'

Geografska dolžina: 14° 31'

Nadmorska višina: 299 m

Slika 18: Lokacija meteorološke postaje Ljubljana Bežigrad (ARSO, 2015).

Opis opazovalnega mesta

Postaja je od 1. 1. 1948 na istem opazovalnem mestu. Okolica opazovalnega mesta se je do danes močno spreminjala. Danes je meteorološka postaja sredi mesta. Opazovalni prostor je na travniku velikosti 50 m × 70 m, sredi mesta. Na severu opazovalnega prostora rastejo posamezna drevesa, oddaljena približno 20 m, v oddaljenosti 45 m proti severu pa so stanovanjske hiše. Na zahodu je v oddaljenosti 30 m vrsta dreves, parkirišča in cesta, v oddaljenosti 70 m pa kompleks stavb Bežigradskega dvora. Na vzhodni strani opazovalni prostor obdajajo parkirna mesta v oddaljenosti 20 m, za njimi je stavba Agencije RS za okolje. Na jugu so parkirna mesta, oddaljena tudi približno 20 m, in vrtec ter stavba krajevne skupnosti, oddaljeni približno 50 oz. 80 m. Od 5. 11. 2013 do 4. 5. 2015 je bilo v okolici opazovalnega mesta gradbišče, saj so zidali prizidek. V tem času izmerjeni meteorološki podatki niso bili vedno reprezentativni za širšo okolico (ARSO, 2015).

Klima

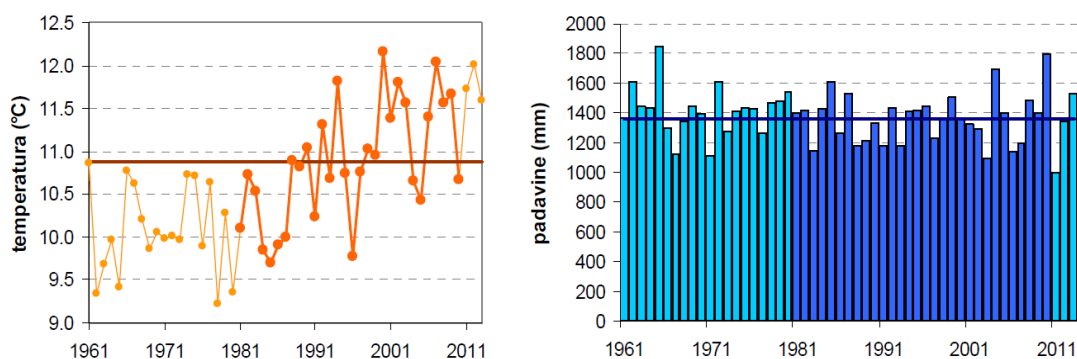
Podnebje v Ljubljani je zmerno celinsko osrednje Slovenije. Vreme določa lega mesta v obsežni kotlini, ki jo obkrožata predalpski in kraški svet. Predvsem pozimi je značilen pojav temperaturnega obrata, pri katerem se hladnejši vlažen zrak zadržuje v nižjih plasteh. Poleti je vreme v mestu pod vplivom sredozemskih zračnih tokov, zato so poletja sončna in razmeroma topla.

Povprečna letna temperatura zraka v Ljubljani je 10,9 °C, najvišje mesečno povprečje ima mesec julij (21,3 °C), najnižje pa januar (0,3 °C). Letno sončno obsevanje dosega 1974 h, največ od začetka maja do vključno avgusta. Letno povprečje padavin v Ljubljani je 1362 mm, največ v septembru in oktobru (147 mm) ter juniju (144 mm). Snežna odeja v Ljubljani je prisotna od novembra do aprila, skupno povprečno 50 dni na leto, največ dni v mesecu januarju in februarju (okoli 15 dni). Ta dva meseca je tudi snežna odeja najvišja. Povprečna relativna vlažnost v Ljubljani ob 7h je 89 %, ob 14 h je 60 % ter ob 21 h je 77 %. Povprečno letno število jasnih dni (oblačnost manj kot 2/10) je 37, oblačnih dni (oblačnost več kot 8/10) pa 130. Vsi podatki se nanašajo na obdobje 1981-2010, vrednosti so homogenizirane (ARSO, 2015).



Slika 19: Merilno mesto na postaji Ljubljana Bežigrad skozi čas (ARSO, 2015).

Povprečna letna temperatura zraka v Ljubljani narašča, kar je vidno iz slike 19. Povprečna letna količina padavin pa je skozi vse obdobje približno enaka.



Slika 20: Povprečne letne vrednosti za temperaturo zraka ter količino padavin na meteorološki postaji Ljubljana Bežigrad (ARSO, 2015).

Tla

Preglednica 6: Opis pedoloških kartografskih enot za Ljubljano (ARSO, 2015).

TIP TAL	OPIS PEDOLOŠKE KARTOGRAFSKE ENOTE	EFEKTIVNA POLJSKA KAPACITETA TAL	
		RAZRED	OPIS
Evtrična rjava tla	na ledenodobnih prodnatih peščenih nasutinah rek in rečnem vršaju, tipična, plitva 60 %	4	Majhna 31 - 80 mm
Rendzina	na ledenodobnih prodnatih in peščenih nasutinah rek in rečnemu vršaju, rjava 20 %	4	Majhna 31 - 80 mm
Evtrična rjava tla	na ledenodobnih prodnatih in peščenih nasutinah rek in rečnemu vršaju	4	Majhna 31 - 80 mm

3.4.2 Novo mesto



Geografska širina: 45° 48'
Geografska dolžina: 15° 11'
Nadmorska višina: 220 m

Slika 21: Lokacija meteorološke postaje Novo mesto (ARSO, 2015).

Opis opazovalnega mesta

Od 4. 12. 1972 dalje je postaja na istem opazovalnem mestu, okolica se do danes ni veliko spreminjala. Postaja je na vzhodnem robu večjega naselja, je čisto na samem. Je na vrhu manjšega hriba, mesto je nižje za 30-40 metrov. Večjih objektov ni v bližini. Vsa bližnja okolica je porasla s travo oz. so njive, zelenjavni vrtovi, posamezno grmičevje in drevesa. Stanovanjske hiše so nižje po pobočju in ob vznožju hriba. Okoliški svet je gričevnat. Pred decembrom 1972 je bila postaja Novo mesto na drugih mestih: od 18. 12. 1959 do 4. 12. 1972 Novo mesto-Gotna vas, od 18. 10. 1945 do 18. 12. 1959 Novo mesto-Kandija (ARSO, 2015).

Klima

Podnebje Novega mesta je zmerno celinsko osrednje Slovenije in zelo raznoliko, saj se tu stikajo vplivi predalpskega ter panonskega podnebja. Pokrajina je pod močnim vplivom subpanonskega podnebja, kar se kaže zlasti v visokih poletnih temperaturah in pogostih poletnih nevihtah.

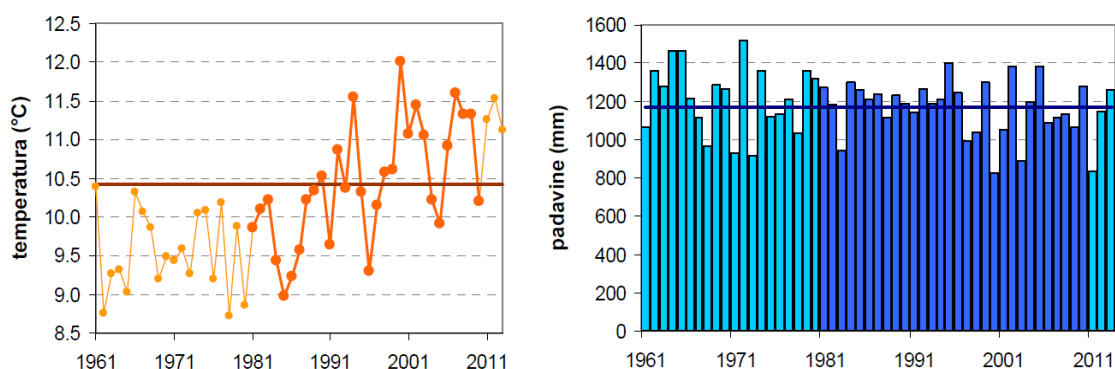


Slika 22: Meteorološka postaja na Racljevem hribu v Novem mestu (ARSO, 2015).

Povprečna letna temperatura zraka v Novem mestu je 10,4 °C, najvišje mesečno povprečje ima mesec julij (20,7 °C), najnižje januar (0,0 °C). Letno sončno obsevanje dosega 1961 h, največ od začetka maja do vključno avgusta. Letno povprečje padavin v Novem mestu je 1171 mm, največ v juniju (131 mm), septembru (130 mm) in avgustu (128 mm). Snežna

odeja v Novem mestu je prisotna od novembra do aprila, skupno povprečno 51 dni na leto, največ dni v mesecu januarju (15 dni) in malo manj v februarju in decembru. Snežna odeja je najvišja v mesecu februarju (povprečno 7 cm ob 7h). Povprečna relativna vlažnost v Novem mestu ob 7h je 91 %, ob 14 h 61 % ter ob 21 h 82 %. Povprečno letno število jasnih dni (oblačnost manj kot 2/10) je 51, oblačnih dni (oblačnost več kot 8/10) pa 124. Vsi podatki se nanašajo na obdobje 1981-2010, vrednosti so homogenizirane (ARSO, 2015).

Povprečna letna temperatura zraka v Novem mestu narašča, kar je vidno iz slike 22. Povprečna letna količina padavin pa je skozi vse obdobje približno enaka.



Slika 23: Povprečne letne vrednosti za temperaturo zraka ter količino padavin na meteorološki postaji Novo mesto (ARSO).

Tla

Preglednica 7: Opis pedoloških kartografskih enot za Novo mesto (ARSO, 2015).

TIP TAL	OPIS PEDOLOŠKE KARTOGRAFSKE ENOTE	EFEKTIVNA POLJSKA KAPACITETA TAL	
		RAZRED	OPIS
Rjava pokarbonatna tla	na dolomitu, tipična, globoka, 100 %; inkluzije	2	Velika 151 - 230 mm
Rjava pokarbonatna tla	na dolomitu, izprana	2	Velika 151 - 230 mm

3.4.3 Murska Sobota



Geografska širina: 46° 39'
Geografska dolžina: 16° 12'
Nadmorska višina: 188 m

Slika 24: Lokacija meteorološke postaje Murska Sobota (ARSO, 2015).

Opis opazovalnega mesta

Od 19. 6. 1985 je meteorološka postaja pri kmetijski šoli Rakičan, danes imenovani Biotehniška šola. 26. 6. 1993 so opazovalni prostor premestili približno 70 m proti severozahodu. Pred tem, v obdobju 1985-1993, je bil bližje zgradbi biotehniške šole. Lokacija opazovalnega prostora od 26. 6. 1993 je na začetku zahodnega dela Rakičana. Prostor okoli opazovalnega prostora je popolnoma odprt, v okolici so njive. V oddaljenosti približno 80 m proti vzhodu in severovzhodu so zgradbe biotehniške šole, v nadaljevanju je naselje; približno 100 m proti severu je cesta in ob njej drevored topolov, v nadaljevanju pa kompleks medicinske šole in bolnišnice. Okolica je povsem ravninska. Pred junijem 1985 je bila postaja Murska Sobota na drugih mestih: od 1. 7. 1971 do 19. 6. športno letališče južno od Rakičana (Aeroklub Jezera), od decembra 1954 do 1. 7. 1971 Šercerjevo naselje, od 1. 1. 1928 do 4. 12. 1954 lokacija MS-Rakičan-Državna kmetijska šola (ARSO, 2015).



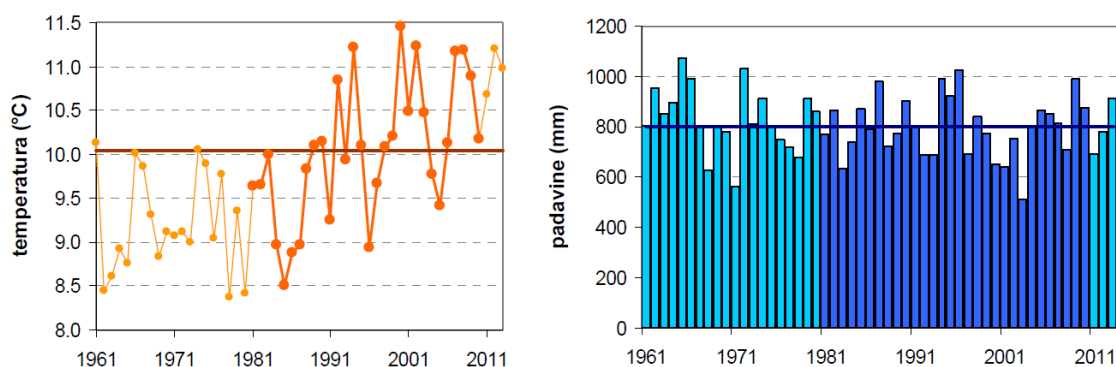
Slika 25: Meteorološka postaja Murska Sobota (ARSO, 2015).

Klima

Podnebje v Murski Soboti je zmerno celinsko (subpanonsko podnebje), za katerega je značilno, da največ padavin pade med poletnimi plohami in nevihtami, zimski meseci pa so suhi.

Povprečna letna temperatura zraka v Murski Soboti je 10,0 °C, najvišje mesečno povprečje ima mesec julij (20,6 °C), najnižje pa januar (-1,1 °C). Letno sončno obsevanje dosega 2019 h, največ od začetka maja do vključno avgusta. Letno povprečje padavin v Murski Soboti je 798 mm, največ v juniju (103 mm) ter avgustu (102 mm). Snežna odeja je prisotna od novembra do marca, skupno povprečno 39 dni na leto, največ dni v mesecu januarju (13 dni) ter februarju (11 dni). Snežna odeja je najvišja v mesecu februarju (povprečno 5 cm ob 7h). Povprečna relativna vlažnost v Murski Soboti ob 7h 90 %, ob 14 h 60 % ter ob 21 h 83 %. Povprečno letno število jasnih dni (oblačnost manj kot 2/10) je 50, oblačnih dni (oblačnost več kot 8/10) pa 116. Vsi podatki se nanašajo na obdobje 1981-2010, vrednosti so homogenizirane (ARSO, 2015).

Povprečna letna temperatura zraka v Murski Soboti narašča, kar je vidno iz slike 26. Povprečna letna količina padavin pa je skozi vse obdobje približno enaka.



Slika 26: Povprečne letne vrednosti za temperaturo zraka ter količino padavin na meteorološki postaji Murska Sobota (ARSO, 2015).



Slika 27: Murska Sobota avgust 2006 (ARSO, 2015).

Tla

Preglednica 8: Opis pedoloških kartografskih enot za Mursko Soboto (ARSO, 2015).

TIP TAL	OPIS PEDOLOŠKE ENOTE	KARTOGRAFSKE	EFEKTIVNA POLJSKA KAPACITETA TAL	OPIS
			RAZRED	
Distrična rjava tla	na nekarbonatnih ledenodobnih prodnatih in peščenih nasutinah rek, tipična 100 %		4	Majhna 31 - 80 mm

3.4.4 Lesce



Geografska širina: 46° 22'
Geografska dolžina: 14° 11'
Nadmorska višina: 515 m

Slika 28: Lokacija meteorološke postaje Lesce (ARSO, 2015).

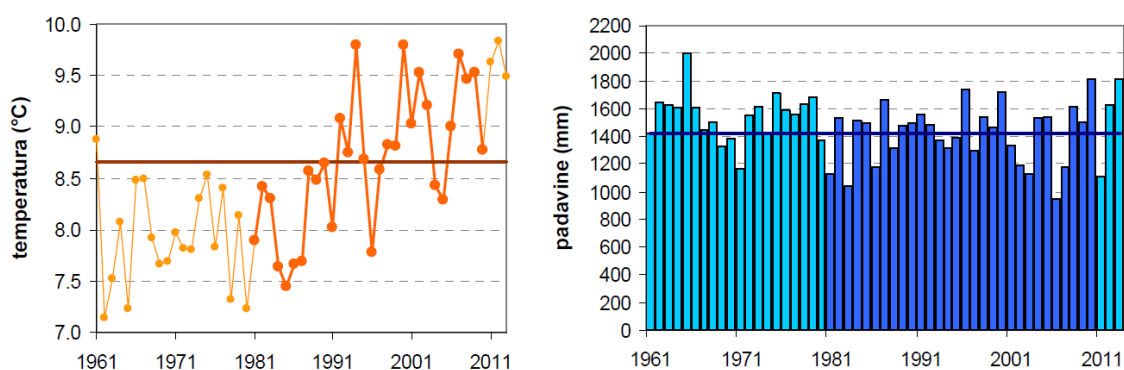
Opis opazovalnega mesta

Od 11. 12. 1978 je postaja na istem mestu. Leži na ravnini, na začetku vasi, na vrtu poleg gredic in sadovnjaka. Od opazovalčeve hiše je oddaljena približno 10 m proti jugovzhodu. Na južni strani meteorološke postaje je cesta, oddaljena približno 7 m. Čez cesto je travnik s sadovnjakom. Proti severovzhodu, približno 7 m, je lokalna ulica. Med ulico in vrtom je živa meja, visoka približno pol metra. Obe cesti sta asfaltirani. Do sosednje hiše na zahodu je približno 20 m, ravno tako do sosednje hiše na severovzhodu strani, na severu je hiša oddaljena približno 40 m. Pred decembrom 1978 je bila postaja v Radovljici (ARSO, 2015).

Klima

Podnebje v Lescah je podnebje nižjega gorskega sveta, kjer se že kažejo vplivi alpskega podnebja, ki je najbolj ostro v državi, temperature so vse leto nižje kot drugod, istočasno so to območja z največ padavinami, ki v hladni polovici padejo v obliki snega.

Povprečna letna temperatura zraka v Lescah narašča, kar je vidno iz slike 38. Povprečna letna količina padavin pa je skozi vse obdobje približno enaka.



Slika 29: Temperatura zraka ter količina padavin v Lescah (ARSO, 2015).

Povprečna letna temperatura zraka v Lescah je 8,7 °C, najvišje mesečno povprečje ima mesec julij (18,9 °C), najnižje pa januar (-1,7 °C). Letno sončno obsevanje dosega 1993 h, največ od začetka maja do vključno avgusta. Letno povprečje padavin v Lescah je 1418

mm, največ v jeseni; septembra, oktobra in novembra (okoli 150 mm). Snežna odeja je prisotna od novembra do aprila, skupno povprečno 51 dni na leto, največ dni v mesecu januarju (15 dni) ter februarju (14 dni). Snežna odeja je najvišja v mesecu februarju (povprečno 9 cm ob 7h). Povprečna relativna vlažnost v Lescah ob 7h 89 %, ob 14 h 61 % ter ob 21 h 83 %. Povprečno letno število jasnih dni (oblačnost manj kot 2/10) je 66, oblačnih dni (oblačnost več kot 8/10) pa 119. Vsi podatki se nanašajo na obdobje 1981-2010, vrednosti so homogenizirane (ARSO, 2015).



Slika 30: Meteorološka postaja v Lescah (ARSO, 2015).

Tla

Preglednica 9: Opis pedoloških kartografskih enot za Lesce (ARSO, 2015).

TIP TAL	OPIS PEDOLOŠKE KARTOGRAFSKE ENOTE	EFEKTIVNA POLJSKA KAPACITETA TAL	
		RAZRED	OPIS
Rendzina	na ledenodobnih prodnatih in peščenih nasutinah rek in rečnemu vršaju, sprsteninasta 60 %	4	Majhna 31 - 80 mm
Rendzina	na ledenodobnih prodnatih in peščenih nasutinah rek in rečnemu vršaju, rjava 40 %.	4	Majhna 31 - 80 mm

4 REZULTATI Z RAZPRAVO

Opisne statistike nam podajo prvi vpogled o lastnostih naše opazovane količine, temperature tal. Že osnovne opisne statistike, kot so povprečje, standardni odklon ter minimalne in maksimalne vrednosti nam izboljšajo sliko o dogajanju v tleh ter temperaturnih spremembah v tleh.

Preglednica 10: Povprečne dolgoletne temperature tal (obdobje 1980-2014) po globinah in krajih s pripadajočim standardnim odklonom (STDEV) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

KRAJ	GLOBINA 10 cm		GLOBINA 20 cm		GLOBINA 100 cm	
	T (°C)	STDEV	T (°C)	STDEV	T (°C)	STDEV
Ljubljana	12,0	8,6	11,8	8,2	12,1	6,1
Novo mesto	12,1	8,1	11,9	7,8	12,3	5,6
Murska sobota	11,6	8,6	11,6	8,1	12,0	6,1
Lesce	10,6	8,1	10,6	7,5	11,0	5,6

Povprečna letna temperatura tal po krajih in globinah niha (preglednica 10). Najtoplejša tla na globini 10 cm so v Novem mestu (12,1 °C), nato v Ljubljani (12,0 °C) ter Murski Soboti (11,6 °C), Lesce pa imajo najnižjo povprečno letno temperaturo tal (10,6 °C). Povprečna letna temperatura tal na globini 20 cm je najvišja v Novem mestu (11,9 °C), malo nižja v Ljubljani (11,8 °C) ter v Murski Soboti (11,6 °C), najhladnejša so v Lescah (7,5 °C). V vseh krajih je povprečna letna temperatura tal najvišja na globini 100 cm. Med kraji je na globini 100 cm najvišja povprečna letna temperatura tal v Novem mestu (12,3 °C), nato v Ljubljani (12,1 °C), Murski Soboti (12,0 °C), najhladnejša so tla na 100 cm v Lescah (11,0 °C). Povzamemo lahko, da so na vseh globinah tla najhladnejša v Lescah ter najtoplejša v Novem mestu. Standardni odklon z globino pada (dogajanje pojasni enačba 2), kar je značilno za vse obravnavane kraje. Ljubljana ter Murska Soba imata vrednosti za standardni odklon skoraj enak (na 10 cm 8,6, na 20 cm 8,1-8,2, na 100 cm 6,1). Ravno tako imata podobne vrednosti Lesce ter Novo mesto (na 10 cm 8,1, na 20 cm 7,5-7,8, na 100 cm 5,6).

4.1 MINIMALNE IN MAKSIMALNE VREDNOSTI

Zanimale so nas tudi minimalne ter maksimalne vrednosti temperature tal za obravnavane kraje ter globine.

Najhladnejši dan s povprečno dnevno vrednostjo -5,3 °C je bil zabeležen v Murski Soboti 2. 2. 1991 na 10 cm globine tal (preglednica 11). Na splošno je bilo leto 1991 zelo hladno, saj je to leto bilo največ dnevnih minimalnih ekstremnih vrednosti za temperaturo tal. Leto 1981 je bilo zelo hladno v mesecu januarju, najhladnejše je bilo v Lescah na 10 cm, kjer je bilo mesečno povprečje temperature tal -2,9 °C. Zelo hladne zime so bile tudi leta 1987, 1993 ter 2005. Daleč najhladnejše leto na splošno je bilo 1980, ki nosi skoraj vse letne minimalne ekstreme, razen za globino 100 cm v Murski Soboti (ki je bilo leta 1982). Morda je prišlo do odstopanja zaradi manjkajočega podatka za leto 1980 v Murski Soboti, ko za mesec oktober na globini 100 cm ni nobenega podatka in je leto 1980 izpadlo iz

primerjave. Po pričakovanjih je bilo leto 1980 najhladnejše v Lescah, zaradi njegove klime ter lege. Največje odstopanje od povprečne letne temperature tal je bilo leta 1980 v Novem mestu na 10 cm (hladnejše je bilo za 2,5 °C).

