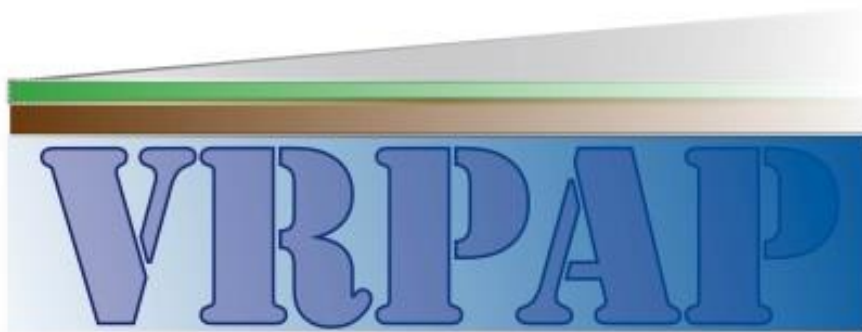




Končno poročilo projekta



Vodonosnika Vrbanski plato in Apaško polje, orodja za trajnostno zagotavljanje vodnih virov

v okviru razpisa »Po kreativni poti do praktičnega znanja«

Mentorji projekta: izr. prof. dr. Jure Ravnik, doc. dr. Igor Žiberna, red. prof. dr. Martina Bavec, mag. Irena Kopač, univ. dipl. inž. grad. Jožica Kovač Štefur

Projektna skupina: Miha Orešnik, Matevž Vremec, Simon Hajnc, Tadej Gorenšek, Ken Kolar, Katja Kuzmič, Dejan Gošnjak, Andrej Šutar, Aleš Praprotnik, Primož Pukšič

Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru

Maribor, julij 2015



PO KREATIVNI POTI DO PRAKTIČNEGA ZNANJA

Projekt delno financira Evropska unija, in sicer iz Evropskega socialnega sklada. Projekt se izvaja v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007-2013, razvojne prioritete: 1. Spodbujanje podjetništva in prilagodljivosti ter prednostne usmeritve: 1.3 Štipendijske sheme, v okviru potrjene operacije »Po kreativni poti do praktičnega znanja«.



KAZALO

<i>PO KREATIVNI POTI DO PRAKTIČNEGA ZNANJA</i>	2
1 VODONOSNIK VRBANSKI PLATO	12
1.1 SPLOŠNI DEL	12
1.2 VODOVARSTVENO OBMOČJE ZA VODNO TELO VODONOSNIKOV RUŠ, VRBANSKEGA PLATOJA, LIMBUŠKE DOBRAVE IN DRAVSKEGA POLJA	14
1.3 AKTIVNA ZAŠČITA	15
2 VODONOSNIK APAŠKO POLJE	16
2.1 SPLOŠNI DEL	16
3 NEZASIČEN DEL ZEMLJE	19
4 RAČUNALNIŠKI MODELNI PROGRAM	22
4.1 MATEMATIČNO OZADJE	22
4.2 SUTRA	24
5 MODELIRANJE TOKA PODTALNICE NA VRBANSKEM PLATOJU	29
5.1 <i>Uvod</i>	29
5.2 OBMOČJE MODELA.....	30
5.3 MREŽA MODELA	31
5.4 NEPROPUSTNA PODLAGA	31
5.5 ROBNI POGOJI	32
6 REZULTATI MODELA	34
6.1 PRIMERJAVA REZULTATOV Z OBSTOJEČIMI REZULTATI RAZISKAV:	35
6.2 MODPATH.....	36
7 MODELIRANJE TOKA PODTALNICE NA APAŠKEM POLJU	38
7.1 UVOD	38
7.2 DIGITALNI MODEL NADMORSKIH VIŠIN	39
7.3 DOLOČANJE AKTIVNOSTI CELIC NA OBMOČJU MODELA	40
7.4 DOLOČANJE KOEFICIENTOV HIDRAVLIČNE PREPUSTNOSTI.....	41
7.5 DOLOČANJE DNA VODONOSNIKA	42
7.6 ROBNI POGOJI	43
8 REZULTATI MODELA APAŠKEGA POLJA	44

9	MATEMATIČNI MODEL TOKA PADAVINSKIH VODA IN NITRATOV NA VRBANSKEM PLATOJU	47
9.1	OBMOČJE MODELA	47
9.2	ROBNI POGOJI	48
9.3	PARAMETRI	49
9.4	REZULTATI	54
9.5	PRIMERJAVA REZULTATOV	61
9.6	UKREPI	62
10	MATEMATIČNI MODEL TOKA PADAVINSKIH VODA IN NITRATOV NA APAŠKEM POLJU	64
10.1	OBMOČJE MODELA	64
10.2	ROBNI POGOJI	64
10.3	PARAMETRI	66
10.4	REZULTATI	67
10.5	PRIMERJAVA REZULTATOV	75
10.6	UKREPI	75
12	KMETOVANJE NA VODOVARSTVENIH OBMOČJIH APAŠKEGA POLJA IN VRBANSKEGA PLATOJA	79
12.1	KRITERIJ ZA DOLOČITEV NOTRANJNIH VODOVARSTVENIH OBMOČIJ (URLS 64/2004) 84	
12.2	PREGLED UREDBE APAŠKO POLJE IN VRBANSKI PLATO	84
12.3	OSNOVNE INFORMACIJE PROGRAMA KOPOP	87
12.4	METODE DELA	88
13	PREGLED REZULTATOV	89
13.1	SOCIALNO-EKONOMSKE ZNAČILNOSTI (VPRAŠANJA 1, 2, 3, 4)	89
13.2	OBSTOJEČE STANJE KMETIJSKE PRIDELAVE (VPRAŠANJA 5–10)	91
13.3	STALIŠČA GLEDE KMETIJSKE POLITIKE IN KMETOVANJA NA VVO 1 (VPRAŠANJA 11– 14)	94
13.4	STALIŠČA GLEDE EKOLOŠKEGA KMETIJSTVA NA VVO 1 (VPRAŠANJE 15–19)	96
14	SKLEPI	100
16	METEOROLOŠKA POSTAJA MARIBOR-TABOR	103
16.1	TEMPERATURA ZRAKA	104
16.2	VIŠINA PADAVIN	108
16.3	POTENCIALNA EVAPOTRANSPIRACIJA (ETP) PO PENNMANU	112
16.4	VODNA BILANCA	117



17	METEOROLOŠKA POSTAJA GORNJA RADGONA	120
17.1	TEMPERATURA ZRAKA	121
17.2	VIŠINA PADAVIN	124
17.3	POTENCIALNA EVAPOTRANSPIRACIJA	128
17.4	VODNA BILANCA.....	132
18	ZAKLJUČEK.....	137
19	LITERATURA:.....	138

Kazalo slik:

Slika 1: Črpališča Mariborskega vodovodnega sistema [11]	12
Slika 2: Območje črpališča Vrbanski plato	12
Slika 3: Povprečni delež načrpane količine vode v črpališčih Mariborskega vodovoda v obdobju med 2002 in 2008 [11]	13
Slika 4: Vodovarstveno območje za vodno telo vodonosnikov Ruš, Vrbanskega platoja, Limbuške dobrove in Dravskega polja [3]	14
Slika 5: Zasnova II. faze aktivne zaščite Vrbanskega platoja [11]	16
Slika 6: Predstavlja vodonosnik Apaško polje in vodovarstveni območji črpališča Podgrad in črpališča Segovci	17
Slika 7: Poenostavljen prikaz sestave tal in procesov v nezasičenem delu zelje [7]	21
Slika 8: Ponazoritev toka vode v in iz elementa tal	22
Slika 10: Uporaben rasterski zemljevid območja	30
Slika 9: Zemljevid območja, ki ga zajema model toka podzemne vode[15]	30
Slika 12: Aktivno območje(bela barva) in območje neaktivnih celic (siva barva)	31
Slika 11: Območje modela (neaktivno območje označeno z sivo)	31
Slika 13: Območja napajanja podzemne vode s padavinami na urbanih območjih(svetlo modra), ter območja napajanja podzemne vode z zelenimi površinami (temno modra) .	32
Slika 14: Območje obarvano z belo barvo ima $K_x = 0.007\text{m/s}$; območje obarvano z zeleno barvo ima $K_x = 0.0035\text{m/s}$; območje obarvano z temno modro ima $K_x = 0.00025\text{m/s}$; območje obarvano z svetlo modro ima $K_x = 0.0025\text{m/s}$; Pri tem upoštevamo $K_y = K_x$; $K_z = K_x/10$	32
Slika 15: Upoštevani vodnjaki na črpališču Vrbanski plato	33
Slika 16: Koordinate vodnjakov zajetih v modelu na Vrbanskem platoju	33
Slika 17: Rezultati modela z izolinijami višine podtalnice pri moči črpanja 700 L/s	34
Slika 18: Rezultati modela z izolinijami višine podtalnice pri polovični moči črpanja 350 L/s	34
Slika 20: Rezultat za primerjavo, ki so ga po obsežni raziskavi in modeliranju dobili na podjetju IEI leta 2009	35

Slika 19: Rezultati modela za primerjavo pri moči črpanja 700 L/s	35
Slika 21: Pot delcev na območju modela	36
Slika 22: Pot delcev iz Vpliv črpanja za zavarovanje gradbene jame mestne tržnice Maribor na črpališče Vrbanski plato[10].....	36
Slika 23: Digitalni model višin (vir: prof. Žibera)	39
Slika 24: Površje vodonosnika, ustvarjenega iz podatkov posnetka digitalnih višin.....	40
Slika 25: Aktivnost celic modela	40
Slika 26: Območja različnih koeficientov prepustnosti	41
Slika 27: Višine dna vodonosnika.....	42
Slika 28: Višine gladine podtalnice.....	44
Slika 29: Rezultati višin podtalnice podjetja geo-vrtina	45
Slika 30: Ponazoritev toka podtalnice s tokovnicami	45
Slika 31: Lokacija obravnavanih vrtin N-2 in K-24 (vir: Željko Blažeka, Irena Kopač. Črpališče vrbanski plato, II.faza aktivne zaščite, Hidrogeološki model vrbanski plato. IEI d.o.o.2009).....	47
Slika 32: Prikaz poroznosti za vrtino N-2	50
Slika 33: Prikaz prevodnosti za vrtino N-2	51
Slika 34: Prikaz poroznosti za vrtino K-24	52
Slika 35: Prikaz prevodnosti za vrtino K-24	53
Slika 36: Prvi scenarij za vrtino N-2	54
Slika 37: Drugi scenarij za vrtino N-2	55
Slika 38: Tretji scenarij za vrtino N-2	56
Slika 39: Četrty scenarij za vrtino N-2.....	57
Slika 40: Prvi scenarij za vrtino K-24	58
Slika 41: Drugi scenarij za vrtino K-24	59
Slika 42: Tretji scenarij za vrtino K-24.....	60
Slika 43: Četrty scenarij za vrtino K-24.....	61

Slika 44: Prikaz prevodnosti in poroznosti vrtine v Podgradu	66
Slika 45: Prikaz prevodnosti in poroznosti vrtine v Segovcih ob Muri	67
Slika 46: Rezultati prvega scenarija Podgrad	68
Slika 47: Rezultati drugega scenarija Podgrad	68
Slika 48: Rezultati tretjega scenarija Podgrad	69
Slika 49: Rezultati četrtega scenarija Podgrad	70
Slika 50: Rezultati prvega scenarija Segovci ob Muri	71
Slika 51: Rezultati drugega scenarija Segovci ob Muri	72
Slika 52: Rezultati tretjega scenarija Segovci ob Muri	73
Slika 53: Rezultati četrtega scenarija Segovci ob Muri	74
Slika 54: Prostorska razporeditev vodovarstvenih območij[21]	79
Tabela 1: Raba tal Apaško polje (Sušin 2008)	81
Slika 55: Raba tal Segovci	82
Slika 56: Raba tal Podgrad	82
Slika 57: Raba tal Vrbanski plato	83

Kazalo grafov:

<i>Graf 1: Spol lastnikov kmetije</i>	89
<i>Graf 2: Izobrazba lastnikov kmetije</i>	89
<i>Graf 3: Občina v kateri se nahaja kmetija</i>	90
<i>Graf 4: Način kmetovanja</i>	91
Tabela 2: Razporeditev površin.....	91
<i>Graf 5: Površine VVO1</i>	92
<i>Graf 6: Menjava površin</i>	92
<i>Graf 7: Kmetijska panoga</i>	93
<i>Graf 8: Izpolnjevanje uredbe na VVO 1</i>	94
<i>Graf 9: Zadovoljstvo s finančnim sistemom nadomestil</i>	95
<i>Graf 10: Primernost KOPOP za VVO 1</i>	95
<i>Graf 11: Ali obstaja možnost preusmeritve v ekološko pridelavo</i>	96
<i>Graf 12: Škodovanje fitofarmaceutskih sredstev</i>	98
<i>Graf 13: Zaščita podtalnice z ekološko pridelavo</i>	98
<i>Graf 14: Spodbujanje ekološkega kmetovanja</i>	99
<i>Graf 15: Povprečna temperatura zraka MP Maribor po mesecih (1961-2014)</i>	103
<i>Graf 16: Trend temperature zraka MP Maribor-Tabor (1961-2014)</i>	105
<i>Graf 17: Trend povprečne temperature posameznih letnih časov MP Maribor-Tabor (1961-2014)</i>	105
<i>Graf 18: Povprečna temperatura zraka (°C) po dekadah MP Maribor-Tabor (1961-2014)</i>	106
107	
<i>Graf 19: Trend temperature zraka (°C) po dekadah MP Maribor-Tabor (1961-2014)</i>	107
<i>Graf 20: Trend temperature zraka posameznih letnih časov MP Maribor-Tabor (1961-2014)</i>	107
107	
<i>Graf 21: Povprečna višina padavin (mm) MP Maribor-Tabor (1961-2014)</i>	109

<i>Graf 22: Trend višine padavin (mm) MP Maribor-Tabor (1961-2014)</i>	109
<i>Graf 23: Trend višine padavin posameznih letnih časov MP Maribor-Tabor (1961-2014)</i> ..	110
<i>Graf 24: Trend višine padavin (mm) po dekadah MP Maribor-Tabor (1961-2014)</i>	111
<i>Graf 25: Trend višine padavin posameznih letnih časov MP Maribor-Tabor (1961-2014)</i> ..	111
<i>Graf 26: Trend višine padavin (mm) posameznih letnih časov MP Maribor-Tabor</i>	112
<i>Graf 27: Povprečna potencialna evapotranspiracija (mm) MP Maribor-Tabor (1961-2014)</i>	113
<i>Graf 28: Trend povprečne potencialne evapotranspiracije (mm) MP Maribor-Tabor (1961-2014)</i>	114
<i>Grafikon 29: Trend povprečne potencilane evapotranspiracije (mm) posameznih letnih časov MP Maribor-Tabor (1961-2014)</i>	114
<i>Grafikon 30: Trend evapotranspiracije (mm) po dekadah MP Maribor-Tabor (1961-2014)</i>	115
<i>Grafikon 31: Trend evapotranspiracije posameznih letnih časov MP Maribor-Tabor (1961-2014)</i>	116
<i>Grafikon 32: Povprečna vrednost vodne bilance MP Maribor-Tabor (1961-2014)</i>	117
<i>Grafikon 33: Trend vodne bilance (mm) MP Maribor-Tabor (1961-2014)</i>	118
<i>Grafikon 34: Trend vodne bilance posameznih letnih časov MP Maribor-Tabor (1961-2014)</i>	118
<i>Grafikon 35: Trend vodne bilance (mm) po dekadah MP Maribor-Tabor (1961-2014)</i>	119
<i>Grafikon 35: Trend vodne bilance (mm) posameznih letnih časov MP Maribor-tabor (1961-2014)</i>	120
<i>Grafikon 36: Povprečna temperatura zraka MP Gornja Radgona (1961-2014)</i>	121
<i>Grafikon 37: Trend povprečne temperature zraka MP Gornja Radgona (1961-2014)</i>	122
<i>Grafikon 38: Trend povprečne temperature posameznih letnih časov MP Gornja Radgona (1961-2014)</i>	122
<i>Grafikon 39: Trend temperature zraka za MP Gornja Radgona (1961-2014) po dekadah</i> .	123
<i>Grafikon 40: Trend povprečne temperature zraka (°C) posameznih letnih časov MP Gornja Radgona (1961-2014)</i>	123
<i>Grafikon 41: Trend povprečne temperature zraka (°C) posameznih letnih časov MP Gornja Radgona (1961-2014)</i>	124

<i>Grafikon 42: Povprečna višina padavin (mm) MP Gornja Radgona (1961-2014)</i>	125
<i>Grafikon 43: trend višine padavin (mm) MP Gornja Radgona (1961-2014)</i>	125
<i>Grafikon 44: Trend višine padavin (mm) posameznih letnih časov MP Gornja Radgona (1961-2014)</i>	126
<i>Grafikon 45: Trend višine padavin (mm) za MP Gornja Radgona (1961-2014) po dekadah</i>	126
<i>Grafikon 46: Trend povprečne višine padavin (mm) posameznih letnih časov MP Gornja Radgona (1961-2014)</i>	127
<i>Grafikon 47: Povprečna potencialna evapotranspiracija (mm) MP Gornja Radgona (1961-2014)</i>	128
<i>Grafikon 48: Trend povprečne ETP (mm) MP Gornja Radgona (1961-2014)</i>	129
<i>Grafikon 49: Trend povprečne ETP posameznih letnih časov MP Gornja Radgona (1961-2014)</i>	129
<i>Grafikon 50: Trend povprečne ETP (mm) MP Gornja Radgona (1961-2014) po dekadah ..</i>	130
<i>Grafikon 51: Trend evapotranspiracije (mm) posameznih letnih časov MP Gornja Radgona (1961-2014)</i>	131
<i>Grafikon 52: Povprečna vodna bilanca (mm) MO Gornja Radgona (1961-2014)</i>	132
<i>Grafikon 53: Trend vodne bilance MP Gornja Radgona (1961-2014)</i>	133
<i>Grafikon 54: Trend vodne bilance (mm) posameznih letnih časov MP Gornja Radgona (1961-2014)</i>	134
<i>Grafikon 55: Trend vodne bilance (mm) po dekadah za MP Gornja Radgona (1961-2014)</i>	135
<i>Grafikon 56: Trend vodne bilance (mm) posameznih letnih časov MP Gornja Radgona (1961-2014)</i>	136
<i>Grafikon 57: Trend vodne bilance (mm) posameznih letnih časov MP Gornja Radgona (1961-2014)</i>	136

1 VODONOSNIK VRBANSKI PLATO

1.1 Splošni del

Vodonosnik Vrbanski plato je del podzemnega vodnega telesa Dravske kotline, ki se razprostira na območju aluvialnega prodnega zasipa med Selnico ob Dravi do meje s Hrvaško. Poleg manjših dotokov s Pohorja na področju Limbuške dobrane je najpomembnejši vir napajanja vodonosnika Vrbanski plato reka Drava, ki je neodvisna od sušnih obdobj, kar omogoča konstantno črpanje skozi leto. Črpališče Vrbanski plato je najizdatnejši in najpomembnejši vir pitne vode izmed 7 črpališč Mariborskega vodovodnega sistema



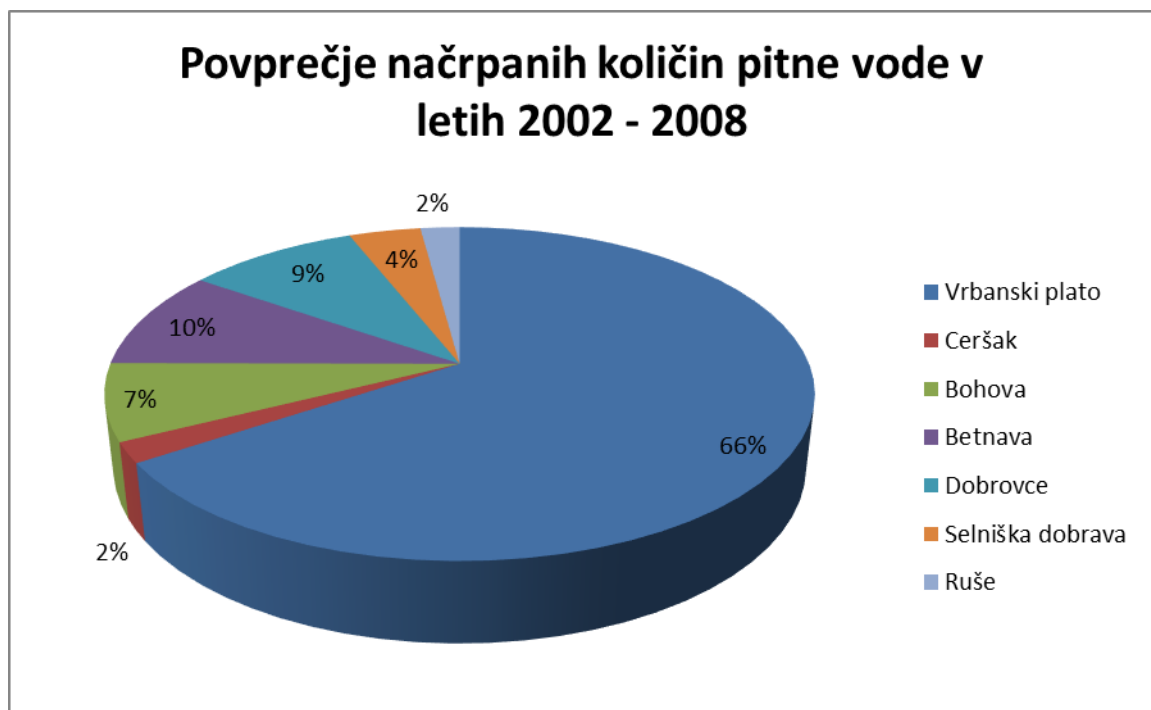
Slika 1: Črpališča Mariborskega vodovodnega sistema [11]

Črpališče Vrbanski plato obsega petnajst vodnjakov skupne zmogljivosti do 760 L/s pitne vode, ki lahko tako pokriva do približno 70% potreb Mariborskega vodovodnega sistema. Med ko ima črpališče Betnava tri vodnjake skupne zmogljivosti 100 L/s, črpališče Bohova dva vodnjaka skupne kapacitete 90 L/s ter drugi z manjšimi zmogljivostmi.



Slika 2: Območje črpališča Vrbanjski plato

Spodnji graf prikazuje povprečni delež načrpane pitne vode črpališč Mariborskega vodovoda v obdobju med 2002 in 2008, pri čemer je delež Vrbanjskega platoja 66%. Med posamezni leti je delež nihal med 60% in 69%. Največji delež se je pojavljal v sušnih letih (2002, 2003, 2007), kar kaže na pomembnost vodnega vira med sušnimi obdobji, ko se količina vode v drugih virih zmanjša.

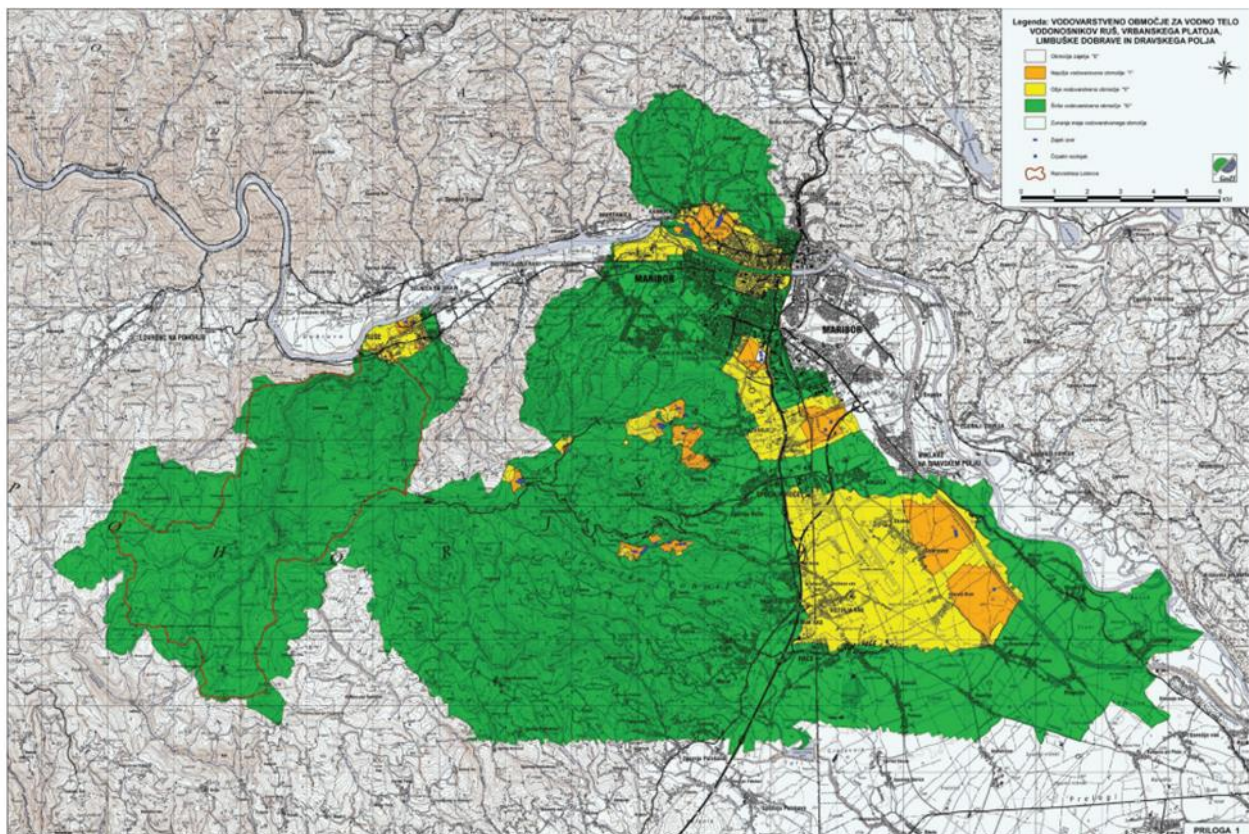


Slika 3: Povprečni delež načrpane količine vode v črpališčih Mariborskega vodovoda v obdobju med 2002 in 2008 [11]

1.2 Vodovarstveno območje za vodno telo vodonosnikov Ruš, Vrbanskega platoja, Limbuške dobrave in Dravskega polja

Vodovarstvena območja Vrbanskega platoja tvorijo območja zajetij in notranja območja, na levem bregu reke Drave. Kot je razvidno iz spodnjega zemljevida vodovarstvenih območjih, spada Vrbanski plato pod najožje območje, za katerega velja najstrožji režim, kjer so predpisane stroge omejitve glede gradnje in drugih posegov na tem območju.

V območje ožjega vodovarstvenega območja spada velik del mestnega središča Maribor, kar pripomore k večji ogroženosti onesnaženja podtalne vode.



Slika 4: Vodovarstveno območje za vodno telo vodonosnikov Ruš, Vrbanskega platoja, Limbuške dobrave in Dravskega polja [3]

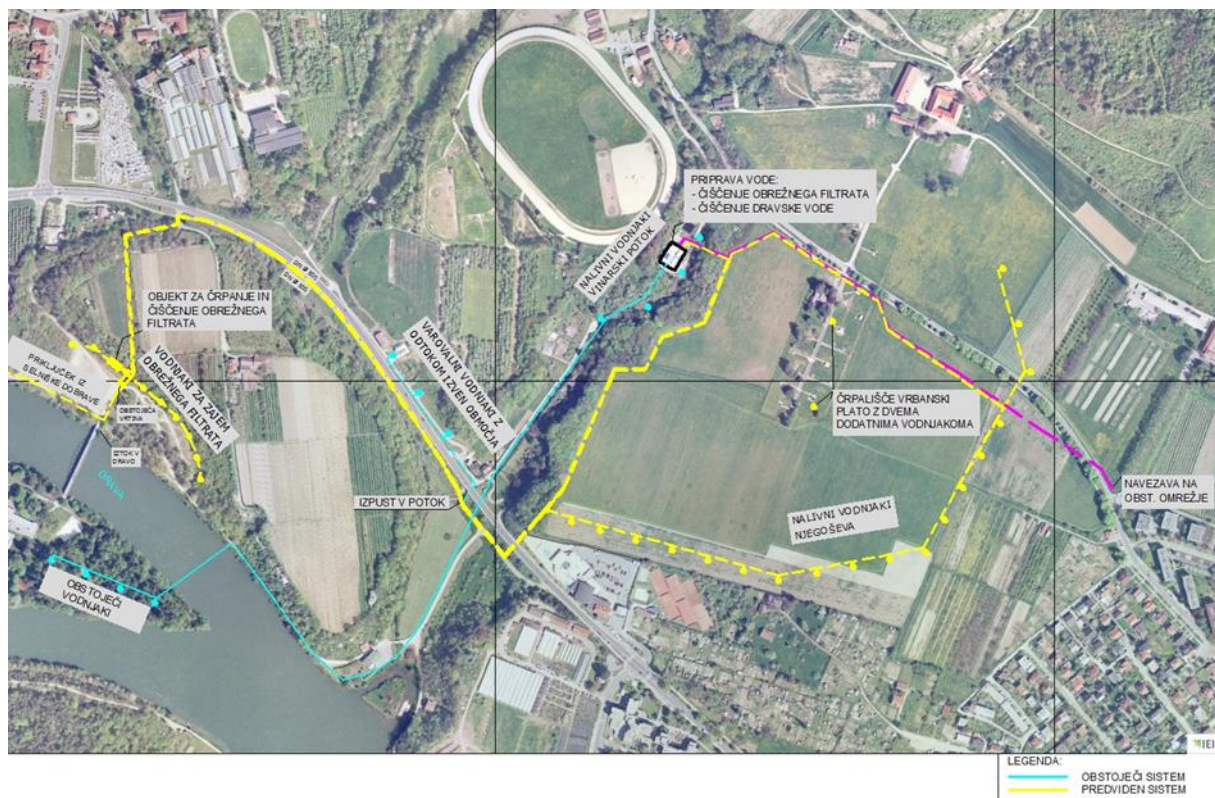
1.3 Aktivna zaščita

Za zaščito črpališča so že v preteklosti zgradili zaščite proti onesnaženju podtalne vode:

I. faza aktivne zaščite je bila zgrajena v letih 1986 do 1990. Zagotavlja umetno bogatenje podzemne vode ter ima zmogljivost 150 L/s. Vključuje štiri nalivalne vodnjake v dolini Vinarskega potoka, vodnjake na Mariborskem otoku, ter objekt za pripravo vode.

II. faza aktivne načrtuje preprečitev onesnaženja črpane pitne vode z onesnaženo podzemno vodo iz strani centra mesta, z območja regionalne ceste Maribor – Dravograd, ter z nitrati in pesticidi onesnaženo podzemno vodo iz območja Vinarskega in Rošpoškega potoka. Sistem prav tako načrtuje povečanje zmogljivosti črpališča na 250 L/s.

III. faza aktivne zaščite načrtuje povečanje kapacitete črpališča Vrbanski plato, ter varovalnih črpalnih in nalivalnih vodnjakov. Faza načrtuje neposredno koriščenje dravske vode za umetno bogatenje podzemne vode. Aktivna zaščita in umetno bogatenje tako predvideva približno 1000 L/s. S tem bi lahko ob večjem katastrofalnem onesnaženju s strani regionalne ceste Maribor – Dravograd in centra mesta, popolnoma preprečili onesnaženje podzemne vode za črpanje.