Preglednica 11: Minimalne letne, mesečne in dnevne povprečne vrednosti temperature tal po globinah in krajih za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

	GLOBINA 10 cm		GLOBINA 20 cm		GLOBINA 100 cm	
	ČAS	T (°C)	ČAS	T (°C)	ČAS	T (°C)
LJUBLJANA						
Dnevna	6.2.1991	-5,0	6.2.1991	-3,9	10.3.1981	1,4
Mesečna	januar 1981	-1,5	februar 1991	-1,3	februar 2005	2,0
Letna	1980	10,2	1980	10,4	1980	10,6
NOVO MESTO						
Dnevna	6.2.1991	-3,6	6.2.1991	-2,2	20.12.1985	0,6
Mesečna	januar 1981	-1,0	januar 1981	-0,6	februar 1981	2,3
Letna	1980	10,6	1980	10,5	1980	10,9
MURSKA SOBOTA						
Dnevna	2.2.1991	-5,3	6.2.1991	-3,5	6.2.1991	1,3
Mesečna	februar 1991	-2,0	februar 1991	-1,5	februar 1987	2,0
Letna	1980	10,0	1980	9,9	1982	10,6
LESCE						
Dnevna	5.1.1993	-5,0	5.1.1993	-3,3	24.8.1991	1,5
Mesečna	januar 1981	-2,9	januar 1981	-1,4	februar 1991	2,0
Letna	1980	8,8	1980	9,1	1980	9,6

Preglednica 12: Maksimalne letne, mesečne in dnevne povprečne vrednosti temperature tal po globinah in krajih za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

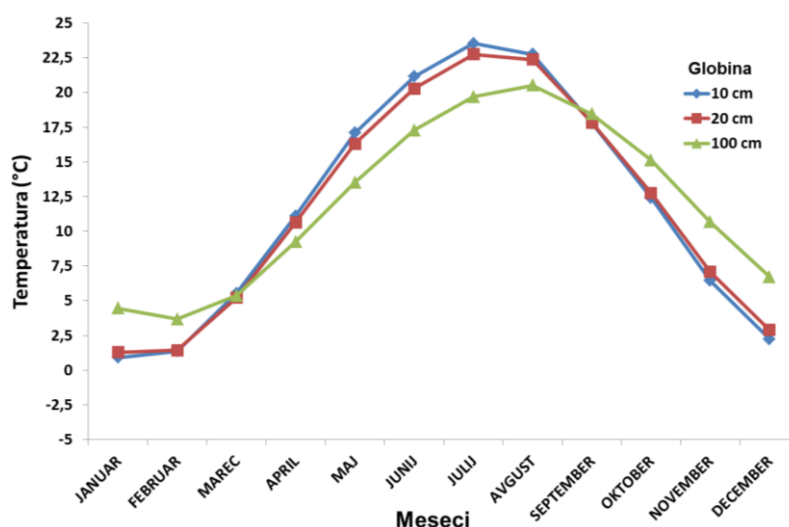
	GLOBINA 10 cm		GLOBINA 20 cm		GLOBINA 100 cm	
	ČAS	T (°C)	ČAS	T (°C)	ČAS	T (°C)
LJUBLJANA						
Dnevna	6.8.2013	30,3	6.8.2013	29,0	4.8.1998	24,4
Mesečna	avgust 1992	26,0	avgust 1992	25,1	avgust 2003	23,0
Letna	2014	13,5	2014	13,3	2014	13,3
NOVO MESTO						
Dnevna	16.7.2010	30,2	17.7.2010	28,6	22.8.2009	23,4
Mesečna	julij 2010	25,4	julij 2010	24,6	avgust 2009	23,0
Letna	2007, 2014	13,5	2010	13,3	2008	15,1
MURSKA SOBOTA						
Dnevna	20.6.2013	30,6	22.7.2003	29,4	16.8.2003	24,3
Mesečna	avgust 1992	26,8	avgust 1992	26,0	avgust 2003	23,4
Letna	2014	13,4	2014	13,3	2014	13,8
LESCE						
Dnevna	17.7.2010	29,1	6.8.1994	26,1	25.8.1993	22,1
Mesečna	julij 2010	24,6	avgust 2003	23,6	avgust 1993	21,2
Letna	2000	12,1	2000	11,9	1993	12,8

Najtoplejša tla v obravnavanem obdobju so bila v Murski Soboti leta 2013 na globini 10 cm dne 20. 6. 2013 (30,3 °C) (preglednica 12). Nad 30 °C se temperatura tal dvigne le na dnevni ravni na globini 10 cm in to v vseh krajih razen v Lescah (29,1 °C). Najtoplejša meseca v tleh sta julij ter avgust (na globini 10 in 20 cm), na globini 100 cm je najtoplejši

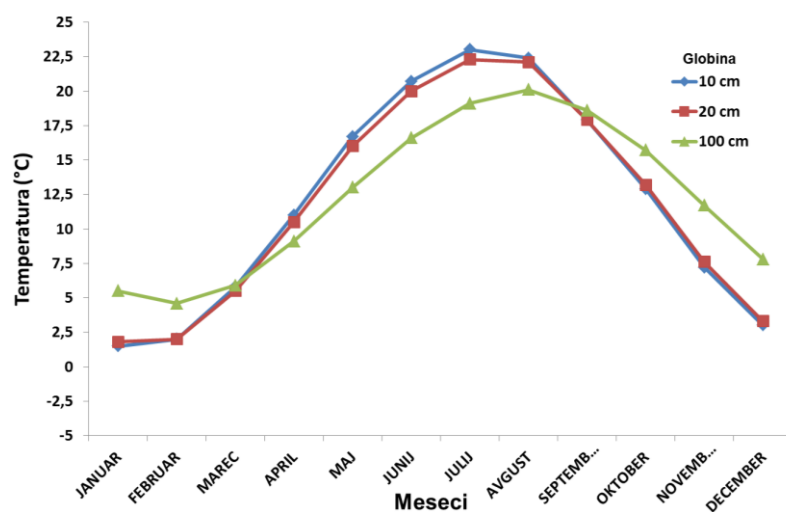
mesec avgust, ker pride do faznega zamika. Zelo topla tla so bila v letih 1992, 1993, 1994, 1998, 2003, 2010, 2013. V Ljubljani ter Murski Soboti je bilo zelo toplo leto 2014 na vseh globinah, kar je posledica zelo tople zime z malo snežnih padavin, ampak dosti dežja, ki je bil stalnica tudi v poletju 2014. Posledica namočenosti tal ter dobrega prehajanja toplote skozi plasti tal je tudi majhna razlika v povprečni letni temperaturi tal po globinah. Zelo so se tla ogrela tudi leta 2008 na globini 100 cm v Novem mestu (15,1 °C). Zanimivo je tudi, da na globini 100 cm ni veliko razlike med ekstremnimi vrednostmi za dan ter mesec. Na večjih globinah ima temperatura tal manjšo amplitudo nihanja kot na manjših globinah.

4.2 LETNI HOD TEMPERATURE

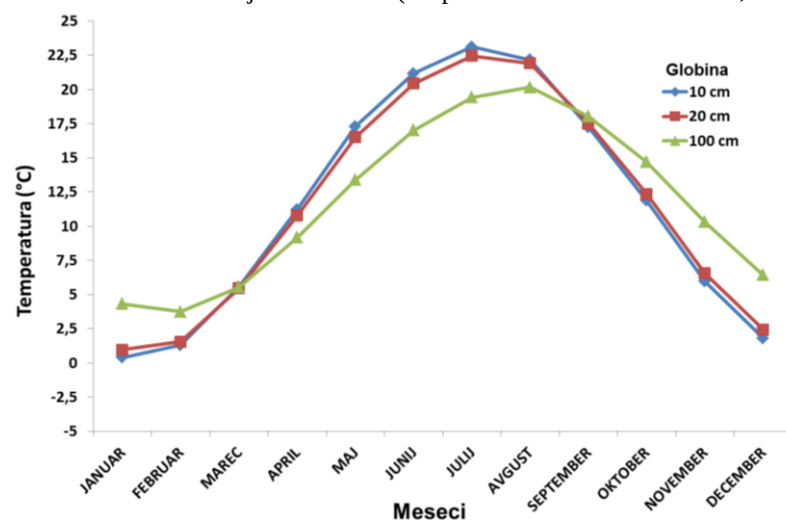
Letni hodi temperature tal (slike 31-34) nam pokažejo razlike v temperaturi tal na različnih globinah. Spreminjanje temperature tal je na vseh globinah preko leta periodično. Na globini 10 cm je amplituda nihanja temperature tal največja v vseh krajih, poleti se tla bolj segrejejo, pozimi se bolj ohladijo. Na globini 20 cm temperature malo manj nihajo ter se pokažejo z manjšim zamikom. Temperatura tal na globini 100 cm ima najmanjšo amplitudo nihanja, pozimi so na tej globini tla toplejša, od meseca marca pa do septembra so tla hladnejša kot na globini 10 in 20 cm. Slike 31-34 nam potrdijo difuzijsko enačbo (4). Povzamemo lahko, da ima letni hod temperature tal sinusno obliko, da amplituda nihanja z globino pada, ter da temperatura z globino časovno zaostaja (opazimo fazni zamik).



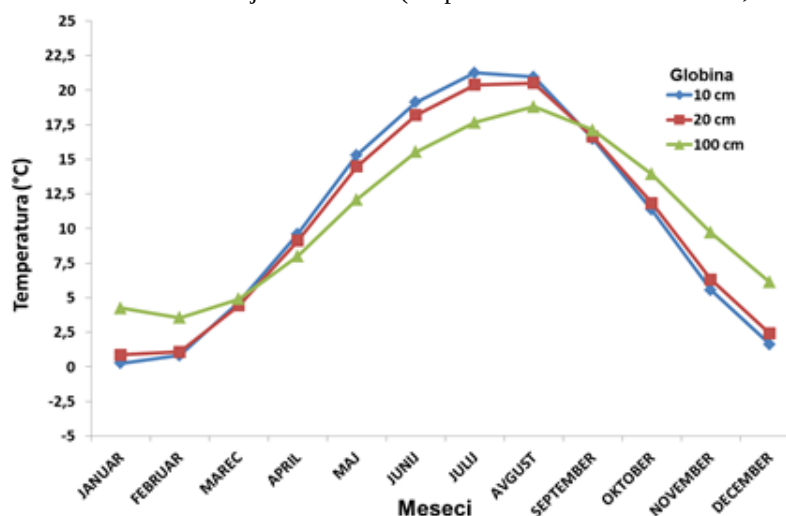
Slika 31: Letni hod povprečnih mesečnih temperatur tal na različnih globinah (10, 20 in 100 cm) v Ljubljani za izbrano obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).



Slika 32: Letni hod povprečnih mesečnih temperatur tal na različnih globinah (10, 20 in 100 cm) v Novem mestu za izbrano obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).



Slika 33: Letni hod povprečnih mesečnih temperatur tal na različnih globinah (10, 20 in 100 cm) v Murski Soboti za izbrano obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).



Slika 34: Letni hod povprečnih mesečnih temperatur tal na različnih globinah (10, 20 in 100 cm) v Lescah za izbrano obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

Od meseca marca do vključno septembra so tla na globini 100 cm hladnejša kot na 10 in 20 cm (preglednica 13 do 15). Ravno tako so od marca do septembra tla na 20 cm hladnejša kot na 10 cm globine. V hladnejšem delu leta (od oktobra do vključno februarja) je značilno, da so tla v globini bolj ogreta kot proti površini. Tako so na 10 cm poleti tla najtoplejša, pozimi pa najhladnejša. Iz slik 31 do 34 je tudi razviden fazni zamik, najvišjo temperaturo tal v letu tla dosežejo na 100 cm v avgustu, na 10 in 20 cm pa v mesecu juliju. Ravno tako najnižjo temperaturo tal dosežejo tla na 10 in 20 cm v mesecu januarju, na 100 cm pa v februarju. Te značilnosti so opazne v vseh krajih, ki jih obravnavamo.

Najtoplejši mesec na globini 10 cm je julij v vseh krajih. V Ljubljani je najvišja povprečna mesečna temperatura tal v juliju 23,5 °C, najnižja je v Lescah 21,2 °C (preglednica 13). Najhladnejši mesec je januar, v Lescah je povprečna januarska temperatura tal na 10 cm 0,3 °C, najtopleje je v Novem mestu 1,5 °C. Na 10 cm je v Novem mestu najtopleje od septembra do marca, april, maj in junij so najtoplejši v Murski Soboti, julij ter avgust pa v Ljubljani. Čez celo leto je najnižja povprečna mesečna temperatura tal v Lescah.

Preglednica 13: Povprečne mesečne temperature tal po krajih na globini 10 cm (najvišje povprečne mesečne temperature so označene s krepkim tiskom) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

MESECI	LJUBLJANA (°C)	NOVO MESTO (°C)	MURSKA SOBOTA (°C)	LESCE (°C)
Januar	0,9	1,5	0,4	0,3
Februar	1,4	2,0	1,3	0,8
Marec	5,5	5,8	5,6	4,7
April	11,1	11,0	11,2	9,6
Maj	17,1	16,7	17,3	15,3
Junij	21,1	20,7	21,2	19,1
Julij	23,5	23,0	23,1	21,2
Avgust	22,8	22,4	22,2	20,9
September	17,8	17,9	17,3	16,5
Oktober	12,4	12,9	11,9	11,4
November	6,4	7,2	6,0	5,6
December	2,2	3,0	1,8	1,6

Preglednica 14: Povprečne mesečne temperature tal po krajih na globini 20 cm (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

MESECI	LJUBLJANA (°C)	NOVO MESTO (°C)	MURSKA SOBOTA (°C)	LESCE (°C)
Januar	1,3	1,8	1,0	0,9
Februar	1,4	2,0	1,5	1,1
Marec	5,2	5,5	5,5	4,4
April	10,6	10,5	10,8	9,1
Maj	16,3	16,0	16,5	14,5
Junij	20,3	20,0	20,4	18,2
Julij	22,7	22,3	22,5	20,4
Avgust	22,4	22,1	21,9	20,5
September	17,8	17,9	17,5	16,6
Oktober	12,8	13,2	12,4	11,8
November	7,1	7,6	6,6	6,3
December	2,9	3,3	2,4	2,4

Najtoplejši mesec na globini 20 cm je julij v Ljubljani, Novem mestu ter Murski Soboti, v Lescah pa mesec avgust (preglednica 14). V Ljubljani je izmerjena najvišja povprečna julijska temperatura tal na 20 cm in sicer 22,7 °C, najnižja je v Lescah 20,4 °C. Najhladnejši mesec na 20 cm je januar, povprečna januarska temperatura tal v Lescah je 0,9 °C in je najnižja med kraji. Najvišja povprečna januarska temperatura tal je v Novem mestu 1,8 °C. Na 20 cm globine so najvišje mesečne povprečne vrednosti v Novem mestu od septembra do marca, nato do junija v Murski Soboti, v mesecih julij in avgust pa v Ljubljani. Vse mesečne povprečne vrednosti tal na 20 cm so najnižje v Lescah.

Preglednica 15: Povprečne mesečne temperature tal po krajih na globini 100 cm (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

MESECI	LJUBLJANA (°C)	NOVO MESTO (°C)	MURSKA SOBOTA (°C)	LESCE (°C)
Januar	4,5	5,5	4,3	4,3
Februar	3,7	4,6	3,8	3,6
Marec	5,4	5,9	5,5	4,9
April	9,3	9,1	9,2	8,0
Maj	13,5	13,0	13,4	12,1
Junij	17,3	16,6	17,0	15,5
Julij	19,7	19,1	19,4	17,7
Avgust	20,5	20,1	20,2	18,8
September	18,4	18,6	18,0	17,1
Oktober	15,1	15,7	14,7	13,9
November	10,7	11,7	10,3	9,7
December	6,7	7,8	6,4	6,1

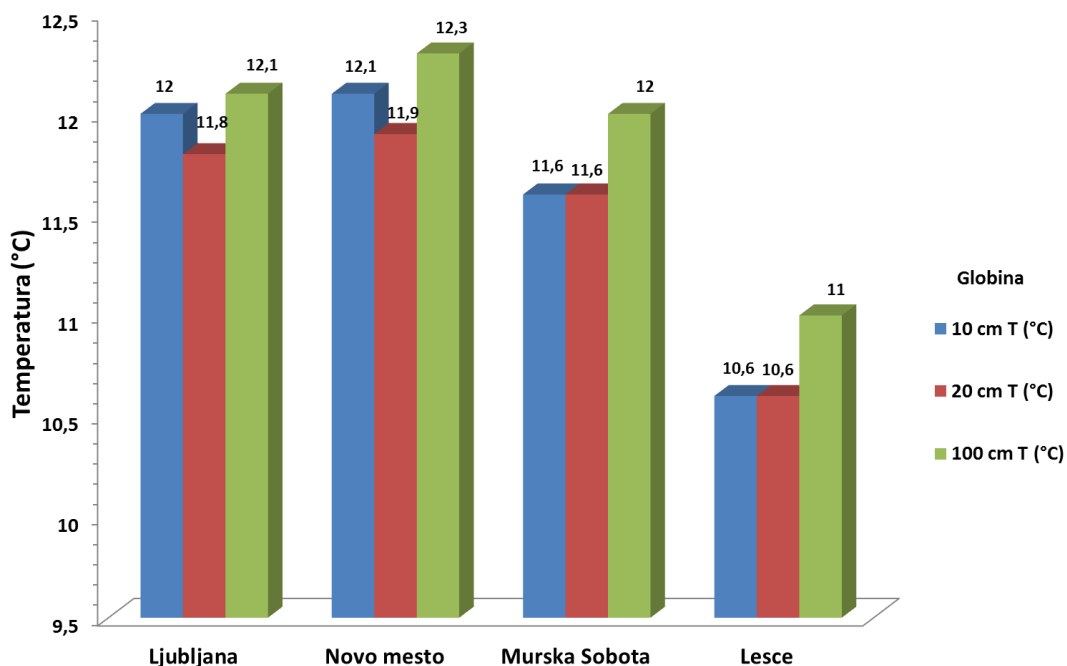
Najtoplejši mesec na globini 100 cm je avgust v vseh obravnavanih krajih (preglednica 15). V Ljubljani je izmerjena najvišja povprečna avgustovska temperatura tal na 100 cm in sicer 20,5 °C, najnižja je v Lescah 18,8 °C. Najhladnejši mesec na 100 cm je februar, povprečna februarska temperatura tal v Lescah je 3,6 °C in je najnižja med kraji. Najvišja je v Novem mestu 4,6 °C. Na 100 cm globine so najvišje mesečne povprečne vrednosti v Novem mestu od septembra do marca, nato od aprila do avgusta v Ljubljani. Vse mesečne povprečne vrednosti temperature tal na 100 cm so najnižje v Lescah.

Najvišje povprečne mesečne vrednosti so na 10 in 20 cm v juliju (v Lescah na 20 cm v avgustu), na 100 cm pa v avgustu (posledica faznega zamika), najnižje mesečne povprečne temperature tal pa v januarju na 10 in 20 cm, na 100 cm pa v februarju za vse kraje. Za vse globine je značilno, da so najnižje povprečne mesečne temperature tal v Lescah. Rezultat je posledica dejstva, da se temperatura tal z nadmorsko višino niža, kar je posledica močne korelacije temperatur tal s temperaturo zraka (temperature zraka se na vsakih 100 m višinske razlike znižajo za 0,6 °C). Tudi povprečne mesečne temperature zraka so v Lescah najnižje med obravnavanimi kraji, prav tako število dni s temperaturo zraka pod 0 °C ter najmanjše število dni s temperaturo zraka nad 30 °C. Najvišje povprečne mesečne temperature tal od septembra do marca so na vseh globinah značilne za Novo mesto. Zanimivo je, da je temperatura zraka v teh mesecih višja v Ljubljani kot v Novem mestu. Julij in avgust imata najvišje povprečne mesečne vrednosti v Ljubljani na vseh globinah, kar je po vsej verjetnosti vpliv mesta, saj se meteorološka postaja nahaja v središču Ljubljane. V Murski Soboti so visoke temperature spomladi na 10 in 20 cm. V

spomladanskih mesecih je v Murski Soboti v primerjavi z drugimi kraji najdaljše povprečno trajanje sončnega obsevanja, največ jasnih dni, najmanj oblačnih dni ter najmanjša količina padavin.

4.2.1 Povprečne letne temperature tal po krajih

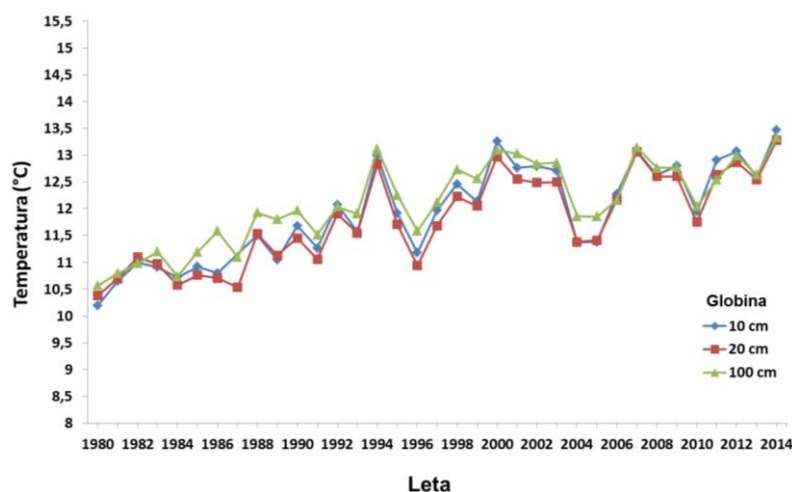
Iz podatkov za srednje dnevne vrednosti temperatur tal smo izračunali dolgoletno (od leta 1980 do 2014) povprečje letnih temperatur tal za vse kraje in globine. V vseh krajih imajo tla najvišjo povprečno letno vrednost na globini 100 cm, v Ljubljani in Novem mestu se na globini 10 cm bolj ogrejejo kot na 20 cm medtem, ko se tla v Murski Soboti in Lescah enakomerno ogrejejo na 10 in 20 cm (slika 35). Na vseh globinah je najnižja povprečna letna vrednost temperature tal v Lescah, kar je posledica lege ter klime, najvišja pa v Novem mestu, kar bi lahko bila posledica lokacije meritev. Meteorološka postaja v Novem mestu je locirana na vrhu vzpetine, na zelo sončni legi, v bližini ni objektov, le narava (travinje, njive, grmovje, posamezna drevesa). V primerjavi z drugimi kraji ima Ljubljana najvišje dolgoletno povprečje temperature zraka ter najdaljše trajanje sončnega obsevanja, Murska Sobota pa ima najnižjo nadmorsko višino; vendar ima Novo mesto najvišjo povprečno letno temperaturo tal na vseh globinah.



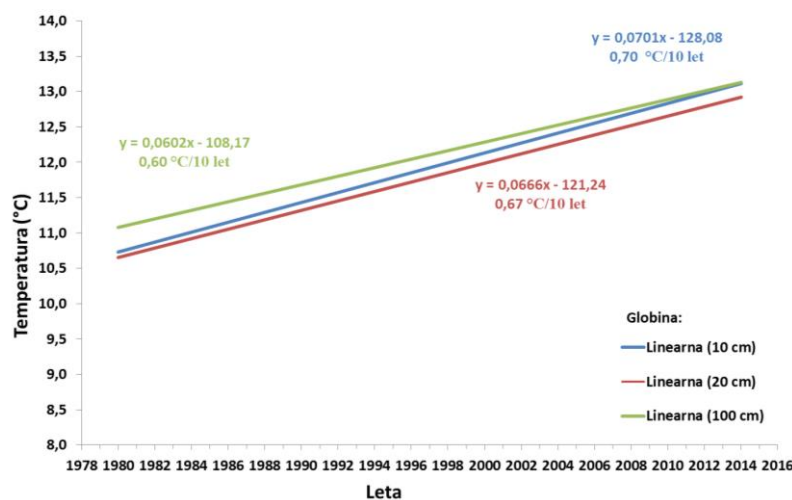
Slika 35: Povprečne letne temperature tal po krajih za vse globine (10, 20 in 100 cm) za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

V vseh krajih povprečne temperature tal z leti naraščajo, narašča pa tudi nihanje temperatur tal iz leta v leto. Na grafu za merilno mesto v Ljubljani (slika 36) je zanimivo zaporedje let 1994, 1995, 1996, kjer iz zelo vročega leta 1994 sledi povprečno leto 1995 ter nato zelo hladno leto 1996. Po tem letu sta bili samo še dve hladnejši leti, in sicer 2004 in 2005. Na grafu za Novo mesto (slika 38) zelo izstopa leto 2008 (ter tudi leto prej in pozneje), ki je bilo ekstremno samo na globini 100 cm. Za Mursko Soboto (slika 40) je zanimivo, da je

temperatura tal na 100 cm od leta 1997 naprej neprestano toplejša od temperature tal na 10 in 20 cm, kar je značilno samo za ta kraj. Podatki za merilno mesto v Lescah (slika 42) pa kažejo ravno obratno, do leta 1999 je bila na globini 100 cm temperatura tal neprestano toplejša od temperature tal na 10 in 20 cm, nato pa ta značilnost izgine.



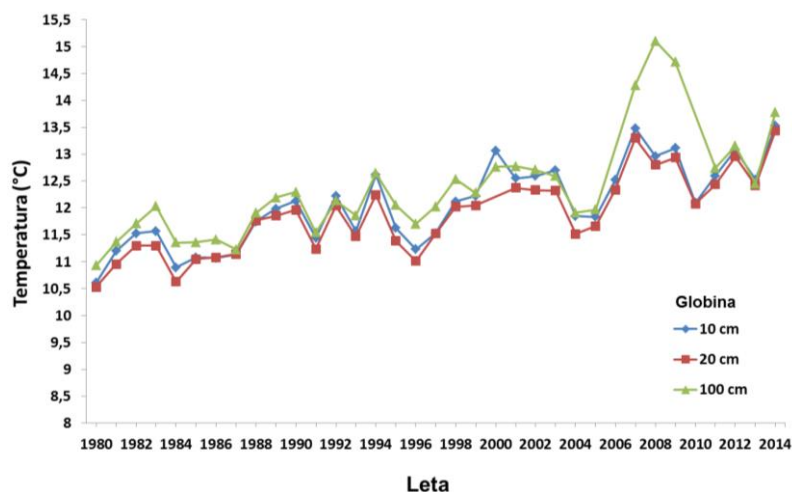
Slika 36: Povprečne letne temperature za Ljubljano za globine 10, 20 in 100 cm za izbrano obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).



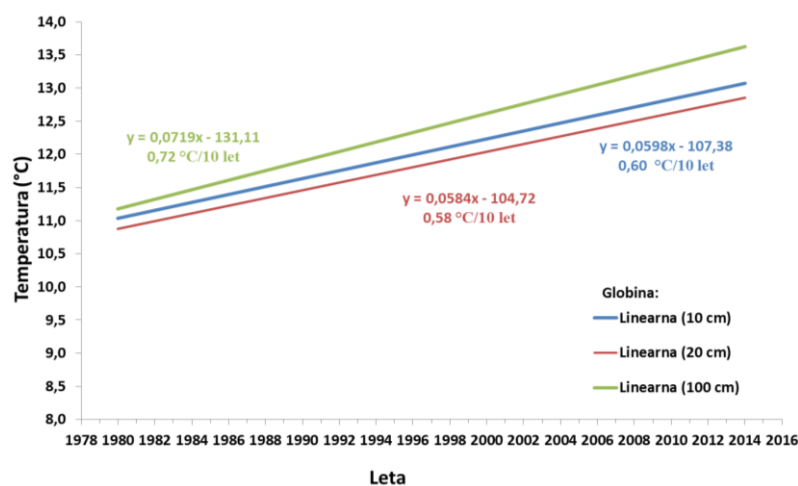
Slika 37: Trendi povprečnih letnih temperatur za Ljubljano za globine 10, 20 in 100 cm za izbrano obdobje 1980-2014 (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

Na sliki 36 lahko vidimo, da temperatura tal v Ljubljani na vseh globinah v izbranem obdobju enakomerno narašča (slika 36). Najnižje temperature tal so na globini 20 cm, najvišje pa na 100 cm. Zanimiv pojav je opaziti v letih 1994 ter 1996. Leta 1994 je bilo zelo toplo leto, dve leti kasneje (leta 1996) pa zelo hladno leto (najhladnejše v zadnjih 20-tih letih). Po letu 2000 je bilo malo hladneje le še 2004 in 2005 (vendar se v globini tla niso toliko ohladila) ter leta 2010. Zelo topla leta so bila 1994, 2000, 2007, 2012 ter 2014 (pred temi leti so bile letne povprečne temperature tal za vse globine do $12,0\text{ }^{\circ}\text{C}$). Trendi povprečnih letnih temperatur tal za Ljubljano (slika 37) so pozitivni na vseh globinah ter

statistično značilni, največji trend je na globini 10 cm (2,38 °C v celotnem obdobju). Najmanjši trend je zaznati na globini 100 cm (2,04 °C obdobju 34 let).



Slika 38: Povprečne letne temperature za Novo mesto za globine 10, 20 in 100 cm za izbrano obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).



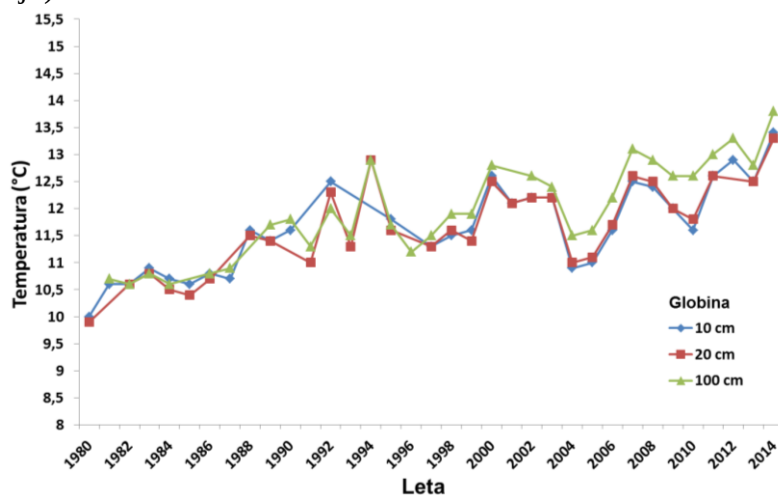
Slika 39: Trendi povprečnih letnih temperatur za Novo mesto za globine 10, 20 in 100 cm za izbrano obdobje 1980-2014 (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

Na grafu povprečnih letnih temperatur tal za Novo mesto (slika 38) je zelo zanimiva temperatura tal na globini 100 cm v letih 2007, 2008, 2009. Tla na tej globini so ostala zelo ogreta v primerjavi z globinama 10 ter 20 cm, ki sta se že ohladili v tem obdobju. Da bi razumeli tako izrazito visoke temperature tal, si oglejmo vremensko dogajanje v tistih letih.

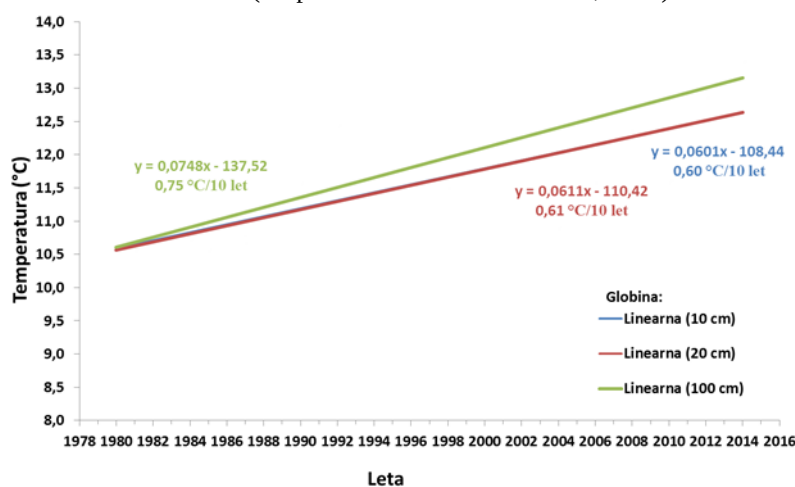
V letu 2007 je bil odklon od dolgoletnega povprečja temperature zraka v Novem mestu nad 2,0 °C in skoraj največji v Sloveniji (več samo na meteorološki postaji Godnje). Najvišja temperatura zraka je bila v Novem mestu 36,6 °C (le trikrat do takrat višja; 2003, 2010 in 1957). Hudega mraza ni bilo, zabeležili so najmanjšo temperaturo zraka -9,4 °C. Količina padavin pa je bila pod dolgoletnim povprečjem. V zimi 2007/2008 so povprečne januarske temperature zraka presegle odklon 3 °C, celotna zima v Novem mestu je presegla odklon 2,0 °C. Trajanje sončnega obsevanja je povsod po državi preseglo dolgoletno povprečje,

vendar najmanj v Novem mestu, količina padavin pa je dosegla 75 % dolgoletnega povprečja. Odklon povprečne temperature zraka za Novo mesto v celotnem letu 2008 je bil nad 1,5 °C, količina padavin je bila skladna z dolgoletnim povprečjem. Decembra 2008 so bila tla v Novem mestu na 5 in 10 cm toliko ogreta kot v Biljah, malo manj kot v Portorožu in sicer 4,0 °C. Tako topli leti 2007 in 2008 ter nato mila zima so povzročile, da se tla v globini v Novem mestu niso shladila. Na globini 10 in 20 cm so sicer temperature tal malo padle, ter bile bolj homogene s temperaturo zraka. Na globini 100 cm pa so ostala tla topla, saj ni bilo dolgotrajnega mraza oz. ohladitve (ARSO, 2015).

Ravno tako kot za Ljubljano lahko opazimo v Novem mestu, da so tla najhladnejša na globini 20 cm, najtoplejša pa na 100 cm (slika 38). Hladna leta v 80-tih so bila 1980, 1984, v 90-tih leto 1996, po letu 2000 pa leti 2004 ter 2005. Malo toplejše leto v Novem mestu do leta 2000 je bilo 1994, vendar niti ne tako izrazito. Po letu 2000 so bila vsa leta topla v primerjavi s prejšnjim obdobjem, razen 2004, 2005, 2010. Trend temperature tal (slika 39) je pozitiven ter največji za globino 100 cm (porast temperature za 2,5 °C v celotnem obdobju), na globini 10 ter 20 cm je trend pozitiven in enakomeren (okoli 2,0 °C v celotnem obdobju).

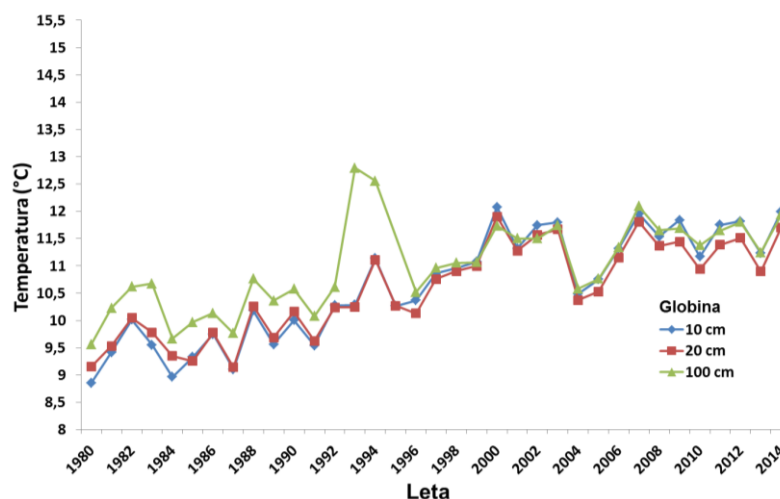


Slika 40: Povprečne letne temperature za Mursko Soboto za globine 10, 20 in 100 cm za izbrano obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

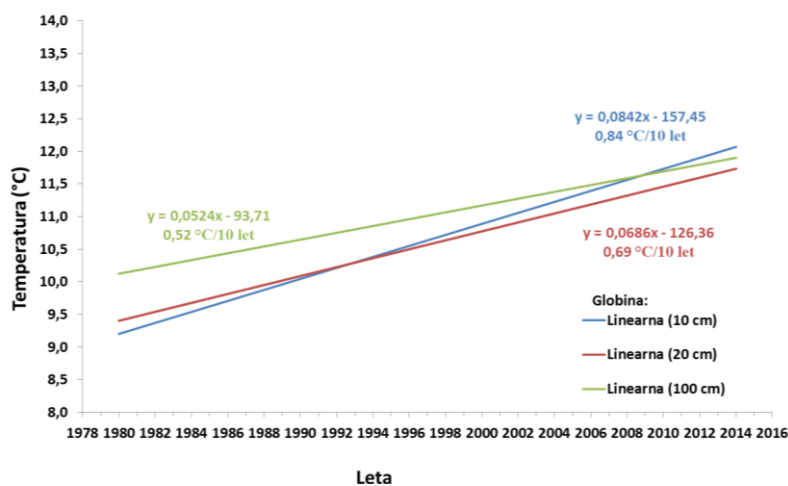


Slika 41: Trendi povprečnih letnih temperatur za Mursko Soboto za globine 10, 20 in 100 cm za izbrano obdobje 1980-2014 (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

Murska Sobota ima zelo razgiban graf za povprečne letne temperature (slika 40). Zanimivo je, da je šele po letu 1997 značilno, da je najvišja povprečna letna temperatura tal na globini 100 cm. Zelo hladna so bila skoraj celotna 80-ta, v 90-tih letih je bilo hladno leto 1991 nato pa samo še leti 2004 ter 2005. Do leta 2000 je bilo najbolj toplo leto 1994, nato 2000, 2007, 2012, 2014. Pozitiven trend (slika 41) povprečne temperature tal je najvišji na globini 100 cm (2,55 °C v celotnem obdobju), na globini 10 ter 20 cm pa je trend praktično enak (okoli 2,0 °C v celotnem obdobju).



Slika 42: Povprečne letne temperature za Lesce za globine 10, 20 in 100 cm za izbrano obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).



Slika 43: Trendi povprečnih letnih temperatur za Lesce za globine 10, 20 in 100 cm za izbrano obdobje 1980-2014 (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

Za Lesce (slika 42) je ravno obratno kot za Mursko Soboto značilno, da je do leta 1998 temperatura tal vedno najvišja na globini 100 cm, po tem letu pa so razlike v temperaturi tal na vseh globinah manjše. Najhladnejše povprečne temperature tal so na 20 cm globine. Do leta 2000 je bila na splošno povprečna temperatura tal nižja kot po tem letu. Omenimo lahko leto 1994, ki je bilo zelo toplo. Po letu 2000 pa je bilo hladneje le še v letih 2004 ter 2005. Linearen trend (slika 43) je najbolj strm na globini 10 cm (2,86 °C v celotnem obdobju), najmanj pa na globini 100 cm (1,77 °C v celotnem obdobju).

Povzamemo lahko, da se povprečna letna temperatura tal na vseh globinah in na vseh obravnavanih meteoroloških postajah statistično značilno viša. Najvišja letna temperatura tal je na globini 100 cm, kar velja za kraja Ljubljana in Novo mesto ter v zadnjem obdobju tudi za Mursko Soboto (za Lesce pa je značilno, da v zadnjem obdobju ni več najvišja temperatura na 100 cm). Za vse kraje je opazna neka prelomnica leta 2000. Pred tem letom je bilo izrazito toplo leto 1994 v vseh obravnavanih krajih. Po tem letu pa so na splošno letne povprečne temperature višje, z izjemo v letih 2004 in 2005, ko so se tla v vseh krajih nekoliko bolj shladila. Vendar velja poudariti, da so bile vremenske razmere v letih 2004 in 2005 zelo blizu dolgoletnim povprečjem. Temperatura zraka je bila malo nad dolgoletnim povprečjem (odklon do 1,0 °C), količina padavin je nihala po Sloveniji (v letu 2005 jih je primanjkovalo na zahodu države, na vzhodu jih je bilo dovolj), vendar so bile okoli dolgoletnega povprečja, prav tako snežna odeja in sončno obsevanje.

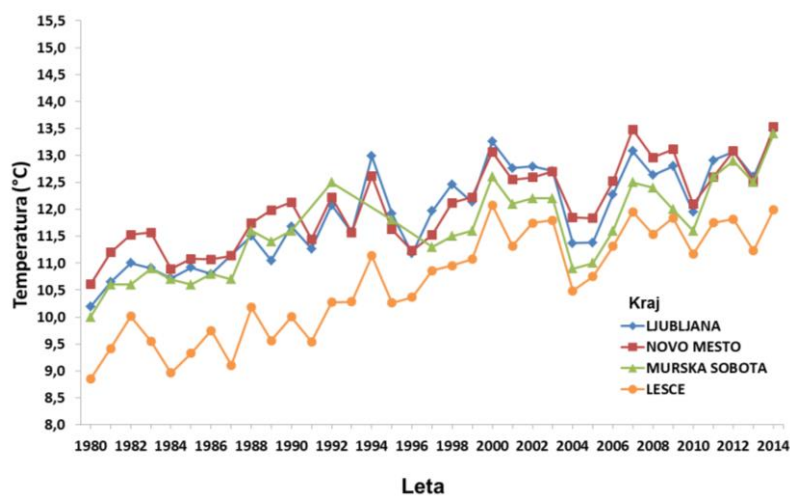
V vseh krajih in globinah je značilen pozitiven trend letne temperature tal. Na globini 10 cm je najbolj naraščajoča temperatura v krajih Ljubljana in Lesce, v Novem mestu in Murski Soboti pa je značilno, da je najvišji trend letne povprečne temperature tal na globini 100 cm. Na splošno je največji pozitiven trend med vsemi globinami in kraji v Lescah na 10 cm, kjer temperatura tal narašča za 0,84 °C/ 10 let.

4.2.2 Povprečne letne temperature tal po globinah

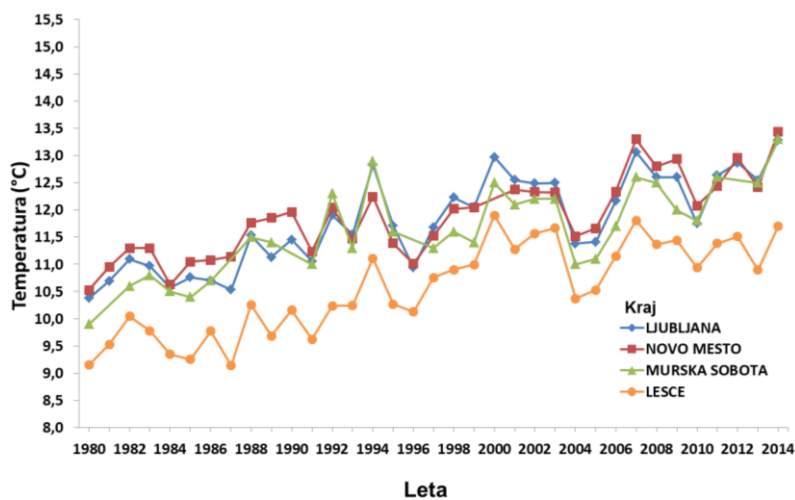
Povprečne letne temperature tal na globini 10 cm (slika 44) so najnižje v Lescah (10,6 °C), v ostalih krajih so vrednosti približno enake. Najvišje povprečne temperature tal so v Novem mestu (12,1 °C), nato v Ljubljani (12,0 °C) in Murski Soboti (11,6 °C). Vendar nam trendi povedo drugačno zgodbo. Najhitreje se tla na globini 10 cm ogrevajo v Lescah (0,84 °C/10 let), nato v Ljubljani (0,7 °C/10 let), najmanjši trend je na 10 cm v Novem mestu in Murski Soboti (0,6 °C/10 let).

Na globini 20 cm (slika 45) je prav tako najnižja povprečna letna temperatura tal v Lescah (10,6 °C), ostali kraji imajo približno enake temperature tal (nihajo med 11,6 in 11,9 °C). Na globini 20 cm so vrednosti linearnih trendov manj nihajo kot za globino 10 cm. Najhitreje narašča temperatura tal v Lescah (0,69 °C/10 let) in v Ljubljani (0,67 °C/10 let) nato Murski Soboti (0,61 °C/10 let), najbolj počasi se ogrevajo tla v Novem mestu (0,58 °C/10 let).

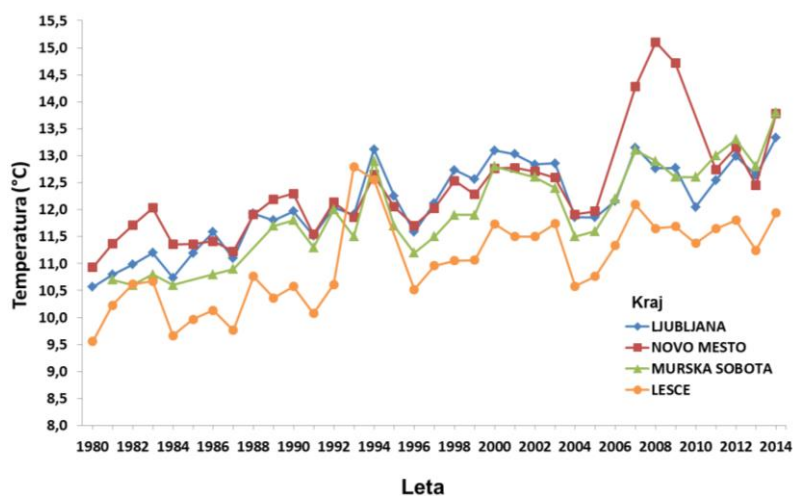
Na globini 100 cm (slika 46) je najnižja povprečna letna temperatura tal v Lescah (11,0 °C), s tem, da je dvakrat v obdobju temperatura tal dosegla vrednosti ostalih krajev (leta 1982, 1993 in 1994). V ostalih krajih povprečne letne temperature tal nihajo podobno (12,0-12,3 °C). Izjema je Novo mesto v letih 2007, 2008 ter 2009, ko je bila povprečna letna temperatura višja kot v ostalih krajih. Najhitreje narašča temperatura tal na 100 cm v Murski Soboti (0,75 °C/10 let), nato v Novem mestu (0,72 °C/10 let), v Ljubljani (0,6 °C/10 let) in v Lescah (0,52 °C/10 let).



Slika 44: Povprečne letne temperature tal za globino 10 cm za vse kraje za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

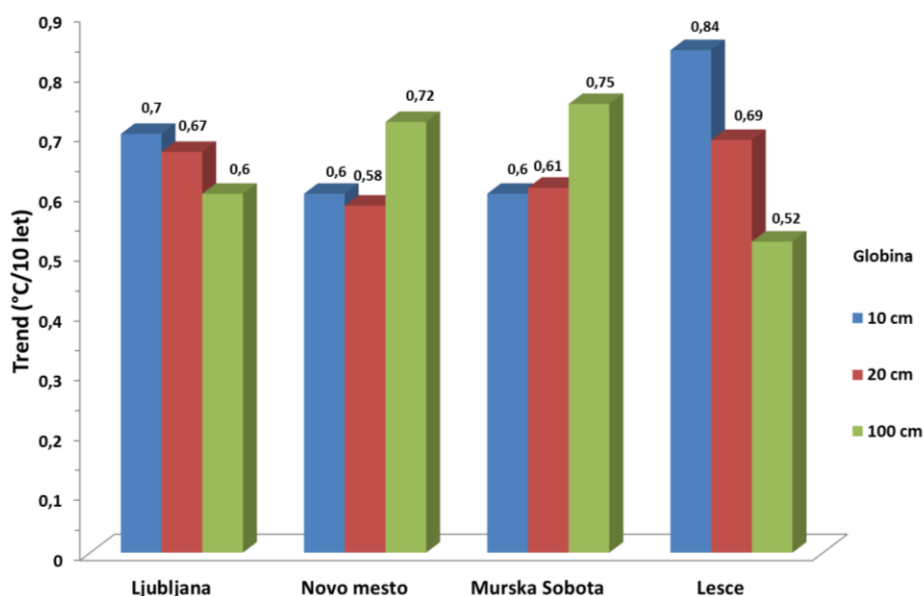


Slika 45: Povprečne letne temperature tal za globino 20 cm za vse kraje za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).



Slika 46: Povprečne letne temperature tal za globino 100 cm za vse kraje za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

4.2.3 Trendi povprečnih letnih temperatur tal



Slika 47: Trend dviganja povprečne letne temperature tal po globinah (10, 20 in 100 cm) in krajih (Ljubljana, Novo mesto, Murska Sobota, Lesce) za obdobje 1980-2014 (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

Preglednica 16: Trend dviganja povprečne letne temperature tal po globinah in krajih za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

KRAJ	10 cm (°C/10 let)	20 cm (°C/10 let)	100 cm (°C/10 let)
Ljubljana	0,70	0,67	0,60
Novo mesto	0,60	0,58	0,72
Murska Sobota	0,60	0,61	0,75
Lesce	0,84	0,69	0,52

Povprečne letne temperature tal so najnižje v Lescah na vseh globinah v skoraj celotnem obdobju, ostali kraj imajo podobne vrednosti, v Novem mestu so temperature nekoliko višje (preglednica 1). Vendar je trend temperature tal najbolj izrazit ravno v Lescah na globini 10 cm (0,84 °C/10 let) in 20 cm (0,69 °C/10 let), v Novem mestu in Murski Soboti pa najmanj (okoli 0,6 °C/10 let). Za globino 100 cm pa je malo drugače, najbolj izrazito naraščanje temperature tal je v Murski Soboti (0,75 °C/10 let) in najmanj v Lescah (0,52 °C/10 let). Vsi trendi so pozitivni ter statistično značilni pri intervalu zaupanja 95 %.