Slika 5: Zasnova II. faze aktivne zaščite Vrbanskega platoja [11]

2 VODONOSNIK APAŠKO POLJE

2.1 Splošni del

Apaško polje je ravnica med Konjiščem in Gornjo Radgono, ki ga je s svojim tokom oblikovala reka Mura. Površje Apaškega polja enakomerno, rahlo pada s tokom reke Mure, ki ga je zasula s kvartarnimi, pleistocenskimi in holocenskimi peščenimi prodnatimi zasipi.

Pri kvartarnih zasipih ločimo nizki peščeno prodnati zasip in višje terasni zasip. Nad Zgornjim Konjiščem (severozahodni rob polja) je površje nizkega peščenega prodnatega zasipa na višini 230 metrov nadmorske višine in površje višje terasnega zasipa na 231 metrih nadmorske višine. Od Konjišča do Podgrada razdalje 12,5 kilometra pade omenjeno površje na 208 oziroma 209 metrov nadmorske višine. Kvartarne nanose po večini gradi slabo granulirani peščeni prod, ki odvisno od reliefa površine niha od 4,2 do 11,3 metra. Na osrednjem delu, kjer se nahajajo črpališča Segovci in Podgrad je debelina peščenega proda v povprečju 6,7 metra. Med rečnim koritom Mure in južnem robu polja do ceste Vratnja vas-Podgrad je nizki peščeni prodnati zasip prekrit z plastjo gline, katera debelina v povprečju znaša 1,5 metra. Južno in jugozahodno od ceste Podgorje, Drobtinci, Žepovci, Apače, Podgrad in do severnih obronkov Slovenskih Goric je prodnati zasip prekrit z meljasto-peščenim in deloma glinastim pokrovom debeline, ponekod tudi več kot 6 metrov. Podlago kvartarnega prodnega zasipa sestavljajo plio-miocenski sedimenti: glinovec, laporast glinovec, meljevec, peščen meljevec, meljast laporovec, laporast meljevec, laporovec, glinast laporovec in gosto zbit meljast pesek. Površina terciarnih plasti, katera je valovita in ponekod močno razčlenjena, v povprečju enakomerno pada s rečnim koritom reke Mure. Iz 225 metrov nadmorske višine nad Zgornjim Konjiščem, pade na 202 metra nadmorske višine pod Podgradom.

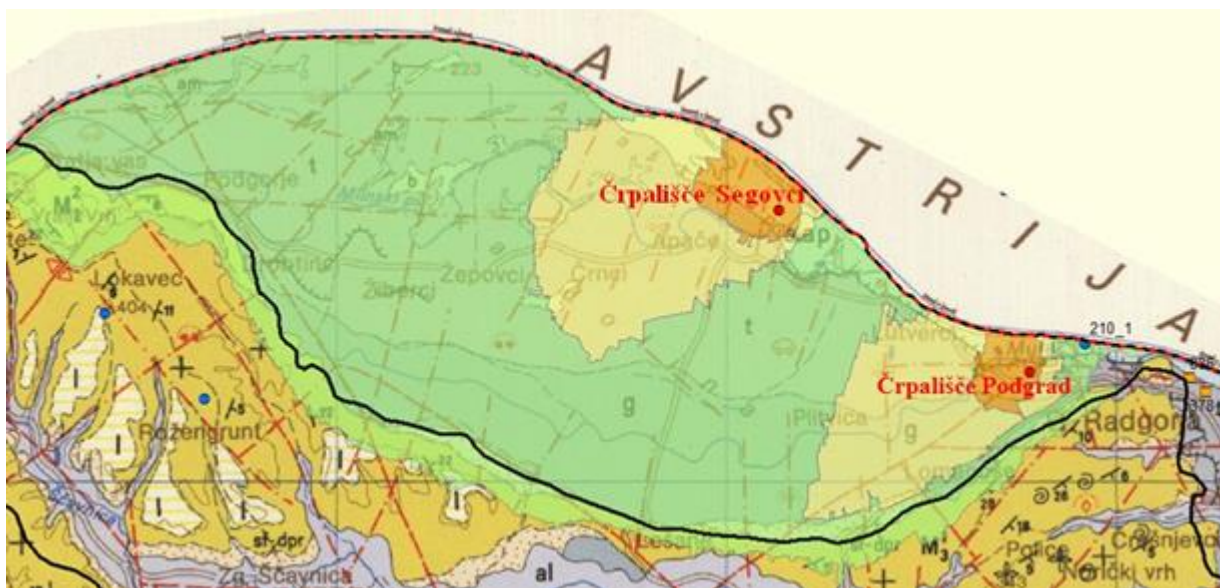
Podzemna voda se nahaja od 2,5 do 3,5 metra pod površjem terena. Ob izrednih pogojih pa pride občasno tudi na površje. Podzemna voda se pretaka od jugozahodnega roba Apaškega polja do osrednjega dela polja, potem pa dalje proti severovzhodnemu in vzhodnemu delu polja. V vodonosniku je v bližini reke Mure režim toka podzemne vode

močno odvisen od rečnega korita in nivoja vode v njem. Z različnimi raziskavami in hidrodinamičnimi izračuni je ugotovljeno, da se podzemna voda v glavnem napaja iz padavin.

Vodonosnik pa se še napaja z infiltracijo iz Mlinskega potoka, Bizjaka in Plitvice. Vendar samo ob visokih vodah Mure in močnem deževju. Vodonosnik se delno napaja tudi z dotoki iz gričevnatega zaledja. Vzdolž rečne struga pa se vodonosnik delno polni z dotoki iz rečnega korita reke Mure.

Glede na upoštevanje povprečnih letnih padavin, ki so bile izmerjene na padavinski postaji Gornja Radgona (911 mm), ki je ena najbližjih padavinskih postaj Apaškega polja, in 70% letni evapotranspiraciji je letno napajanje vodonosnika s podzemno vodo iz padavin okrog $8,9 \text{ l/s/km}^2$. V osrednjem delu, če gledamo profil Mura, Apače in Arda se z upoštevanjem padavin, napajanja iz Mure in napajanja iz potokov, pretaka 135 l/s podzemne vode. V območju Podgrada, kjer ni napajanja iz reke Mure pa je pretok podzemne vode približno 55 l/s.

Glede na podatke, pridobljene z različnimi hidrološkimi in hidrogeološkimi raziskavami do sedaj lahko ocenjujemo, da znašajo dinamične rezerve podzemne vode tega vodonosnika, tudi do 190 l/s.



Slika 6: Predstavlja vodonosnik Apaško polje in vodovarstveni območji črpališča Podgrad in črpališča Segovci.



Vodonosnik Apaško polje ima črpališči Segovci in Podgrad, s katerima oskrbuje prebivalce s pitno vodo. Pri obeh gre za drenažno zajetje. Pri črpališču Segovci je v peščeno prodnem zasipu drenaža v dolžini 800 metrov na desnem bregu reke Mure. Na neprepustno podlago v globini od 5 do 6 metrov so položene betonske cevi s perforirano zgornjo stranjo, katerih premer znaša 60 centimetrov. Ta cevovod ima na vsakih 60 metrov vstopni jašek, katerega premer znaša 80 centimetrov. Drenažna cev nad katero je nasipan gramozni material z ilovnatim in humusnim slojem, je speljana v vodnjak premera 5 metrov. Iz tega zajetja se potem črpa podzemna voda. Glede na količino vode tega območja vodonosnika bi se lahko črpalo tudi do 70 l/s vode.

Pri črpališču Podgrad je zajetje narejeno na podoben način kot pri črpališču Segovci. Bistvena razlika je v dolžini drenaže, ki tu znaša 400 metrov. Betonske cevi so pri tem črpališču ponekod že tudi na 4 metrih globine. Glede na količino vode na tem območju vodonosnika bi se lahko črpalo do 55 l/s vode. V podzemni vodi, ki se na tem črpališču črpa so občasno presežene mejne vrednosti nitratov, amonijaka in pesticidov. To povzroča velik delež kmetijstva na tem območju.



3 NEZASIČEN DEL ZEMLJE

Definicija: »Območje med površino zemlje in kapilarnega obrobja, v katerem je vsebnost vlage nižja od nasičenosti in tlak manjši od atmosferskega. Pore v tleh običajno vsebujejo tudi zrak in druge pline. Kapilarno obrobje ni vključeno v nezasičeno cono.« - U.S. Environmental Protection Agency, 2009 [8].

Tla so sestavljena iz različnih snovi v trdnem, plinaste in tekočem stanju. Tako se v tleh nahajajo pore, katere so lahko zasedene z vodo ali z zrakom. Pore so volumni med posameznimi minerali in organskimi delci.

Nezasičen del zemlje je pomemben s stališča skladiščenja vode, rastlinskih hranil in drugih snovi. Je območje za prenos vode in drugih snovi. Iz hidroloških vidikov v veliki meri nadzoruje prenos vode do vodnih virov, kot tudi na površino zemlje, do površinskih voda in v atmosfero. Prav tako je nadzorni faktor za količino vode, ki polni vodonosnik. Pogosto ga označujemo kot filter, ki odstranjuje nezaželeno snovi preden le-te vplivajo na vodonosnik. Nazadnje, nazasičena cona je območje naravne in človeške aktivnosti. Obstajajo transportni procesi različnih vrst, termodinamične interakcije in kemijske reakcije, ki vključujejo tako naravne in umetne snovi kot posledice teh aktivnosti. S stališča človeških aktivnosti je nezasičen del zemlje kritičnega pomena za gojenje rastlin, gradnjo stavb in odlaganja odpadkov. [6]

Pretok vode skozi nezasičeno cono je v neposrednem interesu na primer pri ocenjevanju, kako hitro bo voda pritekla navzdol do gladine podzemne vode – stopnja polnjenja vodonosnika. Prav tako je pomembna pri transportu onesnaževal – raztopljenih, v obliki ne vodne tekočine ali trdnih snovi. Običajno je prvi korak pri oceni stopnje širjenja onesnaževal pod površjem ocena pretoka vode, ki prenaša kontaminant. [6]



ZRAK V TLEH

Sestava zraka v tleh ni konstantna ampak pogojena z biološkimi in kemičnimi procesi v tleh. Približna sestava zraka v tleh [4]:

- Dušika: 78 – 87 Vol. %
- Kisika 10 – 20 Vol. %
- CO₂ 0,01 – 15 Vol. %

Na strukturo zraka v tleh vpliva predvsem tekstura in struktura tal, volumen por, temperatura, vodnost tal in biološka aktivnost v tleh.

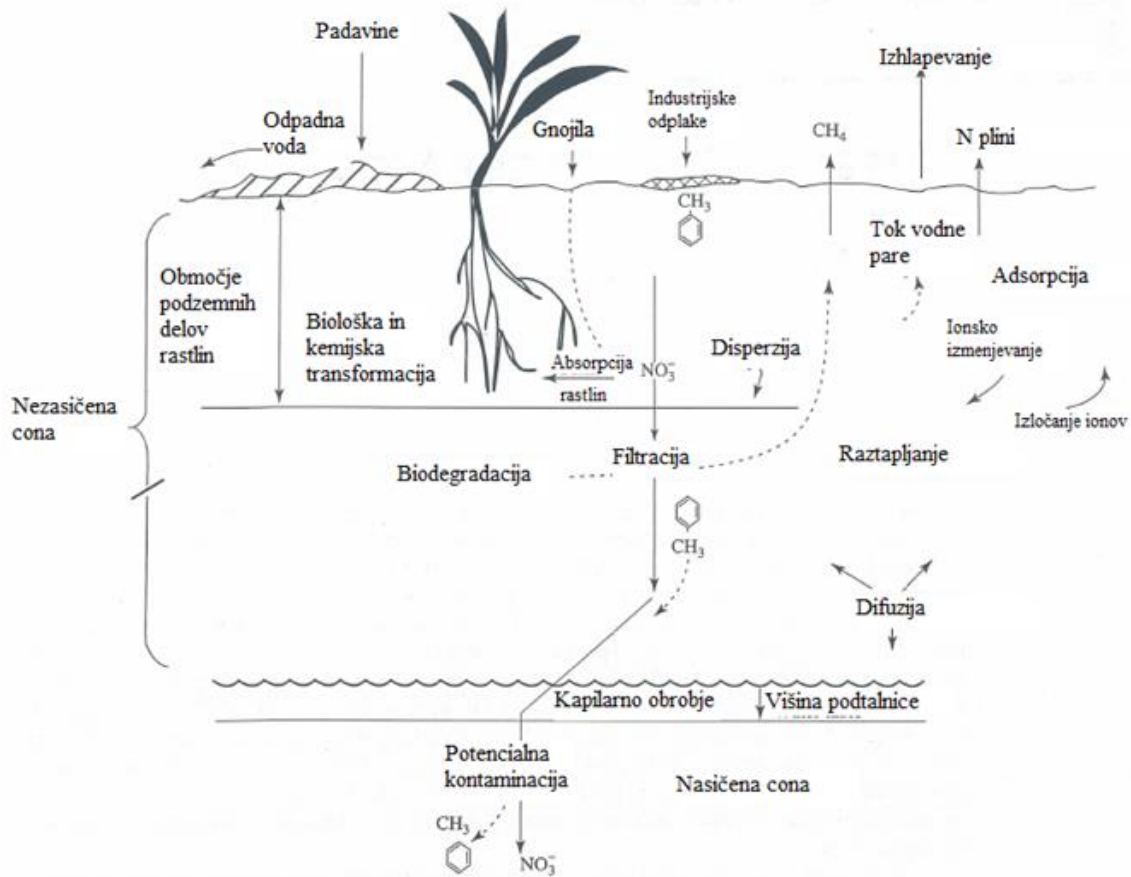
VODA V TLEH

Vodo v tleh se lahko loči po Brigs-ovi teoriji glede na to, kako močno je vezana na talne delce. Tako ločimo [4]:

- Higroskopna voda,
- Kapilarna voda in
- Gravitacijska voda.

Pri tem higroskopna voda predstavlja vodne hlape v tleh, ki so absorbirani na površino talnih delcev. Kapilarna voda je voda, ki se zaradi površinske napetosti nabira kot prevleka okoli talnih delcev. Medtem ko je gravitacijska voda, voda, ki pod vplivom teže odteče v podtalnico in se v zgornjih plasteh tal zadržuje le začasno. [4]

SHEMA IN PRIKAZ SESTAVE TAL IN PROCESOV



Slika 7: Poenostavljen prikaz sestave tal in procesov v nezasičenem delu zelje [7]

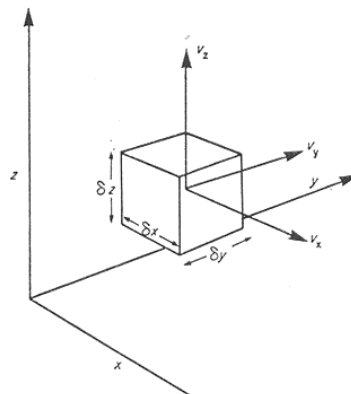
4 RAČUNALNIŠKI MODELNI PROGRAM

Numerični model toka podzemne vode smo izdelali z programskim orodjem ModeMuse, ki je ravno primeren za problem, katerega obravnavamo, saj je programsko orodje sestavljeno iz različnih programskih paketov kot so MODFLOW, SUTRA in PHAST. MODFLOW služi modeliranju toka podzemne vode in izračunu višin gladine podtalnice, medtem ko programski paket SUTRA omogoča izvedbo simulacij poteka onesnaževal skozi nezasičeno sredino. Izbrano programsko orodje nudi uporabniku dokaj prijazno modelno okolje za modeliranje dvodimenzionalnega ali tridimezionalnega toka podzemne vode.

Vsi računalniški modelirni programi za svojim delovanjem skrivajo matematično ozadje in se lahko opišejo z določenimi matematičnimi metodami. V primeru modeliranja toka podzemne vode so te metode uporabljene za reševanje enačb podtalne vode z določenimi predpostavkami in mejnimi sposobnosti simulacije.

4.1 MATEMATIČNO OZADJE

Enačbe s katerimi je opisan tok podzemne vode bodo predstavljene in opisane v tem poglavju. Potrebno je pojasniti, da je predpostavljen anizotropen vodonosnik s koeficientom prepustnosti, ki ga označimo z K . Ker je koeficient prepustnosti definiran kot vektor \vec{K} , so njegove komponente razdeljene po oseh koordinatnega sistema, in sicer K_x , K_y in K_z . Koordinatni osi x in y ležita v horizontalni ravnini, koordinatna os z pa nakazuje vertikalno smer od Zemljinega središča. Na sliki **X** je prikazan majhen del vodonosnika v obliki kocke, katera ima središčno točko v x, y, z . Kot je na sliki **X** prikazano, so dolžine robov označene z δx , δy in δz .



Slika 8: Ponazoritev toka vode v in iz elementa tal

Hitrost podzemne vode se z krajem spreminja in je vektor, zato ima komponente v_x , v_y in v_z . Zaradi spreminjanja hitrosti toka po kraju je v_x pri $x - \delta x/2$ vedno različna od hitrosti v_x pri $x + \delta x/2$. Tako lahko zapišemo razliko hitrosti $\Delta v_x = \frac{\partial v_x}{\partial x} \delta x$. Element tal lahko pridobi ali izgubi $\Delta v_x \cdot \delta y \delta z$ vode na enoto časa zaradi spremembe hitrosti, prav tako velja za smer y in z .

Prostornino, ki jo zavzema voda označimo z V_v . Na podlagi zgoraj omenjenih enačb za spreminjanje hitrosti toka, lahko zapišemo spreminjanje prostornine vode z enačbo:

$$-\frac{\partial V_v}{\partial t} = \Delta v_x \cdot \delta y \delta z + \Delta v_y \cdot \delta x \delta z + \Delta v_z \cdot \delta x \delta y \quad (1)$$

Ker povečanje hitrosti toka pomeni zmanjšanje količine vode s časom smo v enačbo vključili negativen predznak. Brezdimenzijska vlažnost \mathcal{G} je razmerje med prostornino vode V_v in prostornino tal V_z v kateri se nahaja zajeta voda. Za obravnavani primer velja $V_z = \delta x \delta y \delta z$, kar vstavimo v enačbo (1). Na desni strani enačbe izpišemo spremembe hitrosti in izpostavimo, da dobimo enačbo (2):

$$\frac{\partial \mathcal{G}}{\partial t} \delta x \delta y \delta z = - \left(\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) \delta x \delta y \delta z \quad (2)$$

Iz zgornjega izraza je razvidno, da prostornina elementa zemljine odpade. Zapišemo še hitrosti po Darcy-jevem zakonu $\vec{v} = -\vec{K} \nabla \Phi$, da lahko izrazimo hitrosti toka po komponentah:

$$v_x = -K_x \frac{\partial \Phi}{\partial x}, v_y = -K_y \frac{\partial \Phi}{\partial y}, v_z = -K_z \frac{\partial \Phi}{\partial z} \quad (3)$$

Hidravlični potencial, se nahaja v števcu zgornjih enačb in ga označimo z Φ . »Hidravlični potencial je delo, katero je vloženo za počasen premik vode iz neke točke v sistemu do točke v kateri je potencial izmerjen.« Hidravlični potencial zapišemo $\Phi = H + z$, kadar ima koeficient prepustnosti K enoto hitrosti. »H je višina stolpca v meniskusu manometra, ki meri hidravlični tlak.« Formulo (3) nato vstavimo v formulo (2) ter okrajšamo, da dobimo naslednji izraz:

$$\frac{\partial \mathcal{G}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial \Phi}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial \Phi}{\partial z} \right) \quad (4)$$

V obravnavan primer vpeljemo specifično hrambo S_s [1/m], ki opisuje prostornino vode, ki se sprosti na enoto prostornine vodonosnika na enoto spremembe hidravličnega potenciala, in tako velja $\vartheta = S_s \Phi$, kar vključimo v formulo (4), da izpeljemo končno enačbo za hidravlični potencial:

$$S_s \frac{\partial \Phi}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial \Phi}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial \Phi}{\partial z} \right) \quad (5)$$

»Reševanje parcialne diferencialne enačbe (5) poteka z metodo končnih razlik.«

Takšen tip enačbe rešujemo za vodonosnike, ki se raztezajo v vse tri dimenzije, zato sta specifična hramba in koeficient prepustnosti \bar{K} odvisni od kraja. Z razdelitvijo vodonosnika na celice rešujemo krajevno odvisnost posameznih parametrov, prav tako je celicam potrebno pripisati vrednosti krajevno odvisnih koeficientov, sistemu pa podati začetne in robne pogoje. Z vsemi podanimi pogoji nam enačba (5) predstavlja matematičen opis toka podzemne vode v obravnavanem območju oziroma vodonosniku.

V osemdesetih letih so v ameriškem geološkem združenju (USGS) razvili program MODFLOW, ki rešuje enačbo (5), ki služi za modeliranje toka podtalne vode. Koda tega programa je bila vključena v mnogo programov za modeliranje toka delcev in izračun gladine podtalnice, eden izmed njih je tudi program ModelMuse.

4.2 SUTRA

V tem poglavju poročila bomo opisali matematično ozadje programskega paketa SUTRA s kateri obravnavamo nasičen – nenasičen tok podzemne vode.

Ali obravnavamo tok podzemne vode (podtalnice) v nasičenem ali nenasičenem delu tal je odvisno od tega ali so pore v tleh zapolnjene v celoti z vodo $S_w = 1$, kot je to na primer v nasičenem delu tal ali ne. V nenasičenem delu tal so pore v tleh zapolnjene tako z vodo kot tudi z plinom, največkrat govorimo o zraku v tleh $S_w < 1$. [5]

Nasičenost z vodo $S_w(x,y,[z],t)$ je definirano kot volumen vode na volumen praznine v tleh. [5]

Ko je $S_w < 1$ se voda prilepi na površino trdnih zrn v tleh pod vplivom površinske napetosti in tlaka tekočine kater je manjši od atmosferskega tlaka. Podtlak imenujemo kapilarni tlak p_c in velja naslednje: [5]

$$p_c = -p \quad \text{ko } p < 0$$

$$p_c = 0 \quad \text{ko } p \geq 0$$

Zveza med nasičenostjo vode v tleh in kapilarnim tlakom je določena z laboratorijskim eksperimentom in razen zraven kritičnega tlaka (tlaka kjer nastane mehurček v kapljevini) kaže, da ima funkcija eksponenten značaj. [5]

$$S_w = S_{wres} + (1 - S_{wres}) \times \left[\frac{1}{1 + (a \times p_c)^n} \right]^{\left(\frac{n-1}{1} \right)}$$

Kjer je S_{wres} spodnja meja nasičenja, pod katero nasičenja ne pričakujemo, a in n pa sta vrednosti parametrov, ki jih je potrebno izbrati v odvisnosti od materiala. [5]

Nasičen – nenasičen tok podzemne vode

Tok tekočine v porozni snovi lahko poganja razlika bodisi v tlaku tekočine, bodisi zaradi nestabilne razlike v gostoti tekočine. V primeru tlačnih gradientov so tokovi usmerjeni iz regije z višjim hidrostatičnim tlakom tekočine proti regijam z nižjim hidrostatičnim tlakom tekočine. Gostotni gradienti tokov se pojavijo v območjih kjer je prisotnost tekočine gosta ob delovanju gravitacijskih sil, ki povzročijo, da tekočina steče navzdol. [5]

Mehanizem tlak – gostoto za gonilne sile toka tekočine so izražene pri simulaciji s SUTR-a s splošno obliko Darcy-jevega zakona, ki se pogosto uporablja za opis toka v porozni snovi. Spodaj je navedena enačba za povprečno hitrost toka tekočine v poroznem mediju. [5]

$$\underline{v} = - \left(\frac{k \times k_r}{\varepsilon \times S_w \times \mu} \right) \times (\underline{\nabla} p - \rho g)$$

Definicija prepustnosti, ki jo označimo s k , se lahko uporabi v nenasičeni trdni coni, $S_w < 1$, omeniti pa moramo, da se pri nenasičenem toku pojavijo edinstvene lastnosti, katere definiramo posebej. Kadar je kapilarni pritisk tekočine, p_c , manjši od vhodnega kapilarnega pritiska, p_{cent} , je vmesno območje nasičeno $S_w = 1$. Ko je $p_c > p_{cent}$, potem zrak ali kateri drugi plin vstopi v cono in vmesni prostor je le delno napolnjen, $S_w < 1$. V tem primeru, zmožnost toka tekočine skozi cono zavisi od točk, kjer se sekajo posamezni kanali z tekočino, in pa tudi od površinske napetosti (ali meja med tekočino in plinom ali meja med tekočino in trdnino). Ko je nasičenost premajhna in se točke sekanja ne pojavljajo in ostanki tekočine stečejo v manjša vmesne praznine (zaradi površinske napetosti), se tok popolnoma zaustavi. Relativna prepustnost, k_r , se spreminja iz vrednosti nič ali blizu nič pri nasičenju z ostankom tekočine, S_{wres} , do vrednosti ena pri nasičenju $S_w = 1$. Enačba, ki definira relativno prepustnost je zapisana spodaj in je določena v odvisnosti od uporabljenega materiala $S_w(p_c)$. Relativna prepustnost je v programu SUTRA ocenjena kot neodvisna smer toka poroznega medija. [5]

SUTRA podaja relativno prepustnost v odvisnosti od nasičenja in pritiska. Enačba, ki jo opisuje [5]:

$$k_r = S_w^{*1/2} \times \left\{ 1 - \left[1 - S_w^{*\left(\frac{n}{n-1}\right)} \right]^{\left(\frac{n-1}{n}\right)} \right\}^2$$

Kjer je brezdimenzijska nasičenost, S_w^* , definirana z [5]:

$$S_w^* = \frac{S_w - S_{wres}}{1 - S_{wres}}$$

Tok v plinski fazi, ki zapolnjuje preostale vmesne praznine, je brez tekočih ostankov, ko velja $S_w < 1$, ki ne vpliva na prenos energije, katera je primarno odvisna od toka tekočine in drugih prenosnih procesov skozi tekočo in trdno fazo. Predvideva se tudi, da se razlike v tlakih znotraj plina ne vplivajo na tok tekočine. Ta predvidevanja držijo kadar je pritisk (plinski) relativno konstanten skozi vso trdno cono sistema. Če se pritisk (plinski) spreminja skozi sistem, rezultati pridobljeni s programom SUTRA niso točni. [5]

Pri tem je še potrebno omeniti, da se v program vnese hidravlična prevodnost. Zveza med hidravlično prevodnostjo in hidravlično prepustnostjo je podana z naslednjo enačbo [5]:

$$K = \frac{k \times \rho \times g}{\mu}$$

Masna bilanca toka

Masna bilanca toka tekočine je izražena kot vsota čiste vode in topljenca in je podana v spodnji enačbi [5]:

$$\frac{\partial(\varepsilon S_w \rho)}{\partial t} = -\underline{\nabla} \times (\varepsilon S_w \rho \underline{v}) + Q_p + \gamma$$

kjer je Q_p masni izvor tekočine (masa čiste vode plus masa raztopljenega topljenca) in γ , masa topljenca. [5]

Za spremljanje topljenca v raztopini (vodi) je potrebno zgornji enačbi dodati nekaj členov in enačbo razširiti [5]:

$$\frac{\partial(\varepsilon S_w \rho C)}{\partial t} = -f - \underline{\nabla} \times (\varepsilon S_w \rho \underline{v} C) + \underline{\nabla} \times \left[\varepsilon S_w \rho \left(D_m \underline{I} + \underline{D} \right) \times \underline{\nabla} C \right] + \varepsilon S_w \rho \Gamma_w + Q_p C^*$$

kjer časovni člen izraža vsoto vseh sprememb mase topljenca v prostornini s časom zaradi mehanizmov, ki jih opisuje desni del enačbe. Člen f predstavlja izgubo mase topljenca, ki ostane pritrjena na površini trdnih zrn (prsti) adsorbata. Sledi konvektivni člen, nato člen ki opisuje disperzijo, pri tem je D_m molekularna difuzija in D disperzijski tenzor. Γ_w predstavlja izvor mase topljenca, ki se producira s kemijsko reakcijo. Q_p je izvor sveže vode v sistemu in C^* koncentracija topljenca, ki je v izvoru sveže vode.



Vodonosnika Vrbanski plato in Apaško polje, orodja za trajnostno zagotavljanje vodnih virov

Model podtalnice Vrbanski plato

Sodelujoči študenti skupine: Ken Kolar, Matevž Vremec

Povzetek: Črpališče Vrbanski plato je najpomembnejši in najizdatnejši vir pitne vode v severovzhodnem delu Slovenije. Posebej pomemben je za mesto Maribor, saj zadosti skoraj tri četrtine vseh potreb po pitni vodi v Mariborskem vodovodnem sistemu. Delo skupine je obsegalo numerično modeliranje toka podtalne vode na Vrbanskem platoju z orodjem Modflow(Modelmuse), ter različne scenarije prenosa snovi v vodonosniku.



5 MATEMATIČNI MODEL VODONOSNIKA VRBANSKI PLATO

5.1 Uvod

Vodonosnik Vrbanski plato je kot glavno črpališče za občino Maribor nenadomestljiv vodni vir, ki ga je potrebno zaščititi pred možnim onesnaženjem z okolice. Na območju Vrbanskega platoa se izvajajo različni varnostni ukrepi za ohranitev čiste podtalnice. Od leta 1990 so se zgradile 3 faze aktivne zaščite vodonosnika Vrbanski plato.

1 faza umetnega bogatenja predstavljajo vodnjake Mariborskega otoka, nalivalne vodnjake v dolini Vinarskega potoka ter objekt za pripravo vode. 2 faza aktivne zaščite je namenjena predvsem povečanju zmogljivosti ter preprečevanje onesnaženosti s strani desnega brega reke Drave, ki je v preteklosti povzročalo onesnaženost z pesticidi. V tretji fazi je predvideno dodatno povečanje zmogljivosti za aktivno zaščito in umetno bogatenje tako z vodo obrežnega filtrata kot neposredno dravsko vodo.

Za izvedbo teh projektov pa je pomembna obširna raziskava toka podtalne vode, saj je od smeri in hitrosti toka odvisno širjenje onesnaženja. Za ponazoritev toka podtalne vode se tako uporablja modeliranje toka podtalne vode.

Modeliranje toka podtalne vode je orodje, ki se v vedno večji meri uporablja pri študijah sistemov podzemnih voda ter simulacij toka podzemne vode. Model podtalne vode je poenostavljena predstavitev delovanja realnega sistema podzemne vode na osnovi matematičnih enačb, rešenih z računalniškim programom.

Matematični model podzemne vode sva razvila s pomočjo prej opisanega programa MODFLOW na podlagi razpoložljivih podatkov, do katerih sva imeli dostop, ter primerjave obstoječih modelov tokov podzemne vode.

5.2 Območje modela

Območje modela zajema celotno območje Vrbanskega platoja od Limbuškega nabrežja na desnem bregu reke Drave do Meljskega jezua. Iz območja modela se edino izključuje del podzemne vode iz desnega brega reke Drave na območju Tabora, saj ne vpliva na rezultat in je na razpolago premalo podatkov. Zahodni del vodonosnika tako upošteva aktivno območje Limbuškega nabrežja, ki leži na desnem bregu reke Drave. Območje zahodno od reke Drave pa sva nato omejila na levi breg reke, kjer je reka Drava upoštevana kot južna meja vodonosnika. V samem območju vodonosnika se je še upošteval del nepropustne neaktivne podlage, kjer podtalnica ne teče.