Ljubljana in Lesce imata višji trend (slika 47) temperature tal na 10 in 20 cm, kot 100 cm, Murska Sobota in Novo mesto pa ravno obratno. To bi lahko bila posledica nadmorske višine ter lege (Ljubljana in Lesce imata višjo nadmorsko višino in ležita bolj zahodno) ter seveda tipa tal ter klime (količina padavin iz vzhoda na zahod Slovenije narašča).

4.3 POLLETJA

4.3.1 Hladna polovica leta

Hladna polovica leta je od oktobra do marca. V kmetijstvu to pomeni, da je rast vegetacije skoraj ustavljena, saj mora biti za fiziološki razvoj rastline vsaj 5 °C.

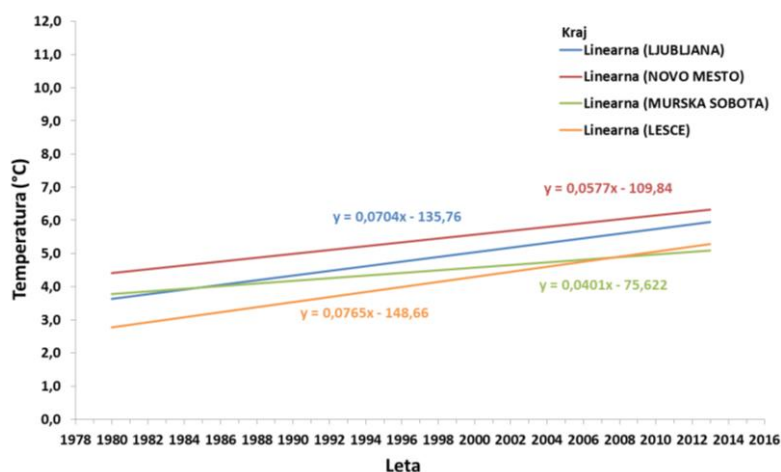
Preglednica 17: Povprečna temperatura tal, minimum, maksimum ter trend za hladno polovico leta (od oktobra do marca) za vse globine (10, 20 in 100 cm) ter kraje (Ljubljana, Novo mesto, Murska Sobota, Lesce) za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

	GLOBINA (cm)	LJUBLJANA (°C)	NOVO MESTO (°C)	MURSKA SOBOTA (°C)	LESCE (°C)
Povprečje	10	4,8	5,4	4,4	4,0
Minimum	10	2,9	3,6	2,5	2,0
Maksimum	10	7,5	8,3	6,8	6,7
Trend (na 10 let)	10	0,70	0,58	0,40	0,77
Povprečje	20	5,1	5,5	4,9	4,5
Minimum	20	2,9	3,7	3,9	2,7
Maksimum	20	7,9	8,4	7,0	7,0
Trend (na 10 let)	20	0,74	0,60	0,26	0,70
Povprečje	100	7,6	8,5	7,5	7,1
Minimum	100	5,9	6,7	6,1	5,7
Maksimum	100	9,5	11,2	9,1	9,4
Trend (na 10 let)	100	0,46	0,66	0,04	0,37

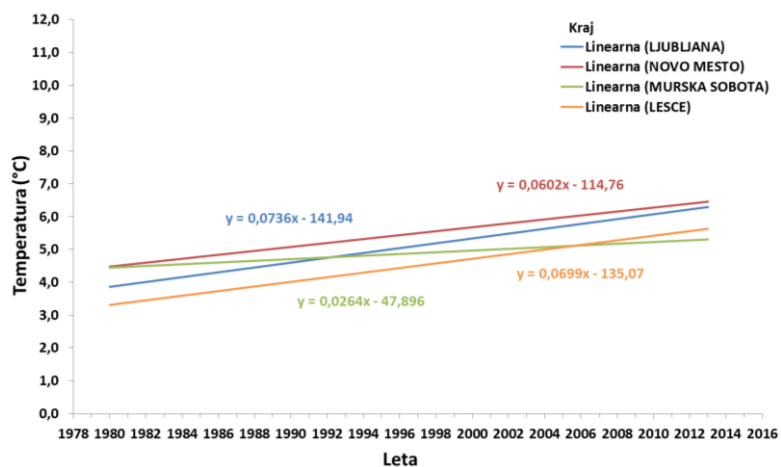
Povprečna temperatura tal (preglednica 17) v izbranem obdobju na 10 cm v hladni polovici leta je najnižja v Lescah (4,0 °C) in najvišja v Novem mestu (5,4 °C). Tema mestoma pripadata minimum in maksimum. Povprečna temperatura tal za hladno polovico leta na globini 10 cm zelo narašča v Ljubljani (0,70 °C/10 let) in Lescah (0,77 °C/10 let), manj pa v Novem mestu (0,58 °C /10 let) ter Murski Soboti (0,40 °C/10 let).

Najnižja povprečna temperatura tal na 20 cm (preglednica 17) v obdobju 1980-2014 je bila v Lescah (4,5 °C), najvišja v Novem mestu (5,5 °C), ravno tako minimum in maksimum. Povprečna temperatura tal za hladno polovico leta na globini 20 cm najbolj narašča v Ljubljani (0,74 °C/10 let) in Lescah (0,70 °C/10 let) ter manj v Novem mestu (0,60 °C/10 let) in zelo malo v Murski Soboti (0,26 °C/10 let).

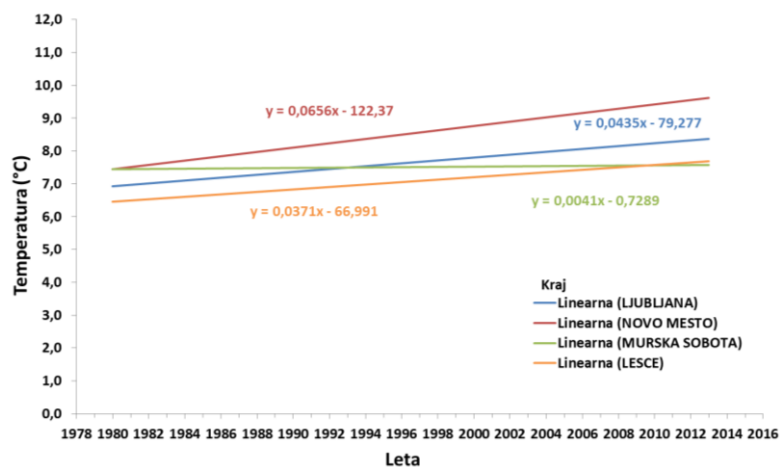
Na globini 100 cm (preglednica 17) je najnižja povprečna temperatura tal za hladno polovico leta v Lescah (7,1 °C) ter najvišja v Novem mestu (8,5 °C). Na globini 100 cm povprečna temperatura tal za hladno polovico leta najbolj narašča v Novem mestu (0,66 °C/10 let), malo v Ljubljani in Lescah, v Murski Soboti pa to ni značilno (0,04 °C/10 let).



Slika 48: Trendi povprečnih temperatur tal za hladno polovico leta (oktober – marec) za globino 10 cm za vse kraje (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).



Slika 49: Trendi povprečnih temperatur tal za hladno polovico leta (oktober – marec) za globino 20 cm za vse kraje (trend za Mursko Soboto ni značilen, ostali so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).



Slika 50: Trendi povprečnih temperatur tal za hladno polovico leta (oktober – marec) za globino 100 cm za vse kraje (trend za Mursko Soboto ni značilen, ostali so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

Povprečna temperatura tal v hladni polovici leta z globino v vseh krajih narašča. V hladni polovici leta je temperatura tal na 100 cm višja kot na 10 in 20 cm. Na 10 cm globine tal je najvišja povprečna temperatura tal v Novem mestu (5,4 °C), v ostalih krajih med 4,0 in 5,0 °C (najmanj v Lescah). Za vse kraje je na 10 cm značilen pozitiven trend temperature tal (slike 48, 49, 50), najvišji je v Lescah (0,77 °C/10 let) in Ljubljani (0,7 °C/10 let). Povprečna temperatura tal na 20 cm je okoli 5,0 °C za vse kraje, najvišja je v Novem mestu, najnižja v Lescah. Trend v Murski Soboti za globino 20 cm ni značilen, za ostale kraje je okoli 0,6-0,7 °C/10 let. Povprečna temperatura tal hladne polovice leta je najvišja na 100 cm v Novem mestu (kar 8,5 °C), za to globino je tu tudi najvišji trend med kraji (0,66 °C). V Murski Soboti ni značilnega trenda za globino 100 cm v hladni polovici leta. V Murski Soboti ter Lescah trend naraščanja temperature tal z globino pada, delno tudi v Ljubljani. V Novem mestu je trend temperature tal po globinah bolj enakomeren, največji je na globini 100 cm.

V Murski Soboti in Lescah pozitiven trend temperature tal z globino pada (slike 58, 59, 60), v Novem mestu pa narašča, v Ljubljani je najvišji trend na 20 cm. V Ljubljani in Lescah je trend temperature tal v hladni polovici leta približno enak, okoli 0,7 °C/10 let (to so tudi najvišji trend za hladno polovico leta). V Novem mestu imajo tla v hladni polovici leta dokaj enakomeren pozitiven trend (med 0,58 in 0,66 °C/10 let). Murska Sobota ima za globini 20 cm in 100 cm neznačilen trend, na globini 10 cm pa najnižji pozitiven trend med mesti (0,4 °C/10 let, vendar statistično značilen).

4.3.2 Topla polovica leta

Topla polovica leta je od aprila do septembra. V kmetijstvu je to čas intenzivne rasti kmetijskih rastlin, setve, agrotehničnih ukrepov in pospravljanja pridelkov.

Preglednica 18: Povprečna temperatura tal, minimum, maksimum ter trend za toplo polovico leta (od aprila do septembra) za vse globine (10, 20 in 100 cm) ter kraje (Ljubljana, Novo mesto, Murska Sobota, Lesce) za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

	GLOBINA (cm)	LJUBLJANA (°C)	NOVO MESTO (°C)	MURSKA SOBOTA (°C)	LESCE (°C)
Povprečje	10	18,9	18,6	18,6	17,1
Minimum	10	16,6	16,7	15,8	14,5
Maksimum	10	20,6	20,0	20,5	19,3
Trend (na 10 let)	10	0,70	0,61	0,80	0,92
Povprečje	20	18,4	18,1	18,3	16,5
Minimum	20	16,5	16,2	15,3	14,7
Maksimum	20	19,8	19,4	20,1	18,5
Trend (na 10 let)	20	0,60	0,56	0,92	0,68
Povprečje	100	16,4	16,1	16,2	14,9
Minimum	100	14,4	14,3	12,8	12,8
Maksimum	100	18,1	19,1	18,5	17,0
Trend (na 10 let)	100	0,75	0,72	1,40	0,66

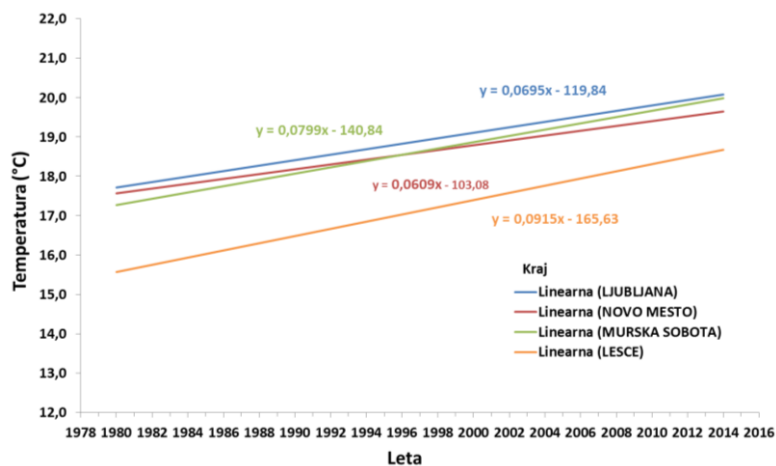
Dolgoletno povprečje temperatur tal (preglednica 18) za toplo polovico leta (od aprila do septembra) za globino 10 cm je najnižje v Lescah (17,1 °C), ostali kraji imajo podobne vrednosti, najvišje je v Ljubljani (18,9 °C). Prav tako je minimalna letna temperatura tal na 10 cm za toplo polovico leta najnižja v Lescah (14,5 °C), maksimalna pa v Ljubljani (20,6 °C). Pozitiven trend temperature tal na 10 cm globine ima najvišje vrednosti za Lesce (0,92 °C/10 let). Prav tako so statistično značilni pozitivni trendi za ostale kraje.

Dolgoletno povprečje temperature tal na globini 20 cm za toplo polovico leta je najnižje v Lescah (16,5 °C), v ostalih krajih je okoli 18,0 °C. Minimalna letna temperatura tal je bila v Lescah (14,7 °C), maksimalna pa v Murski Soboti (20,1 °C). Statistično značilen pozitiven trend povprečne polletne temperature tal je v vseh krajih na globini 20 cm.

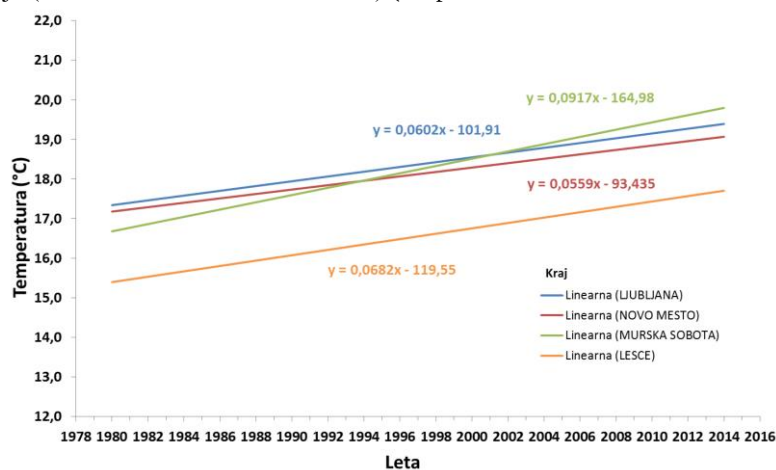
Dolgoletno povprečje temperature tal na globini 100 cm za toplo polovico leta je najnižje v Lescah (14,9 °C), v ostalih krajih je malo nad 16,0 °C. Minimalna polletna temperatura tal je bila najnižja v Lescah ter Murski Soboti (12,8 °C), maksimalna pa v Novem mestu (19,1 °C). Prav tako je statistično značilen pozitiven trend povprečne polletne temperature tal v Murski Soboti (1,4 °C/10 let) in tudi v ostalih krajih.

Za toplo polovico leta je značilno, da povprečna temperatura tal z globino pada. Najnižje povprečne vrednosti so v Lescah, najvišje pa v Ljubljani za vse globine (Murska Sobota in Novo mesto imata podobne vrednosti), kar lahko vidimo v preglednici 18. Zelo visok pozitiven trend temperature tal ima Murska Sobota, ta z globino narašča (na 100 cm kar 1,4 °C/10 let). V Lescah je tudi pozitiven trend naraščanja temperature tal na 10 cm (0,92 °C/10 let), z globino pa pada. Ljubljana in Novo mesto imata podoben trend temperature

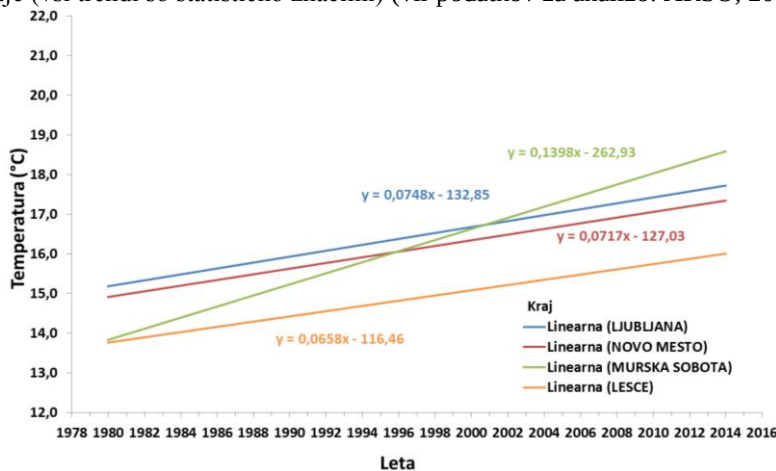
tal ter tudi bolj enakomeren po globini (med 0,56 in 0,75 °C/10 let). Za Novo mesto, Mursko Soboto in Ljubljano je značilno, da se najhitreje ogrevajo tla na globini 100 cm (v Lescah pa na 10 cm).



Slika 51: Trend povprečne temperature tal za toplo polovico leta (april-september) za globino 10 cm za vse kraje (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).



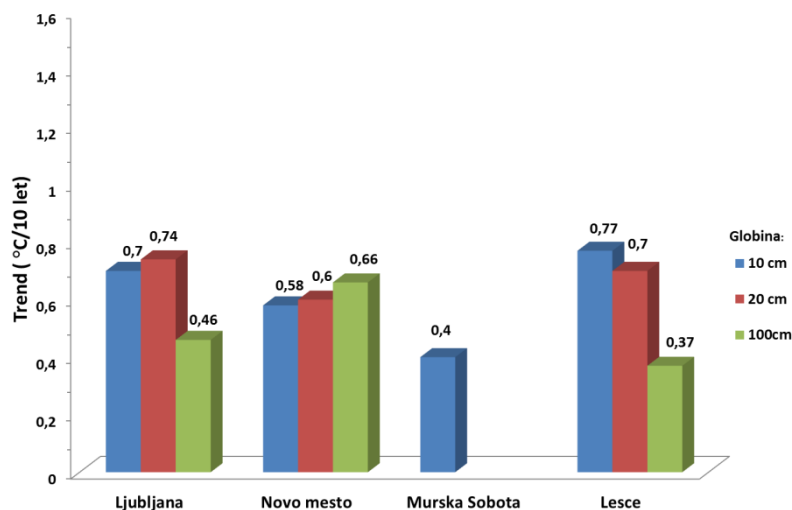
Slika 52: Trend povprečne temperature tal za toplo polovico leta (april-september) za globino 20 cm za vse kraje (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).



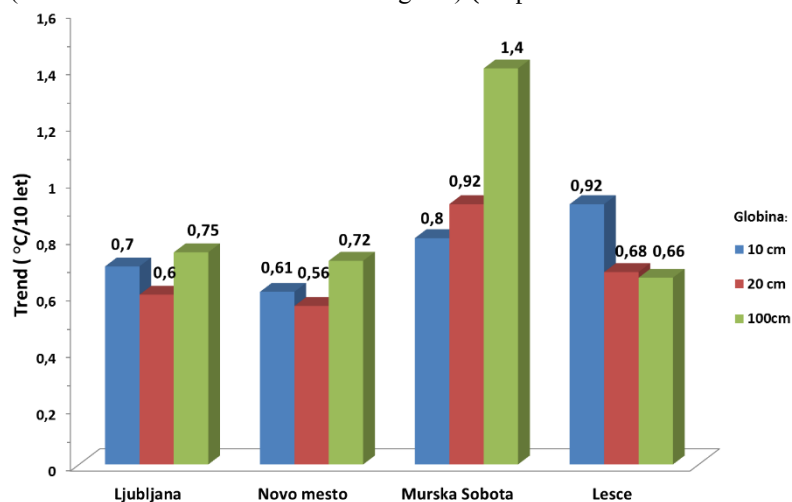
Slika 53: Trend povprečne temperature tal za toplo polovico leta (april-september) za globino 100 cm za vse kraje (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

4.3.3 Topla in hladna polovica leta

Iz preglednic 17 ter 18 lahko razberemo, da so v Ljubljani letne povprečne temperature tal na vseh globinah najvišje v topli polovici leta, v Novem mestu v hladni polovici leta, v Lescah pa najnižje za toplo in hladno polovico leta. Na splošno temperatura tal hitreje narašča v topli polovici leta kot v hladni polovici. Pozitiven trend višanja temperature tal v Ljubljani na 10 in 20 cm je približno enak za toplo in hladno polovico leta (med 0,60 in 0,74 °C). Na globini 100 cm pa je zelo izrazit v topli polovici leta in manj izrazit v hladni. Značilno je višanje temperature tal v topli in hladni polovici leta na vseh globinah približno enakomerno v Novem mestu (med 0,56 in 0,72 °C). V Murski Soboti v hladni polovici leta ni značilnega višanja letnih temperatur po globinah (statistično značilno le za globino 10 cm), medtem ko je za toplo polovico leta statistično značilno na vseh globinah in so trendi pozitivni (od 0,8-1,4 °C/10 let). Tudi v Lescah temperatura tal narašča skozi celo leto, najmanj v hladni polovici na 100 cm (0,37 °C/10 let) in največ na 10 cm globine v topli polovici leta (0,92 °C/10 let). Trendi so po globinah in krajih zelo različni (preglednica 19).



Slika 54: Statistično značilni trendi naraščanja temperature tal v hladni polovici leta po globinah ter krajih v °C/10 let (statistično neznačilnih trendov ni v grafu) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).



Slika 55: Statistično značilni trendi naraščanja temperature tal v topli polovici leta po globinah ter krajih v °C/10 let (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

Preglednica 19: Trendi naraščanja temperature tal po globinah ter krajih v °C/10 let (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

KRAJ/GLOBINA	10 cm (°C/10 let)	20 cm (°C/10 let)	100 cm (°C/10 let)
Hladna Polovica			
Ljubljana	0,70	0,74	0,46
Novo mesto	0,58	0,60	0,66
Murska Sobota	0,40	0,26	0,04
Lesce	0,77	0,70	0,37
Topla Polovica			
Ljubljana	0,70	0,60	0,75
Novo mesto	0,61	0,56	0,72
Murska Sobota	0,80	0,92	1,40
Lesce	0,92	0,68	0,66

4.4 LETNI ČASI

Meteorološki letni časi se nekoliko razlikujejo od klasičnih v splošni uporabi, saj se nanašajo na cele tri mesece. Zima obsega mesece december, januar in februar, pomlad obsega mesece marec, april in maj, poletje obsega mesece junij, julij in avgust, jesen mesece september, oktober in november.

Preglednica 20: Povprečne dolgoletne temperature tal letnih časov po globinah (10, 20 in 100 cm) in krajih za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

KRAJ	LETNI ČAS	10 cm T (°C)	20 cm T (°C)	100cm T (°C)
Ljubljana	pomlad	11,2	10,7	9,4
Novo mesto	pomlad	11,2	10,7	9,3
Murska Sobota	pomlad	11,4	11,0	9,4
Lesce	pomlad	9,9	9,3	8,3
Ljubljana	poletje	22,4	21,8	19,2
Novo mesto	poletje	22,0	21,4	18,6
Murska Sobota	poletje	22,0	21,6	18,9
Lesce	poletje	20,5	19,7	17,4
Ljubljana	jesen	12,2	12,6	14,8
Novo mesto	jesen	12,7	12,9	15,3
Murska Sobota	jesen	11,7	12,2	14,4
Lesce	jesen	11,1	11,6	13,6
Ljubljana	zima	1,4	1,8	4,9
Novo mesto	zima	2,0	2,3	5,9
Murska Sobota	zima	1,1	1,6	4,8
Lesce	zima	0,8	1,4	4,6

Najvišjo povprečno temperaturo tal spomladi (preglednica 20) ima Murska Sobota (11,4 °C na 10 cm, 11,0 °C na 20 cm in 9,4 °C na 100 cm) na vseh globinah (na globini 100 cm tudi Ljubljana, 9,4 °C). Novo mesto in Ljubljana malo odstopata od temperatur tal v Murski Soboti, medtem ko so Lesce hladnejše (9,9 °C na 10 cm, 9,3 °C na 20 cm, 8,3 °C na 100 cm). Na vseh globinah poleti ima najvišjo povprečno temperaturo tal Ljubljana (na 10 cm 22,4 °C, na 20 cm 21,8 °C, na 100 cm 19,2 °C), kjer sta julij in avgust najtoplejša meseca. Jeseni so na vseh globinah tla najtoplejša v Novem mestu (12,7 °C na 10 cm, 12,9

°C na 20 cm, 15,3 °C na 100 cm), prav tako zime (2,0 °C na 10 cm, 2,3 °C na 20 cm, 5,9 °C na 100 cm). To sovпада s podatki o povprečnih mesečnih vrednostih, saj so tu od septembra do marca na vseh globinah najvišje vrednosti. V Lescah ima v vseh letnih časih temperatura tal najnižje vrednosti (pomlad okoli 8-9 °C, poletje med 17 in 20 °C, jesen med 11 in 13 °C ter zima med 1 in 4 °C).