Slika 9: Zemljevid območja, ki ga zajema model toka podzemne vode[15]



Slika 3: Uporaben rasterski zemljevid območja

5.3 Mreža modela

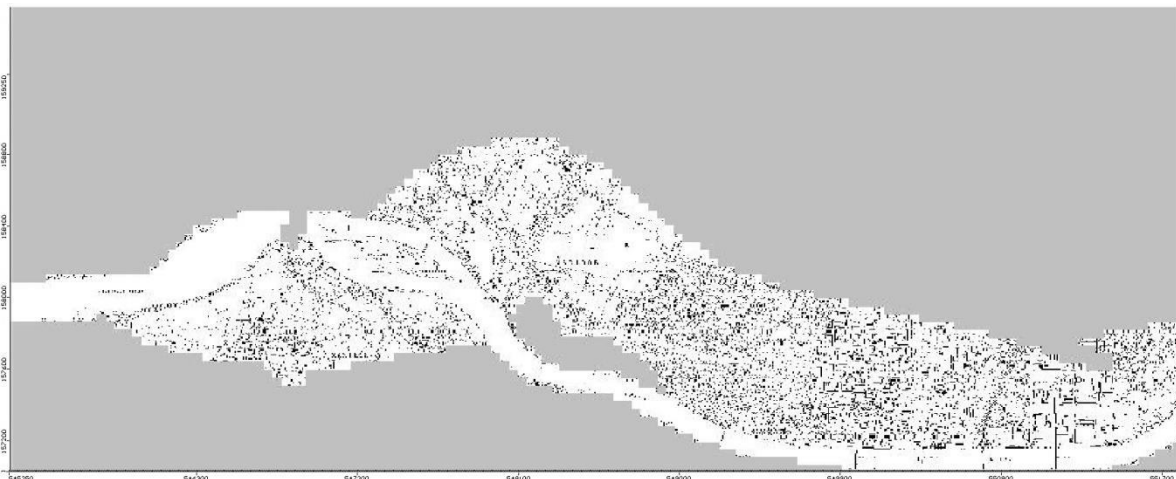
Območje modela je določeno z naslednjimi Gauß-Krügerjevimi koordinatami:

$$X1 = 545\ 000 \quad Y1 = 157\ 000$$

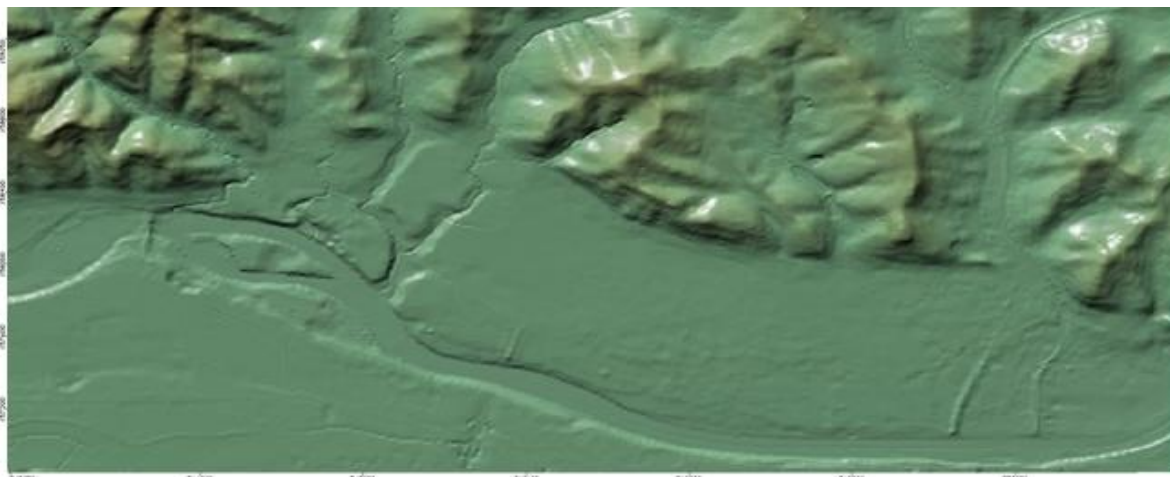
$$X2 = 551\ 750 \quad Y2 = 160\ 000$$

5.4 Npropustna podlaga

Podatke o višini neprepustne podlage sva dobili na osnovi meritev piezometrov, ki so jih naredili za kontrolo kakovosti podzemne vode. Slika 4 lepo prikazuje najnižji del vodonosnika, ki se razprostira iz Limbuškega nabrežja do Vrbanskega platoja nato pa obrne smer proti Lentu.



Slika 11: Območje modela (neaktivno območje označeno z sivo)

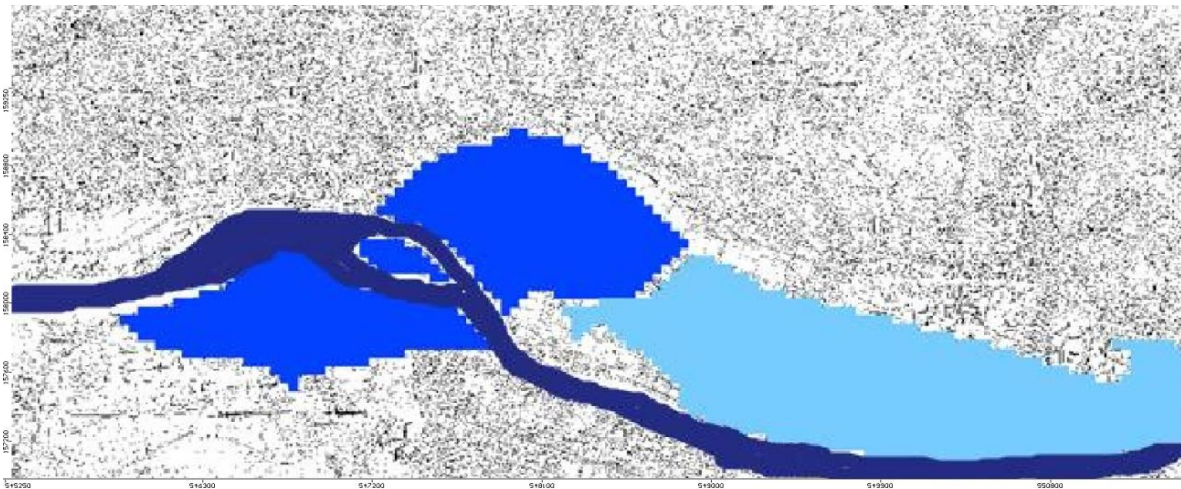


Slika 4: Aktivno območje (bela barva) in območje neaktivnih celic (siva barva)

5.5 Robni pogoji

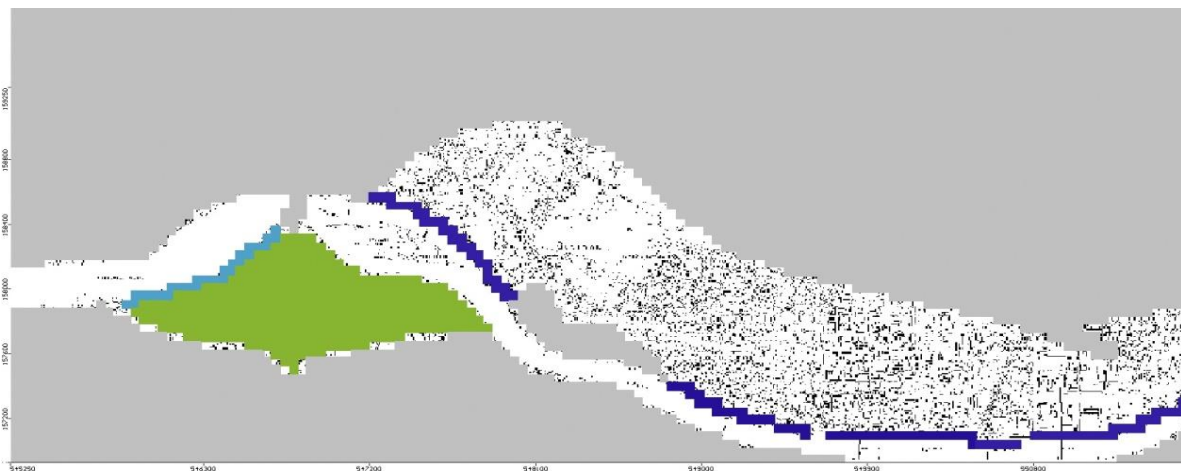
Kot robne pogoje sva upoštevala:

-napajanje s padavina, kjer sva vodonosnik razdelila na dve območji, in sicer urbano območje, kjer so letne padavine 110 mm/leto, ter na območje z zelenimi površinami kjer so letne padavine 250 mm/leto.



Slika 13: Območja napajanja podzemne vode s padavinami na urbanih območjih (svetlo modra), ter območja napajanja podzemne vode z zelenimi površinami (temno modra)

-koeficienti prepustnosti



Slika 14: Območje obarvano z belo barvo ima $K_x = 0.007 \text{ m/s}$; območje obarvano z zeleno barvo ima $K_x = 0.0035 \text{ m/s}$; območje obarvano z temno modro ima $K_x = 0.00025 \text{ m/s}$; območje obarvano z svetlo modro ima $K_x = 0.0025 \text{ m/s}$; Pri tem upoštevamo $K_y = K_x$; $K_z = K_x/10$

-črpališča

Na črpališču Vrbanski plato se lahko načrpa do 760 l/s pitne vode in pokriva do cca 70% potreb po pitni vodi vodovodnega sistema, ki ga upravlja Mariborski vodovod. Območje vodonosnika Vrbanskega platoja je zelo pomembno in zavarovano z *Uredbo o vodovarstvenem območju za vodno telo Ruš, Vrbanskega platoja, Limbuške dobrave in Dravskega polja (Ur. l. RS, št. 24/2007)*[3]. Na ta vodonosnik obdobja suš nimajo pretiranega vpliva in tako predstavlja stalen vir podzemne vode.



Slika 15: Upoštevani vodnjaki na črpališču Vrbanski plato

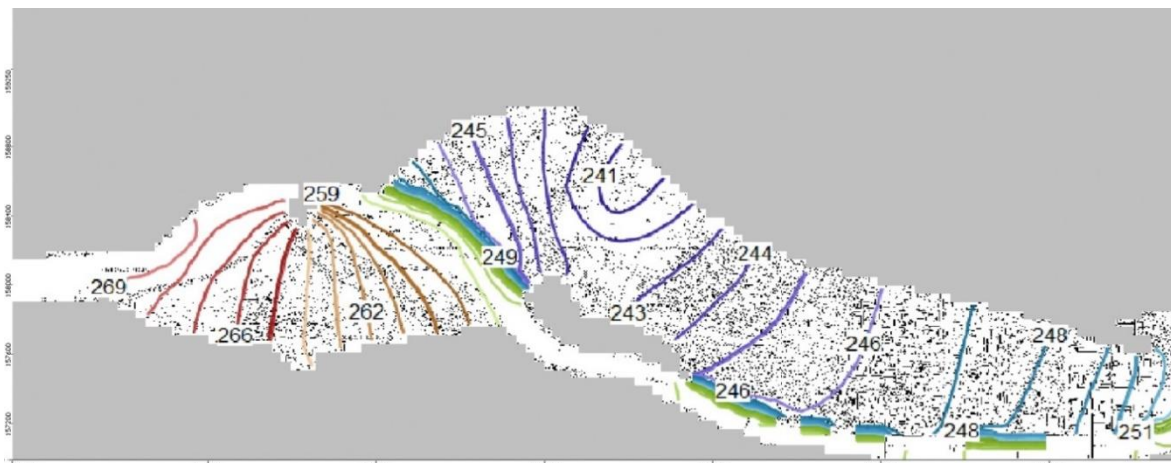
ID_VODNEGA VIRA RS	IME OBJEKTA	KATASTRSKA OBČINA	KOORDINATE OBJEKTOV					
			Y	X	Z			
90013	Nalivni vodnjak 1 - Vodarna	Kamnica	548 275	158 694	269.77	MT	244.77	dno
90014	Nalivni vodnjak 2 - Vodarna	Kamnica	548 249	158 642	269.33	MT	238.63	dno
90015	Nalivni vodnjak 3 - Vodarna	Kamnica	548 205	158 599	268.58	vhod	236.87	dno
90016	Nalivni vodnjak 4 - Vodarna	Kamnica	548 141	158 584	266.83	vhod	239.20	dno
1122	Vodnjak IX - Vrbanski plato	Koroška vrata	548 431	158 615	281.53	vhod	242.58	dno
1116	Vodnjak X - Vrbanski plato	Koroška vrata	548 400	158 517	280.89	vhod	240.28	dno
1123	Vodnjak XI - Vrbanski plato	Krčevina	548 478	158 710	283.82	vhod	238.98	dno
1117	Vodnjak XII - Vrbanski plato	Koroška vrata	548 420	158 563	280.94	vhod	238.46	dno
1124	Vodnjak XIII - Vrbanski plato	Krčevina	548 496	158 757	284.95	vhod	240.82	dno
1118	Vodnjak XIV - Vrbanski plato	Koroška vrata	548 385	158 470	280.52	vhod	240.63	dno
1119	Vodnjak XV - Vrbanski plato	Koroška vrata	548 426	158 480	280.17	vhod	239.13	dno
1120	Vodnjak XVI - Vrbanski plato	Koroška vrata	548 446	158 525	280.43	vhod	239.13	dno
1121	Vodnjak XVII - Vrbanski plato	Koroška vrata	548 466	158 571	280.91	vhod	239.87	dno
1125	Vodnjak XVIII - Vrbanski plato	Koroška vrata	548 485	158 624	281.49	vhod	237.53	dno
90001	Vodnjak XIX - Vrbanski plato	Krčevina	548 508	158 675	283.27	vhod	238.00	dno
90002	Vodnjak XX - Vrbanski plato	Koroška vrata	548 400	158 538	280.80		238.50	dno
90003	Vodnjak XXI - Vrbanski plato	Koroška vrata	548 382	158 496	280.50		238.80	dno
90004	Vodnjak XXII - Vrbanski plato	Koroška vrata	548 451	158 504	278.35		238.96	dno
90005	Vodnjak XXIII - Vrbanski plato	Koroška vrata	548 469	158 549	278.75		237.80	dno

Slika 16: Koordinate vodnjakov zajetih v modelu na Vrbanskem platoju

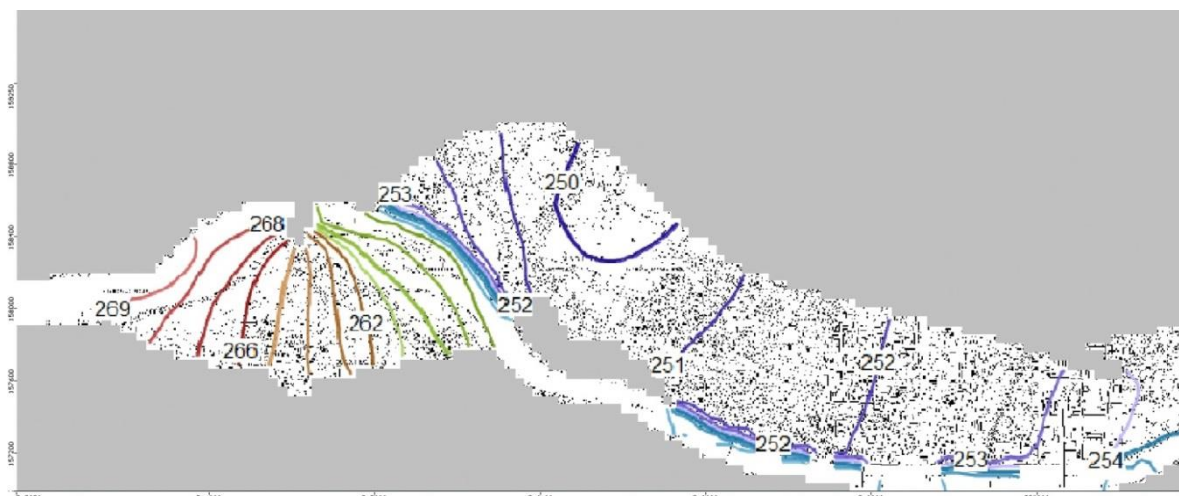
6 REZULTATI MODELA

Rezultati modela programa MODFLOW so prikazani s pomočjo izolinij višine podtalnice, ki je izračunana na podlagi vnešenih robnih pogojev. Rezultati so pokazali dve smeri toka podtalnice in sicer pritek iz Limbuške dobrove ter pritek s področja lenta.

Pri toku podtalnice iz zahodne smeri oziroma iz območja Limbuške dobrove opazimo konstantno padanje višine na področju Limbuške dobrove iz vzhodne strani proti zahodu do reke Drave. Pri pretoku pod Dravo pride do večjega padca podtalnice, kar se pozna na nasičenosti izolinij na področju levega brega Drave. Trend konstantnega padca višine podtalnice se nato nadaljuje vse do črpališča Vrbanski plato. Pritok s strani lenta ima konstanten padec, kar je povezano predvsem z konstantnim naklonom neprepustne podlage.



Slika 17: Rezultati modela z izolinijami višine podtalnice pri moči črpanja 700 L/s



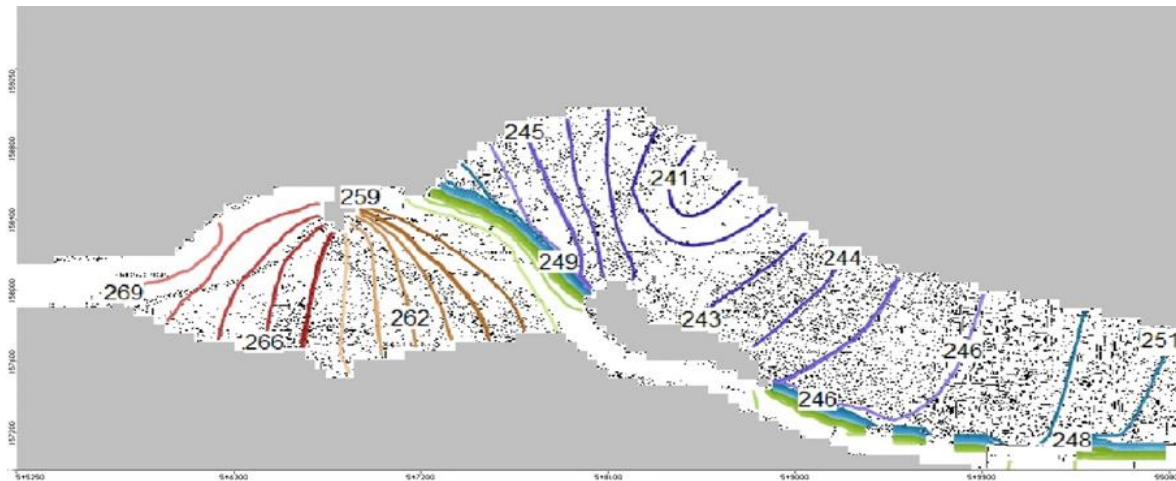
Slika 18: Rezultati modela z izolinijami višine podtalnice pri polovični moči črpanja 350 L/s

6.1 Primerjava rezultatov z obstoječimi rezultati raziskav:

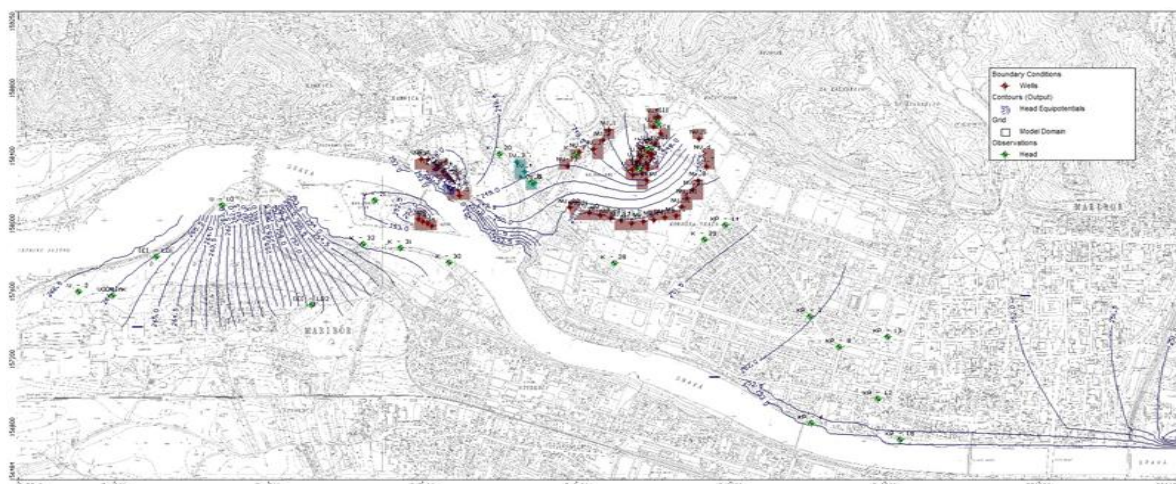
Rezultate, ki sva jih dobila sva nato primerjala z obstoječimi rezultati z *hidrogeološkega modela*[11] Vrbanskega platoja, ki je bil narejen leta 2009.

Primerjava rezultatov je pokazala podobnost višine podtalnice na celotnem območju modela, večje razlike v višini podtalnice se kažejo le na območju zahodnega dela Limbuške dobrove, kjer višina variira za 2 metra.

Primerjava je pokazala sorazmerno točnost modela, kjer so se razlike pojavile predvsem zaradi preprostosti modela, oziroma preprostosti uporabljenega programa, ki po točnosti zaostaja za uporabljenim programom v primerjalni študiji.



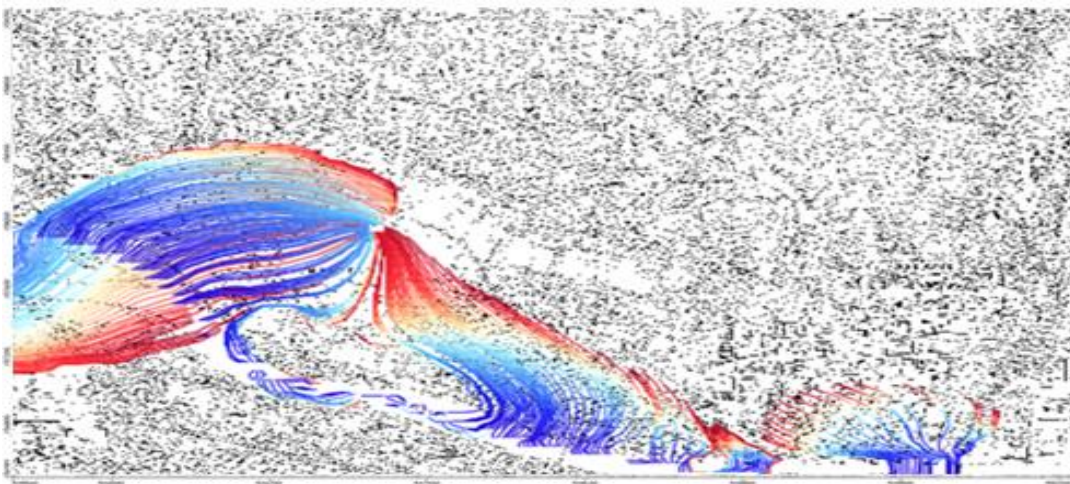
Slika 19: Rezultati modela za primerjavo pri moči črpanja 700 L/s



Slika 5: Rezultat za primerjavo, ki so ga po obsežni raziskavi in modeliranju dobili na podjetju IEI leta 2009

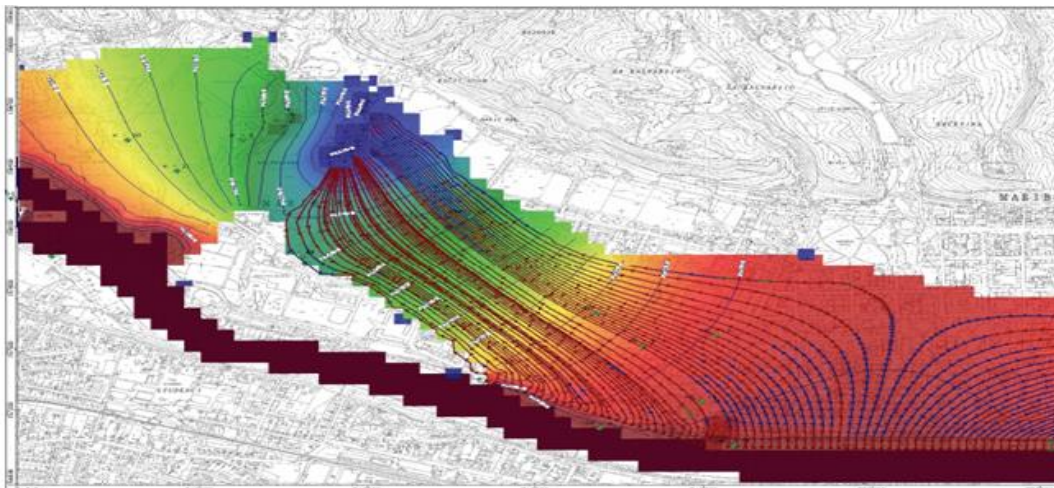
6.2 Modpath

Ena od funkcij računalniškega programa MODFLOW je Modpath, ki omogoča sledenju breztežnostih delcev. Funkcija poda sorazmerno zanesljivo pot delca od vira do ponora. V primeru našega modela je kot vir delcev uporabljena reka Drava, ki lahko vsebuje onesnaževala, emitirana v strugo višje po reki, kot ponor pa je uporabljeno črpališče Vrbanski plato. S programom si projektanti pomagajo pri določitvi vodovarstvenih območjih, saj program pokaže ali bo onesnaževalo pot nadaljevalo do črpališča, ter čas ko bo onesnaževalo doseglo črpališče.



Slika 21: Pot delcev na območju modela

Za primerjavo poti delcev sva uporabila model iz študije *Vpliv črpanja za zavarovanje gradbene jame mestne tržnice Maribor na črpališče Vrbanski plato*[10]. Zgoraj omenjena študija je predpostavila prenos delcev samo iz strani lenta, zato je prišlo do odstopanja rezultatov.



Slika 22: Pot delcev iz Vpliv črpanja za zavarovanje gradbene jame mestne tržnice Maribor na črpališče Vrbanski plato[10]



Vodonosnika Vrbanski plato in Apaško polje, orodja za trajnostno zagotavljanje vodnih virov

Model podtalnice Apaško polje

Sodelujoči študenti skupine: Dejan Gošnjak, Tadej Gorenšek

Povzetek: Črpališči Segovci in Podgrad na vodonosniku Apaškega polja predstavljata pomemben vir pitne vode za to območje. Ravnica Apaškega polja je pokrita s kmetijskimi površinami, zaradi česar prihaja do povečanja nitratov v načrpani pitni vodi. Zaradi ogroženosti tako pomembnega vira pitne vode so potrebne raziskave toka podzemne vode, od katerega je odvisna smer in hitrost morebitnega onesnaženja. Delo skupine je obsegalo numerično modeliranje toka podtalnice na območju Apaškega polja s programskim orodjem Modflow.



7 MODELIRANJE TOKA PODTALNICE NA APAŠKEM POLJU

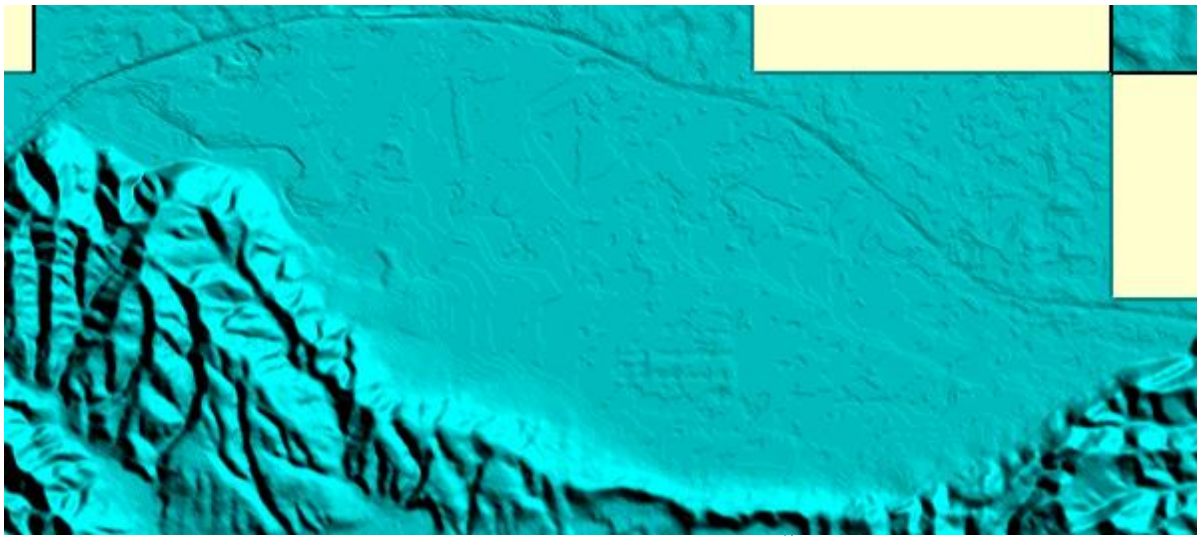
7.1 Uvod

Za uspešno modeliranje toka podtalnice na območju Apaškega polja je potrebno poznati osnovne značilnosti in podatke o omenjenem vodonosniku. Potrebno je vedeti, kaj na vodonosnik in tok podzemne vode v njem najbolj vpliva, saj le takšen način omogoča doseg željenih in pravih rezultatov. Zato bomo omenili nekaj osnovnih značilnosti Apaškega polja. Vodonosnik se nahaja med Konjiščem in Gornjo Radgono, kjer površje enakomerno pada v smeri s tokom reke Mure. Na severozahodnem robu polja je površje na 231 metrih nadmorske višine, ki položno pada proti vzhodnemu in jugovzhodnemu delu Apaškega polja. Po razdalji 12,5 km se pri Podgradu površje spusti na 208 m.n.v. Debelina prodnih zasipov se na celotnem območju giblje med 4,2 in 11,3 metrov. Med območji črpališč Segovci in Podgrad je prodni zasip debel med 6 in 7 metrov. Proti jugovzhodnemu delu pa se debelina zasipov spusti na 5 metrov. Neproputna podlaga se na severozahodnem območju polja nahaja na 225 m.n.v in položno pada proti Podgradu na 202 m.n.v. Globina do podzemne vode je le od 2,5 do 3,5 metrov, debelina vodonosnika pa se med območjema črpališč Podgrad in Segovci nahaja med 6 in 7 metrov, na robovih območja pa tudi od 4 do 12 metrov. Z dosedanjimi raziskavami na Apaškem polju imamo podatke za koeficient prepustnosti, ki vpliva na hitrost toka podzemne vode, niha med $8,3 \cdot 10^{-3}$ do $3,8 \cdot 10^{-3}$ m/s.

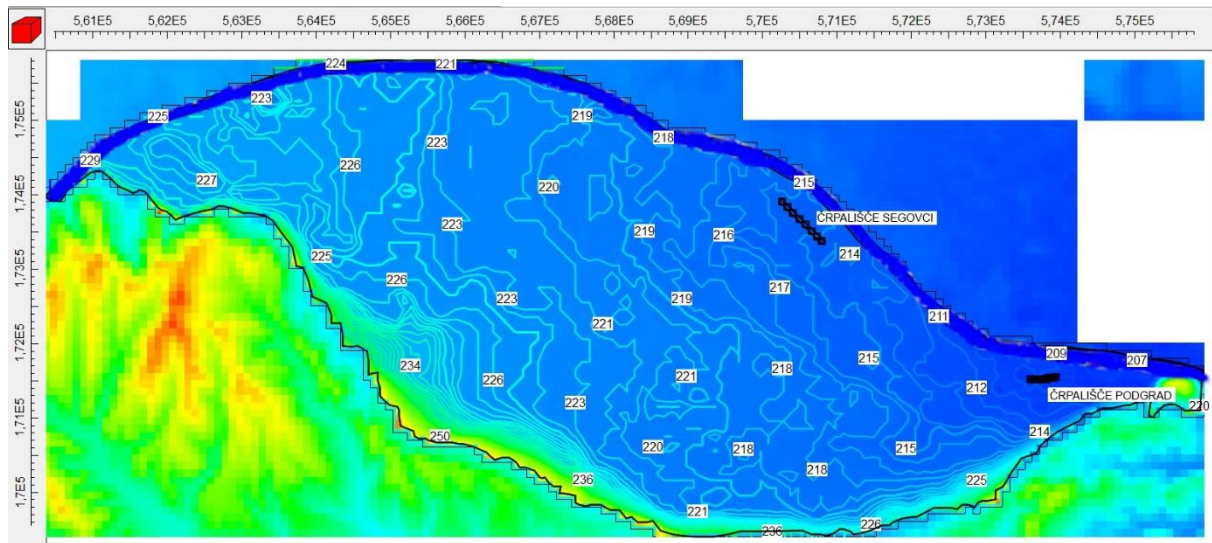
Z upoštevanjem zgoraj naštetih podatkov in značilnosti obravnavanega območja Apaškega polja, smo s programskim orodjem Modflow ustvarili numerični model toka podtalnice. Z njim smo dobili višine gladin podtalnice po celotnem območju Apaškega polja in tok podzemne vode, ki je ponazorjen z linijami (tokovnicami).

7.2 Digitalni model nadmorskih višin

S programskim orodjem Modflow smo vključili Autocadovo datoteko (.dxf), ki prikazuje območje vodonosnika, ki poteka od Konjišča pa vse do Gornje Radgone. Okoli Apaškega polja smo ustvarili območje modela, ki predstavlja meje modela in mrežo v kateri je definirano računsko območje. V le-tem, programsko orodje s podanimi podatki izračuna višine gladine podtalnice. Za prikaz višin površja na Apaškem polju smo v program vključili datoteko z satelitskim posnetkom višin območja (slika 23). Po uspešnem uvozu digitalnega posnetka smo ugotovili, da na avstrijskem delu, na posnetku ni bilo podatkov za določena območja. Zaradi tega je program podal absurdne vrednosti, ki so posledično vplivale na ostale podatke v območju modela, ki so pomembni za končen izračun. To smo odpravili tako, da smo nastavili spodnjo in zgornjo mejo višin do takšne mere, da ni spremenilo nobenih realnih vrednosti v območju vodonosnika. Površje vodonosnika, ki je pridobljeno iz podatkov digitalnih višin na območju vodonosnika, je prikazano na sliki 24.



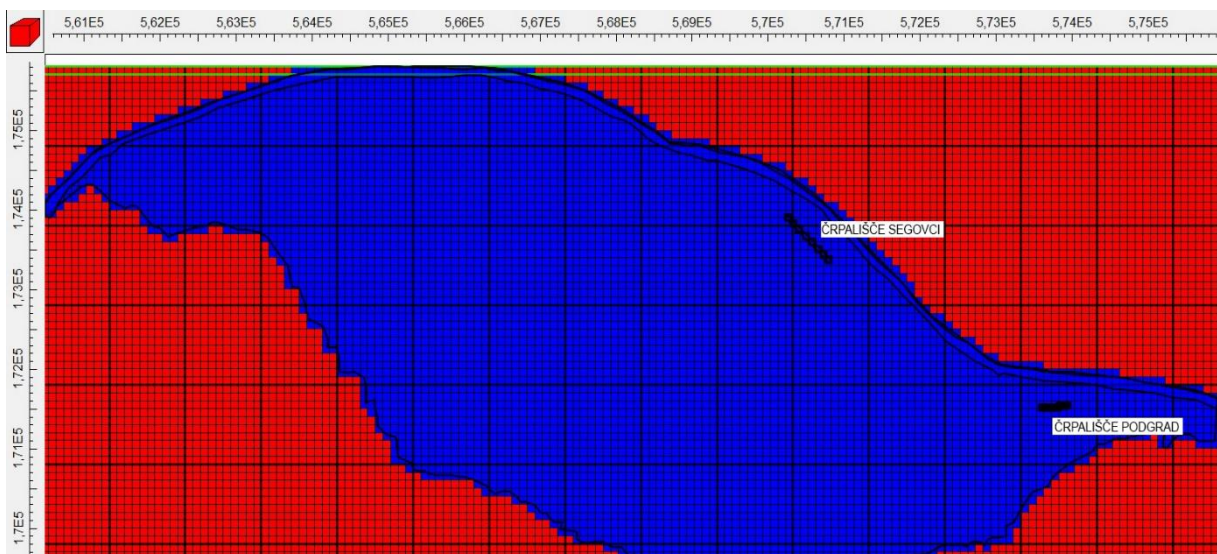
Slika 23: Digitalni model višin (vir: prof. Žiberna)



Slika 24: Površje vodonosnika, ustvarjenega iz podatkov posnetka digitalnih višin

7.3 Določanje aktivnosti celic na območju modela

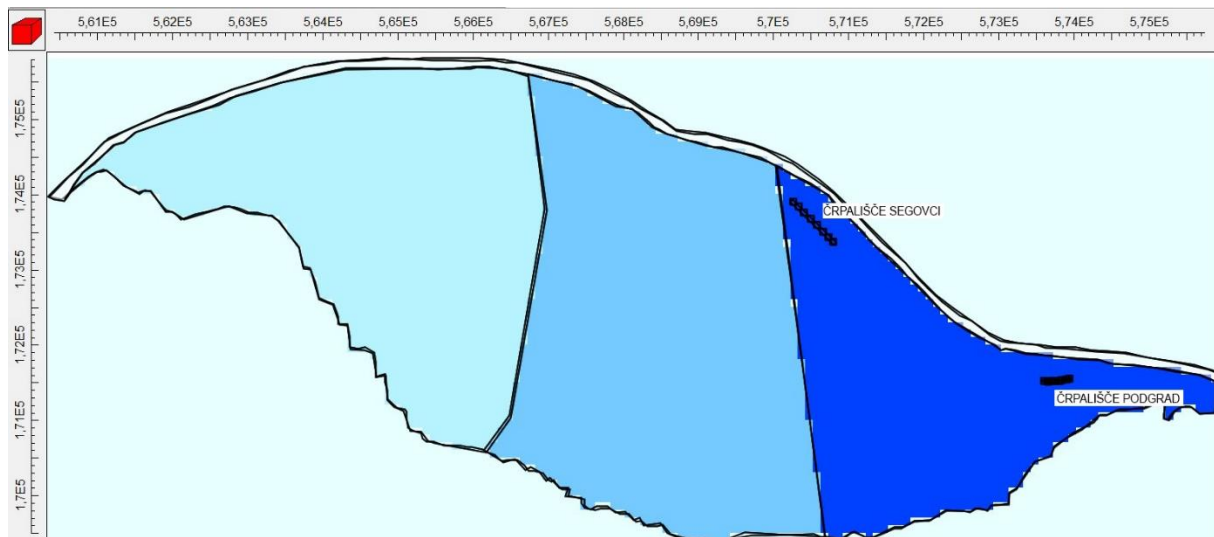
Na območju modela smo določili aktivnost celic, saj bo model preračunal višino podtalnice in podal rezultate samo na območju aktivnih celic. Neaktivne celice predstavljajo območje izven vodonosnika Apaškega polja, ki na severu predstavljajo avstrijski del, medtem ko na spodnji strani vodonosnika poteka nepropustna podlaga, s katero je omejen vodonosnik Apaško polje. Določitev aktivnih celic prikazuje slika 3, kjer so aktivne celice obarvane modro, neaktivne celice pa predstavlja rdeča barva. Reka Mura je v tem modelu na območju aktivnih celic, saj neposredno vpliva na višino in tok podzemne vode.



Slika 25: Aktivnost celic modela

7.4 Določanje koeficientov hidravlične prepustnosti

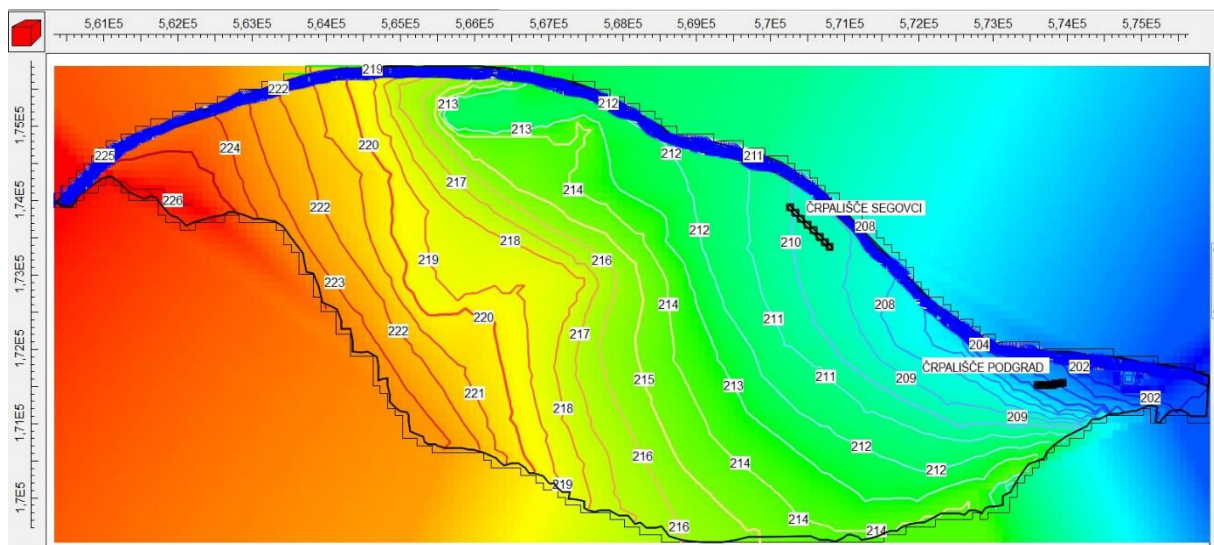
V območju modela smo nastavili koeficient hidravlične prepustnosti k_x tako, da smo celotno območje razdelili na tri dele in za vsak del posebej vstavili povprečno vrednost k_x . To prikazuje spodnja slika 4, kjer je s svetlo modro barvo prikazano območje koeficienta hidravlične prepustnosti z vrednostjo 0,0021, z modro barvo območje vrednosti k_x 0,0090 in s temno modro barvo območje vrednosti k_x 0,0209. Zgoraj omenjene vrednosti se ne ujemajo popolno z dejanskimi rezultati iz meritev na tem območju, temveč so deloma spremenjene zaradi umerjanja modela. Zaradi sprejetja določenih predpostavk, ki so posledica manjkajočih podatkov dobimo nenatančne rezultate, zaradi česar je umerjanje modela nujno potrebno. V našem primeru je to bil najlažji in najuspešnejši način s spreminjanjem koeficientov prepustnosti.



Slika 26: Območja različnih koeficientov prepustnosti

7.5 Določanje dna vodonosnika

Podjetje IEI nam je posredovalo podatke nadmorskih višin nepropustne podlage oziroma dna celotnega območja Apaškega polja. Ker nam programsko orodje ni omogočalo uvažanja datoteke z podatki o nadmorskih višinah dna, smo v model uvozili sliko z linijami, ki ponazarjajo nadmorske višine dna vodonosnika. Ker program Modflow omogoča risanje objektov, smo preko linij na sliki ustvarili množico točk, katere so med sabo povezane s črtami. Iz programa smo kopirali koordinate točk, ki so bile ustvarjene in jih uredili v beležnici, v katero smo pripisali višino dna vodonosnika za vsako posamezno točko. Po končanem urejanju smo podatke iz beležnice vstavili v model kot dno vodonosnika, kar je prikazano na sliki 27. Za vrednosti višin med linijami oziroma manjkajočimi podatki se je izvedla interpolacijska metoda, ki je podala približne nadmorske višine dna, ki so bile dovolj natančne dejanskim vrednostim.



Slika 27: Višine dna vodonosnika



7.6 Robni pogoji

Pod robne pogoje smo v model vstavili količino padavin, drenažno zajetje obeh črpališč in reko Muro.

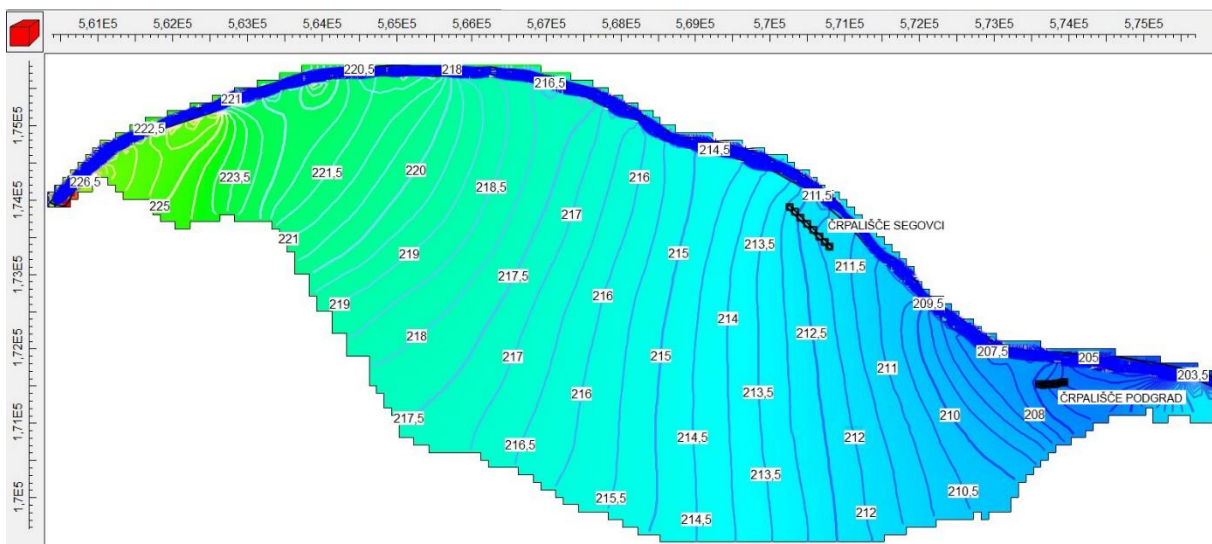
Vodonosnik Apaškega polja se v največji meri napaja iz padavin. Na spletni strani Arso smo za merilne postaje padavin, ki so najbližje Apaškemu polju, pogledali povprečno letno količino padavin, saj na tem območju ni nobene merilne postaje. Ugotovili smo, da na to območje letno pade približno 900 milimetrov padavin. V model smo te padavine vstavili s pomočjo paketa Recharge tako, da ta količina letno pade na celotno območje modela.

Iz vodonosnika se na dveh črpališčih črpa podzemna pitna voda. To sta črpališče Segovci s količino črpanja 65 litrov na sekundo vode in črpališče Podgrad, kjer se črpa 60 litrov vode na sekundo. Na obeh črpališčih gre za drenažno zajetje, katerega vpliv na model smo upoštevali tako, da smo na obeh območjih črpanja ustvarili po osem vodnjakov ter na njih razdelili količino črpanja. Te podatke smo vstavljali v model s pomočjo Well paketa.

Poleg padavin pa vodonosnik tudi napaja sama reka Mura. Njen vpliv na količino podzemne vode v vodonosniku smo upoštevali s pomočjo River paketa, kjer smo na območju reke nastavili višino gladine.

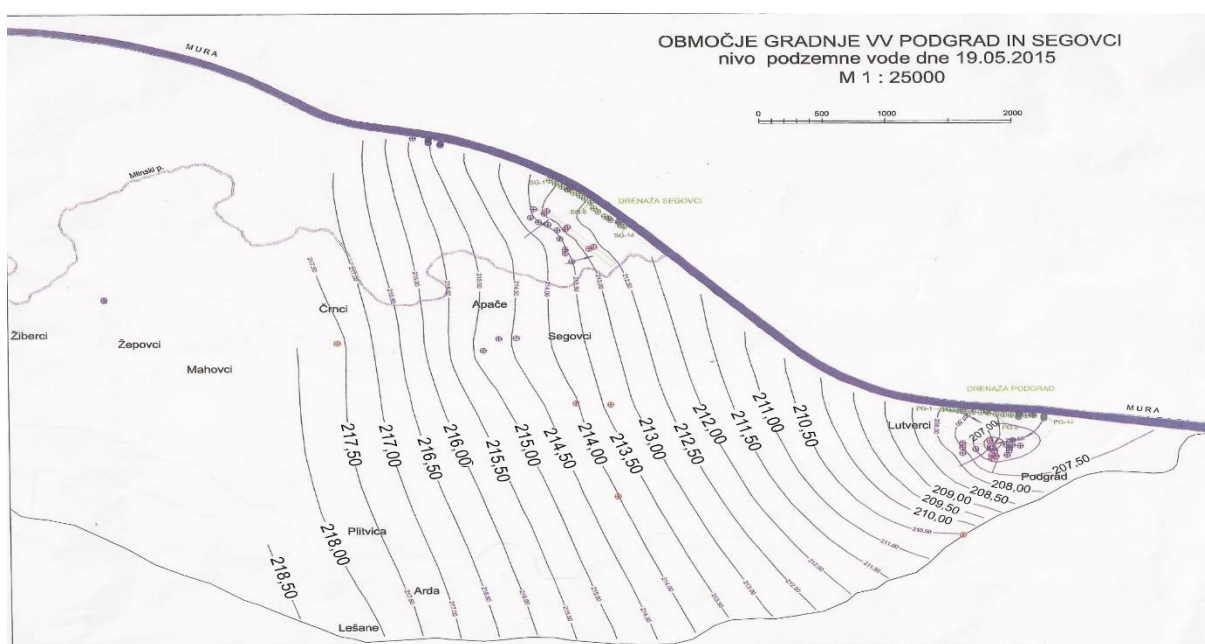
8 REZULTATI MODELA APAŠKEGA POLJA

Po uspešnem zagonu modela, smo v program uvozili datoteke z rezultati višin gladin podtalnice v metrih nadmorske višine na Apaškem polju. Po nekajkratnem umerjanju modela smo dobili pravilne rezultate po celotnem območju modela, kar je razvidno iz slike 6. Višine gladin podtalne vode so označene s posameznimi linijami, kot tudi z barvno lestvico. Zelena barva predstavlja najvišje gladine podzemne vode Apaškega polja, kar je razvidno v severo zahodnem delu vodonosnika. Višina podtalnice pada proti črpališču Segovci na 212,5 m.n.v, kar je ponazorjeno s svetlo modro barvo. S temnejšo modro barvo je označena višina podzemne vode pri črpališču Podgrad, ki znaša okoli 207 m.n.v. S pridobljenimi rezultati lahko potrdimo, da se debelina vodonosnika giblje med 6 in 7 metri, ter da je globina od površja do podzemne vode približno 3 metre.



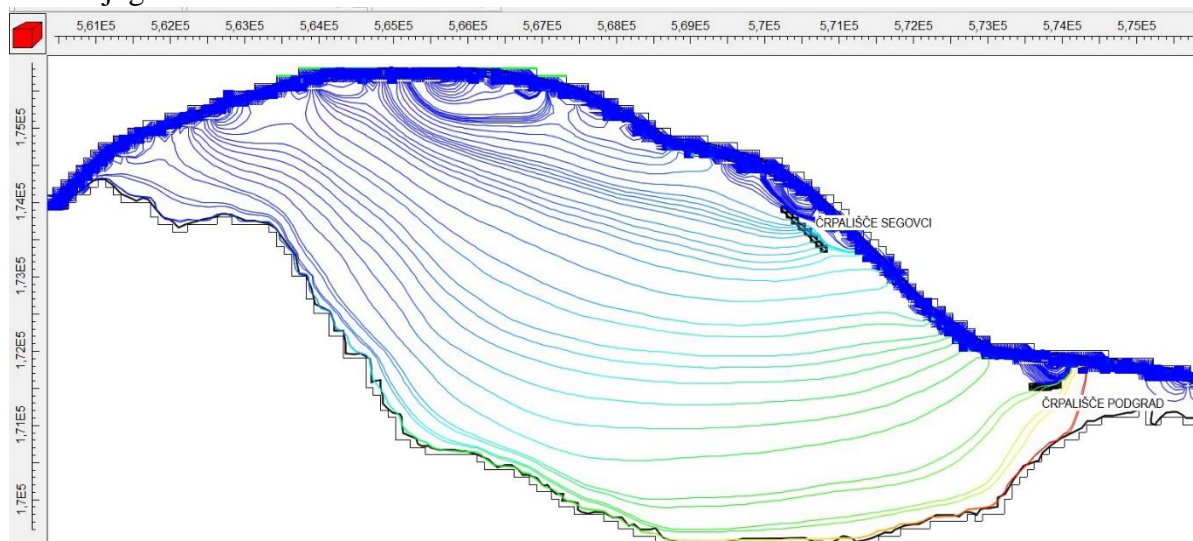
Slika 28: Višine gladine podtalnice

Na skoraj celotnem območju vzhodnega dela vodonosnika, kjer se nahajta črpališči Segovci in Podgrad, so rezultati primerljivi z nivoji podzemne vode, ki so bili izmerjeni dne 19. 05. 2015. Rezultati takratnih meritev so prikazani na sliki 7. Rezultati meritev so bili pridobljeni le za vzhodni del vodonosnika, zato je mogoča primerjava z našim modelom le za to območje. Za boljšo vidljivost so bili rezultati višin obdelani z urejevalnikom slik.



Slika 29: Rezultati višin podtalnice podjetja geo-vrtina

S pomočjo programskega orodja MODPATH smo prikazali tok podzemne vode na Apaškem polju. Iz dobljenih rezultatov je razvidno, da poteka tok podzemne vode v smeri zahod - vzhod oziroma v smeri jugozahod – severovzhod. Med reko Muro in drenažnima črpališčema Segovci in Podgrad, se zaradi črpanja podzemne vode, smer le-te giblje v smeri sever - jug.



Slika 30: Ponazoritev toka podtalnice s tokovnicami



Vodonosnika Vrbanski plato in Apaško polje, orodja za trajnostno zagotavljanje vodnih virov

Model nezasičene sredine Vrbanski plato

Sodelujoči študenti skupine: Miha Orešnik, Katja Kuzmiž, Tjaša Zdolšek

Povzetek: Črpališče Vrbanski plato je eden izmed pomembnejših virov pitne vode v širšem območju Maribora. Nahaja se v severozahodnem delu mesta. Gre za območje, kjer kmetijske dejavnosti ni v izobilju. Vseeno pa se v bližini nahaja Biotehniška šola Maribor, ki izvaja določene aktivnosti na področju kmetijstva (tudi vnos nitratov v zemljo). Delo skupine je obsegalo numerično modeliranje toka padavinskih voda in nitratov skozi nezasičeno sredino na Vrbanskem platuju z orodjem Modelmuse – SUTRA, ki v osnovi temelji na računalniškem orodju Modflow. Preučiti je bilo potrebno tudi več možnih scenarijev onesnaženja.

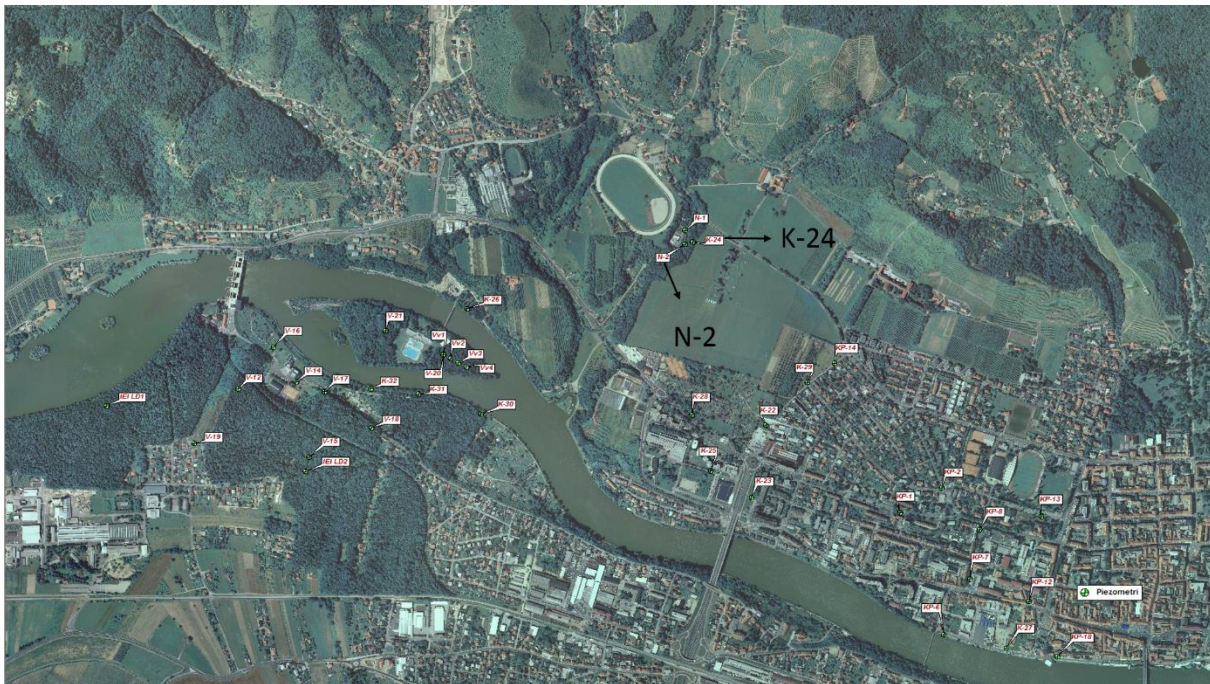
9 MATEMATIČNI MODEL TOKA PADAVINSKIH VODA IN NITRATOV NA VRBANSKEM PLATOJU.

9.1 Območje modela

Ker padavinske vode in morebitno onesnaževalo praviloma v tem delu zemlje – nezasičeni sredini vodonosnika tečeta navpično navzdol, smo obravnavali le navpično kolono. Kolona je širine 1 m in se razteza od vrha prsti do samega vodnega telesa (podzemne vode).

Ker na tak način obravnavamo le točko na celotnem Vrbanskem platoju, smo naredili računalniški model za dve črpališči na območju, in sicer črpališče N-2 in K-24. Računalniški model se je naredil na osnovi geoloških meritev in sicer za vrtini:

- VRTINA N-2
 - o kraj vrtine: Maribor
 - o nadmorska višina: 270 m
 - o globina vrtine: 19 m
- VRTINA K-24
 - o kraj vrtine: Maribor
 - o nadmorska višina: 282 m
 - o globina vrtine: 31 m



Slika 31: Lokacija obravnavanih vrtin N-2 in K-24 (vir: Željko Blažeka, Irena Kopač. Črpališče vrbanski plato, II.faza aktivne zaščite, Hidrogeološki model vrbanski plato. IEI d.o.o..2009)

9.2 Robni pogoji

Pri izdelavi računalniškega modela smo definirali dva robna pogoja. Za izdelavo računalniškega modela je potrebno definirati mejo med nasičenim in nezasičenim delom podzemne vode. Nasičen del Zemlje predstavlja podzemno vodo, nezasičen del Zemlje pa predstavlja prst v kateri pore zasedata tako zrak kot tudi voda.

Drugi robni pogoj, pa se definira na vrhu računalniškega modela. Potrebno je definirati količino padavin. Le te močno vplivajo na hitrost potovanja onesnaževala proti vodnemu telesu. Pri tem smo predpostavili dva možna scenarija:

Scenarij: maksimalne padavine na območju vremenske postaje v Mariboru – Tabor za obdobje od leta 1961 do 2014.

Scenarij: povprečne padavine na območju vremenske postaje v Mariboru – Tabor za obdobje od leta 1961 do 2014.

Ker se drug robni pogoj predpiše kot izvor, se je upoštevalo, da se onesnaževalo v našem primeru nitrati vnašajo v sistem skupaj s dežjem. Predpostavili smo, da prve padavine sperejo nitrato v zemljo, medtem ko vse naslednje padavine delujejo kot gonilna sila, katera pospeši pronicanje nitratov v globino. Pri tem pa smo k možnima scenarijema dodali še količino nitratov:

Scenarij: maksimalne padavine na območji vremenske postaje v Mariboru – Tabor, plus količina gnojila (dušika), ki je priporočena za gnojenje koruze in znaša $0,015 \text{ kg/m}^2$. [3]

Scenarij: maksimalne padavine na območji vremenske postaje v Mariboru – Tabor, plus količina gnojila (dušika), ki je priporočena za gnojenje trav in znaša $0,007 \text{ kg/m}^2$. [3]

Scenarij: povprečne padavine na območji vremenske postaje v Mariboru – Tabor, plus količina gnojila (dušika), ki jo predpisuje uredba o vodovarstvenem območju za gnojenje koruze in znaša $0,008 \text{ kg/m}^2$. [3]

Scenarij: povprečne padavine na območji vremenske postaje v Mariboru – Tabor, plus količina gnojila (dušika), ki jo predpisuje uredba o vodovarstvenem območju za gnojenje trav in znaša $0,005 \text{ kg/m}^2$. [3]



Tako smo skušali zajeti najslabši možen scenarij in scenarij, ki upošteva količino gnojila (dušika) predpisanega iz uredbe o vodovarstvenem območju. Scenarije iz obeh sklopov smo pomešali med sabo. Končne scenarije si lahko ogledate pri rezultatih.