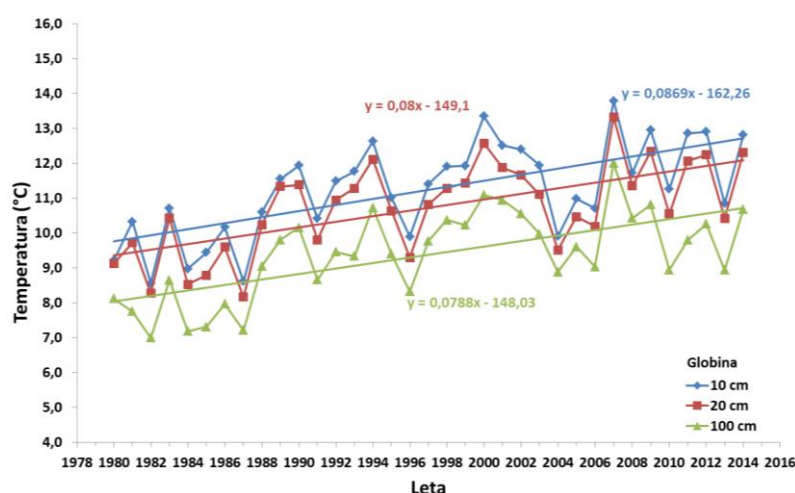
4.4.1 Pomlad

Na vseh globinah imajo tla spomladi v Ljubljani (slika 56) enakomeren pozitiven trend temperature tal (najmanj na 100 cm za 0,79 °C/10 let ter največ na 10 cm za 0,87 °C/10 let). V zadnjem obdobju sta bili zelo topli pomladi 2007 ter 2000. V 80-tih so bile značilne hladnejše pomladi, po letu 2000 je bilo kar nekaj hladnih pomladi v Ljubljani (2004, 2006, 2010, 2013).

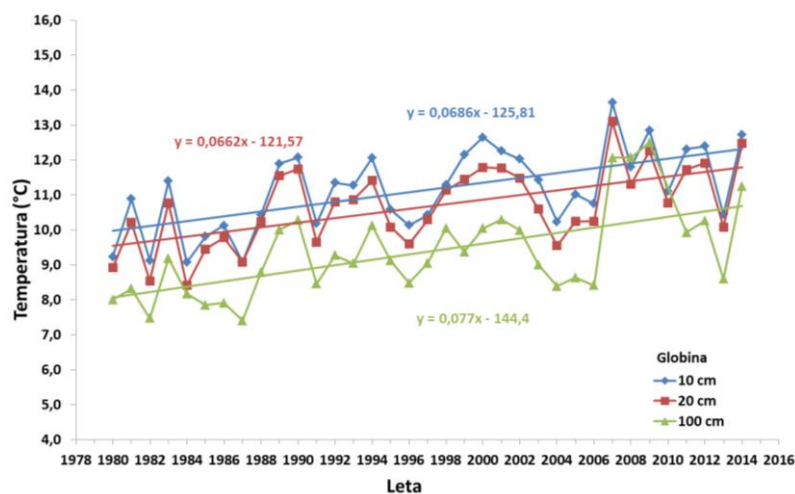
Tudi v Novem mestu (slika 57) imajo tla spomladi enakomeren pozitiven trend po vseh globinah (največ na 100 cm, in sicer 0,77 °C/10 let ter najmanj na 20 cm 0,66 °C/10 let). Zadnja zelo izrazita hladna pomlad je bila leta 2013, topli pa 2007 ter 2009.

V Murski Soboti (slika 58) ima temperatura tal pozitiven trend na 100 cm 1,05 °C/10 let. Na globini 10 in 20 cm pa imajo tla enakomerni trend temperature tal, in sicer za malo manj kot 0,8 °C/10 let. Zadnji izrazito topli pomladi sta bili 2007 in 2014, zadnje hladne pomladi pa od leta 2003 do 2006 ter leta 2013. V Murski Soboti so bile v 80-tih zelo hladne pomladi.

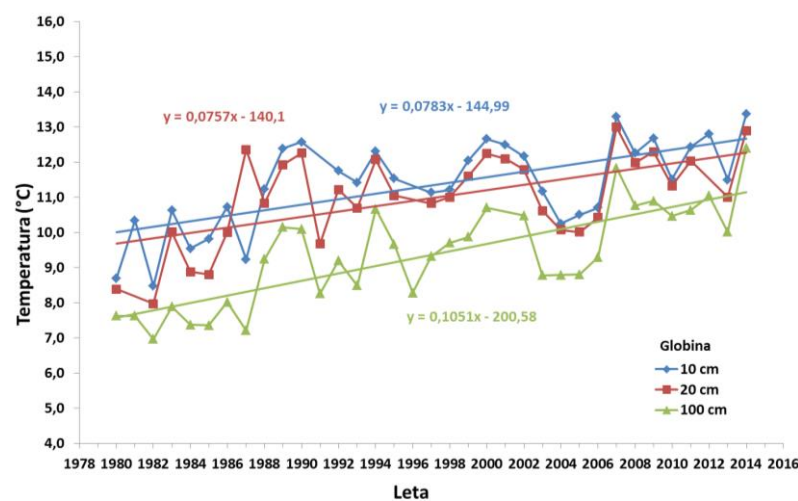
V Lescah (slika 59) je pozitiven trend temperature tal na 10 in 20 cm globine in sicer za več kot 1,0 °C/10 let. Na globini 100 cm je trend 0,75 °C/10 let. Zadnja zelo topla pomlad je bila 2007, hladne pa v letih 2004, 2005, 2006 in 2013. Zanimivo je, da je leta 1994 temperatura tal na globini 100 cm presegla temperaturo tal na 10 in 20 cm.



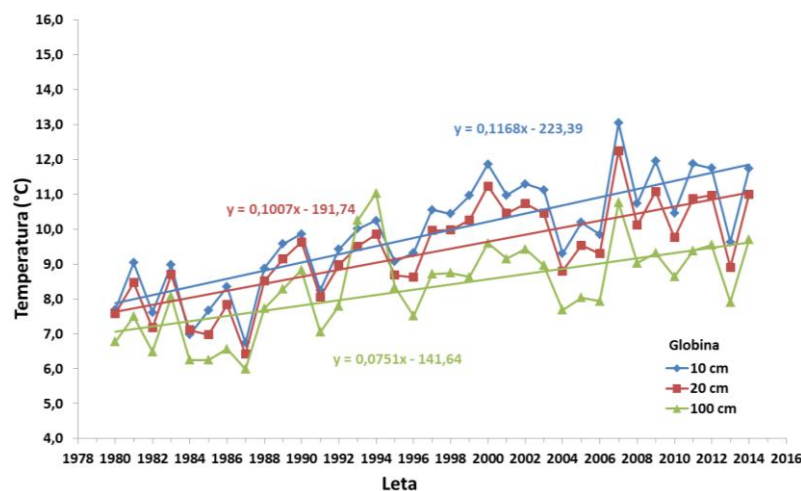
Slika 56: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za pomladi (obdobje 1980-2014) za vse globine za Ljubljano (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).



Slika 57: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za pomladi (obdobje 1980-2014) za vse globine za Novo mesto (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).



Slika 58: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za pomladi (obdobje 1980-2014) za vse globine za Mursko Soboto (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).



Slika 59: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za pomladi (obdobje 1980-2014) za vse globine za Lesce (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

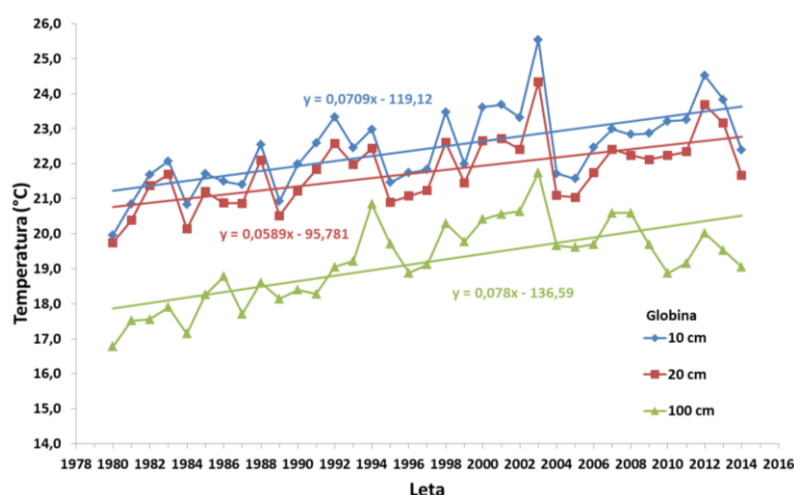
4.4.2 Poletje

V Ljubljani (slika 60) ima temperatura tal poleti najvišji pozitivni trend na 100 cm (0,78 °C/10 let) ter najmanjši na 20 cm globine (0,60 °C/10 let). Ekstremno visoke temperature tal so bile leta 2003, precej hladno zadnje poletje je bilo 2014. Zanimivo je tudi, da temperatura tal po globini ni enakomerna, na 100 cm v primerjavi s 10 in 20 cm ekstremna leta ne sovpadajo vedno (leta 2012 so bile temperature tal v nižjih plasteh zelo visoke; podobno 1992).

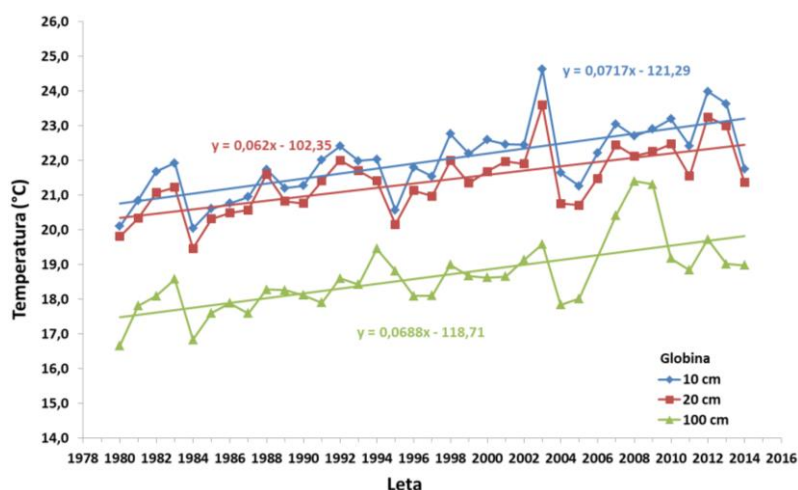
V Novem mestu (slika 61) je značilno, da je trend temperature tal pozitiven in enakomeren po globini, za okoli 0,6-0,7 °C/10 let. Tudi tu ekstremna leta po globini vedno ne sovpadajo; v letih 2007, 2008, 2009 je bilo na 100 cm zelo toplo, na 10 in 20 cm pa ne (leta 2003 ravno obratno). Zadnji bolj hladni poletji v Novem mestu sta bili 2004 in 2005.

Za Mursko Soboto (slika 62) je značilen pozitiven trend temperature tal na vseh globinah, najbolj na 100 cm in sicer za 1,64 °C/10 let. Hladna poletja so bila od 1980 do 1985, zadnja malo hladnejša pa 2004, 2005, 2006 ter 2009. Močno nadpovprečna temperatura tal na vseh globinah je bila 2003, kar pa sovпада tudi s temperaturo zraka, ki je bila to leto najvišja v celotnem obdobju meritev. Za Mursko Soboto je vidno, da po globini tla bolj enakomerno dosegajo ekstreme.

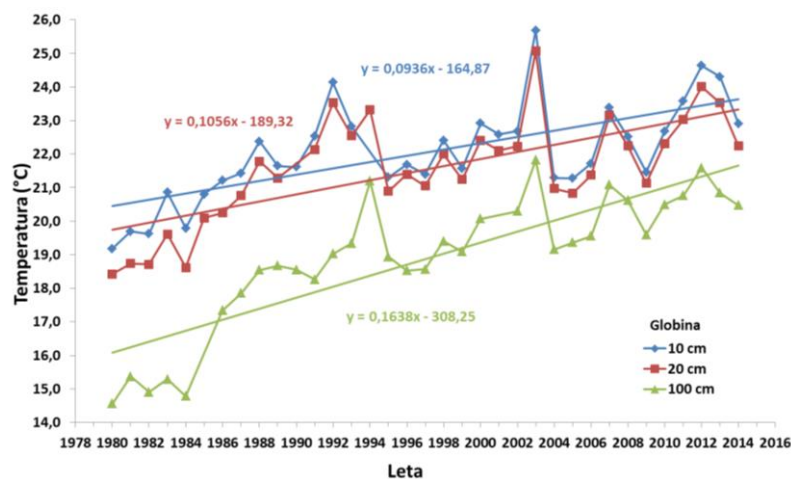
V Lescah (slika 63) je najvišji pozitiven trend temperature tal na 10 cm (0,9 °C/10 let), na 20 in 100 cm pa je trend okoli 0,6 °C/10 let. Zadnje zelo vroče poletje na vseh globinah je bilo 2003, na 100 cm je bilo zelo ekstremno tudi leto 1993. Leto 2014 je bilo precej hladno poletje tudi v Lescah. Leto 2014 tudi po temperaturi zraka ni izstopalo, značilne so bile pogoste in obilne padavine, tudi sončnega vremena je bilo manj kot običajno, največji del ozemlja je zabeležil 70 do 80 % običajne osončenosti, bilo je tudi eno redkih let, ko ni bilo poletne suše. Zaradi navedenih značilnosti vremena je bila tudi temperatura tal nižja od povprečne.



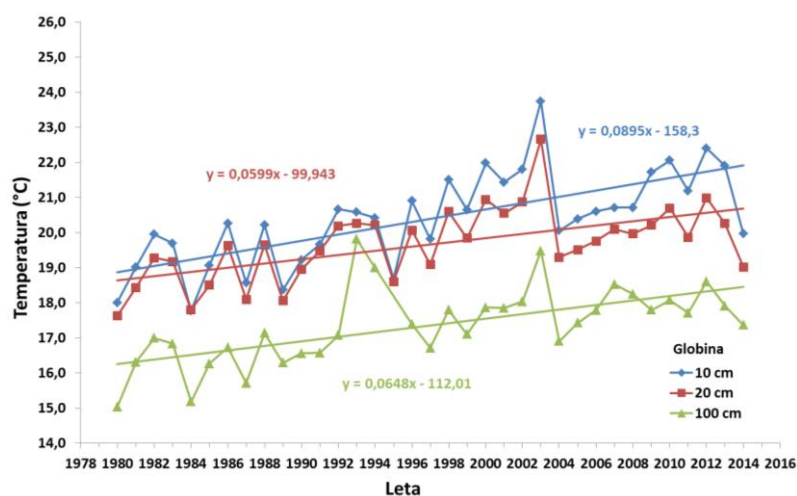
Slika 60: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za poletje (obdobje 1980-2014) za vse globine za Ljubljano (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).



Slika 61: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za poletje (obdobje 1980-2014) za vse globine za Novo mesto (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).



Slika 62: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za poletje (obdobje 1980-2014) za vse globine za Mursko Soboto (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).



Slika 63: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za poletje (obdobje 1980-2014) za vse globine za Lesce (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

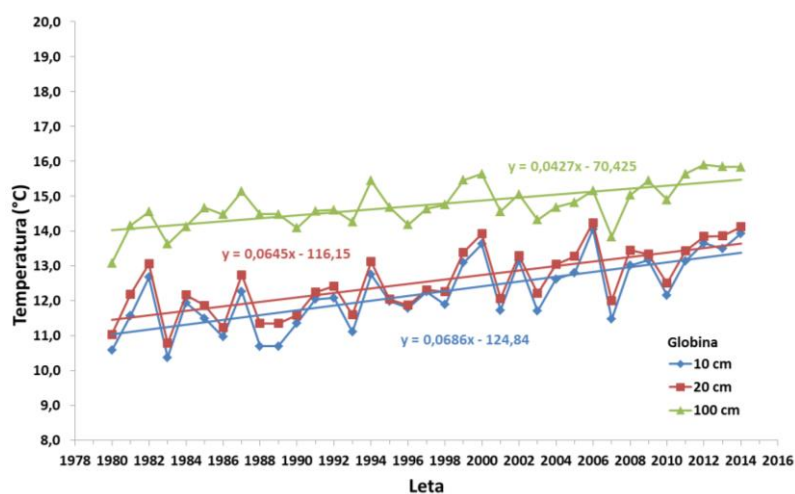
4.4.3 Jesen

Povprečne jesenske temperature tal v Ljubljani (slika 64) po letih veliko manj nihajo kot spomladi in poleti. Trend je pozitiven, vendar za globino 100 cm manjši ($0,4\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$) za 10 in 20 cm pa je okoli $0,65\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$. Zelo tople jeseni so bile 1982, 1987, 1994, 2000, 2006, hladne pa 1980, 1983, 1993, 2003, 2007.

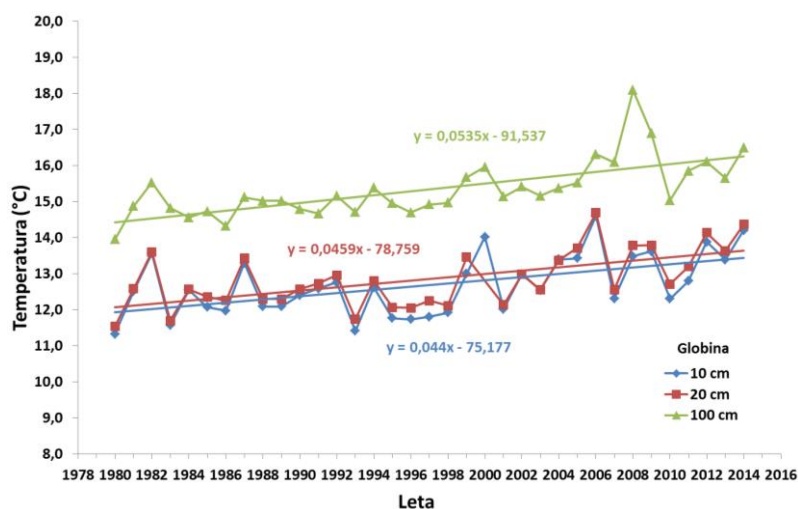
Tudi v Novem mestu (slika 65) povprečna jesenska temperatura tal po letih manj niha, trend je pozitiven in statistično značilen. Najbolj se ogrevajo tla na 100 cm in sicer $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$, manj na 10 in 20 cm (za okoli $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$). Ekstremno vroča jesen je bila leta 2008 na globini 100 cm, na 10 in 20 cm pa leto 2006. Zadnja hladnejša jesen je bila 2010 na vseh globinah.

Tudi v Murski Soboti (slika 66) je trend temperature tal manjši, okoli $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$ na vseh globinah. Zelo hladna jesen je bila 2007 na vseh globinah, tudi 1988, 1989, 1997, 1998, 2010. Zelo topla tla v jeseni so bila leta 1987, 1992, 1994, 2000.

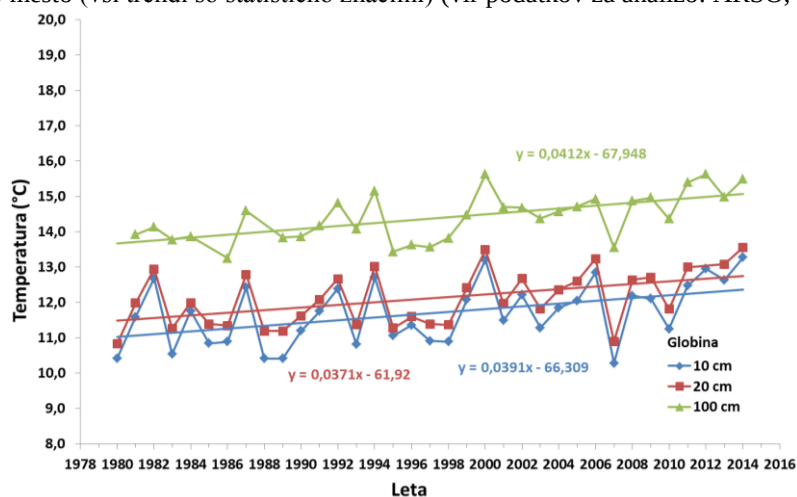
V Lescah (slika 67) je jeseni največji pozitiven trend na globini 10 cm ($0,69\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$) ter najmanj na 100 cm ($0,38\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$). Zelo topli jeseni sta bili 2000, 2006 na vseh globinah, ter na 100 cm leta 1993.



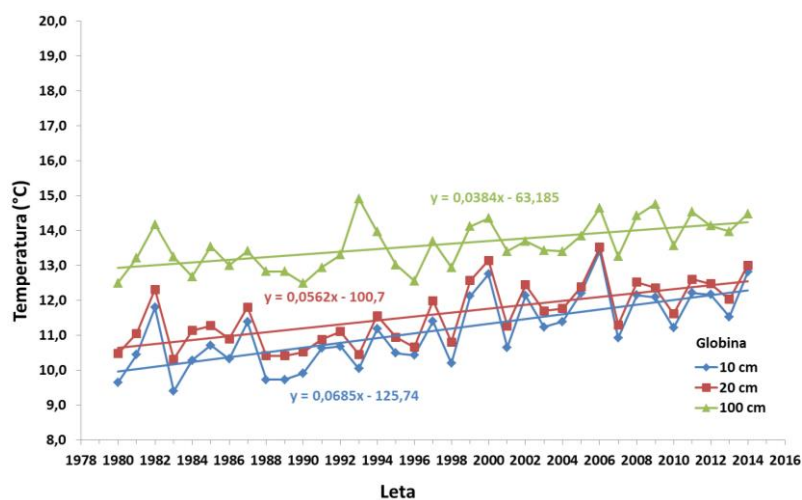
Slika 64: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za jesen (obdobje 1980-2014) za vse globine za Ljubljano (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).



Slika 65: Povprečna temperatura s pripadajočimi trendi tal za jesen (obdobje 1980-2014) za vse globine za Novo mesto (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).



Slika 66: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za jesen (obdobje 1980-2014) za vse globine za Mursko Soboto (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).



Slika 67: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za jesen (obdobje 1980-2014) za vse globine za Lesce (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

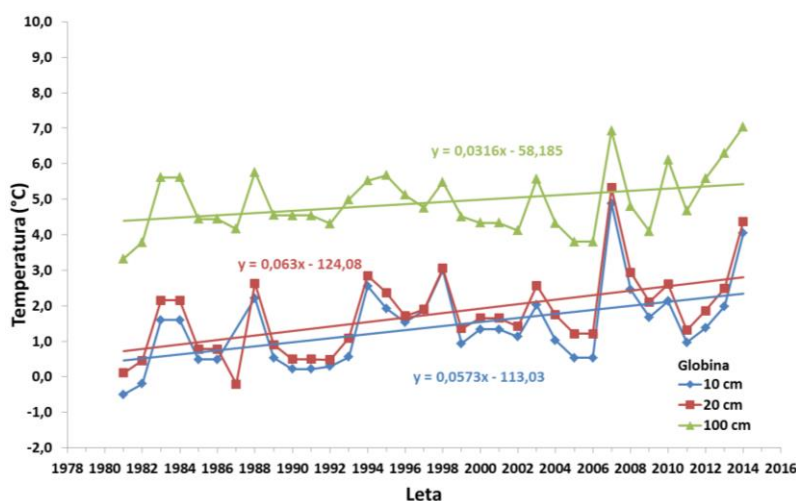
4.4.4 Zima

Povprečna temperatura tal pozimi v Ljubljani (slika 68) ima najvišji trend temperature tal na 10 in 20 cm in sicer okoli 0,6 °C/10 let. Na 100 cm pozimi v Ljubljani imajo tla pozitiven trend (0,3 °C/10 let). Temperatura tal skozi leta zelo niha, zelo tople zime so bile 1988, 1998, 2007 in 2014, hladne pa 2005, 2006, 2011.

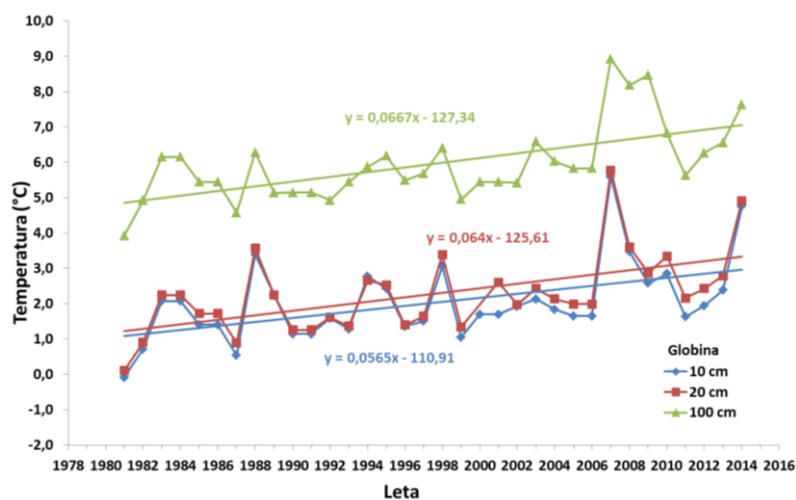
V Novem mestu (slika 69) ima temperatura tal pozimi enakomeren pozitiven trend po globinah. Najbolj se tla ogrevajo na 100 cm in sicer za 0,7 °C/10 let, najmanj na 10 cm in sicer za 0,56 °C/10 let. Zelo tople zime na vseh globinah so bile 1988, 1998, 2007 in 2014. Zelo hladne zime so bile 1987, 1999, 2011.