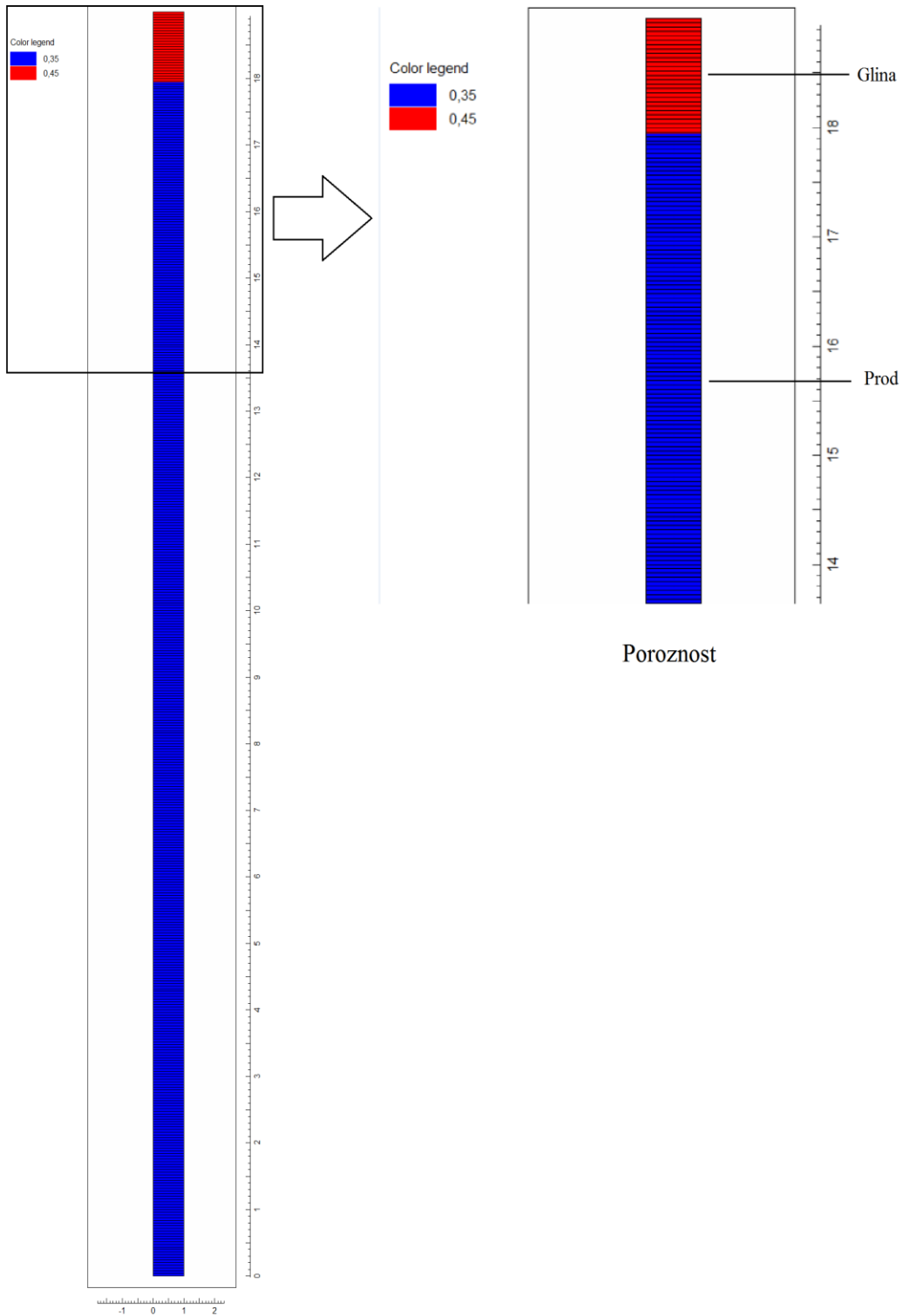
9.3 Parametri

Za izdelavo naših računalniških modelov, smo morali vnesti nekaj parametrov:

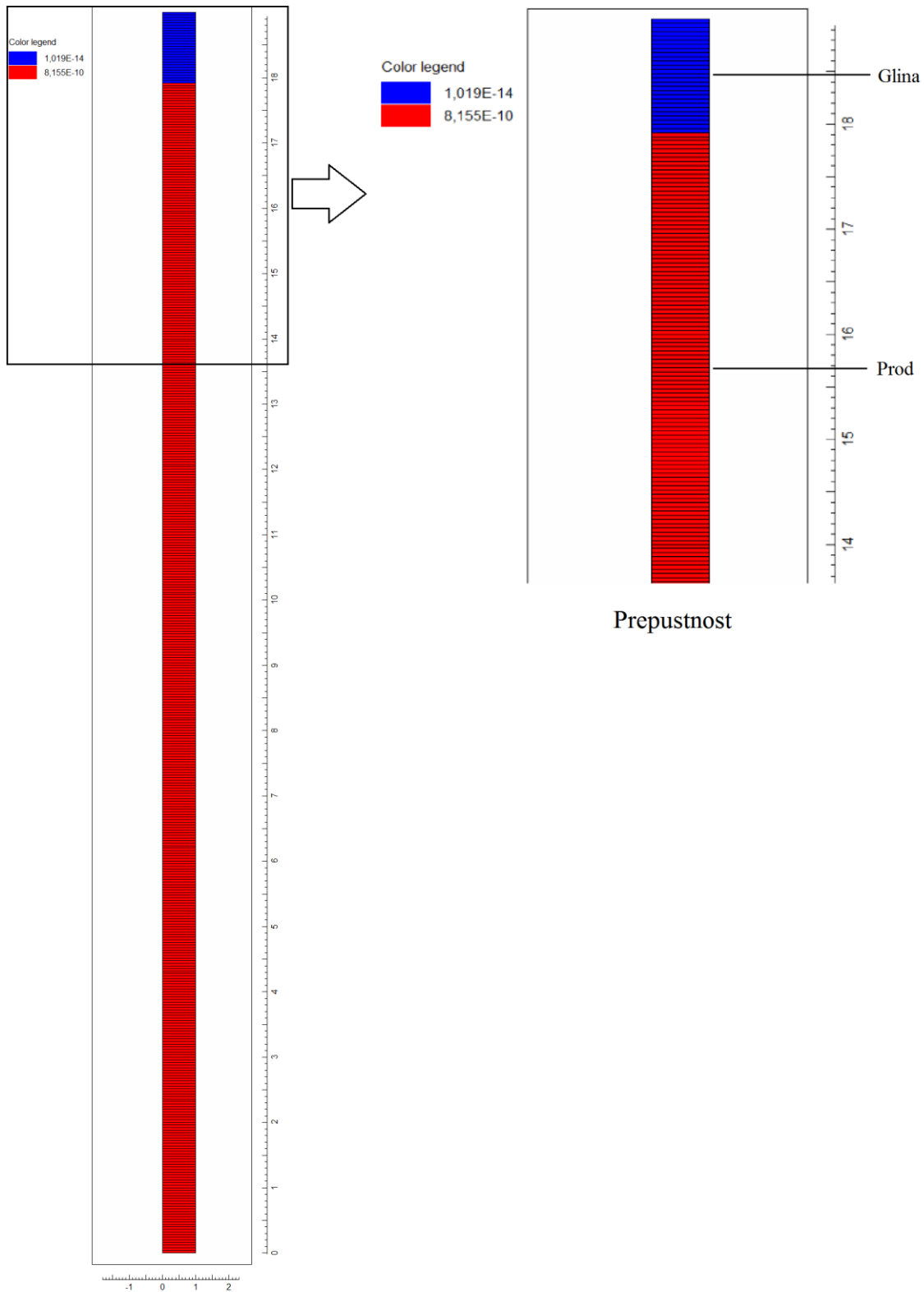
- prevodnosti prsti,
- poroznost prsti in
- longitudinalno disperzivnost

Pri izdelavi računalniškega modela, smo morali geološko strukturo tal poenostaviti. Tako smo poroznost in prevodnosti upoštevali le v grobem in ne za vsako plast posebej. Profili poroznosti in prevodnosti naših modelov so predstavljeni na spodnjih slikah. Longitudinalno disperzivnost, smo upoštevali enako, kot jo je uporabil avtor datoteke SUTRA_2_2.pdf. [5] in sicer 0,01.

Parametri N-2

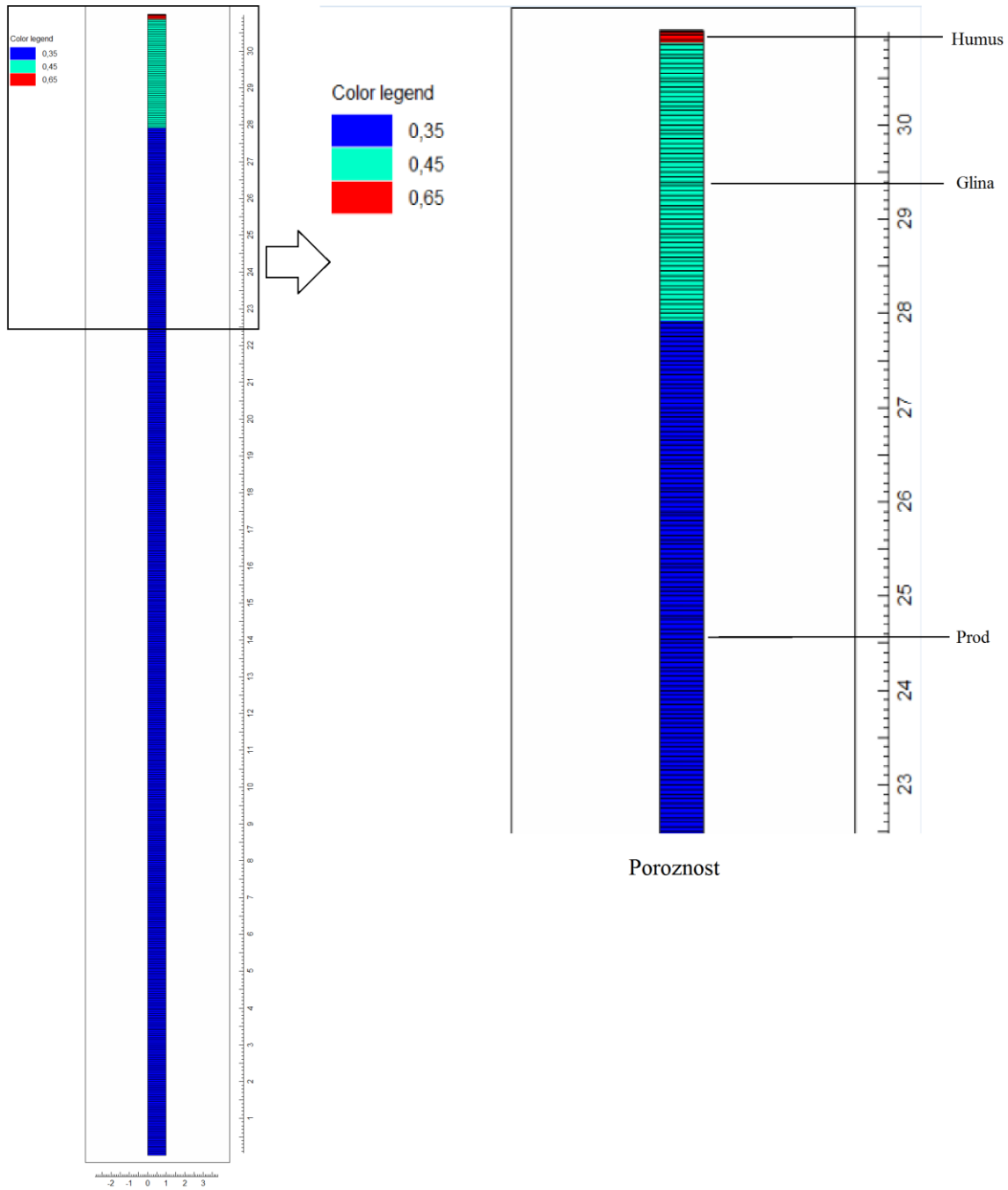


Slika 32: Prikaz poroznosti za vrtnino N-2

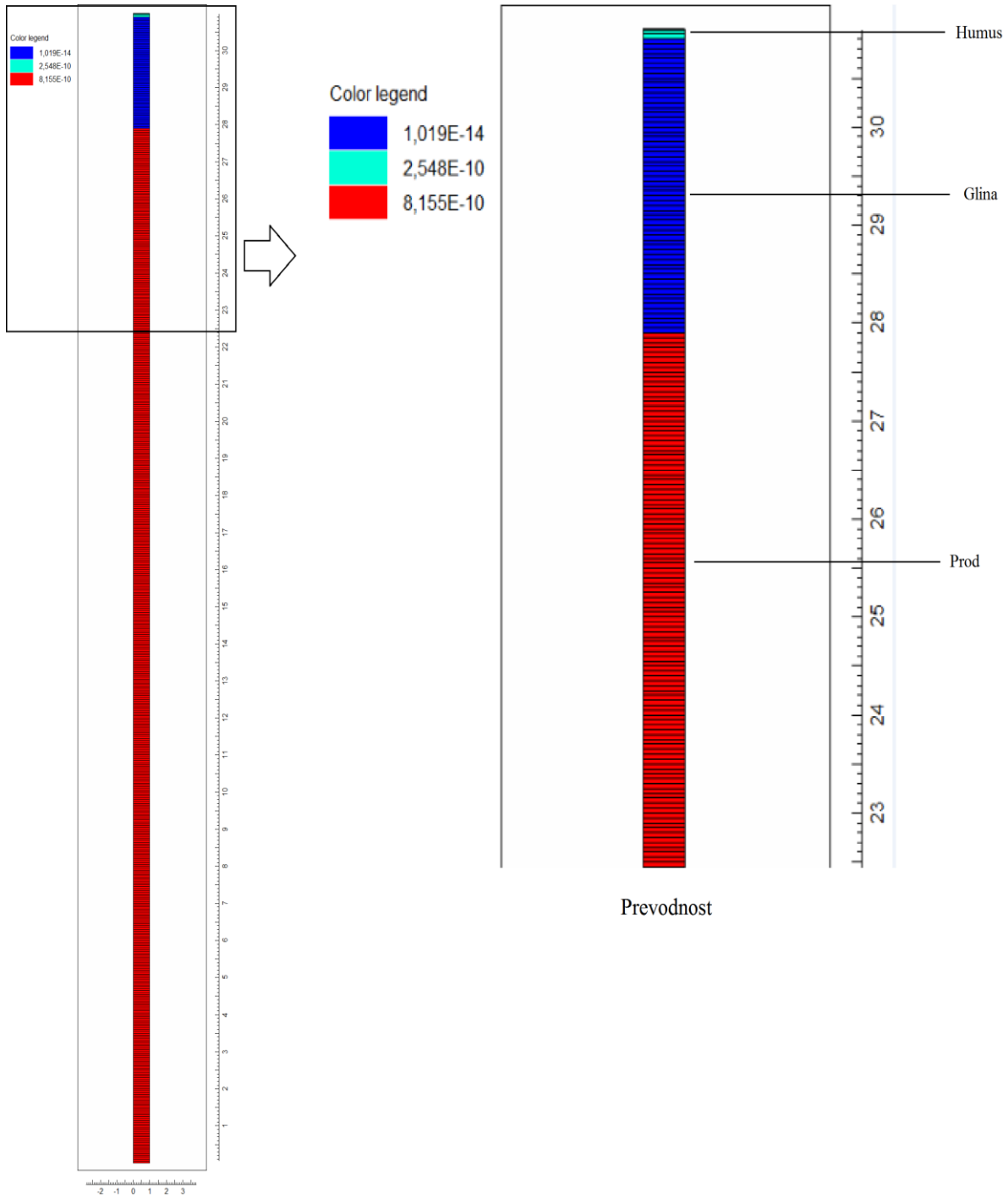


Slika 33: Prikaz prevodnosti za vrtnino N-2

Parametri K-24



Slika 34: Prikaz poroznosti za vrtnino K-24



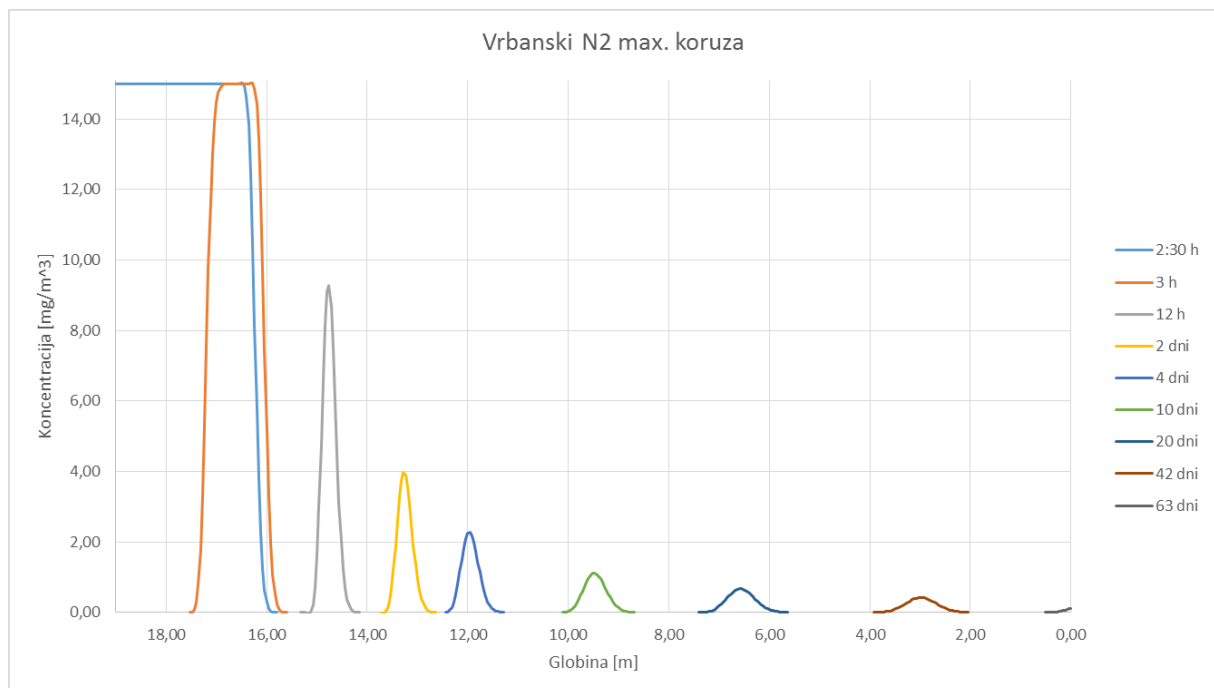
Slika 35: Prikaz prevodnosti za vrtnino K-24

9.4 Rezultati

Rezultate iz programa ModelMuse – SUTRA lahko prikažemo kot animacijo, kot posamezno sliko v določenem časovnem koraku, ali izvozimo rezultate po časovnih korakih v datoteki Excel. Od spodaj so prikazani in komentirani rezultati za vrtini na Vrbanškem platoju v Mariboru.

9.4.1 Vrtina N-2 Vrbanški plato – scenarij 1

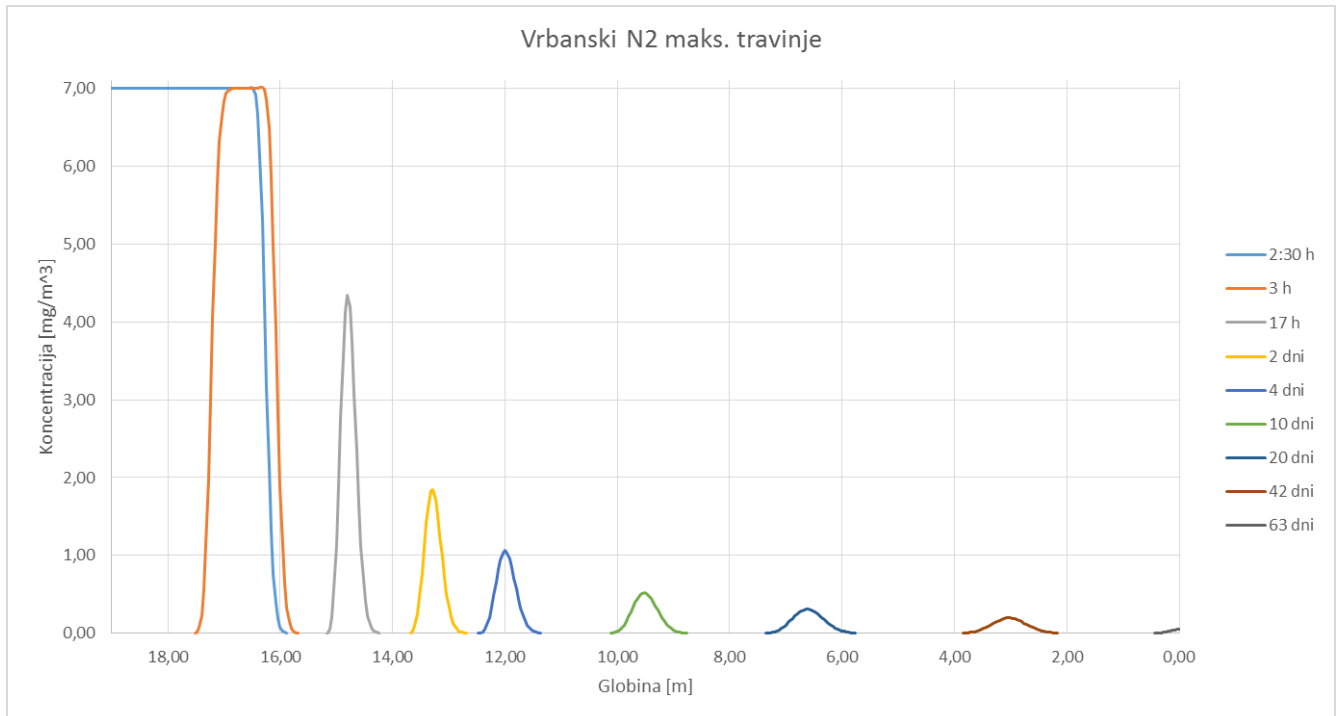
Na spodnjem grafu so prikazani rezultati za prvi scenarij (maksimalna količina padavin in maksimalna količina gnojenja). Koncentracija dušika, ki se dovaja v sistem znaša 15,00 mg/m³. Koncentracijski vrh, ki doseže vodonosnik, znaša 0,12 mg/m³, kar se zgodi približno po 63 dneh.



Slika 36: Prvi scenarij za vrtino N-2

9.4.2 Vrtina N-2 Vrbanski plato – scenarij 2

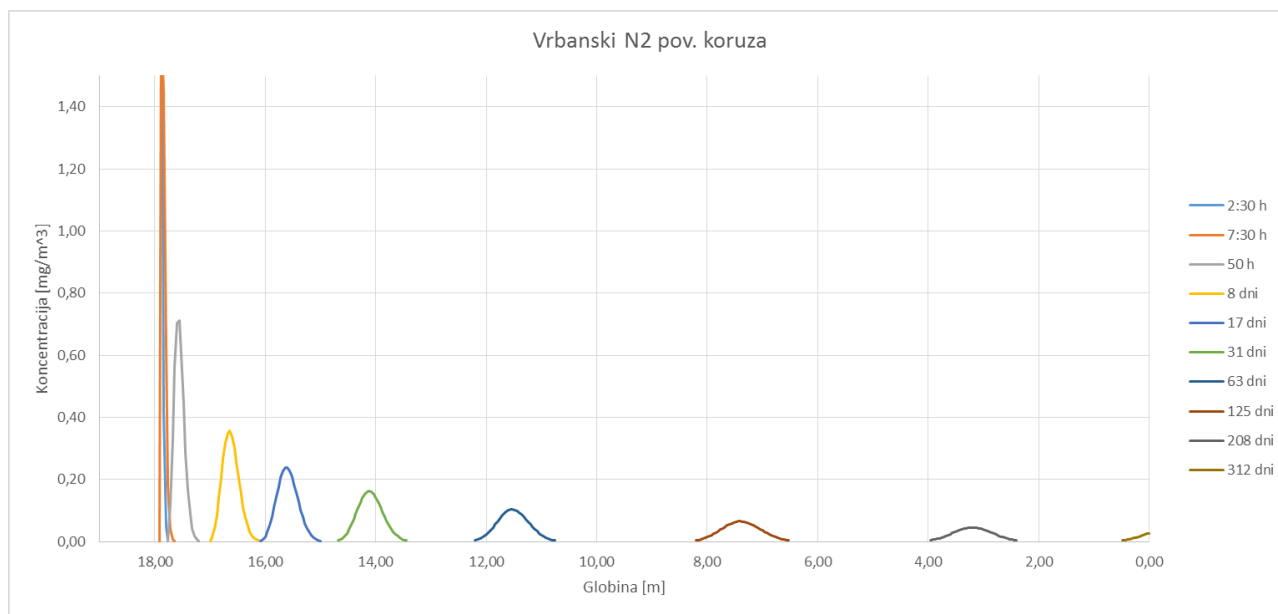
Na spodnji sliki je prikazan graf za drugi scenarij (maksimalna količina padavin in priporočena vrednost nitriranja). V sistem prihaja 7,00 mg/m³ nitrata. Vrh koncentracije nitrata se doseže približno po 63 dneh, koncentracija pa znaša 0,06 mg/m³.



Slika 37: Drugi scenarij za vrtino N-2

9.4.3 Vrtina N-2 Vrbanski plato – scenarij 3

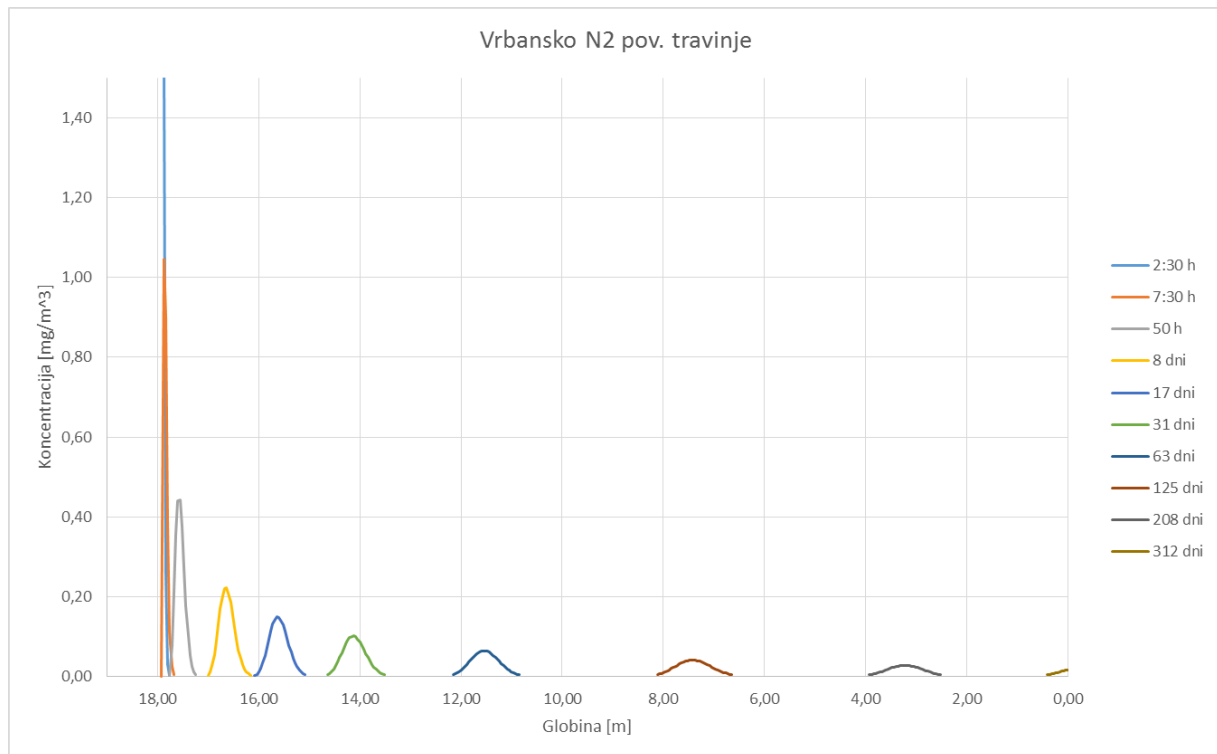
Na spodnji sliki so grafično prikazani rezultati za tretji scenarij (povprečna količina padavin in upoštevanje vodovarstvene uredbe za nitriranje koruze). Koncentracija vnosa dušika v sistem je $8,00 \text{ mg/m}^3$. Vrh koncentracije onesnaževala pride do podtalnice, ki se nahaja na globini 19 m, v približno 312 dneh in znaša $0,03 \text{ mg/m}^3$.



Slika 38: Tretji scenarij za vrtino N-2

9.4.4 Vrtina N-2 Vrbanski plato – scenarij 4

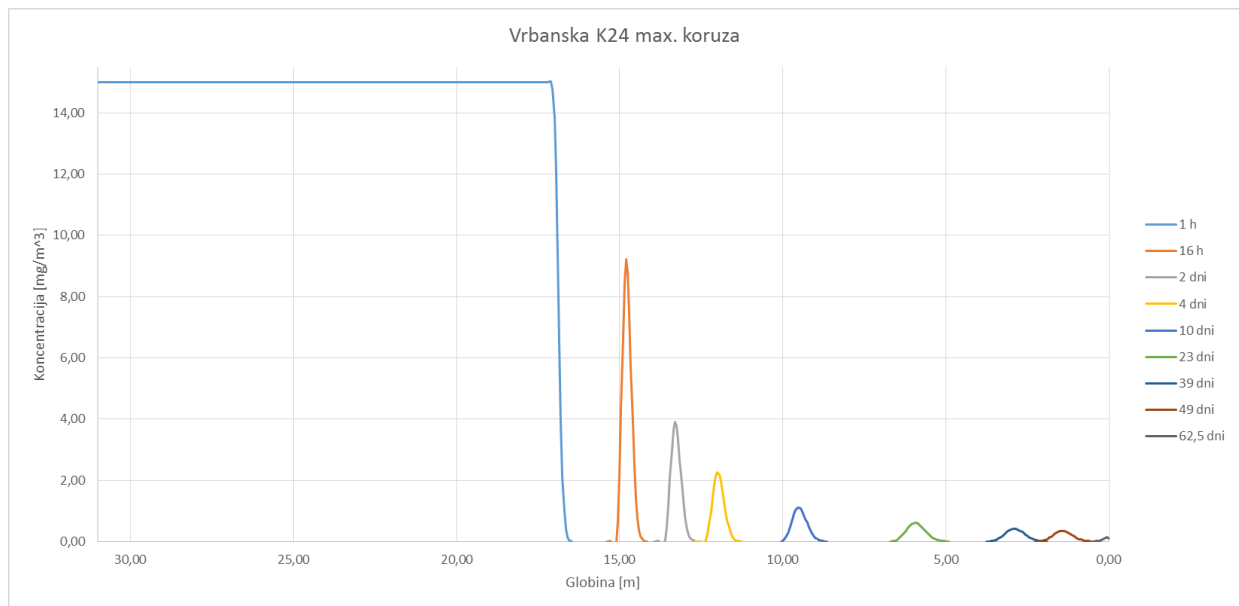
Na spodnji sliki so prikazani rezultati četrtega scenarija (povprečna količina padavin in upoštevanje vodovarstvene uredbe za nitriranje travinja). Vnos onesnaževala v sistem znaša $5,00 \text{ mg/m}^3$. Vrh koncentracije onesnaževala pride do podtalnice približno po 312 dneh, vrednost koncentracije pa znaša $0,02 \text{ mg/m}^3$.



Slika 39: Četrty scenarij za vrtino N-2

9.4.5 Vrtina K-24 Vrbanski plato – scenarij 1

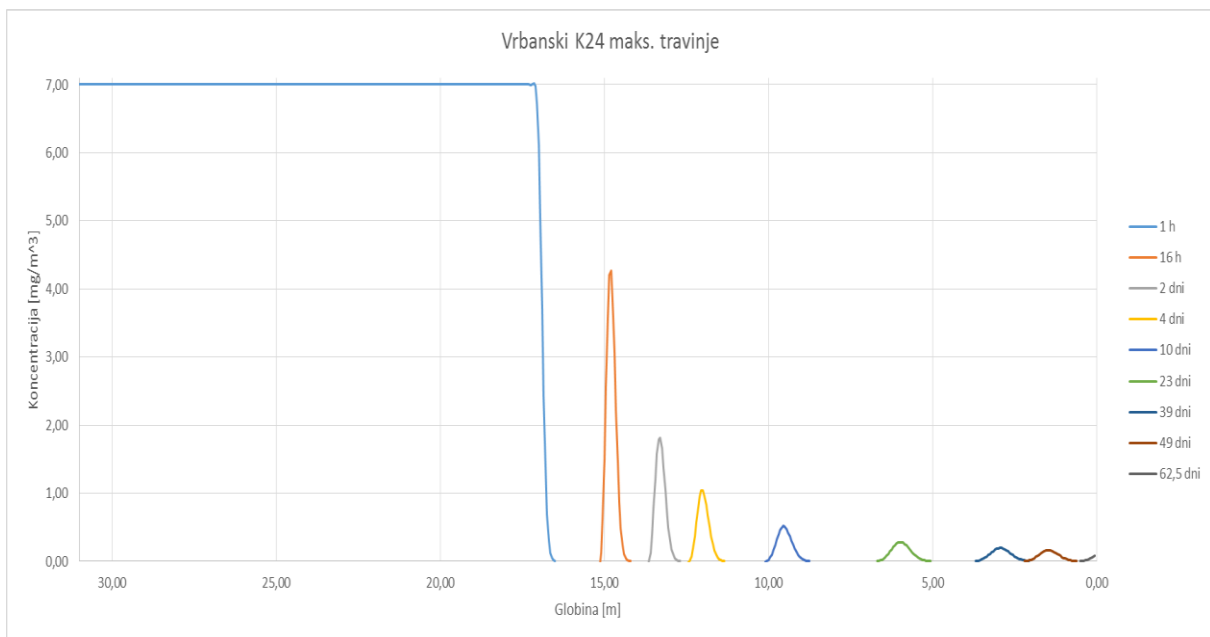
Na spodnji sliki so grafično prikazani rezultati za prvi scenarij (maksimalna količina padavin in nitriranje koruze, brez upoštevanja vodovarstvene uredbe) na območju vrtine K-24 na Vrbanskem platoju. Koncentracija nitratov na vstopu v sistem je $15,00 \text{ mg/m}^3$. Vrh koncentracije, ki doseže podzemno vodo (31 m globine), znaša $0,09 \text{ mg/m}^3$, po približno 62,5 dneh. Ravna črta na začetku grafa nam pove, da je zgornji del zemlje zelo suh (humus) in voda hitro steče skozi. Sčasoma pa pride do nasičenega dela, kjer se hiter tok upočasni. Nitrati potujejo skupaj z vodo.