Zanimivo je, da v Murski Soboti (slika 70) pozimi ni značilnega trenda. Na globini 100 cm je celo rahlo padajoč trend, vendar neznačilen. Zelo topli zimi sta bili 2007 in 2014, hladne pa 1987, 1990, 1991, 1999, 2004, 2005, 2006.

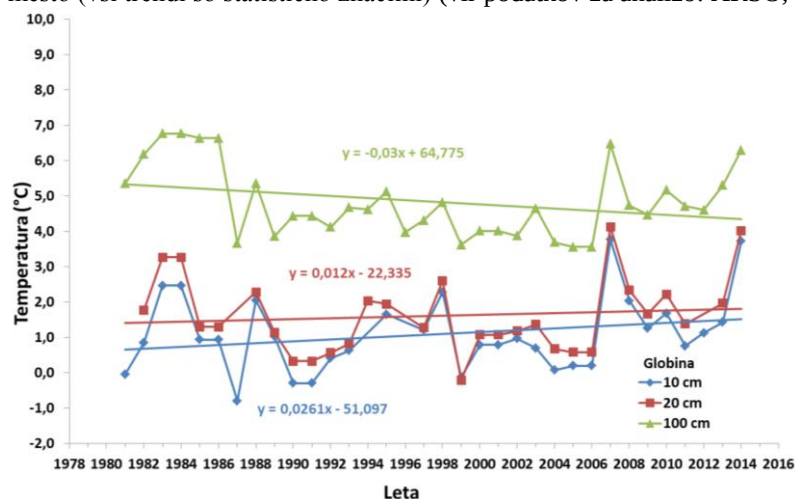
Za Lesce (slika 71) je statistično značilno, da se tla pozimi na 10 in 20 cm ogrevajo za okoli 0,6 °C/10 let. Na 100 cm imajo statistično neznačilen trend. Tople zime so bile 1988, 1994, 1998, 2007 in 2014, hladne pa 1981, 1987, 1992, 1999, 2005, 2006 in 2011.



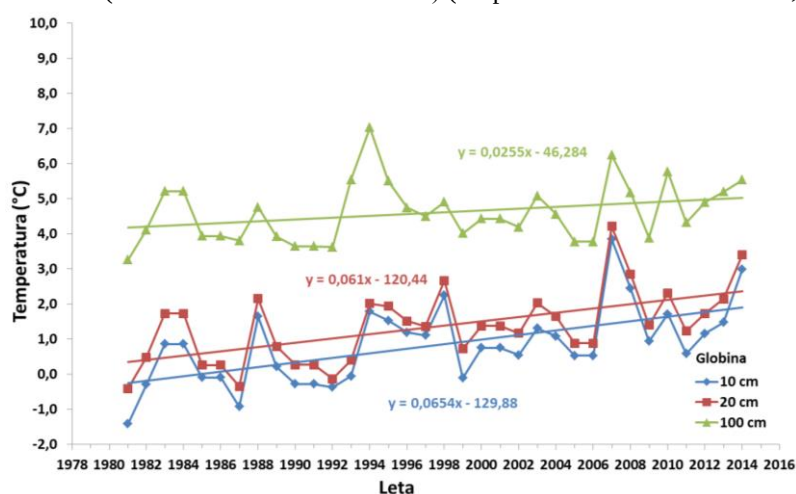
Slika 68: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za zimo (obdobje 1980-2014) za vse globine za Ljubljano (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).



Slika 69: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za zimo (obdobje 1980-2014) za vse globine za Novo mesto (vsi trendi so statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).



Slika 70: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za zimo (obdobje 1980-2014) za vse globine za Mursko Soboto (trendi niso statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).



Slika 71: Povprečna temperatura tal s pripadajočimi trendi za zimo (obdobje 1980-2014) za vse globine za Lesce (trend na globini 100 cm ni značilen, na 10 in 20 cm pa je statistično značilen trend) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

4.4.5 Primerjava letnih časov

Trend temperature tal spomladi je pozitiven in značilen za vse globine in kraje. Najvišja vrednost trenda temperature tal je na 10 in 20 cm globine v Lescah ter na 100 cm globine v Murski Soboti (za več kot 1,0 °C/10 let). V Ljubljani in Novem mestu so pozitivni trendi temperature tal enakomerni po globini, medtem ko je v Murski Soboti najvišji trend globlje v tleh ter v Lescah v plitvem delu tal. Najmanjši trend temperature tal spomladi je v Novem mestu, na vseh globinah okoli 0,7 °C/10 let.

Najvišji značilen ter pozitiven trend poleti je v Murski Soboti na vseh globinah v primerjavi z drugimi kraji. Najvišjo vrednost ima trend v Murski Soboti na 100 cm (1,64 °C/10 let, na 10 in 20 cm okoli 1,0 °C/10 let). Visok trend temperature tal je tudi na 10 cm v Lescah za okoli 0,9 °C/10 let, na 20 in 100 cm pa malo manj. V Ljubljani in Novem mestu se tla po globini segrevajo enakomerneje.

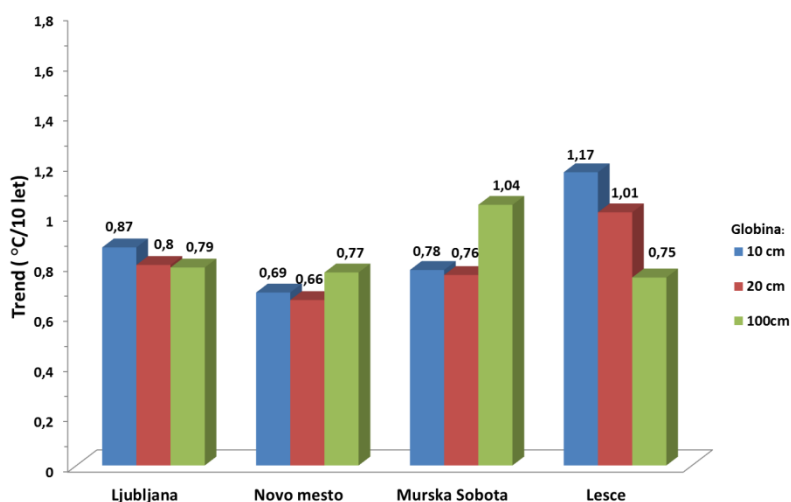
Za jesen je značilen manjši pozitiven trend kot za pomlad in poletje. Na 10 cm se najbolj ogreva v Ljubljani in Murski Soboti, na 20 cm v Ljubljani, na 100 cm v Novem mestu. Na splošno je trend nižji, vendar je statistično značilen. V vseh krajih je trend naraščanja jesenskih temperatur enakomeren po globini.

Pozimi je trend temperature tal pozitiven in značilen na 10 in 20 cm v Ljubljani, Lescah in Novem mestu. Na 100 cm je statistično pozitiven trend značilen le v Novem mestu. V Murski Soboti se tla pozimi ne ogrevajo, na 100 cm je trend celo negativen. Za Novo mesto je značilno enakomerno ogrevanje tal na vseh globinah.

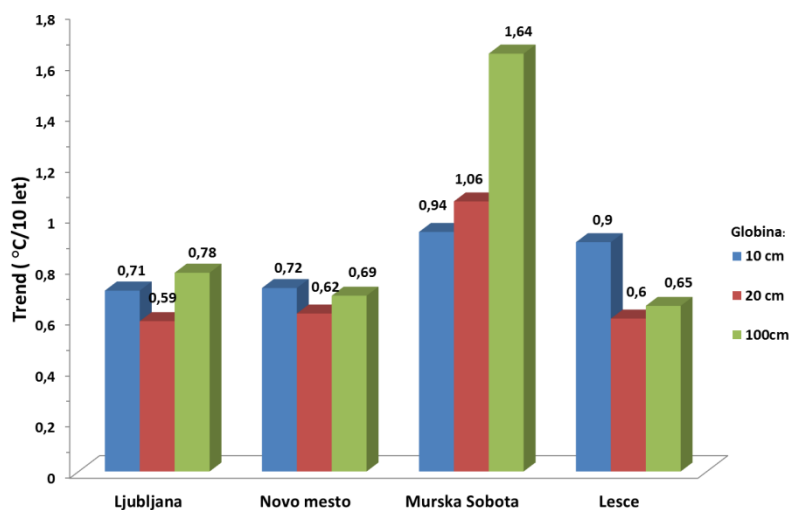
Preglednica 21: Trendi naraščanja temperature tal po letnih časih (pomlad, poletje, jesen, zima), krajih (Ljubljana, Novo mesto, Murska Sobota, Lesce) in globinah (10 cm, 20 cm, 100 cm) za obdobje 1980-2014 (tendi, ki so označeni s krepkim, niso statistično značilni) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

KRAJ/ GLOBINA	10 cm (°C/10 let)	20 cm (°C/10 let)	100cm (°C/10 let)
Pomlad			
Ljubljana	0,87	0,80	0,79
Novo mesto	0,69	0,66	0,77
Murska Sobota	0,78	0,76	1,04
Lesce	1,17	1,01	0,75
Poletje			
Ljubljana	0,71	0,59	0,78
Novo mesto	0,72	0,62	0,69
Murska Sobota	0,94	1,06	1,64
Lesce	0,90	0,60	0,65
Jesen			
Ljubljana	0,69	0,65	0,43
Novo mesto	0,44	0,46	0,54
Murska Sobota	0,39	0,37	0,41
Lesce	0,69	0,56	0,38
Zima			
Ljubljana	0,57	0,63	0,32
Novo mesto	0,57	0,64	0,67
Murska Sobota	0,26	0,12	-0,30
Lesce	0,65	0,61	0,26

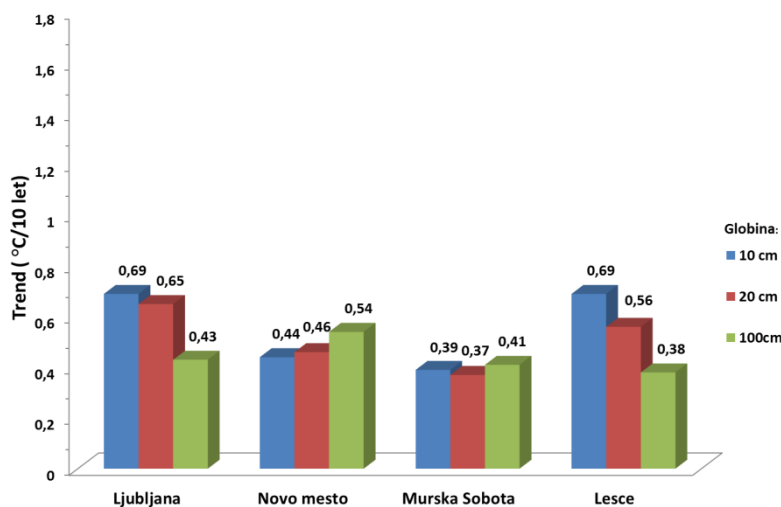
Ljubljana in Novo mesto imata po globini enakomerni trend temperature tal v vseh letnih časih. V Ljubljani je najvišji trend temperatur tal spomladi, malo manj poleti, pozimi najmanj. V jeseni in pozimi je trend temperature tal nižji na 100 cm. V Novem mestu je trend temperature tal spomladi in poleti najvišji, pozimi malo manj, jeseni pa najmanj. Po globinah je trend različen, poleti najvišji na 10 cm (vendar zelo podoben trend kot na 20 in 100 cm), v ostalih letnih časih najbolj na 100 cm. Murska Sobota ima poleti in pomladi na 100 cm na vseh globinah pozitiven trend. V jeseni je trend naraščanja manjši, pozimi neznačilen in celo negativen trend, vendar je po globinah bolj izenačen. Za Lesce je značilno, da je trend spomladi, jeseni in poleti na 10 in 20 cm višji kot v globini na 100 cm. Trend je pozitiven spomladi ter poleti na 10 cm. Pozimi je trend naraščanja temperature tal neznačilen na 100 cm.



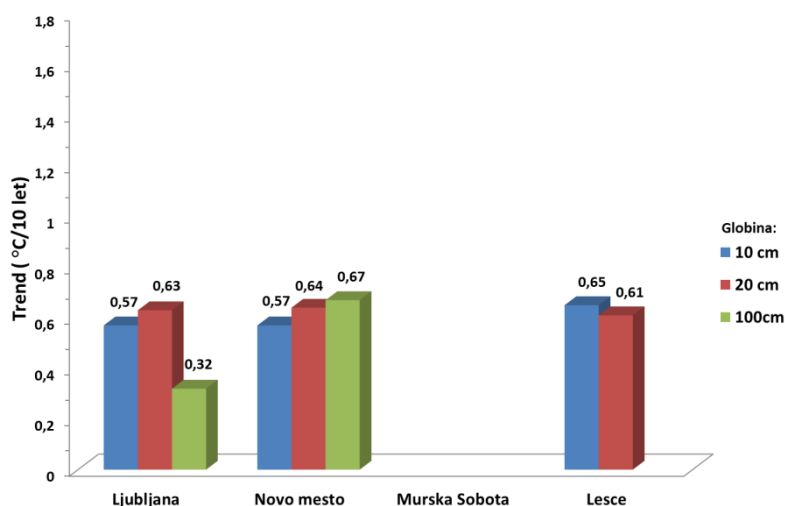
Slika 72: Statistično značilni trendi za vse obravnavane kraje in globine za pomlad (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).



Slika 73: Statistično značilni trendi za vse obravnavane kraje in globine za poletje (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).



Slika 74: Statistično značilni trendi za vse obravnavane kraje in globine za jesen (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).



Slika 75: Statistično značilni trendi za vse obravnavane kraje in globine za zimo (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

Za pomlad in poletje je trend temperature tal značilen (tudi enakomerno narašča po globinah) (sliki 72 in 73). Trend nad $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$ je v Novem mestu na 100 cm in Lescah na 10 cm spomladi ter poleti na 20 in 100 cm v Murski Soboti. Najvišji statistično značilen trend je v Murski Soboti poleti na globini 100 cm ($1,64\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$). Trend temperature tal je jeseni manjši kot poleti, vendar je vseh globinah enakomeren. Pozimi temperatura tal v Murski Soboti nima statistično značilnega trenda na nobeni globini, v ostalih krajih pa je prav tako pozitiven trend (slika 75). Vendar je na globini 100 cm pozimi le v Novem mestu pozitiven trend temperature tal v Lescah pa ni značilnega trenda.

Trendi povprečne temperature tal po letnih časih delno sovpadajo s podatki o trendih za povprečno temperaturo zraka (Vertačnik in sod., 2003). Da prihaja do razlik med trendom temperature tal in zraka so dokazali Zhang in sodelavci (2005). Poletji so najvišji trendi za povprečno temperaturo tal in temperaturo zraka. Višji trendi so na vzhodu države, proti zahodu trend povprečnih temperatur zraka upada. Pri temperaturi tal se naši podatki

ujemajo z raziskavo, ki so jo naredili Zhang in sodelavci (2005) . Vzhodni kraj Murska Sobota ima poleti višje trende kot zahodnejši kraji. Prav tako so trendi temperature tal in zraka značilni spomladi. Po Sloveniji velja precej enakomeren trend (velja za temperaturo zraka in tal). Trend jeseni za povprečno temperaturo zraka ni značilen, vendar za povprečno temperaturo tal je značilen. Zanimivo je trend povprečne letne temperature zraka pozimi značilen za vzhodni del države, v zahodni polovici pa ni značilen. Pri trendih za povprečno temperaturo tal pa je ravno na vzhodu v Murski Soboti trend neznačilen, prav tako v Lescah na globini 100 cm. Pozimi je trend temperature tal značilen v Novem mestu (kar sovpada s temperaturo zraka) ter v Ljubljani. Temperatura tal je odraz spreminjanja temperature zraka, vendar na kompleksen način (Zhang in sod., 2005).

5 SKLEPI

Letni hodi temperature tal za vse kraje in globine imajo sinusno obliko. Prav tako nam pokažejo razlike v temperaturi tal na različnih globinah in krajih. Najvišje povprečne mesečne vrednosti so na 10 cm in 20 cm v juliju (razen v Lescah na 20 cm v avgustu). Na globini 10 cm je povprečna julijska temperatura tal v Lescah 21,2 °C v Ljubljani, Novem mestu in Murski Soboti pa malo nad 23,0 °C. Na globini 20 cm so temperature tal okoli 22,0 °C v Ljubljani, Novem mestu in Murski Soboti. V Lescah pa se že na 20 cm maksimum zamakne na avgust, vrednost je 20,5 °C. Na globini 100 cm je najtoplejši mesec avgust, kjer so vrednosti malo nad 20,0 °C v Ljubljani, Novem mestu in Murski Soboti, v Lescah pa 18,8 °C. Na globini 100 cm pride do faznega zamika minimalnih in maksimalnih vrednosti. Najnižje mesečne povprečne temperature tal so v januarju na 10 in 20 cm, na 100 cm pa v februarju za vse kraje. Na globini 10 cm je v januarju najtopleje v Novem mestu (1,5 °C), v ostalih krajih pa okoli 0,5 °C. Na globini 20 cm je januarja prav tako najtopleje v Novem mestu (1,8 °C), v ostalih krajih okoli 1,0 °C. Na globini 100 cm je najhladnejše meseca februarja in sicer okoli 3,5 °C v Ljubljani, Murski Soboti in Lescah ter 4,6 °C v Novem mestu. Na globini 10 in 20 cm lahko vidimo tudi večje nihanje temperatur kot v globini, amplituda nihanja z globino pada. Temperatura tal z globino časovno zaostaja (fazni zamik).

Za vse globine je značilno, da so najnižje povprečne mesečne temperature tal v Lescah. Rezultat je posledica dejstva, da se temperatura tal z nadmorsko višino manjša, kar je posledica močne korelacije temperatur tal s temperaturo zraka (temperature zraka se na vsakih 100 m višinske razlike znižajo za 0,6 °C). Najvišje povprečne mesečne temperature tal od septembra do marca so na vseh globinah značilne za Novo mesto. Julij in avgust imata najvišje povprečne mesečne vrednosti v Ljubljani na vseh globinah, kar je po vsej verjetnosti vpliv mesta, saj se meteorološka postaja nahaja v središču Ljubljane. V Murski Soboti so visoke temperature spomladi na 10 in 20 cm. V spomladanskih mesecih je v Murski Soboti v primerjavi z drugimi kraji najdaljše povprečno trajanje sončnega obsevanja, največ jasnih dni, najmanj oblačnih dni ter najmanjša količina padavin.

Iz podatkov za srednje dnevne vrednosti temperatur tal smo izračunali dolgoletno (od leta 1980 do 2014) povprečje letnih temperatur tal za vse kraje in globine. V vseh krajih imajo tla najvišjo povprečno letno vrednost na globini 100 cm. Na vseh globinah je najnižja povprečna letna vrednost temperature tal v Lescah, kar je posledica lege ter klime, najvišja pa v Novem mestu, kar bi lahko bila posledica lokacije meritev (na vrhu vzpetine). V vseh krajih povprečne temperature tal z leti naraščajo, narašča pa tudi nihanje temperatur tal iz leta v leto.

V vseh krajih in globinah je statistično značilen pozitiven trend letne temperature tal (med 0,52 in 0,84 °C/ 10 let). Trendi so različni po globinah ter krajih. Največja vrednost trenda temperature tal na 10 cm je v Lescah (0,84 °C/ 10 let), na 20 cm tudi v Lescah (0,69 °C/10 let), na 100 cm pa v Murski Soboti (0,75 °C/10 let). Povzamemo lahko, da se na globini 10 in 20 cm hitreje ogrevajo tla v Lescah in Ljubljani, v globini 100 cm pa v vzhodni Sloveniji in sicer v Novem mestu in Murski Soboti.

Povprečna temperatura tal v hladni polovici leta (od oktobra do marca) z globino v vseh krajih narašča. Najnižje povprečne vrednosti temperature tal so v Lescah, najvišje pa v Ljubljani za vse globine (Murska Sobota in Novo mesto sta si zelo blizu). V hladni polovici leta so pozitivni trendi temperature tal nižji, v Murski Soboti na 20 in 100 cm statistično neznailni. Najvišji pozitiven trend temperature tal v hladni polovici je v zahodnejšem delu države, v Lescah in Ljubljani na globini 10 in 20 cm (med 0,70 in 0,77 °C/10 let). V Lescah trend z globino pada v Novem mestu pa se vrednost viša (trendi med 0,58 in 0,66 °C/10 let).

Povprečna temperatura tal v topli polovici leta (od aprila do septembra) z globino pada. Zelo visok pozitiven trend temperature tal v topli polovici leta ima Murska Sobota, ta z globino narašča (na 100 cm kar 1,4 °C/10 let). Tudi v Lescah je pozitiven trend temperature tal na 10 cm (0,92 °C/10 let), z globino pa pada. Ljubljana in Novo mesto imata podoben pozitiven trend temperature tal, te vrednosti so bolj enakomerne po globini (med 0,56 in 0,75 °C/10 let). Za Novo mesto, Mursko Sobotu in Ljubljano je značilno, da se najhitreje ogrevajo tla na globini 100 cm v Lescah pa na 10 cm.

Na splošno temperatura tal hitreje narašča v topli polovici leta kot v hladni polovici. Pozitiven trend višanja temperature tal v Ljubljani na 10 in 20 cm je približno enak za toplo in hladno polovico leta (med 0,60 in 0,74 °C). Na globini 100 cm pa je zelo izrazit v topli polovici leta in manj izrazit v hladni. Značilno je višanje temperature tal v topli in hladni polovici leta na vseh globinah približno enakomerno v Novem mestu (med 0,56 in 0,72 °C). V Murski Soboti v hladni polovici leta ni značilno višanje letnih temperatur po globinah (statistično značilno le za globino 10 cm). Medtem, ko je za toplo polovico statistično značilno na vseh globinah in so trendi pozitivi (od 0,8 do 1,4 °C/10 let). Tudi v Lescah temperatura tal narašča v obeh delih leta, najmanj v hladni polovici na 100 cm (0,37 °C/10 let) in največ na 10 cm globine v topli polovici leta (0,92 °C/10 let).

Najvišjo povprečno temperaturo tal spomladi ima Murska Sobota na vseh globinah (na globini 100 cm tudi Ljubljana), vendar Novo mesto in Ljubljana ne zaostajata veliko, medtem ko so Lesce hladnejše. Poleti so najvišje temperature tal v Ljubljani na vseh globinah, kot smo videli že pri povprečnih mesečnih vrednostih, kjer sta julij in avgust najtoplejša v Ljubljani. Jeseni so na vseh globinah najtoplejša tla v Novem mestu, prav tako zime, kar sovпада s podatki o povprečnih mesečnih vrednostih, saj so od septembra do marca na vseh globinah najvišje vrednosti v tem kraju. V Lescah imajo vsi letni časi najnižje povprečne vrednosti.

Pomladi je najvišji pozitiven trend temperature tal v Lescah (na 10 cm 1,17 °C/10 let) in z globino padajo. Visok trend spomladi je tudi na globini 100 cm v Murski Soboti (1,04 °C/10 let). V Novem mestu ter Ljubljani se spomladi tla ogrevajo bolj enakomerno po globini (med 0,66 in 0,87 °C/10 let). Največji trendi so za vse globine poleti v Murski Soboti (na 100 cm kar 1,64 °C/10 let) ter z globino naraščajo. Ostali kraji imajo podoben trend poleti (med 0,59 in 0,78 °C/10 let), malo višji trend temperature tal je v Lescah na 10 cm poleti (0,90 °C/10 let). Jesen ima nižje trende temperature tal (vendar vsi statistično značilni) kot poletje in jesen ter bolj enakomerne po globini in krajih. Najnižji pozitiven trend ima Murska Sobota na 20 cm (0,37 °C/10 let), najvišji pozitiven trend pa imata Lesce in Novo mesto na 10 cm (0,69 °C/10 let). Pozimi je neznailen trend temperature tal v

Murski Soboti na vseh globinah ter v Lescah na 100 cm globine. V Novem mestu se tla pozimi po globini enakomerno ogrevajo ($0,57 - 0,67 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ let}$) v Ljubljani manj na globini 100 cm.