Slika 40: Prvi scenarij za vrtino K-24

9.4.6 Vrtina K-24 Vrbanski plato – scenarij 2

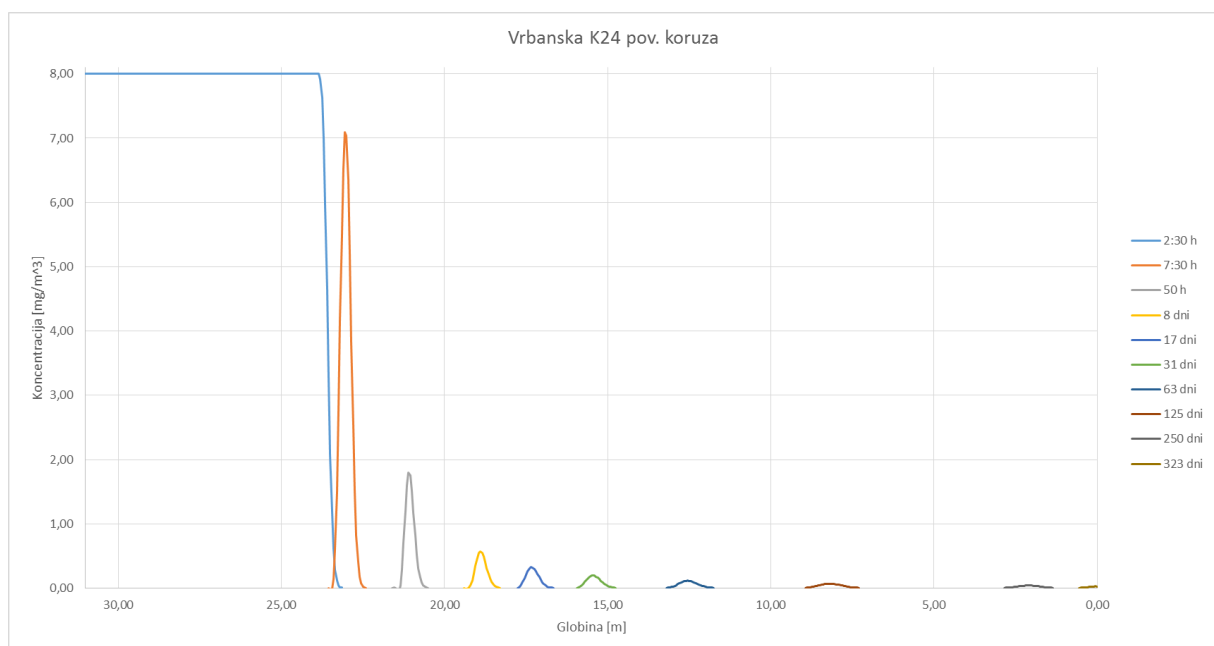
Spodnja slika prikazuje rezultate za drugi scenarij (maksimalna količina padavin in nitriranje trav, pri neupoštevanju vodovarstvene uredbe). V sistem vstopi koncentracija dušika $7,00 \text{ mg/m}^3$. Vrh koncentracije, ki vstopi v vodonosnik je po približno 62,5 dneh, vrednosti $0,04 \text{ mg/m}^3$. Ravna črta na začetku grafa nam pove, da je zgornji del zemlje zelo suh (humus) in voda hitro steče skozi. Sčasoma pa pride do nasičenega dela, kjer se hiter tok upočasni. Nitrati potujejo skupaj z vodo.



Slika 41: Drugi scenarij za vrtino K-24

9.4.7 Vrtina K-24 Vrbanski plato – scenarij 3

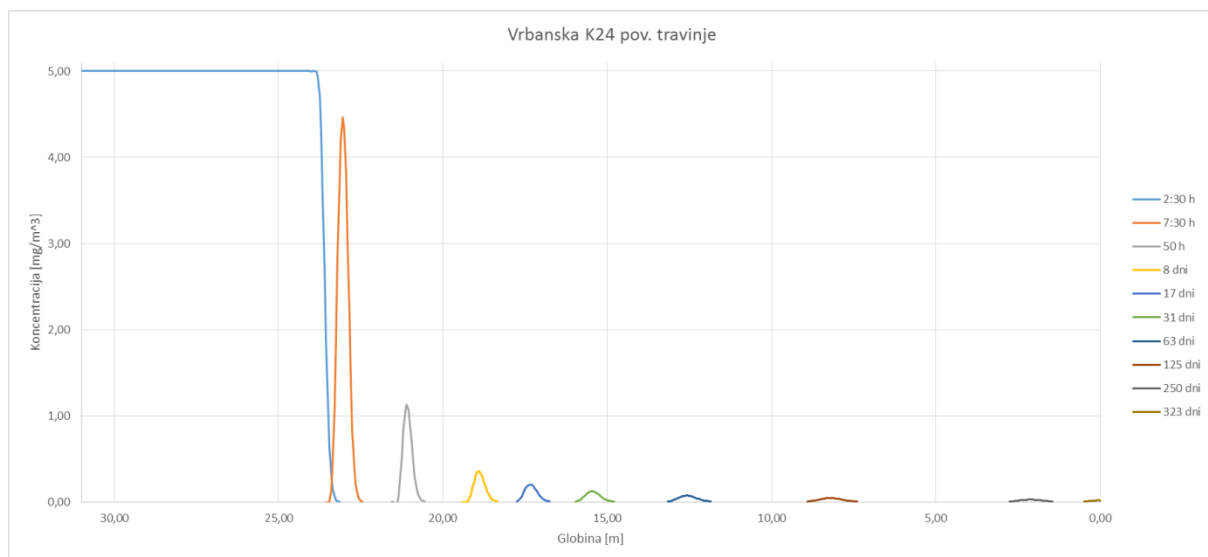
Spodnja slika prikazuje grafični prikaz rezultatov za tretji scenarij (povprečna količina padavin in nitriranje koruze ob upoštevanju vodovarstvene uredbe za koruzo) na območju vrtine K-24 na Vrbanskem platuju. Vstopna količina dušika v sistem je 8,00 mg/m³. Čas, ki je potreben, da vrh koncentracije nitratov pride do podzemne vode znaša približno 323 dni. Vrednost koncentracije, ki pride do dna znaša 0,02 mg/m³. Ravna črta na začetku grafa nam pove, da je zgornji del zemlje zelo suh (humus) in voda hitro steče skozi. Sčasoma pa pride do nasičenega dela, kjer se hiter tok upočasni. Nitrati potujejo skupaj z vodo.



Slika 42: Tretji scenarij za vrtino K-24

9.4.8 Vrtina K-24 Vrbanski plato – scenarij 4

Na spodnji sliki, so prikazani rezultati četrtega scenarija (povprečna količina padavin, s nitriranjem trav ob upoštevanju vodovarstvene uredbe za travinje). Vrednosti koncentracije onesnaževala na vstopu v sistem znaša 5,00 mg/m³. Vrh koncentracije doseže dno sistema oziroma vodno telo v času približno 323 dni. Vrednost vrha koncentracije ob stiku z vodonosnikom znaša 0,01 mg/m³. Ravna črta na začetku grafa nam pove, da je zgornji del zemlje zelo suh (humus) in voda hitro steče skozi. Sčasoma pa pride do nasičenega dela, kjer se hiter tok upočasni. Nitrati potujejo skupaj z vodo.



Slika 43: Četrty scenarij za vrtino K-24

9.5 Primerjava rezultatov

Pri primerjanju rezultatov je razvidno, da so časi, potrebni, da vrh onesnaževala pride do podzemne vode pri scenarijih z maksimalno količino padavin na različnih lokacijah približno enaki, pri povprečni količini padavin pa se med lokacijami pojavi razlika v času – približno 11 dni. Globina, na kateri se nahaja vodno telo je na območju vrtine N-2 na 19 m, pri vrtini K-24 pa na 31 m.



V kolikor primerjamo vrhe koncentracij ob stiku z podzemno vodo se opazi, da so koncentracije na območju vrtine N-2 nekoliko višje (za 0,03 mg/m³) pri najslabših scenarijih. Pri scenarijih s povprečnimi padavinami in upoštevanjem vodovarstvene uredbe pa je razlika v koncentracijah tako rekoč neopazna.

Razlika med območjema vrtin je tudi v sestavi tal. Območje vrtine K-24 ima poleg glin in prod še plast humusa, ki ima nekoliko višjo poroznost kot glina in prod. Čeprav je globina pri vrtini K-24 večja za 12 m so koncentracije ob stiku s podzemno vodo pri obeh vrtinah precej podobne. Iz tega lahko sklepamo, da plast humusa zaradi večje poroznosti zadrži premalo količino onesnaževala, da bi jo lahko padavine bolj razredčile.

9.6 Ukrepi

V sklopu projekta se od skupin pričakuje, da podamo predloge za zaščito vodnega vira.

Če pogledamo rezultate, vidimo, da tudi pri najslabših možnih scenarijih, ni neposredne nevarnosti visoke vsebnosti nitratov v pitni vodi iz obeh vrtin. To lahko pripišemo plasti glin, ki zaradi nizke prevodnosti zadrži nad sabo onesnaževala, ki se nato ob padavinah bistveno bolj razrečijo, in pa predvsem veliki globini obeh vrtin. Tudi dejstvo, da na območju ni intenzivnega kmetijstva priča o primerni kakovosti pitne vode, pridobljene iz obeh vrtin. Analize pitne vode, pridobljene iz območja Vrbanskega platoja, niso pokazale alarmantno visokih vrednosti vsebnosti nitratov. Tako lahko zaključimo, da na območju Vrbanskega platoja, ni potrebno predlagati posebnih ukrepov zaščite pitne vode (ob trenutnem stanju).



Vodonosnika Vrbanski plato in Apaško polje, orodja za trajnostno zagotavljanje vodnih virov

Model nezasičene sredine Apaško polje

Sodelujoči študenti skupine: Simon Hajnc, Andrej Šutar

Povzetek: Črpališči Segovci in Podgrad sta najpomembnejši in najizdatnejša vira pitne vode v tem delu Slovenije. Črpališči ležita na ravnici Apaškega polja ob reki Muri. Apaško polje je kmetijsko območje in kot posledica kmetijske dejavnosti prihaja do prekoračenih vrednosti nitratov v načrpani vodi. Delo skupine je obsegalo numerično modeliranje toka padavinskih voda in nitratov skozi nezasičeno sredino na Apaškem polju z orodjem Modelmuse – SUTRA, ki v osnovi temelji na računalniškem orodju Modflow. Preučiti je bilo potrebno tudi več možnih scenarijev onesnaženja.

10 MATEMATIČNI MODEL TOKA PADAVINSKIH VODA IN NITRATOV NA APAŠKEM POLJU

10.1 Območje modela

Ker padavinske vode in morebitno onesnaževalo praviloma v tem delu zemlje – nezasičeni sredini vodonosnika tečeta navpično navzdol, smo obravnavali le navpično kolono. Kolona je širine 1 m in se razteza od vrha prsti do samega vodnega telesa (podzemne vode).

Ker na tak način obravnavamo le točko na celotnem Apaškem polju, smo naredili računalniški model tako za črpališče Podgrad, kot tudi za črpališče Segovci. Računalniški model se je naredil na osnovi geoloških meritev in sicer za vrtini:

- VRTINA PPG-6/11
 - kraj vrtine: Podgrad
 - nadmorska višina: 209,5 m
 - globina vrtine: 3,46 m
 - koordinate: $X = 171519,9$ $Y = 573959,0$
- VRTINA PS-5/11
 - kraj vrtine: Segovci ob Muri
 - nadmorska višina: 216,5 m
 - globina vrtine: 3,59 m
 - koordinate: $X = 173914,1$ $Y = 570195,1$

10.2 Robni pogoji

Pri izdelavi računalniškega modela smo definirali dva robna pogoja. Za izdelavo računalniškega modela je potrebno definirati mejo med nasičenim in nezasičenim delom podzemne vode. Nasičen del Zemlje predstavlja podzemno vodo, nezasičen del Zemlje pa predstavlja prst v kateri pore zasedata tako zrak kot tudi voda.

Drugi robni pogoj, pa se definira na vrhu računalniškega modela. Potrebno je definirati količino padavin. Le te močno vplivajo na hitrost potovanja onesnaževala proti vodnemu telesu. Pri tem smo predpostavili dva možna scenarija:

Scenarij: maksimalne padavine na območju vremenske postaje v Zgornji Radgoni za obdobje od leta 1961 do 2000.



Scenarij: povprečne padavine na območju vremenske postaje v Zgornji Radgoni za obdobje od leta 1961 do 2000.

Ker se drug robni pogoj predpiše kot izvor, se je upoštevalo, da se onesnaževalo v našem primeru nitrati vnašajo v sistem skupaj s dežjem. Predpostavili smo, da prve padavine sperejo nitrato v Zemljo, medtem, ko vse naslednje padavine delujejo kot gonilna sila, ki pospeši pronicanje nitratov v globino. Pri tem pa smo k možnima scenarijema dodali še količino nitratov:

Scenarij: maksimalne padavine na območji vremenske postaje v Zgornji Radgoni, plus količina gnojila (dušika), ki je priporočena za gnojenje koruze in znaša $0,015 \text{ kg/m}^2$. [3]

Scenarij: maksimalne padavine na območji vremenske postaje v Zgornji Radgoni, plus količina gnojila (dušika), ki je priporočena za gnojenje trav in znaša $0,007 \text{ kg/m}^2$. [3]

Scenarij: povprečne padavine na območji vremenske postaje v Zgornji Radgoni, plus količina gnojila (dušika), ki jo predpisuje uredba o vodovarstvenem območju za gnojenje koruze in znaša $0,008 \text{ kg/m}^2$. [3]

Scenarij: povprečne padavine na območji vremenske postaje v Zgornji Radgoni, plus količina gnojila (dušika), ki jo predpisuje uredba o vodovarstvenem območju za gnojenje trav in znaša $0,005 \text{ kg/m}^2$. [3]

Tako smo skušali zajeti najslabši možen scenarij in scenarij, ki upošteva količino gnojila (dušika) predpisanega iz uredbe o vodovarstvenem območju.

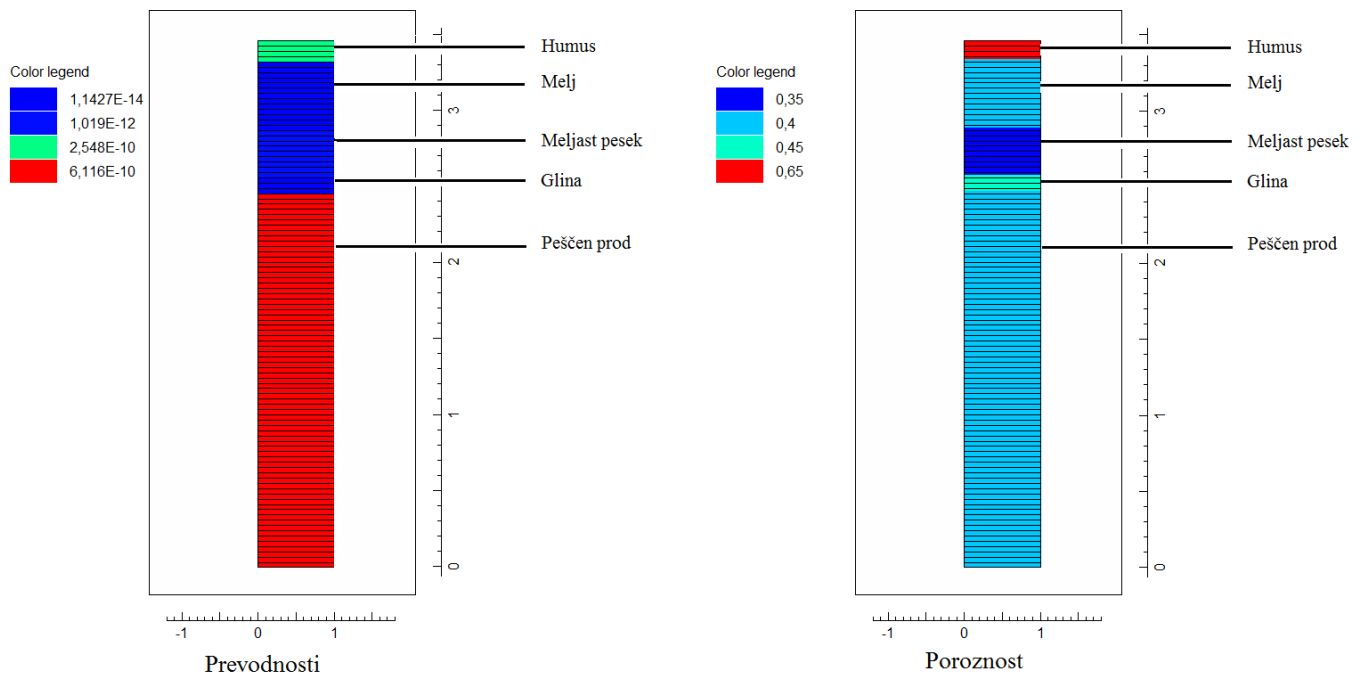
10.3 Parametri

Za izdelavo naših računalniških modelov, smo morali vnesti nekaj parametrov:

- prevodnosti prsti,
- poroznost prsti in
- longitudinalno disperzivnost

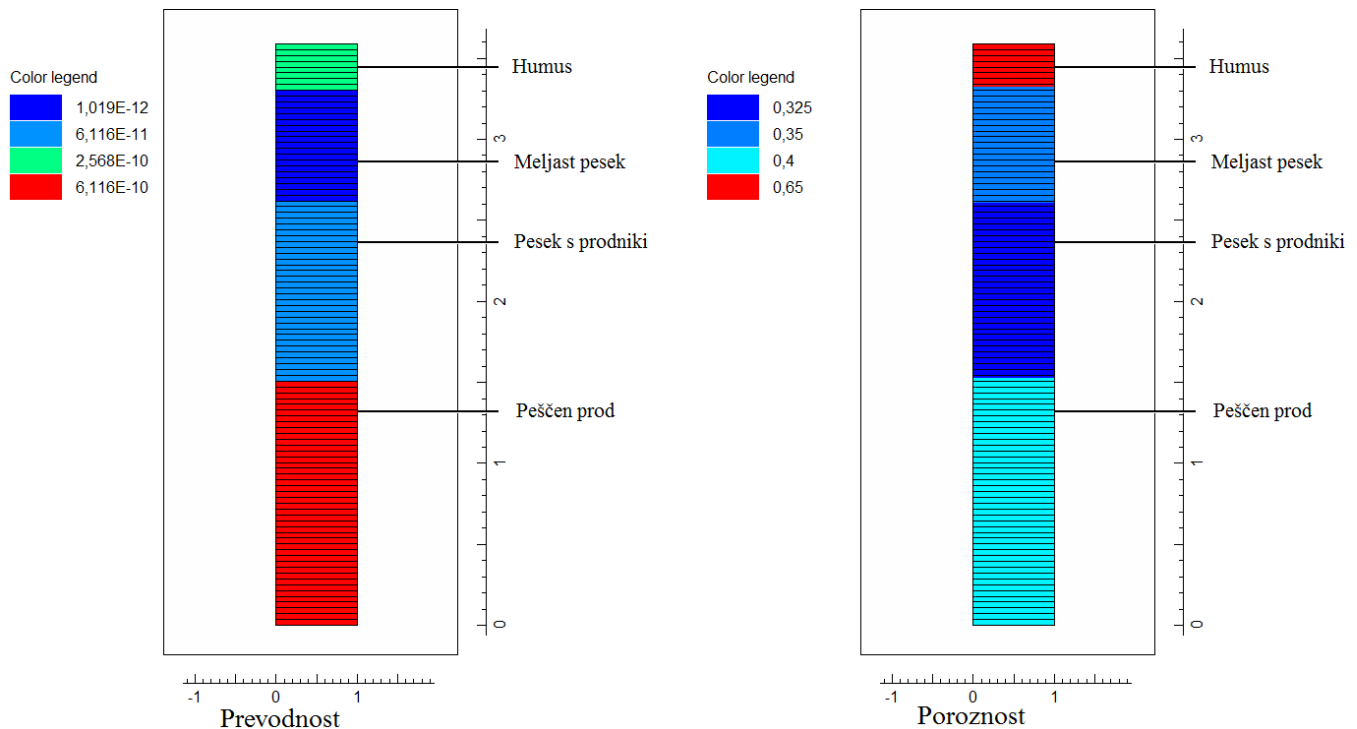
Pri izdelavi računalniškega modela, smo morali geološko strukturo tal poenostaviti. Tako smo poroznost in prevodnosti upoštevali le v grobem in ne za vsako plast posebej. Profili poroznosti in prevodnosti naših modelov so predstavljeni na spodnjih slikah. Medtem ko longitudinalno disperzivnost, smo upoštevali enako, kot jo je uporabil Avtor datoteke SUTRA_2_2.pdf. in sicer 0,01.

PARAMETRI PODGRAD



Slika 44: Prikaz prevodnosti in poroznosti vrtnice v Podgradu

PARAMETRI SEGOVCI



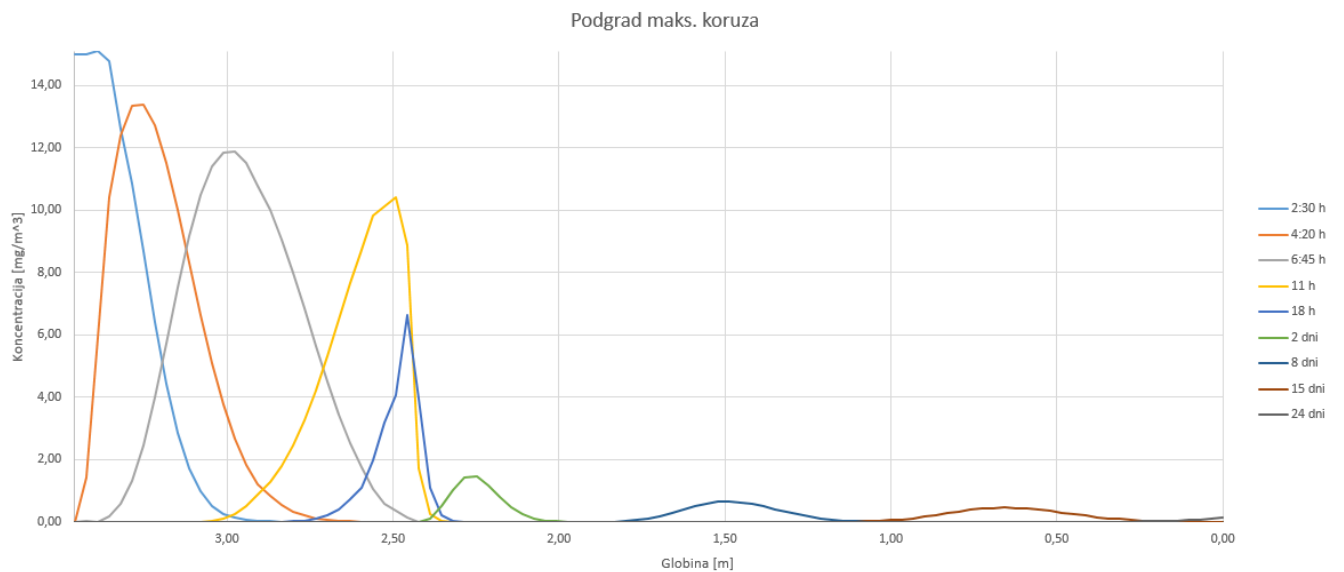
Slika 45: Prikaz prevodnosti in poroznosti vrtine v Segovcih ob Muri

10.4 Rezultati

Rezultate iz programa ModelMuse – SUTRA lahko prikažemo kot animacijo, kot posamezno sliko v določenem časovnem koraku, ali izvozimo rezultate po časovnih korakih v datoteki Excel. Od spodaj so prikazani in komentirani rezultati za vrtini v Podgradu in Segovcih ob Muri.

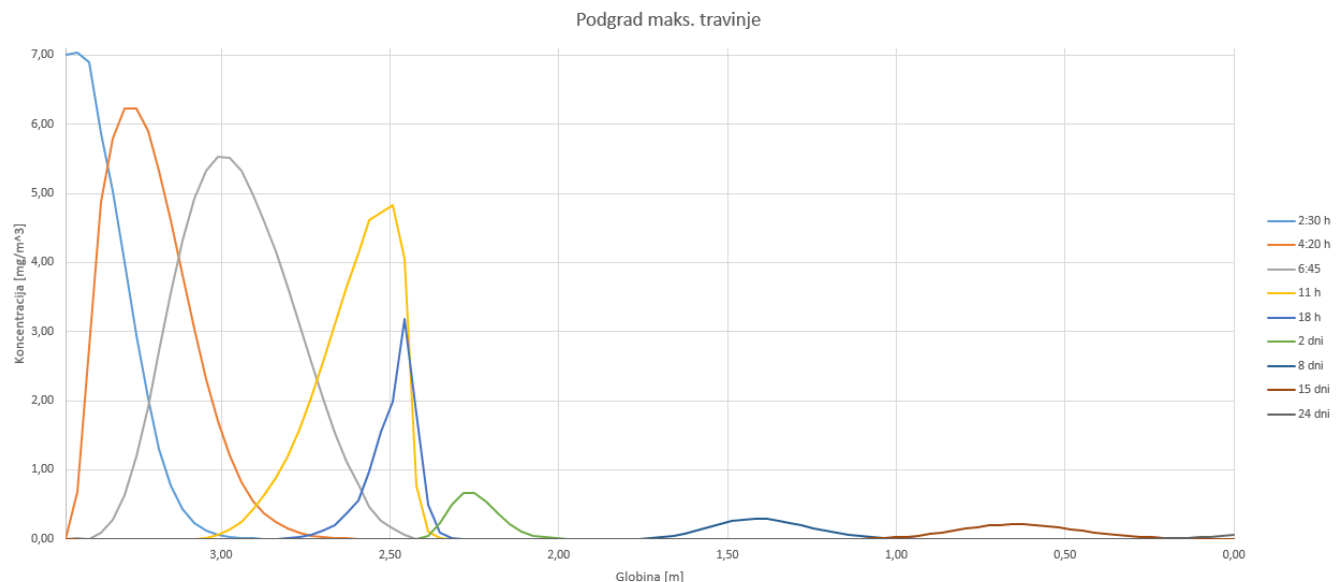
PODGRAD

Na spodnji sliki (grafu) so prikazani rezultati za prvi scenarij (maksimalna količina padavin in maksimalna količina gnojenja). Koncentracija dušika, ki se dovaja v sistem znaša 15 mg/m^3 . Koncentracijski vrh, ki doseže vodonosnik znaša $0,12 \text{ mg/m}^3$, kar se zgodi približno po 24 dneh. Prav tako je iz rezultatov razvidno, da glina ugodno vpliva na samo zaščito vodonosnika. Z zelo majhno prevodnostjo ($1,1427 \times 10^{-14} \text{ m}^2/\text{s}$) upočasni tok nitratov hkrati pa se koncentracija le teh bistveno zmanjša.



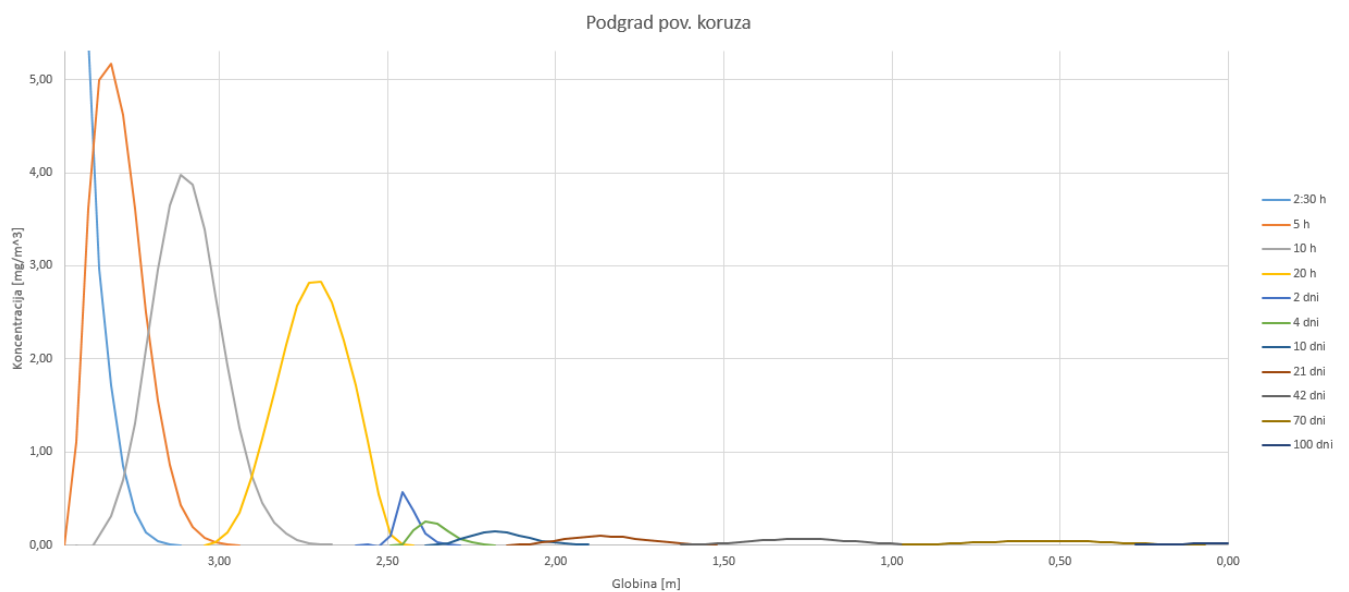
Slika 46: Rezultati prvega scenarija Podgrad

Na spodnji sliki je prikazan graf za drugi scenarij (maksimalna količina padavin in priporočena vrednost nitriranja). V sistem prihaja 7,00 mg/m³ nitratov. Prav tako se opazi učinek glin, katera zmanjša koncentracijo nitratov. Vrh koncentracije nitratov se doseže prav tako približno po 24 dneh velikosti 0,06 mg/m³.



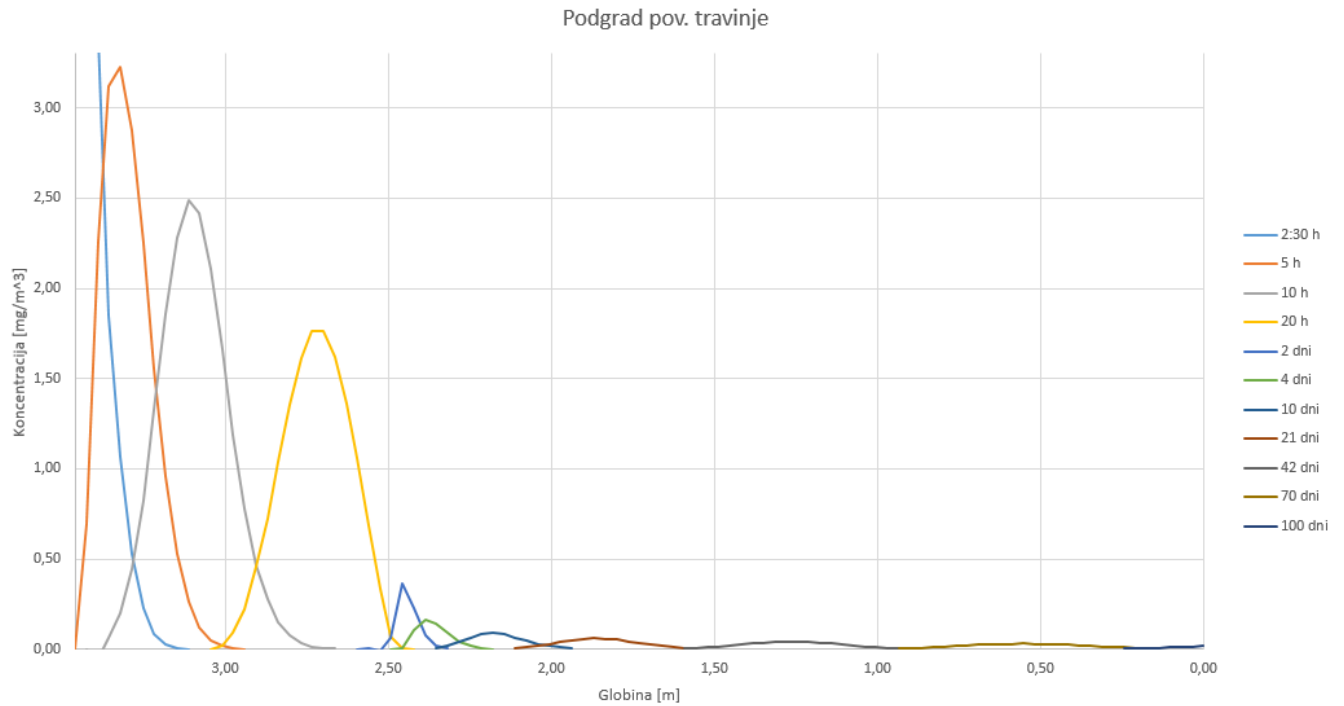
Slika 47: Rezultati drugega scenarija Podgrad

Na spodnji sliki so grafično prikazani rezultati za tretji scenarij (povprečna količina padavin in upoštevanje vodovarstvene uredbe za nitriranje koruze). Koncentracija vnosa dušika v sistem je $8,00 \text{ mg/m}^3$. Vrh koncentracije onesnaževala pride do podtalnice ki se nahaja na globini 3,46 m v približno 100 dneh in znaša $0,03 \text{ mg/m}^3$. Prav tako pa zaradi manjše količine padavin pride do izrazitejšega vpliva nasičenost zemlje, ta upočasni tok padavinske vode in nitratov. Zaradi interakcije nitratov med gravitacijsko vodo (padavinsko vodo) in kapilarno vodo (voda, ki je v prsti vezana na minerale in druge snovi v prsti), prihaja do počasnejšega toka nitratov.



Slika 48: Rezultati tretjega scenarija Podgrad

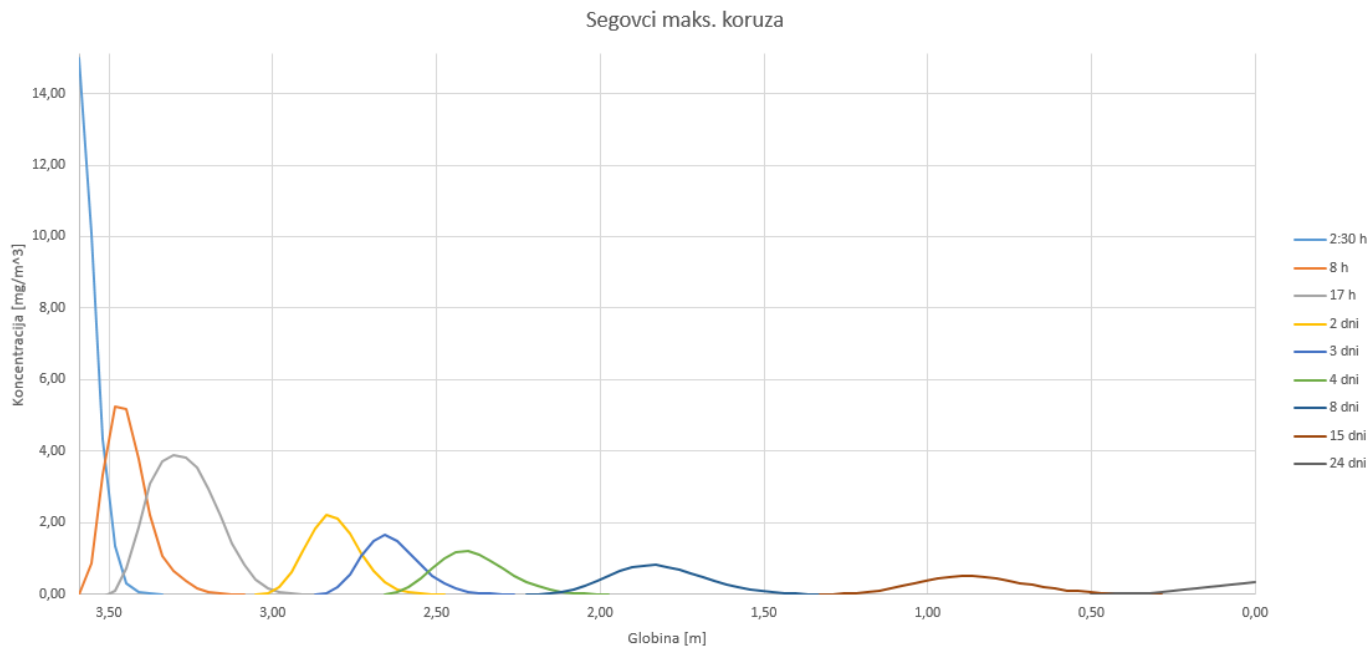
Na spodnji sliki so prikazani rezultati četrtega scenarija. Vnos onesnaževala v sistem znaša 5 mg/m^3 . Prav tako se pokažejo že vsi zgoraj omenjeni vplivi na tok toka padavinskih vod in nitratov. Vrh koncentracije onesnženja pride do podtalnice približno po 100 dneh, vrednost koncentracije pa znaša $0,02 \text{ mg/m}^3$.



Slika 49: Rezultati četrtega scenarija Podgrad

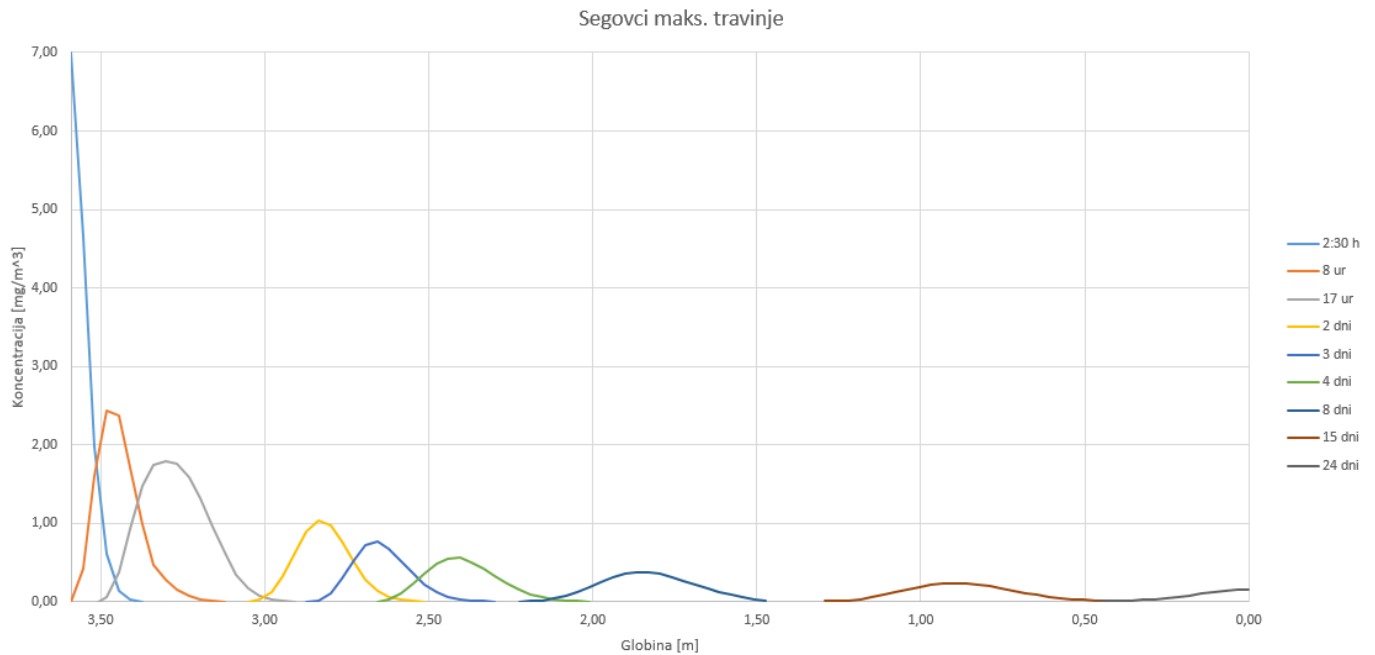
SEGOVCI

Na spodnji sliki so grafično prikazani rezultati za prvi scenarij (maksimalna količina padavin in nitriranje brez upoštevanje vodovarstvene uredbe) na območju črpališča Segovci ob Muri. Koncentracija nitratov na vstopu v sistem je 15,00 mg/m³. Vrh koncentracije, ki doseže podzemno vodo po času približno 24 dneh znaša 0,34 mg/m³.



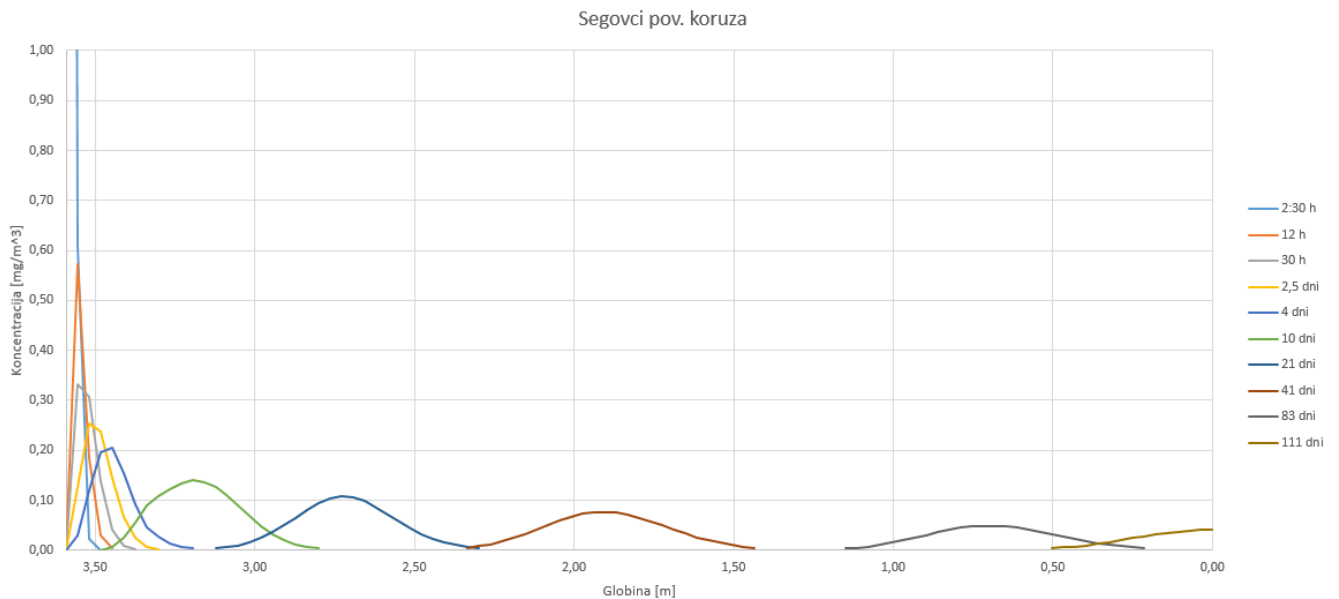
Slika 50: Rezultati prvega scenarija Segovci ob Muri

Spodnja slika prikazuje rezultate za drugi scenarij (maksimalna količina padavin in nitriranje trav, pri neupoštevanju vodovarstvene uredbe). V sistem vstopi koncentracija dušika $7,00 \text{ mg/m}^3$. Vrh koncentracije, ki vstopi v vodonosnik je po približno 24 dneh, vrednosti $0,16 \text{ mg/m}^3$.



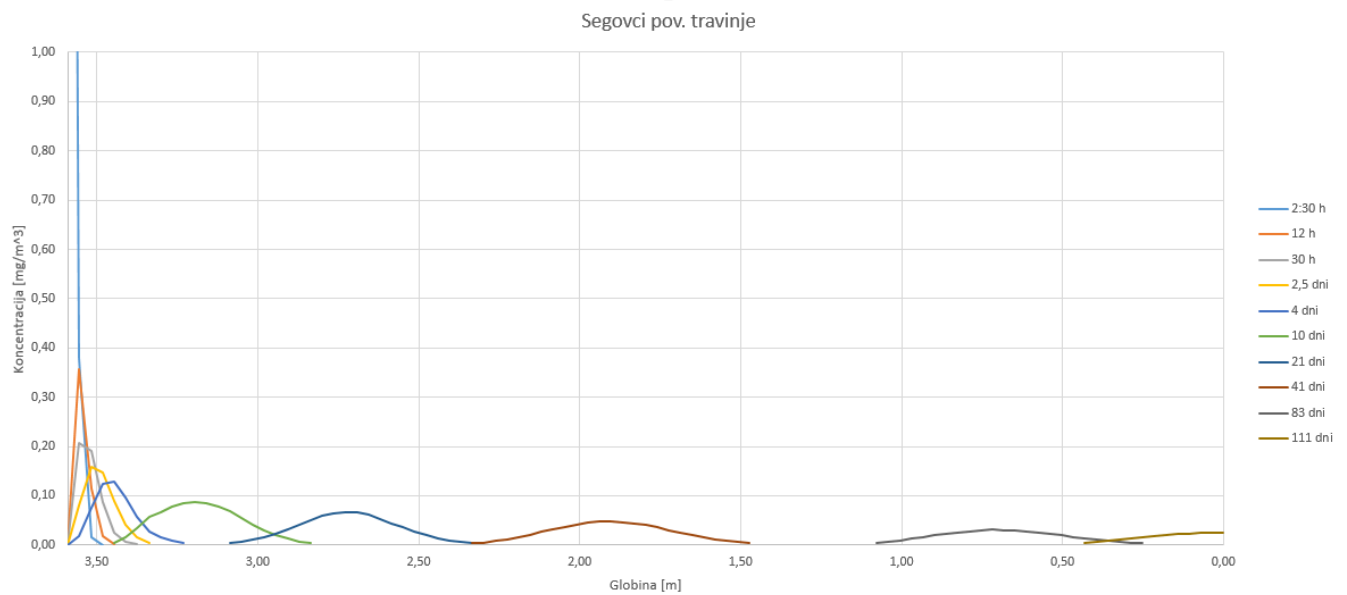
Slika 51: Rezultati drugega scenarija Segovci ob Muri

Spodnja slika prikazuje grafični prikaz rezultatov za tretji scenarij (povprečna količina padavin, in nitriranje koruze ob upoštevanju vodovarstvene uredbe) na območju črpališča Segovci ob Muri. Vstopna količina dušika v sistem je $8,00 \text{ mg/m}^3$. Čas, ki je potreben, da vrh koncentracije nitratov pride do podzemne vode znaša približno 110 dni. Vrednost koncentracije, ki pride do dna znaša $0,04 \text{ mg/m}^3$.



Slika 52: Rezultati tretjega scenarija Segovci ob Muri

Na spodnji sliki, so prikazani rezultati četrtega scenarija (povprečna količina padavin, s nitriranjem trav ob upoštevanju vodovarstvene uredbe). Vrednosti koncentracije onesnaževala na vstopu v sistem znaša $5,00 \text{ mg/m}^3$. Vrh koncentracije doseže dno sistema oziroma vodno telo v času približno 110 dni. Vrednost vrha koncentracije ob stikuko s vodonosnikom znaša $0,03 \text{ mg/m}^3$.



Slika 53: Rezultati četrtega scenarija Segovci ob Muri



10.5 Primerjava rezultatov

V kolikor primerjamo rezultate dokaj hitro ugotovimo, da so časi, ki so potrebni, da vrh onesnaževala pride do podzemne vode med enakimi scenariji na različnih lokacijah približno enaki. Globina na kateri se nahaja vodno telo v Segovcih ob Muri (3,59 m) je nekoliko večja od globine v Podgradu (3,46 m). Ob močnejših padavinah ni bistvene razlike v času potovanja nitratov do podzemne vode, medtem, ko ob povprečnih padavinah potrebujejo nitrati, da dosežejo podzemno vodo na območju črpališča Segovci ob Muri približno 10 dni dlje.

V kolikor primerjamo vrhe koncentracij ob stiku z podzemno vodo se opazi, da so koncentracije na območje črpališča Segovci ob Muri nekoliko višje. To se bistveno pozna ob najslabših možnih scenarijih. Medtem, ko ob scenarijih kjer so povprečne padavine in v kolikor se z nitriranjem upošteva vodovarstvena uredba je razlika med obravnavanima območjema bistveno manjša (za $0,01\text{mg/m}^3$).

10.6 Ukrepi

V sklopu projekta se od skupin pričakuje, da podamo predloge za zaščito vodnega vira.

Kot je razvidno že iz rezultatov, predvsem najslabših možnih scenarijev predlagamo, da poljščine katere zahtevajo večje količine gnojil se sadijo na območjih kjer je v geološkem profilu tudi glina. Kot je razvidno iz rezultatov, glina zaradi nizke prevodnosti zadrži nad sabo onesnaževala, ki se nato ob padavinah bistveno bolj razredčijo.



Vodonosnika Vrbanski plato in Apaško polje, orodja za trajnostno zagotavljanje vodnih virov

Možnost ekološkega kmetovanja: Vrbanski plato in Apaško polje

Sodelujoči študent skupine: Primož Pukšič

Povzetek: Pitna voda predstavlja najpomembnejši vir življenja. Skupina bo pregledala sedanje stanje kmetijstva na najožjem vodovarstvenem območju. Na terenu pri kmetovalcih smo preverili možnosti za preusmeritev v ekološko kmetijstvo in kako zanje poskrbi država z odškodninami za kmetovanje na najožjem vodovarstvenem območju. Pri območjih Vrbanski plato in Apaško polje, se bomo osredotočili predvsem na Apaško polje, saj je tam kmetijstvo, za razliko od Vrbanskega platoja, izredno intenzivno.



11 UVOD

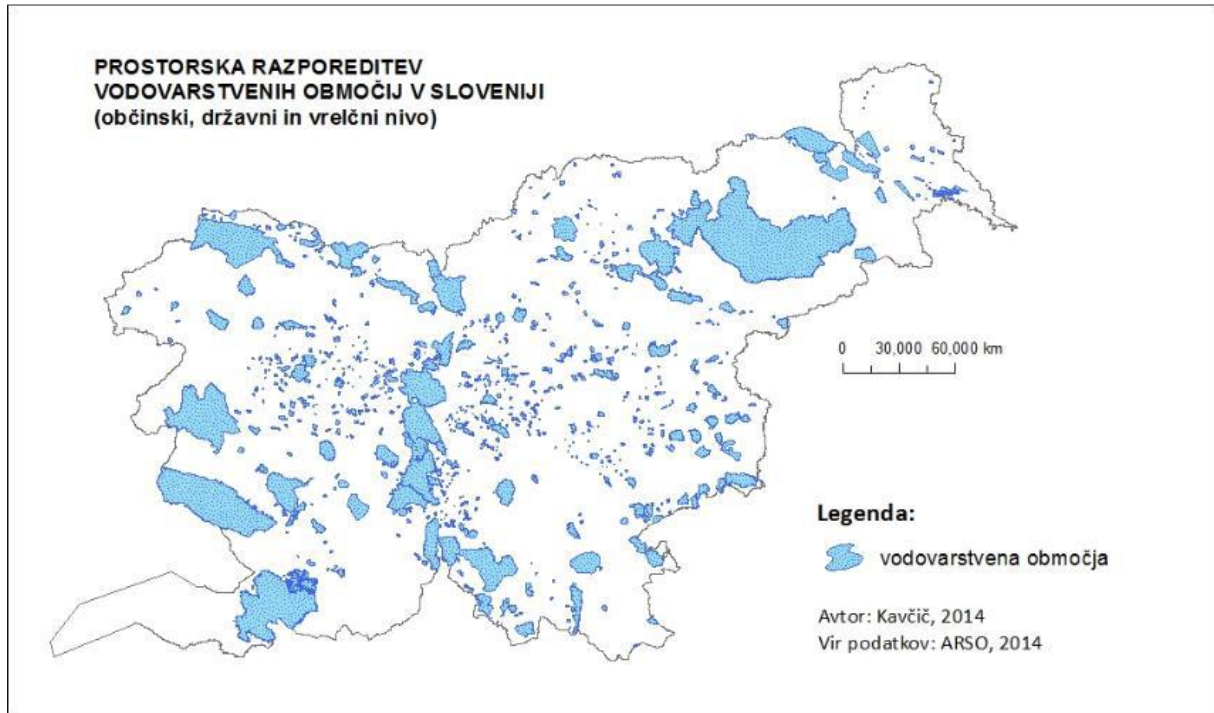
Čista in neoporečna voda je dandanes največja dobrina in pravica vsakega človeka. Kakovostna pitna voda pa je velikokrat povezana z delovanjem človeka na območjih kjer so zbiralniki pitne vode, kjer lahko pride do onesnaževanja zaradi različnih virov kot so kanalizacija, promet, komunalni odpadki idr. Zaradi prisotnosti nitratov in fitofarmaceutskih sredstev pomembnejši del onesnaževanja predstavlja tudi kmetijstvo. Kmetijstvo na najožjih vodovarstvenih območjih (VVO) je velikokrat problem. Uredbe za posamezni vodonosnik določajo omejitve tudi glede kmetijstva, vendar po pregledu rezultatov za vodonosnik Apaško polje, kjer je kmetijstvo zelo intenzivno, smo ugotovili, da je delež nitratov in pesticidov v veliko primerih večji od dovoljene vrednosti. V Segovcih je bila 4.6.2014 izmerjena vrednost za nitrate 89 mg NO₃/l, najvišja dovoljena vrednost pa je 50 mg NO₃/l (Agencija republike Slovenije za okolje 2015). Rezultati spremljanja mineralnega dušika ob spravilu zelenjave v integrirani pridelavi, dokazujejo, da gojenje zelenjave ni najbolj primerno za vodovarstvena območja (Bavec in Bavec 2002). Podobno težavo s prekomernim gnojenjem imajo tudi v Nemčiji. Rezultati kažejo, da se v podtalnico izlije 105 kg N/ha pri intenzivnem zelenjadarstvu, 57 kg N/ha pri integrirani pridelavi in 22 kg N/ha pri ekološki pridelavi (Kolbe 2002). Ti rezultati nam nazorno kažejo, da je ekološka pridelava najbolj primerna tudi za VVO, ker je na teh območjih še bolj pomembno, da zaščitimo vire pitne vode.

Ekološko kmetijstvo v slovenskem prostoru pridobiva čedalje večji pomen. Pomembno je predvsem zaradi varovanja kulturne krajine in naravnih virov. Število kmetij se iz leta v leto povečuje saj je ozaveščenost ljudi o pomembnosti varne hrane čedalje večja (Ministrstvo za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano 2015). Kmetje ponujajo različne pridelke in izdelke, ki jih pogostokrat v okviru dopolnilne dejavnosti na kmetiji tudi predelajo in naredijo izdelek, katerega lahko potem veliko bolje prodajo. Ekološko kmetijstvo je zagotovo pomembno tudi za vodovarstvena območja, saj zagotavlja večjo skrb za okolje in posledično tudi za pitno vodo. Trenutno je primer ormoškega Komunalnega podjetja svetla točka, kjer ga na VVO 1 obdeluje 10 ha na ekološki način in seje predvsem žita, ki so za vodovarstvena območja tudi najbolj primerna, saj ni potrebno namakanje. Kmete je potrebno tudi poučiti in jim predstaviti možnosti ter poiskati prednosti zemljišč na VVO 1 in te tudi izkoristiti, saj zagotovo obstajajo tudi prednosti in ne samo slabosti urejenih zemljišč na VVO 1.



Po uredbi iz leta 2007 je v ekološki pridelavi prepovedana uporaba herbicidov, kemično sintetičnih pesticidov in lahko topnih gnojil (EC 834/2007). Zaradi naštetih prepovedi, je tako možnost onesnaževanja podtalnice v primeru ekološkega kmetovanja veliko manjša oz. je sploh ni. Pomembni vplivi, ki lahko negativno vplivajo na onesnaževanje podtalnice so gnojenje rastlin izven rastne dobe, velika količina zimskih padavin in s tem večje tveganje za izpiranje nitratov v podtalnico in nizki pridelki zaradi suše, ko rastline ne odvzamejo dovolj velike količine dušika in tako se preostanek spere v podtalnico (Ekološko kmetijstvo in pomen ekološko pridelane hrane 2014).

12 KMETOVANJE NA VODOVARSTVENIH OBMOČJIH APAŠKEGA POLJA IN VRBANSKEGA PLATOJA



Slika 54: Prostorska razporeditev vodovarstvenih območij[21]

Na državni ravni v Sloveniji vodovarstvena območja predstavljajo 17 % celotnega ozemlja. V podravski, osrednje slovenski in obalno kraški regiji najdemo največ vodovarstvenih območij, to pa so tudi regije, kjer so kmetijstvo in ostale spremljajoče dejavnosti zelo razvite (Raba tal na vodovarstvenih območjih 2014).

Apaško polje predstavlja glavni vir napajanja pomurske regije. Pomurska regija predstavlja izjemo v slovenskem prostoru, saj kar 50 % vseh površin na vodovarstvenem območju predstavljajo polja, na drugem mestu pa je gozd. Če pogledamo to z vidika varnosti vode je ta podatek lahko zaskrbljujoč (Kavčič, Vidah 2014). Vemo, da je kmetijstvo velik onesnaževalec podtalnice. Trenutno je v celotni regiji na vodovarstvenem območju ekološko obdelanih zgolj 124 ha zemljišč, polja pa predstavljajo kar 100 ha (Kavčič, Vidah 2014).



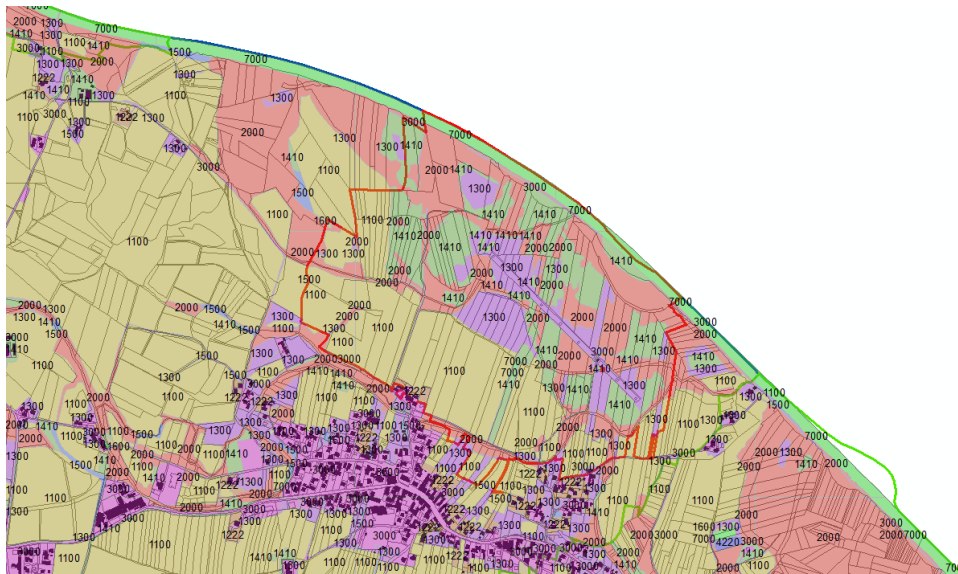
V celotni pomurski regiji lahko vodovarstvena območja glede na rabo tal podrobneje razdelimo v 8 razredov. V letu 2014 je bilo 7638,5 ha njiv, 330,8 ha nasadov, 1493,6 ha travinje. 388,6 ha je bilo zaraščenih, 4740,4 ha je bilo gozda, pozidanih je bilo 970,3 ha, 18.8 ha je bilo zamočvirjenih in površinska voda je bila na 213,7 ha (Kavčič , Vidah 2014).

Na ožjem vodovarstvenem območju, kjer pa je zajeto celotno Apaško polje pa imamo 5473 ha. Od tega na najožjem vodovarstvenem območju (VVO 1) 111 ha, na ožjem vodovarstvene območju (VVO 2) 457 ha in na širšem vodovarstvenem območju (VVO 3) 4902 ha. Skupna velikost notranjega vodovarstvenega območja je tako 5473 ha (Sušin, 2008).

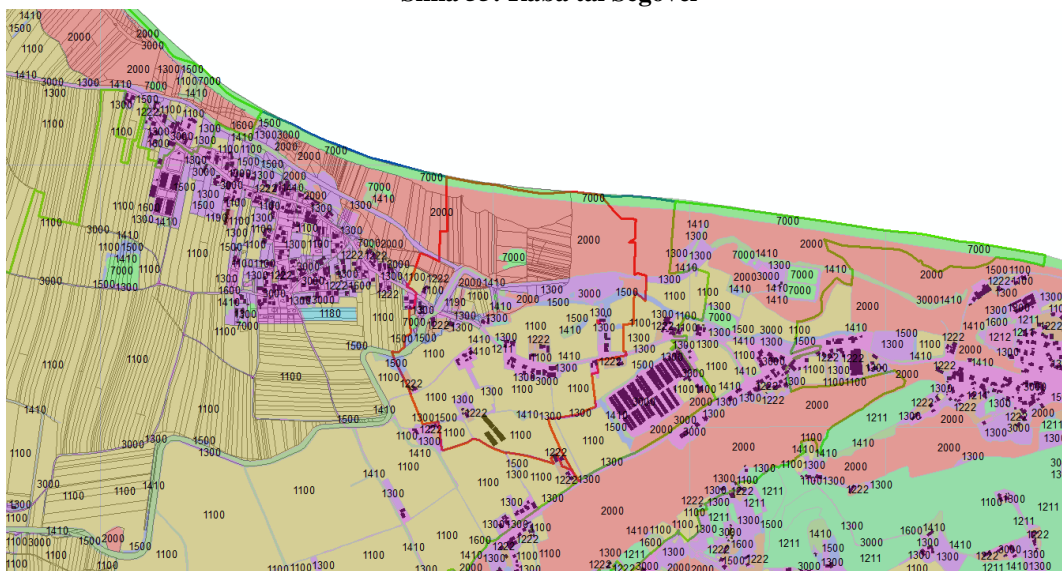
Kmetijskih zemljišč je na ožjem vodovarstvenem območju 3651 ha. 56 ha je kmetijskih zemljišč na VVO 1, 293 na VVO 2 in 3301 na VVO 3. Vseh kmetijskih gospodarstev, ki imajo zemljišča na notranjih vodovarstvenih območjih, jih ima 396, 33 zemljišča na VVO 1 (Sušin, 2008).