V Ljubljani se tla najbolj ogrevajo spomladi na vseh globinah. V Novem mestu se tla po globini ogrevajo v vseh letnih časih precej enakomerno, najbolj poleti ter spomladi. V Murski Soboti so velike razlike med toplim delom leta in hladnim, poleti se tla zelo ogrevajo, spomladi so tudi značilni visoki pozitivni trendi, pozimi ni značilnega trenda temperature tal. Višji trendi so v globini 100 cm. Za Lesce je značilno, da so višji trendi spomladi ter poleti, z globino pa trendi padajo v vseh letnih časih.

6 POVZETEK

Temperatura tal je pokazatelj sprememb v okolju, prav tako kot druge klimatske spremenljivke, čeprav je manjkrat omenjena. Temperatura tal vpliva na številne fizikalne, mikrobiološke ter biološke procese v tleh, zato je še posebej pomembna za kmetijstvo. Vpliva na kalitev semena ter vznik rastline, nadaljnjo rast rastline ter njen razvoj, gibanje vode v tleh, preživetje talnih patogenov ter številne kemijske reakcije. Če temperature tal ne omogočajo kalitve posejanega semena, obstaja večja nevarnost poškodbe semena zaradi škodljivcev, kar ima za posledico slabši vznik, slabšo gostoto posevka, slabšo vitalnost rastlin, posledično pa slabši kmetijski pridelek in ekonomičnost pridelave. Temperatura tal vpliva tudi na kroženje dušika v tleh, nitrifikacijo, denitrifikacijo, nastanek organske snovi, tvorbo humusa in razkroj fitofarmacevtskih sredstev. Fizikalne lastnosti tal se spreminjajo s temperaturo tal npr. s toplotno prevodnostjo, difuzivnostjo, specifično toploto in gostoto toplotnega toka.

V magistrskem delu smo si za glavno nalogo zadali raziskati in analizirati temperaturo tal na štirih meteoroloških postajah; Ljubljana, Novo mesto, Murska Sobota ter Lesce v obdobju 1980-2014. Težave s katerimi smo se spopadali že na začetku so bile relativno skromne podatkovne baze. Bistveno bolj kot pri zraku je temperatura tal odvisna od merilnega mesta, saj prenos toplote v različnih tleh močno variira. Vsakršna sprememba merilnega mesta močno vpliva na relevantnost statističnih analiz. Pogled smo osredotočili na obravnavo časovnih vrst temperature tal v okviru splošnega segrevanja ozračja. Zanima nas hitrost in način rasti v odvisnosti od globine (10 cm, 20 cm in 100 cm) in letnih hodov. Pri samih metodah dela smo se osredotočili na računanje povprečnih mesečnih, letnih, polletnih ter sezonskih temperatur tal na različnih globinah in krajih. Na koncu smo določili trende segrevanja, ki nam na osnovi dolgoletnega niza podatkov že lahko podajo približen vpogled v dogajanje v tleh.

Glavna ugotovitev je, da se tla ogrevajo. Temperatura tal kot del klimatskega sistema se viša skladno z rastjo temperature zraka in trajanja sončnega obsevanja ter nihanjem količine in razporeditve padavin. Rast temperatur je odvisna od letnega časa in je najvišja v poletnih mesecih in najnižja pozimi. Talne temperature se spreminjajo tudi zaradi sprememb v trajanju in debelini snežne odeje. Snežna odeja deluje kot izolator za tla ter rastline pod njo. Zmanjšanje debeline snežne odeje ter krajša pokritost tal s snegom, višanje temperatur zraka ter spremembe v razporeditvi padavin čez leto imajo lahko za posledico spremenjen toplotni režim skozi leto v tleh.

Temperatura tal niha podobno kot temperatura zraka, vendar narašča počasneje. Vzrok je lahko upadanje količine in trajanje snežne odeje, ki igra vlogo toplotnega izolatorja. Glede na pomembno vlogo, ki jo temperatura tal ima, bi morali opraviti več raziskav, saj bi le tako lahko sklepali na dogajanje v prihodnosti ter se pripravili.

7 VIRI

- ARSO. 2015. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje
<http://www.arso.gov.si/> (julij 2015)
- Bai Y., Scott T., Min Q. 2014. Climate change implications of soil temperature in the Mojave Desert, Higher Education Press, Peking. *Frontiers of Earth Science*, 8, 2: 302-308
- Brady N.C. 2002. The nature and properties of soils. New Jersey, Upper Saddle River: Prentice Hall: 960 str.
- Cegnar T. 2013. Podnebne razmere v avgustu 2013, Naše okolje, 20, 8: 3-24
<http://www.arso.gov.si/o%20agenciji/knji%C5%BErica/mese%C4%8Dni%20bilten/NASE%20OKOLJE%20-%20Avgust%202013.pdf> (september 2015)
- Chang J. 1971. Climate and agriculture. An ecological survey. Manoa, Honolulu, University of Hawaii: 235 str.
- Chen W., Zhang Y., Cihlar J., Smith S.L., Riseborough D.W. 2003. Changes in soil temperature and active layer thickness during the twentieth century in a region in western Canada. *Journal of Geophysical Research*. 108, D22, doi: 10.1029/2002JD003355: 13 str.
- Ćirić M. 1984. Pedologija. Sarajevo, SOUR Svjetlost: 311 str.
- Collins J.F., Cummins T. 1996. Agroclimatic atlas of Ireland. Dublin, Agmet, Met Einreann: 190 str.
- Črepinšek Z. 2007. Konvekcija: vaje pri predmetu Osnove agrometeorologije. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 35 str.
- Dar G.H. 2010. Soil microbiology and biochemistry. New Delhi, New India publishing Agency: 512 str.
- Five Steps To Sowing Success, 2015. Organic life
<http://www.myurbanfarmscape.com/category/growing-vegetables> (13.8.2015)
- Gams I. 1989. Zemeljske temperature v Sloveniji in njihovo odstopanje od zračnih. *Geografski zbornik*, 29: 5-36
- Garcia-Suarez A.M., Butler C.J. 2005. Soil temperatures at Armagh observatory, northern Ireland, from 1904 to 2002. *Armagh Observatory*: 27 str.

- Groffman P., Driscoll C., Fahey T.J., Hardy J.P., Fitzhugh R.D., Tierney G.L. 2001. Colder soils in a warmer world: A snow manipulation study in a northern hardwood forest ecosystem. *Biogeochemistry*, 56: 135-150
- Hočevar A., Kajfež-Bogataj L. 1988. Pomen toplotnih značilnosti tal v agronomiji in meteorologiji in predlog metode za oceno temperature difuzivnosti tal. *Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, Kmetijstvo*, 51: 47-52
- Hočevar A., Petkovšek Z. 1984. *Meteorologija – osnove in nekatere aplikacije*. Ljubljana, Partizanska knjiga: 219 str.
- Houle D., Bouffard A., Duchesne L., Logan T., Harvey R. 2012. Projections of future soil temperature and water content for three southern Quebec Forested Sites. *Journal of Climate*, 25: 7690-7701
- Fourth assessment report 2007. *Climate change 2007: Synthesis Report*, Genova, Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC)
https://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications:ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm (9.9.2015)
- Kajfež-Bogataj L. 2008. Kaj nam prinašajo podnebne spremembe? Ljubljana, Pedagoški inštitut: 134 str.
- Kajfež-Bogataj L. 2011. Prenosi energije: predavanje pri predmetu Biometeorologija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 35 str.
- Knez M. 2007. Analiza temperature tal v Ljubljani, Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko: 77 str.
- Leštan D. 2001. Organska snov tal (študijsko gradivo). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 69 str.
- Mandelj M. 2006. Analiza temperature tal v Sloveniji, Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 69 str.
- More about temperature readings. 2015. *Weather for Schools*
<http://www.weatherforschools.me.uk/html/moretemperature.html> (julij 2015)
- Osnovne podnebne poteze od mikro- do mezo ravni 2015. Študentski.net, Gradiva
http://www.studentski.net/gradivo/ulj_fif_ge1_kli_sno_mikro_in_mezo_podnebje_01?r=1 (avgust 2015)
- Penzar I., Penzar B. 1989. *Agroklimatologija*. Zagreb, Školska knjiga Zagreb: 274 str.
- Pušenjak M. 2015. Dobro seme-dober začetek, Klub Gaia
<http://www.klubgaia.com/Vrtnarski-nasveti/Clanki/858/Dobro-seme---dober-zacetek> (avgust 2015)

- Rakovec J., Vrhovec T. 2007. Osnove meteorologije za naravoslovce in tehnike. Ljubljana, DMFA Založništvo: 313 str.
- Šušteršič M. 1991. Analiza nastopa temperaturnih pragov v tleh na različnih globinah v Ljubljani. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 85 str.
- Vertačnik G., Dolinar M., Bertalanič R., Klančar M., Dvoršek D., Nadbath M. 2013. Podnebna spremenljivost Slovenije. Glavne značilnosti gibanja temperature zraka v obdobju 1961-2011. Ljubljana, Republika Slovenija, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, Agencija Republike Slovenije za okolje: 23 str.
- Virant D. 1993. Dinamično modeliranje vpliva padavin na fizikalne lastnosti tal, Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 97 str.
- Virant D., Hočevnar A. 1989. Soil temperature and soil heat properties in Ljubljana. Ljubljana, Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, Kmetijstvo, 14: 59-75
- Vodnik D. 2008. Vpliv temperature tal na rast in razvoj: predavanja pri predmetu Fiziologija rastlin, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 40 str.
- Zhang T., Barry R.G., Gilichinsky D., Bykhovets, S.S., Sorokovikov V.A., Ye J. 2001. An amplified signal of climatic change in soil temperatures during the last century at Irkutsk, Russia. *Climatic Change* 49, 1: 41-76
- Zhang Y., Chen W., Smith S., Riseborough D., Cihlar J. 2005. Soil temperature in Canada during the twentieth century: Complex responses to atmospheric climate change. *Journal of Geophysical Research*, 110, D03112, doi: 10.1029/2004JD004910: 15 str.

ZAHVALA

Pri izdelavi magistrske naloge se zahvaljujem mentorici prof.dr. Lučki Kajfež-Bogataj za opombe ter pomoč.

Zahvaljujem se tudi recenzentki dr. Zaliki Črepinšek za pomoč in nasvete.

Najlepša hvala tudi Alenki Slekovec, dr. Karmen Stopar ter prof. dr. Gregorju Ostercu, ki so mi pomagali.

Zahvaljujem se tudi delavcem Agencije RS za okolje in prostor, ki so mi omogočili uporabo arhivskih podatkov, še posebej gospe Andreji Sušnik za koristne nasvete ter Mateji Nadbath pri pomoči opisov meteoroloških postaj.

Zahvaljujem se staršem, ki so mi omogočili študij ter vsem prijateljem, ki so mi pomagali tekom študija. Posebej se zahvaljujem moji prijateljici Maji, ki mi je daje voljo in upanje v najtežjih trenutkih.

PRILOGE

PRILOGA A

Povprečna letna temperatura tal po globinah za različne kraje za obdobje 1980-2014

Priloga A1: Povprečna letna temperatura tal po globinah za Ljubljano za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

LETA	LOBINA 10 cm T (°C)	LOBINA20 cm T (°C)	LOBINA100 cm T (°C)
1980	10,2	10,4	10,6
1981	10,6	10,7	10,8
1982	11,0	11,1	11,0
1983	10,9	11,0	11,2
1984	10,7	10,6	10,7
1985	10,9	10,8	11,2
1986	10,8	10,7	11,6
1987		10,5	11,1
1988	11,5	11,5	11,9
1989	11,0	11,1	11,8
1990	11,7	11,5	12,0
1991	11,3	11,1	11,5
1992	12,1	11,9	12,0
1993	11,6	11,5	11,9
1994	13,0	12,8	13,1
1995	11,9	11,7	12,3
1996	11,2	10,9	11,6
1997	12,0	11,7	12,1
1998	12,5	12,2	12,7
1999	12,1	12,1	12,6
2000	13,3	13,0	13,1
2001	12,8	12,5	13,0
2002	12,8	12,5	12,8
2003	12,7	12,5	12,9
2004	11,4	11,4	11,9
2005	11,4	11,4	11,9
2006	12,3	12,2	12,2
2007	13,1	13,1	13,1
2008	12,6	12,6	12,8
2009	12,8	12,6	12,8
2010	11,9	11,7	12,0
2011	12,9	12,6	12,5
2012	13,1	12,9	13,0
2013	12,6	12,5	12,6
2014	13,5	13,3	13,3

Priloga A2: Povprečna letna temperatura tal po globinah za Novo mesto za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

LETA	GLOBINA 10 cm T (°C)	GLOBINA 20 cm T (°C)	GLOBINA 100 cm T (°C)
1980	10,6	10,5	10,9
1981	11,2	11,0	11,4
1982	11,5	11,3	11,7
1983	11,6	11,3	12,0
1984	10,9	10,6	11,4
1985	11,1	11,0	11,4
1986	11,1	11,1	11,4
1987	11,1	11,1	11,2
1988	11,7	11,8	11,9
1989	12,0	11,9	12,2
1990	12,1	12,0	12,3
1991	11,4	11,2	11,5
1992	12,2	12,0	12,1
1993	11,6	11,5	11,9
1994	12,6	12,2	12,6
1995	11,6	11,4	12,1
1996	11,2	11,0	11,7
1997	11,5	11,5	12,0
1998	12,1	12,0	12,5
1999	12,2	12,0	12,3
2000	13,1		12,8
2001	12,6	12,4	12,8
2002	12,6	12,3	12,7
2003	12,7	12,3	12,6
2004	11,8	11,5	11,9
2005	11,8	11,7	12,0
2006	12,5	12,3	
2007	13,5	13,3	14,3
2008	13,0	12,8	15,1
2009	13,1	12,9	14,7
2010	12,1	12,1	
2011	12,6	12,4	12,7
2012	13,1	13,0	13,2
2013	12,5	12,4	12,5
2014	13,5	13,4	13,8

Priloga A3: Povprečna letna temperatura tal po globinah za Mursko Soboto za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

LETA	GLOBINA 10 cm T (°C)	GLOBINA 20 cm T (°C)	GLOBINA 100 cm T (°C)
1980	10,0	9,9	
1981	10,6		10,7
1982	10,6	10,6	10,6
1983	10,9	10,8	10,8
1984	10,7	10,5	10,6
1985	10,6	10,4	
1986	10,8	10,7	10,8
1987	10,7		10,9
1988	11,6	11,5	
1989	11,4	11,4	11,7
1990	11,6		11,8
1991		11,0	11,3
1992	12,5	12,3	12,0
1993		11,3	11,5
1994		12,9	12,9
1995	11,8	11,6	11,7
1996			11,2
1997	11,3	11,3	11,5
1998	11,5	11,6	11,9
1999	11,6	11,4	11,9
2000	12,6	12,5	12,8
2001	12,1	12,1	
2002	12,2	12,2	12,6
2003	12,2	12,2	12,4
2004	10,9	11,0	11,5
2005	11,0	11,1	11,6
2006	11,6	11,7	12,2
2007	12,5	12,6	13,1
2008	12,4	12,5	12,9
2009	12,0	12,0	12,6
2010	11,6	11,8	12,6
2011	12,6	12,6	13,0
2012	12,9		13,3
2013	12,5	12,5	12,8
2014	13,4	13,3	13,8

Priloga A4: Povprečna letna temperatura tal po globinah za Lesce za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

LETA	GLOBINA 10 cm T (°C)	GLOBINA 20 cm T (°C)	GLOBINA 100 cm T (°C)
1980	8,8	9,1	9,6
1981	9,4	9,5	10,2
1982	10,0	10,0	10,6
1983	9,5	9,8	10,7
1984	9,0	9,3	9,7
1985	9,3	9,3	10,0
1986	9,7	9,8	10,1
1987	9,1	9,1	9,8
1988	10,2	10,3	10,8
1989	9,6	9,7	10,4
1990	10,0	10,2	10,6
1991	9,5	9,6	10,1
1992	10,3	10,2	10,6
1993	10,3	10,2	12,8
1994	11,1	11,1	12,6
1995	10,3	10,3	
1996	10,4	10,1	10,5
1997	10,9	10,8	11,0
1998	11,0	10,9	11,1
1999	11,1	11,0	11,1
2000	12,1	11,9	11,7
2001	11,3	11,3	11,5
2002	11,7	11,6	11,5
2003	11,8	11,7	11,7
2004	10,5	10,4	10,6
2005	10,8	10,5	10,8
2006	11,3	11,2	11,3
2007	12,0	11,8	12,1
2008	11,5	11,4	11,7
2009	11,8	11,4	11,7
2010	11,2	10,9	11,4
2011	11,8	11,4	11,6
2012	11,8	11,5	11,8
2013	11,2	10,9	11,2
2014	12,0	11,7	11,9

PRILOGA B

Povprečna mesečna temperatura tal po globinah za različne kraje za obdobje 1980-2014

Priloga B1: Povprečna mesečna temperatura tal po globinah za Ljubljano za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

MESECI	GLOBINA 10 cm T (°C)	GLOBINA 20 cm T (°C)	GLOBINA 100 cm T (°C)
Januar	0,9	1,3	4,5
Februar	1,4	1,4	3,7
Marec	5,5	5,2	5,4
April	11,1	10,6	9,3
Maj	17,1	16,3	13,5
Junij	21,1	20,3	17,3
Julij	23,5	22,7	19,7
Avgust	22,8	22,4	20,5
September	17,8	17,8	18,4
Oktober	12,4	12,8	15,1
November	6,4	7,1	10,7
December	2,2	2,9	6,7

Priloga B2: Povprečna mesečna temperatura tal po globinah za Novo mesto za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

MESECI	GLOBINA 10 cm T (°C)	GLOBINA 20 cm T (°C)	GLOBINA 100 cm (°C)
Januar	1,5	1,8	5,5
Februar	2	2,0	4,6
Marec	5,8	5,5	5,9
April	11	10,5	9,1
Maj	16,7	16	13
Junij	20,7	20	16,6
Julij	23	22,3	19,1
Avgust	22,4	22,1	20,1
September	17,9	17,9	18,6
Oktober	12,9	13,2	15,7
November	7,2	7,6	11,7
December	3	3,3	7,8

Priloga B3: Povprečna mesečna temperatura tal po globinah za Ljubljano za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

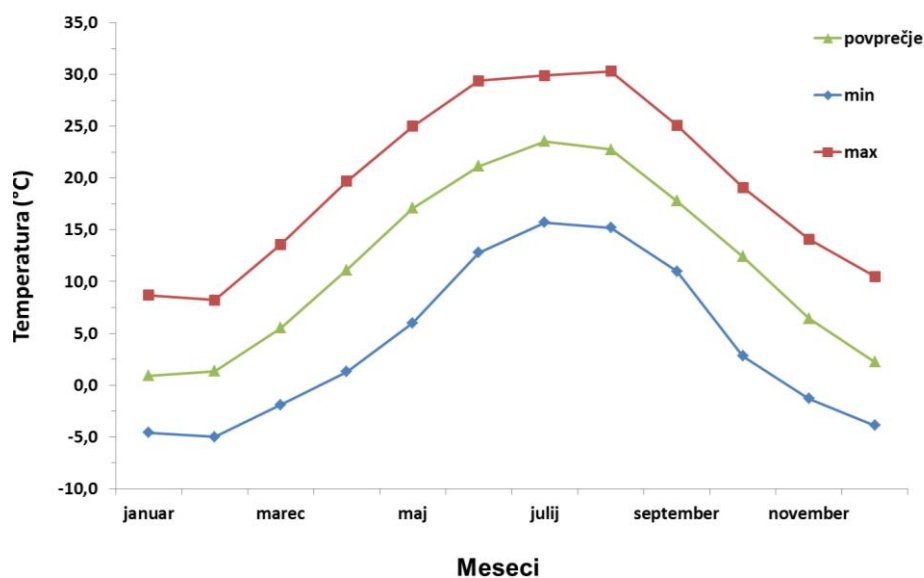
MESECI	GLOBINA 10 cm T (°C)	GLOBINA 20 cm T (°C)	GLOBINA 100 cm T (°C)
Januar	0,4	1,0	4,3
Februar	1,3	1,5	3,8
Marec	5,6	5,5	5,5
April	11,2	10,8	9,2
Maj	17,3	16,5	13,4
Junij	21,2	20,4	17,0
Julij	23,1	22,5	19,4
Avgust	22,2	21,9	20,2
September	17,3	17,5	18,0
Oktober	11,9	12,4	14,7
November	6,0	6,6	10,3
December	1,8	2,4	6,4

Priloga B4: Povprečna mesečna temperatura tal po globinah za Ljubljano za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015).

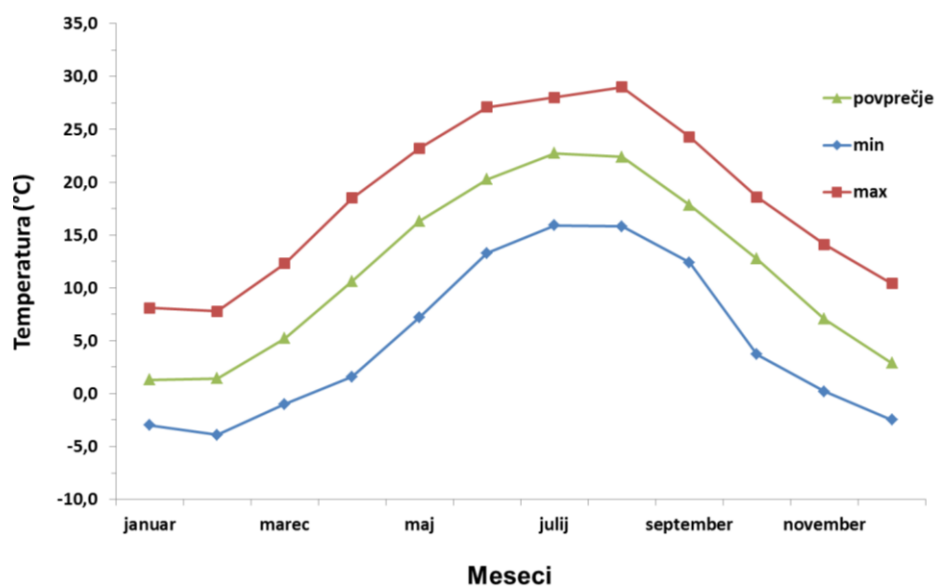
MESECI	GLOBINA 10 cm T (°C)	GLOBINA 20 cm T (°C)	GLOBINA 100 cm T (°C)
Januar	0,3	0,9	4,3
Februar	0,8	1,1	3,6
Marec	4,7	4,4	4,9
April	9,6	9,1	8,0
Maj	15,3	14,5	12,1
Junij	19,1	18,2	15,5
Julij	21,2	20,4	17,7
Avgust	20,9	20,5	18,8
September	16,5	16,6	17,1
Oktober	11,4	11,8	13,9
November	5,6	6,3	9,7
December	1,6	2,4	6,1

PRILOGA C

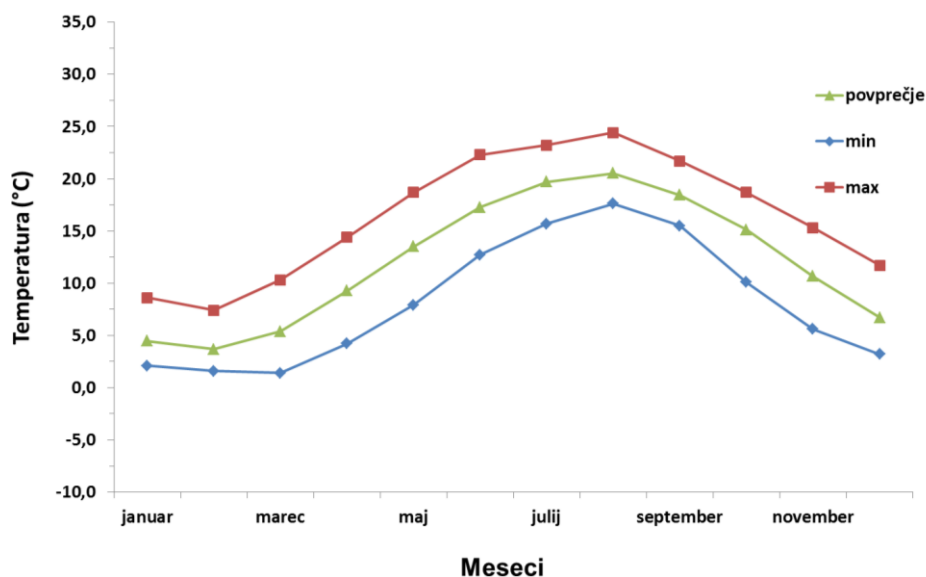
Povprečne mesečne temperature tal ter minimumi in maksimumi za različne kraje za vse globine za obdobje 1980-2014



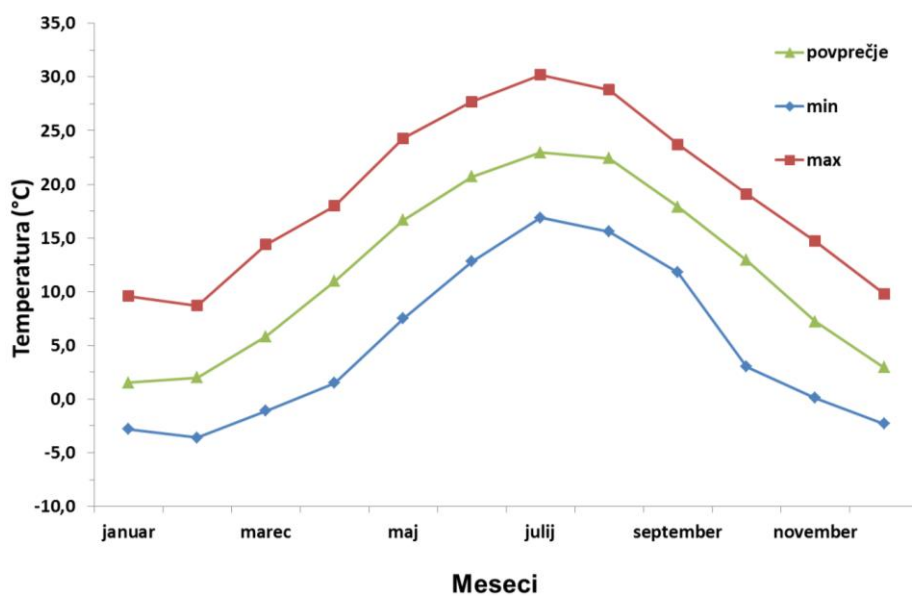
Priloga C1: Povprečne mesečne temperature tal ter minimumi in maksimumi za Ljubljano za globino 10 cm za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)



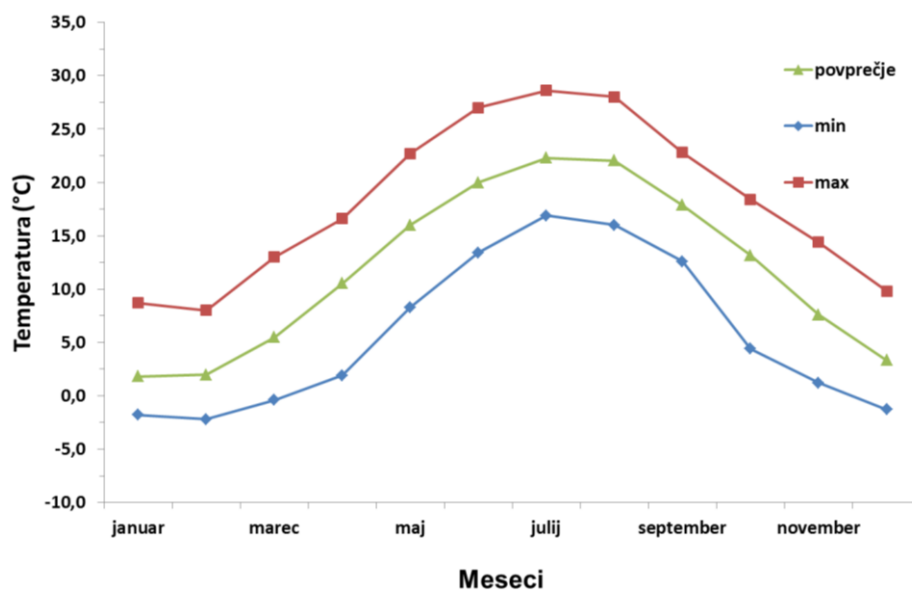
Priloga C2: Povprečne mesečne temperature tal ter minimumi in maksimumi za Ljubljano za globino 20 cm za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)



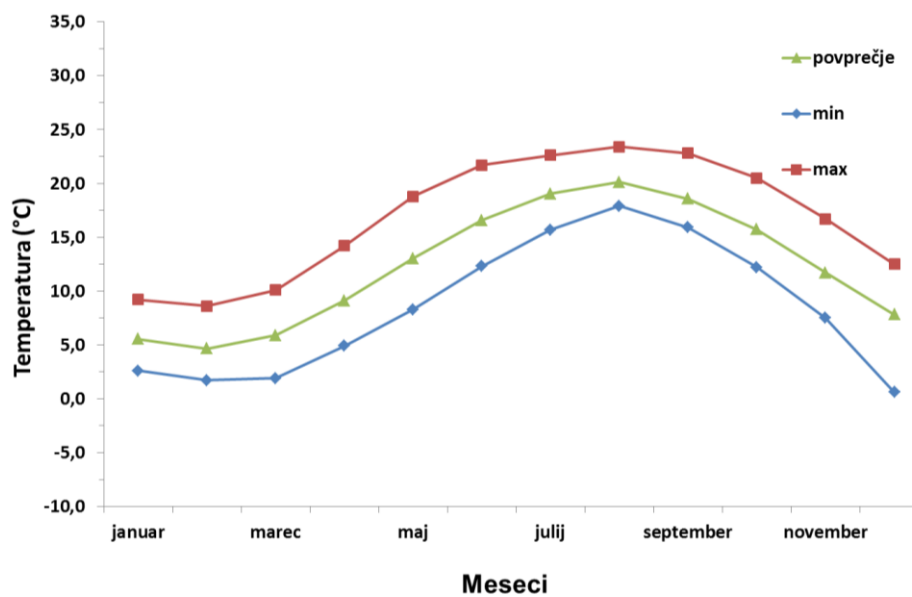
Priloga C3: Povprečne mesečne temperature tal ter minimumi in maksimumi za Ljubljano za globino 100 cm za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)



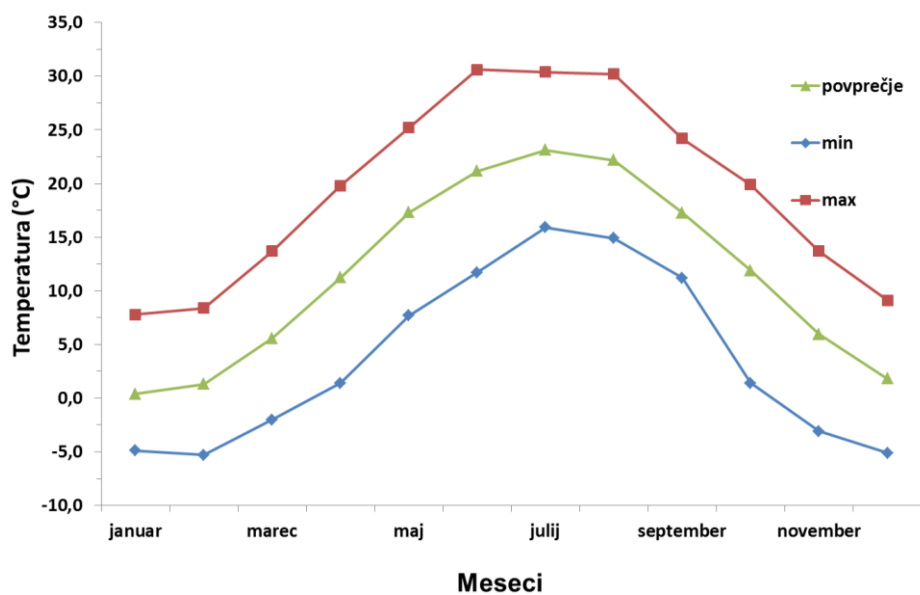
Priloga C4: Povprečne mesečne temperature tal ter minimumi in maksimumi za Novo mesto za globino 10 cm za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)



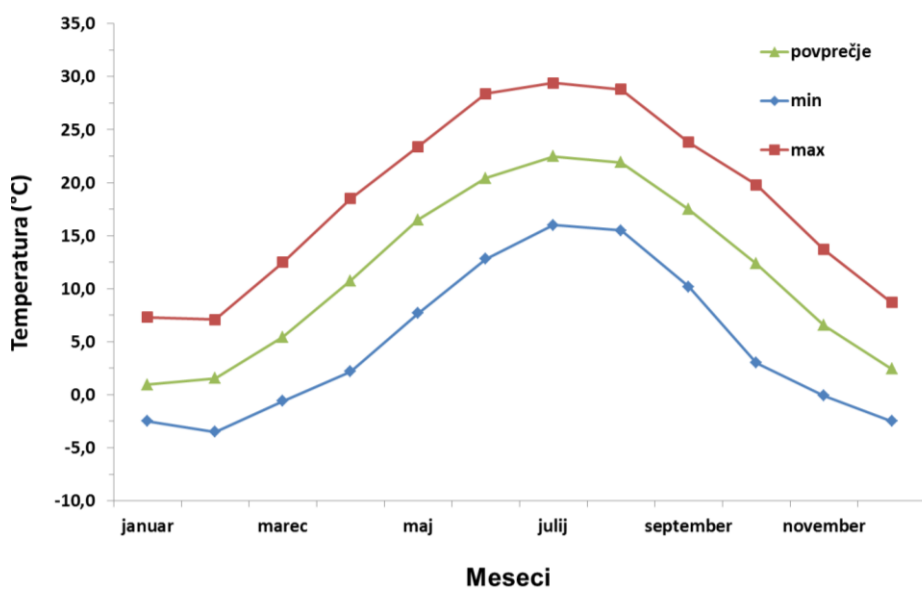
Priloga C5: Povprečne mesečne temperature tal ter minimumi in maksimumi za Novo mesto za globino 20 cm za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)



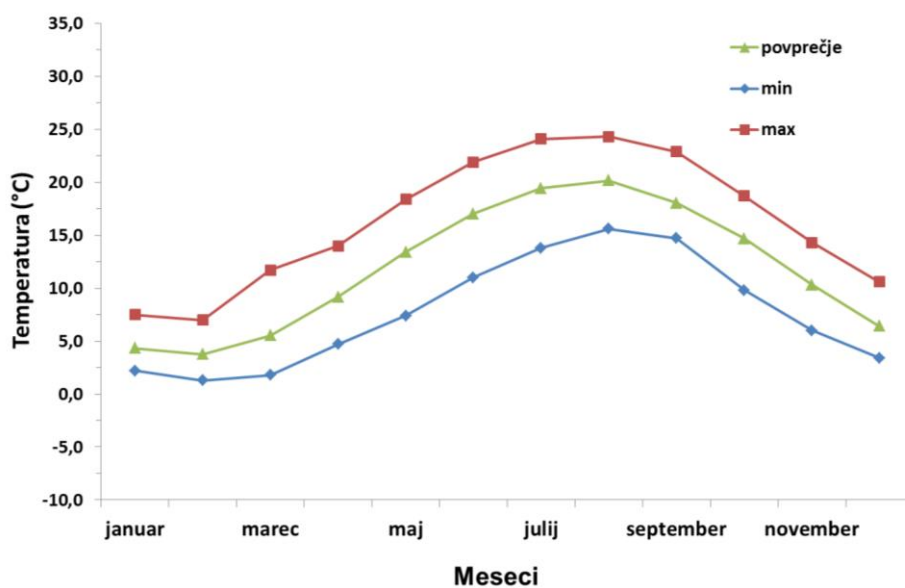
Priloga C6: Povprečne mesečne temperature tal ter minimumi in maksimumi za Novo mesto za globino 100 cm za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)



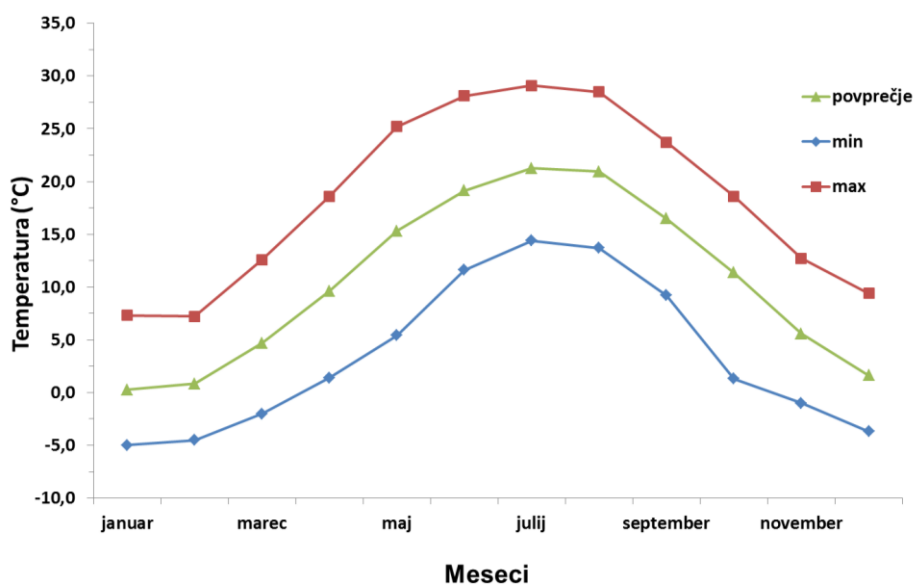
Priloga C7: Povprečne mesečne temperature tal ter minimumi in maksimumi za Mursko Soboto za globino 10 cm za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)



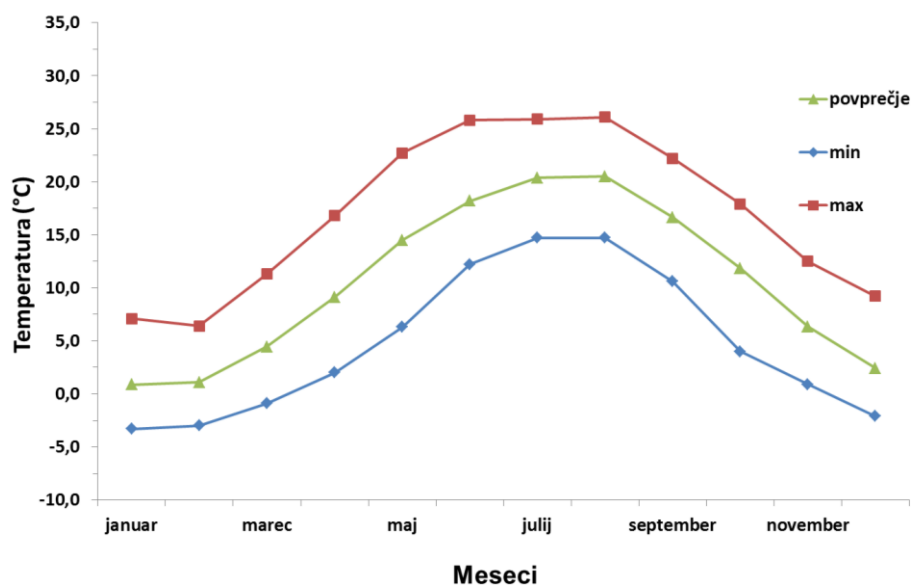
Priloga C8: Povprečne mesečne temperature tal ter minimumi in maksimumi za Mursko Soboto za globino 20 cm za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)



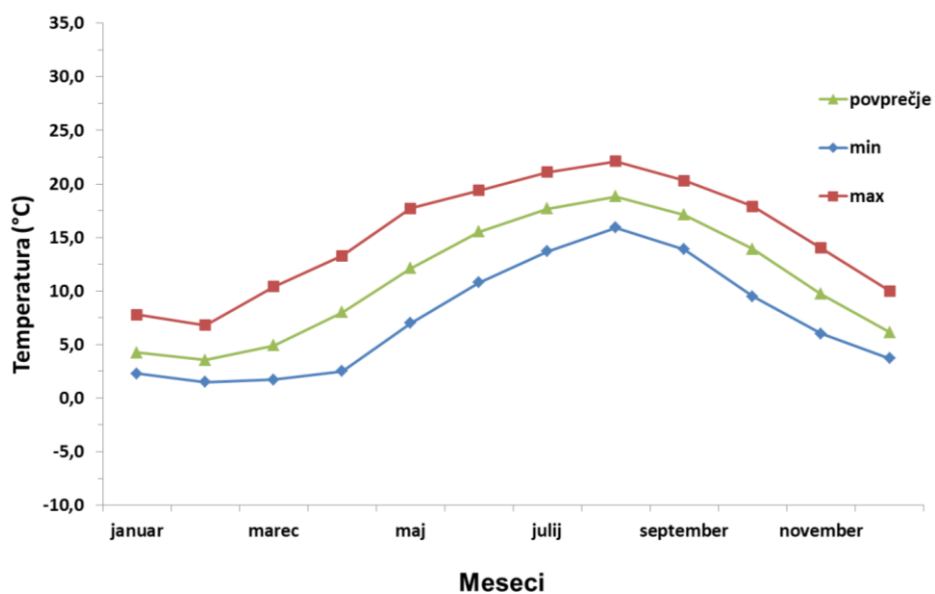
Priloga C9: Povprečne mesečne temperature tal ter minimumi in maksimumi za Mursko Soboto za globino 100 cm za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)



Priloga C10: Povprečne mesečne temperature tal ter minimumi in maksimumi za Lesce za globino 10 cm za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)



Priloga C11: Povprečne mesečne temperature tal ter minimumi in maksimumi za Lesce za globino 20 cm za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)



Priloga C12: Povprečne mesečne temperature tal ter minimumi in maksimumi za Lesce za globino 100 cm za obdobje 1980-2014 (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

PRILOGA D

Povprečja, minimum in maksimum po polletjih in globinah za različne kraje za obdobje 1980-2014

Priloga D1: Povprečja, minimum in maksimum po polletjih in globinah za Ljubljano (obdobje 1980-2014) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

LJUBLJANA	10 cm T (°C)	LETO	20 cm T (°C)	LETO	100 cm T (°C)	LETO
povprečna HLADNA POLOVICA	4,8		5,1		7,6	
minimum	2,9	1980/1981 1983/1984	2,9	1986/1987	5,9	1980/1981
maksimum	7,5	2006/2007	7,9	2006/2007	9,5	2013/2014
povprečna TOPLA POLOVICA	18,9		18,4		16,4	
minimalno	16,6	1980	16,5	1980	14,4	1980
maksimalna	20,6	2003,2011	19,8	2011	18,1	2003

Priloga D2: Povprečja, minimum in maksimum po polletjih in globinah za Novo mesto (obdobje 1980-2014) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

NOVO MESTO	10 cm T (°C)	LETO	20 cm T (°C)	LETO	100 cm T (°C)	LETO
povprečna HLADNA POLOVICA	5,4		5,5		8,5	
minimum	3,6	1980/1981	3,7	1980	6,7	1980/1981
maksimum	8,3	2006/2007	8,4	2006	11,2	2008/2009
povprečna TOPLA POLOVICA	18,6		18,1		16,1	
minimalno	16,7	1980	16,2	1984	14,3	1980
maksimalna	20,0	2003,2009	19,4	2007,2009 2012	19,1	2009

Priloga D3: Povprečja, minimum in maksimum po polletjih in globinah za Murska Sobota (obdobje 1980-2014) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

MURSKA SOBOTA	10 cm T (°C)	LETO	20 cm T (°C)	LETO	100 cm T (°C)	LETO
povprečna HLADNA POLOVICA	4,4		4,9		7,5	
minimum	2,5	1986	3,9	1985	6,1	1986
maksimum	6,8	2013	7,0	2013	9,1	2013
povprečna TOPLA POLOVICA	18,6		18,3		16,2	
minimalno	15,8	1980	15,3	1980	12,8	1980, 1982
maksimalna	20,5	2011	20,1	2011	18,5	2012

Priloga D4: Povprečja, minimum in maksimum po polletjih in globinah za Lesce (obdobje 1980-2014) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

LESCE	10 cm T (°C)	LETO	20 cm T (°C)	leto	100 cm T (°C)	LETO
povprečna HLADNA POLOVICA	4,0		4,5		7,1	
minimum	2,0	1980/1981	2,7	1986/1987	5,7	1980/1981
maksimum	6,7	2006/2007	7,0	2006/2007	9,4	1993/1994
povprečna TOPLA POLOVICA	17,1		16,6		14,9	
minimalno	14,5	1984	14,7	1980; 1984	12,8	1984
maksimalna	19,3	2003	18,5	2003	17,0	1993

PRILOGA E

Povprečja, minimum in maksimum po letnih časih in globinah za različne kraje za obdobje 1980-2014

Priloga E1: Povprečja, minimum in maksimum po letnih časih in globinah za Ljubljano (obdobje 1980-2014) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

LJUBLJANA	10 cm T (°C)	LETO	20 cm T (°C)	LETO	100 cm T (°C)	LETO
povprečna POMLAD	11,2		10,7		9,4	
minimum	8,6	1987	8,2	1987	7,0	1982
maksimum	13,8	2007	13,3	2007	12,0	2007
povprečno POLETJE	22,4		21,8		19,2	
minimalno	20,0	1980	19,7	1980	16,8	1980
maksimalno	25,5	2003	24,3	2003	21,7	2003
povprečna JESEN	12,2		12,6		14,8	
minimalna	10,4	1983	10,8	1983	13,1	1980
maksimalna	14,1	2006	14,2	2006	15,9	2012
povprečna ZIMA	1,4		1,8		4,9	
minimalna	-0,5	1981	-0,2	1987	3,3	1980
maksimalna	4,9	2007	5,3	2007	7,0	2014

Priloga E2: Povprečja, minimum in maksimum po letnih časih in globinah za Novo mesto (obdobje 1980-2014) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

NOVO MESTO	10 cm T (°C)	LETO	20 cm T (°C)	LETO	100 cm T (°C)	LETO
povprečna POMLAD	11,2		10,7		9,3	
minimum	9,1	1982	8,4	1984	7,4	1987
maksimum	13,6	2007	13,1	2002	12,5	2009
povprečno POLETJE	22,0		21,4		18,6	
minimalno	20,0	1984	19,5	1984	16,7	1980
maksimalno	24,6	2003	23,6	2003	21,4	2008
povprečna JESEN	12,7		12,9		15,3	
minimalna	11,3	1980	11,5	1980	14,0	1980
maksimalna	14,6	2006	14,7	2006	18,1	2008
povprečna ZIMA	2,0		2,3		5,9	
minimalna	-0,1	1981	0,1	1981	3,9	1981
maksimalna	5,6	2007	5,8	2007	8,9	2007

Priloga E3: Povprečja, minimum in maksimum po letnih časih in globinah za Mursko Soboto (obdobje 1980-2014) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

MURSKA SOBOTA	10 cm T (°C)	LETO	20 cm T (°C)	LETO	100 cm T (°C)	LETO
povprečna POMLAD	11,4		11,0		9,4	
minimum	8,5	1982	8,0	1982	7,0	1982
maksimum	13,4	2014	13,0	2007	12,4	2014
povprečno POLETJE	22,0		21,6		18,9	
minimalno	19,2	1980	18,4	1980	14,6	1980
maksimalno	25,7	2003	25,1	2003	21,8	2003
povprečna JESEN	11,7		12,2		14,4	
minimalna	10,3	2007	10,8	1980	13,3	1986
maksimalna	13,3	2014	15,8	2012	15,6	2012
povprečna ZIMA	1,1		1,6		4,8	
minimalna	-0,8	1987	-0,2	1999	3,6	2005, 2006
maksimalna	3,8	2007	4,1	2007	6,8	1983, 1984

Priloga E4: Povprečja, minimum in maksimum po letnih časih in globinah za Lesce (obdobje 1980-2014) (vir podatkov za analizo: ARSO, 2015)

LESCE	10 cm T (°C)	LETO	20 cm T (°C)	LETO	100 cm T (°C)	LETO
povprečna POMLAD	9,9		9,3		8,3	
minimum	6,7	1987	6,4	1987	6,0	1987
maksimum	13,0	2007	12,2	2007	11,0	1994
povprečno POLETJE	20,5		19,7		17,4	
minimalno	17,8	1984	17,6	1980	15,0	1980
maksimalno	23,7	2003	22,7	2003	19,8	1993
povprečna JESEN	11,1		11,6		13,6	
minimalna	9,4	1983	10,3	1983	12,5	1980
maksimalna	13,6	2014	13,5	2006	14,9	1993
povprečna ZIMA	0,8		1,4		4,6	
minimalna	-1,4	1981	-0,4	1981	3,3	1981
maksimalna	3,8	2007	4,2	2007	7,0	1994