Tabela 1: Raba tal Apaško polje (Sušin 2008)

Raba tal	Raba tal	VVO 1	VVO 2	V VO 3	Skupaj	%
1100	Njive in vrtovi	29	254	2842	3126	85,6
1300	Trajni travniki in pašniki	26	28	320	374	10,3
1222	Sadovnjaki, ekstenzivni	0,3	5	47	53	1,4
1500	Drevesa in grmičevje	0,3	2	38	41	1,1
1211	Vinogradi	0	1	31	32	0,9
1130	Začasni travniki	0,1	1	11	13	0,3
1410	Zemljišča v zaraščanju	0	0	8	8	0,2
1800	Kmetijske površine porasle z gozdnim drevjem	0,2	0,2	3	3	0,1
1221	Sadovnjaki, intenzivni	0	0,2	1	1	0,0
Skupaj		56	293	3301	3651	100

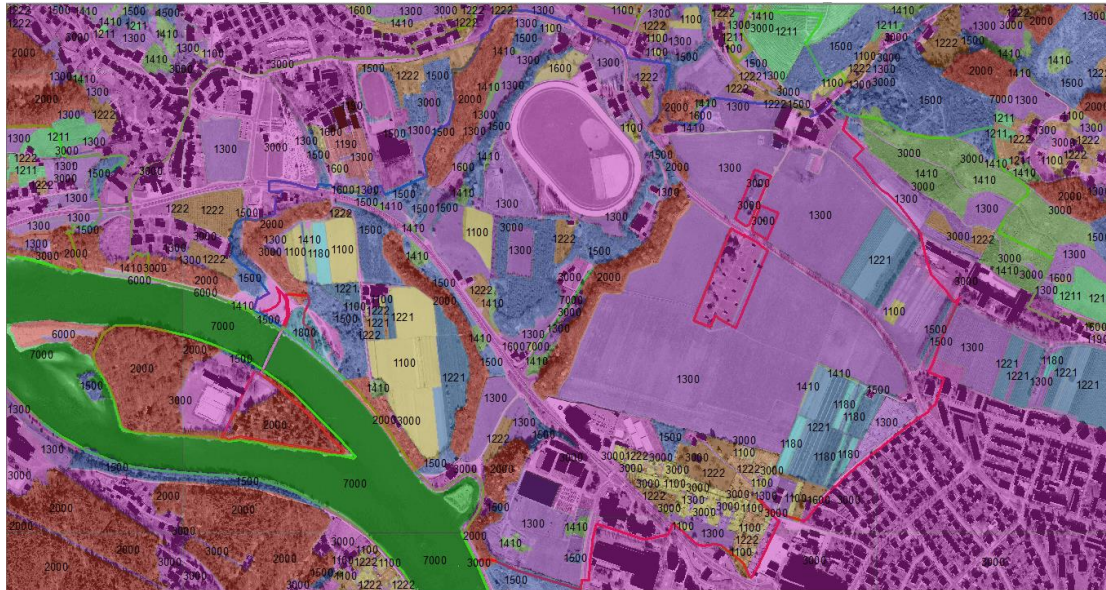


Slika 55: Raba tal Segovci



Slika 56: Raba tal Podgrad

V podravski regiji, kamor spada tudi Vrbanski plato, vodovarstvena območja pokrivajo največji delež površin. Glede rabe tal prevladujejo predvsem gozdovi, na drugem mestu pa so njive. Ekološko obdelanih površin na celotnem vodovarstvenem območju podravske regije je 642 ha, od tega je 192 ha njiv in 450 ha travinje (Kavčič in Vidah, 2014). Kmetijstvo na najožjem vodovarstvenem pasu Vrbanskega platoja ni izrazito intenzivno, saj je v neposredni bližini mesta Maribor. Najdemo pa manjše vrtičke in nekaj obdelovalnih površin.



Slika 57: Raba tal Vrbanski plato



12.1 Kriterij za določitev notranjih vodovarstvenih območij (URLS 64/2004)

1. Najožje vodovarstveno območje (VVO 1)

- Območje blizu zajetja.
- Naravne danosti ne zagotavljajo dovolj dolgega zadrževalnega časa, razredčenje je majhno in onesnaževala hitro dospejo do zajetja.
- Vodovarstveni režim mora zagotavljati sprejemljivo tveganje za onesnaževanje s patogenimi mikrobiološkimi organizmi in drugimi onesnaževali.

2. Ožje območje (VVO 2)

- Naravne danosti zagotavljajo dovolj dolg zadrževalni čas, dovolj veliko razredčenje in dovolj časa za ukrepanje.
- Vodovarstveni režim mora zagotavljati sprejemljivo tveganje za onesnaževanje z onesnaževali, ki počasi razpadajo.

3. Širše območje (VVO 3)

- Celotno napajalno območje zajetja.
- Dolgoročno varstvo zdravstvene ustreznosti pitne vode.
- Vodovarstveni režim mora zagotavljati sprejemljivo tveganje za onesnaževanje z radioaktivnimi snovmi in snovmi, ki so obstojne ali se razgrajujejo zelo počasi.

12.2 Pregled uredbe Apaško polje in Vrbanski Plato

Uredba za vodno telo vodonosnika Apaško polje določa omejitve gnojil in fitofarmaceutskih sredstev, ki veljajo za najožja, ožja in širša vodovarstvena območja. Uredba je bila sprejeta prvič leta 2007, nato pa sta sledila še popravka leta 2011 in zadnja sprememba leta 2013 (ULRS 59/2007).



Priporočila oz. prepovedi

Za notranja vodovarstvena območja Apaškega polja in Vrbanskega platoja veljajo naslednje prepovedi (URLS 59/2007), (URLS 24/2007):

- Prepovedano je gnojenje brez gnojilnega načrta.
- Ni dovoljeno gnojiti z ostanki greznic, malih čistilnih naprav ter komunalnih ali skupnih čistilnih naprav.
- Prepovedano je gnojenje z blatom, ki nastaja na kmetijskem gospodarstvu in je mešanica komunalne odpadne vode, gnojnice in gnojevke.
- Prepovedano je shranjevanje organskih gnojil izjema je le uležani hlevski gnoj.
- Prepovedano je shranjevanje komposta ali pregnitega blata 1. ali 2. razreda okoljske kakovosti.
- Prepovedano je shranjevanje blata določenega v skladu s predpisom, ki ureja uporabo blata i komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu.
- Prepovedana je uporaba komposta in pregnitega blata 2. razreda okoljske kakovosti, določenega v skladu s predpisom, ki ureja obdelavo biološko razgradljivih odpadkov.
- Prepovedana je uporaba blata, določenega v skladu s predpisom, ki ureja uporabo blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu.

Gnojenje in varstvo rastlin na VVO 1 (URLS 59/2007), (URLS 24/2007).

- Za okopavine največja dovoljena količina dušika pri začetnem gnojenju pred setvijo ne sme presegati 30 kg N/ha.
- Največji enkratni odmerek dušika za dognojevanje okopavin ne sme presegati 80kg N/ha.
- Prvo dognojevanje okopavin se izvede na podlagi hitrega talnega nitratnega testa, ki se opravi enkrat na eno vrsto okopavine. Preizkus in vrednotenje rezultatov preizkusa se izvedeta v skladu s Smernicami za strokovno utemeljeno gnojenje.
- Za ozimnine enkratni vnos dušika z dognojevanjem spomladi ne sme presegati 60 kg N/ha.



- Jeseni je pred setvijo ozimnin vnos dušika v tla z mineralnimi gnojili prepovedan.
- Za trajne travinje ter travinje v okviru poljedelskega kolobarja na njivah največja dovoljena količina dušika ne sme presegati 50 kg N/ha za vsako košnjo.
- Za trajne nasade enkratni vnos dušika z dognojevanjem ne sme presegati 60 kg N/ha.
- Za zelenjadnice največja dovoljena količina dušika pri začetnem gnojenju ne sme presegati 40 kg N/ha.
- Enkratni vnos dušika za dognojevanje zelenjadnic ne sme presegati 60 kg N/ha

Na najožjih vodovarstvenih območjih je za zatiranje škodljivih organizmov prepovedana raba fitofarmacevtskih sredstev, ki vsebujejo aktivne snovi iz seznama, ki ga vsako leto izdela pristojno Ministrstvo (URLS 59/2007), (URLS 24/2007).

Zaradi navedenih omejitev so pridelovalci upravičeni do odškodnin, ki se po veljavnem Zakonu o vodah izplačujejo v obliki državne pomoči. To določa člen 79. Po tem členu se mora lastniku, ki je nosilec kmetijskega gospodarstva zagotoviti nadomestno zemljišče. Nadomestno zemljišče mora zagotoviti upravljavec z vodnimi zemljišči. Če upravljavec nadomestnega zemljišča ne more zagotoviti, je nosilec kmetijske dejavnosti upravičen do nadomestila. Vrste ukrepov in način ter višino izplačevanja pa določi vlada z predpisom (URLS 67/2002).



12.3 Osnovne informacije programa KOPOP

Ukrep KOPOP je namenjen ohranjanju in spodbujanju nadstandardnih kmetijskih praks, ki predstavljajo višje zahteve od običajne kmetijske prakse. Ukrep se bo izvajal v okviru nove kmetijske politike 2014 –2020. Podpora v okviru ukrepa KOPOP je namenjena tistim KMG, ki pri svojem delovanju prispevajo, k biotski raznovrstnosti, varovanju vodnih virov ter k blaženju podnebnih sprememb (Navodila za uveljavljanje ukrepov kmetijske politike 2015).

Predhodni ukrep KOP je vseboval 24 podukrepov, novi ukrep KOPOP pa jih ima 19. Po pogovoru s kmetijskimi svetovalci smo ugotovili, da so ukrepi napisani tako, da jih večina kmetovalcev, ki kmetujejo na VVO 1, ne more izkoristiti oz. se vključiti vanje. Ne morejo se vključiti v ukrep Poljedelstvo in zelenjadarstvo (POZ) in v ukrep Vodni viri (VOD). V ostale ukrepe kot so hmeljarstvo, vinogradništvo, sadjarstvo, se pa tako ne morejo vključit, ker na tem območju prevladujejo predvsem polja. V ta dva ukrepa pa se lahko vključijo lastniki zemljišč na VVO 2 in VVO 3. Ukrep Vodni viri pa lahko koristijo samo lastniki zemljišč vodnih teles površinskih voda in vodnih teles podzemne vode iz načrta upravljanja voda (NUV), kamor seveda spadata tudi VVO 2 in VVO 3. Ukrep Ekološko kmetijstvo pa tokrat ni del ukrepa KOPOP ampak je samostojen ukrep, vendar ga je mogoče kombinirati z ukrepi KOPOP (Navodila za uveljavljanje ukrepov kmetijske politike 2015).



12.4 Metode dela

Struktura anketirancev

V tej nalogi smo želeli ugotoviti, ali obstaja možnost preusmeritve konvencionalnih in integriranih kmetij na najožjem vodovarstvenem območju v ekološko pridelavo. Pridobili smo podatke na Kmetijsko svetovalni službi Gornja Radgona. Anketa zajema 7 lastnikov kmetijskih gospodarstev, ki imajo zemljišča na najožjem vodovarstvenem območju. Anketni vprašalnik je bil opravljen v juniju 2015.

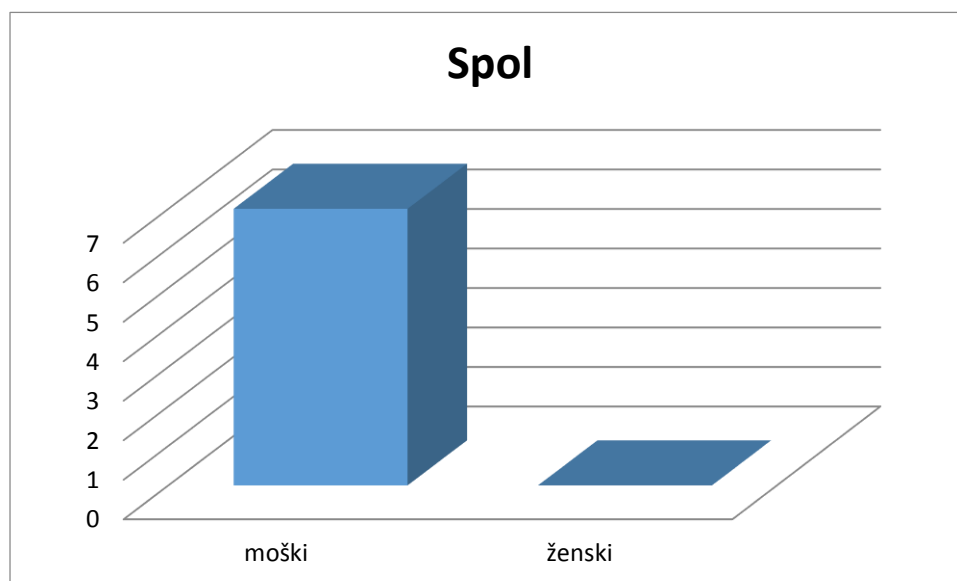
Anketni vprašalnik

Naš anketni vprašalnik vsebuje 19 vprašanj. Zanimala so nas 4 področja. Najprej so nas zanimale socialno-ekonomske značilnosti anketiranih (vprašanja 1–5). Naslednji sklop je trenutno stanje kmetijske pridelave (vprašanja 6–10), zadnja dva sklopa pa vsebujeta vprašanja glede stališča v zvezi s trenutno kmetijsko politiko na vodovarstvenih območjih (vprašanja 11–14) in stališča glede ekološke pridelave (vprašanja 15–19). Glede možnosti preusmeritve sta pomembna predvsem zadnja dva sklopa vprašanj. Anketa je priložena poročilu.

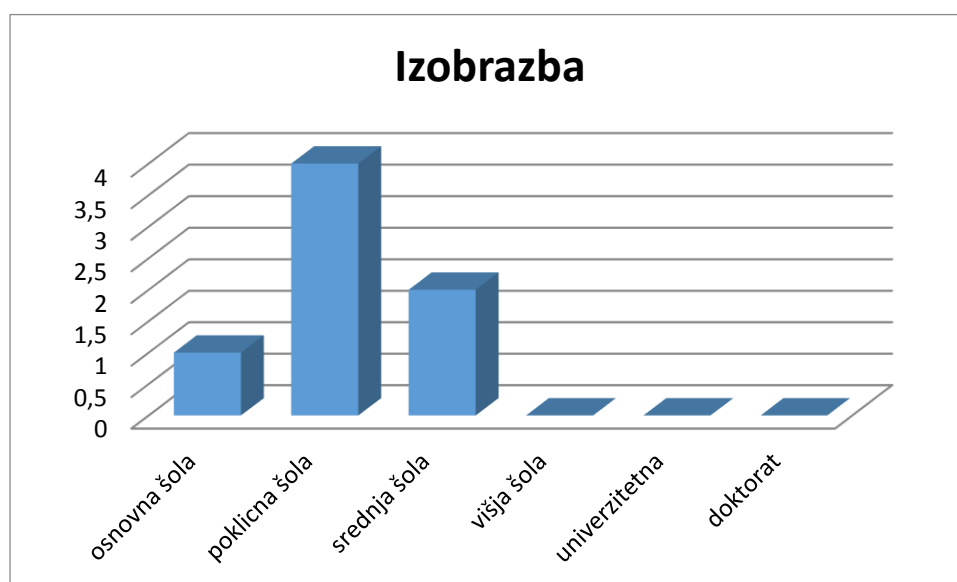
13 PREGLED REZULTATOV

13.1 Socialno-ekonomske značilnosti (vprašanja 1, 2, 3, 4)

Najprej predstavljamo rezultate prvega sklopa vprašanj. Ta sklop zajema 4 vprašanja. Cilj je bil izvedeti osnovne socialno-ekonomske značilnosti. Rezultati so prikazani na grafih 1, 2, 3.

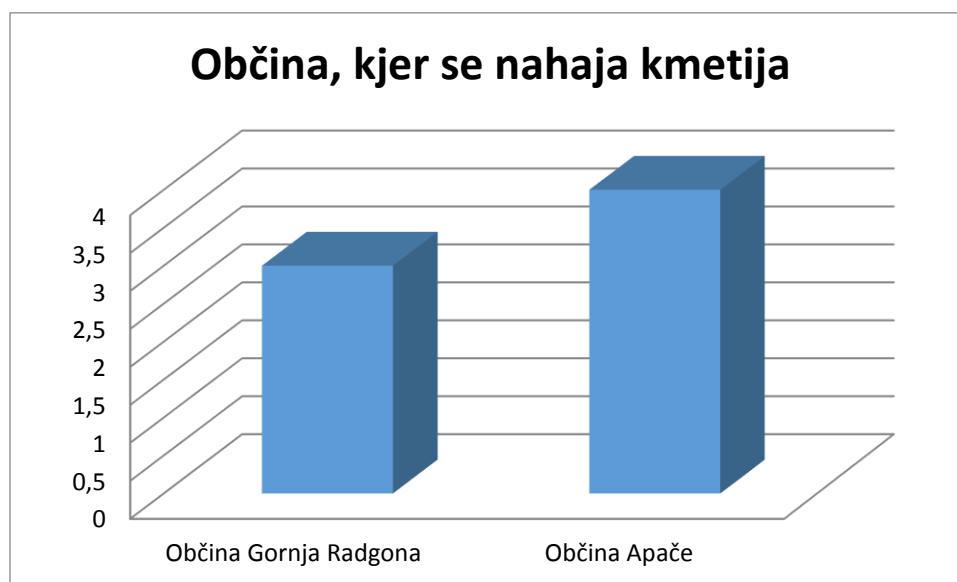


Graf 1: Spol lastnikov kmetije



Graf 2: Izobrazba lastnikov kmetije

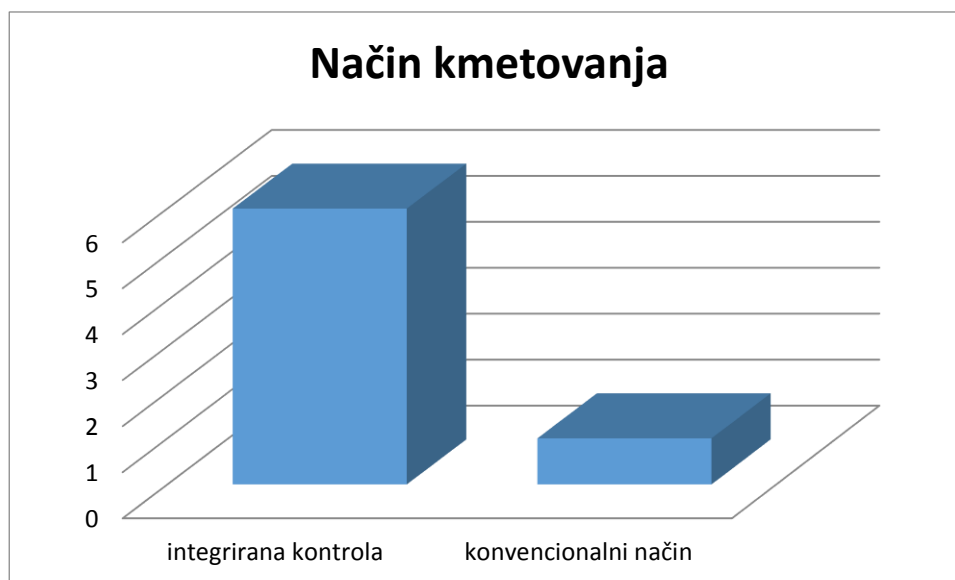
Vsi kmetje, ki so odgovorili na poslano anketo, so bili moškega spola (graf 1). Moški so tudi sicer v večini primerih v Sloveniji lastniki kmetij. V 27 % pa so lastnice oz. gospodarice kmetij v Sloveniji ženske (SURS 2010). Med 11 kmetijami, ki smo jih uspeli pridobiti od kmetijskih svetovalcev v Gornji Radgoni je bila tudi ena ženska lastnica, vendar njene ankete nismo uspeli pridobiti. Povprečna starost, ki grafično ni prikazana, je kar 58,5 let, najmlajši sodelujoči je štel 38 let, najstarejši pa 69. Povprečna starost latnikov kmetij v Sloveniji pa je 57 let, tako da ta podatek tudi v tem vzorcu ne odstopa od povprečja (SURS 2010). Izobrazba, ki so jo sodelujoči dokončali, je v enem primeru dokončana osnovna šola, v štirih primerih poklicna šola, v dveh primerih pa so sodelujoči dokončali drugo srednjo šolo (graf 2). Vsa kmetijska gospodarstva pa se nahajajo na območju občin Apače in Gornja Radgona. V občini Apače so 4 kmetijska gospodarstva, v občini Gornja Radgona pa 3 (graf 3).



Graf 3: Občina v kateri se nahaja kmetija

13.2 Obstoječe stanje kmetijske pridelave (vprašanja 5–10)

Drugi sklop vprašanj predstavlja osnovne značilnosti trenutne kmetijske pridelave. Ta sklop obsega 6 vprašanj, ki so predstavljena na grafih 4, 5, 6, 7 in tabelo 2.



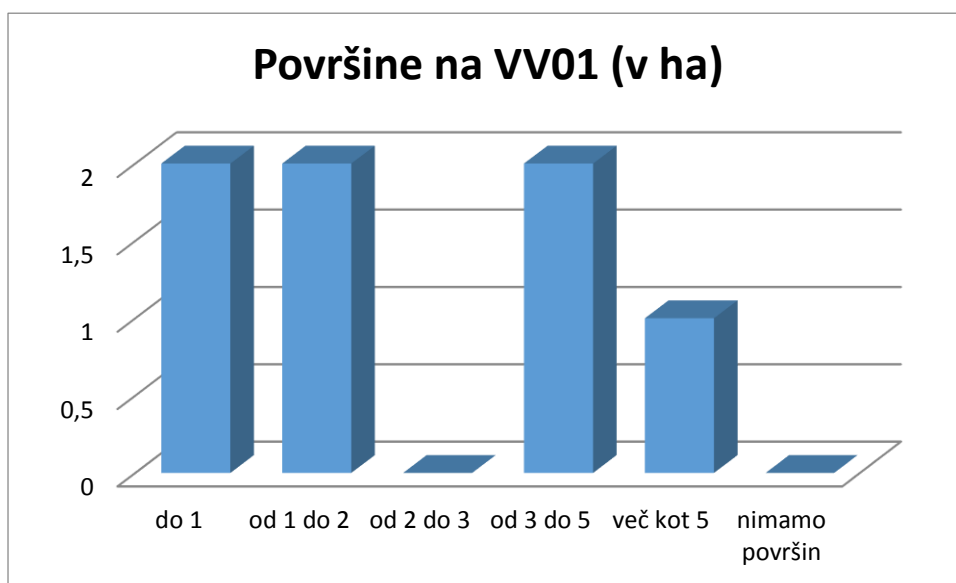
Graf 4: Način kmetovanja

Večina sodelujočih pri anketi je vključenih v integrirano pridelavo (graf 4). Le ena izmed sedmih kmetij ni vključena v nobeno certificirano pridelavo in kmetuje na konvencionalen način. V Sloveniji je povprečna velikost kmetij 6,4 ha (SURIS 2010). V primeru anketiranih kmetij je velikost kmetij precej večja, saj so 4 kmetije večje od 15 hektarjev, 3 kmetije pa so velike od 7 do 15 hektarjev. Če pogledamo povprečno velikost teh sedmih kmetij, je to kar 31,3 hektarja na kmetijo. V večini primerov gre za njive (92,98 %) in travinje (6,87 %), trajni nasadi pa predstavljajo zgolj 0,41 % (tabela 1).

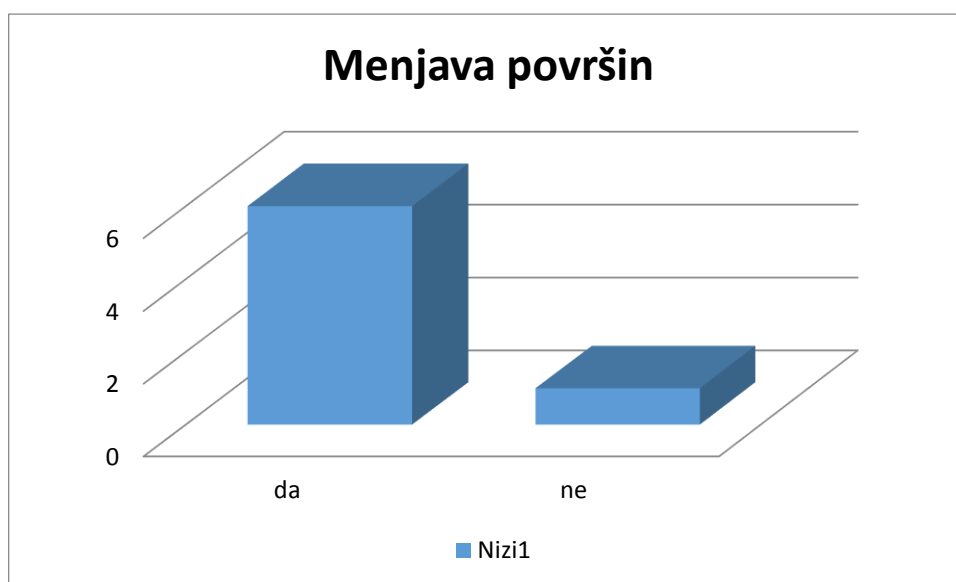
Tabela 2: Razporeditev površin

Površina	Površina (ha)	Površine (%)
Njiva	203,91	92,98
Travinje	15,08	6,87
Trajni nasadi	0,3	0,41
Skupaj	219,29	100

Na najožjem vodovarstvenem območju imajo okoli 20 ha oz. 9,1 % kmetijskih zemljišč (graf 5). Dva anketiranca imata manj kot 1 ha na VVO 1, dva imata med 1 in 2 ha na VVO 1, dva imata med 3 in 5 ha na VVO 1, eden izmed sodelujočih pa ima več kot 5 ha na VVO 1. Na podlagi anket lahko ugotovimo, da večina sodelujočih kmetov v anketi ni zadovoljna s tem, da ima zemljišča na VVO 1, saj je kar 6 od 7 anketiranih podalo mnenje, da bi se odločili za menjavo zemljišč, ki jih imajo na VVO 1, če bi imeli to možnost (graf 6) in to je lahko tudi ena izmed usmeritev lokalne skupnosti in kmetijske politike za aktivnosti v prihodnje.

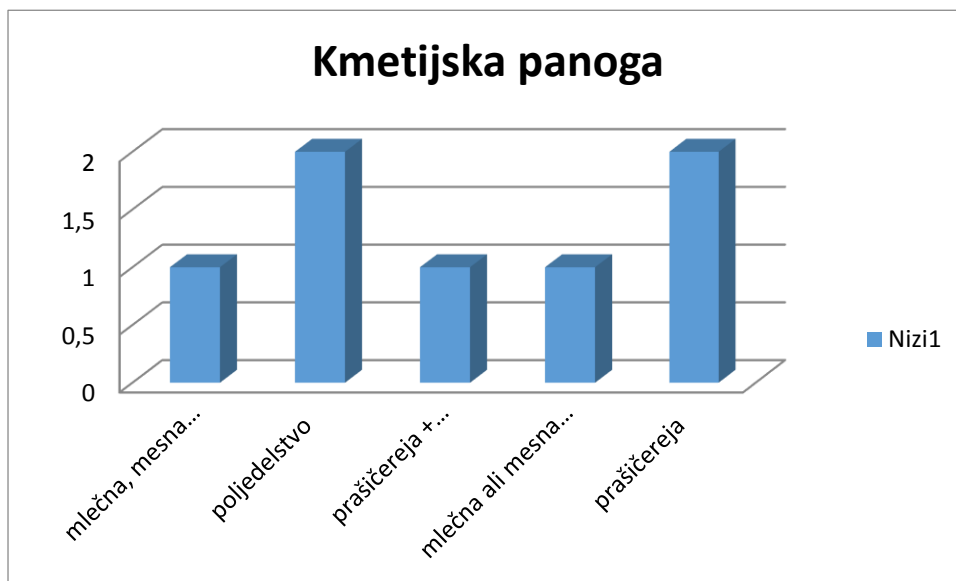


Graf 5: Površine VVO1



Graf 6: Menjava površin

Večina sodelujočih v anketi se ukvarja z mlečno ali mesno govedorejo, poljedelstvom in prašičerejo (graf 7). Dva izmed anketirancev nimata živali, dva pa imata poleg živinoreje tudi tržno pridelavo poljščin. Ostali trije pa so usmerjeni izključno v mlečno ali mesno govedorejo ter prašičerejo in na njivah pridelujejo krmo za živali. Stalež živali je pri 5 anketirancih med 14 in 144 GVŽ. Torej spet ugotovimo, da gre za slovenske razmere za kar velike kmetije, saj je sicer povprečen stalež na kmetijo 5,6 (SURS 2010). Večina pa ima hleve z rešetkami, kjer je prisotna gnojevka in le v enem primeru je anketiranec označil, da še imajo gnojnico in nastilj.



Graf 7: Kmetijska panoga

13.3 Stališča glede kmetijske politike in kmetovanja na VVO 1

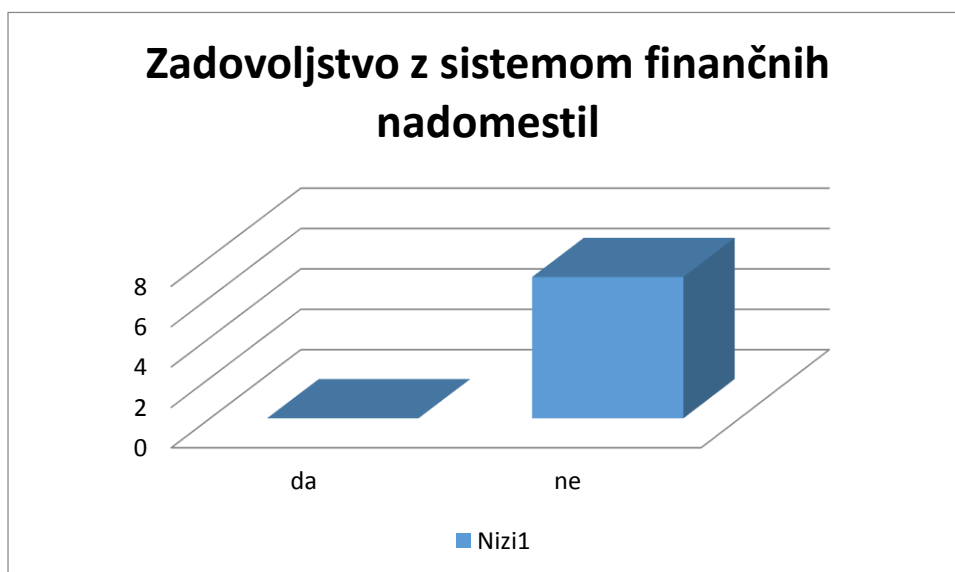
(vprašanja 11– 14)

Ta sklop zajema 4 vprašanja. Cilj tega sklopa je bil izvedeti, kako so kmetje trenutno zadovoljni z izplačili, ki jih dobijo za površine na VVO 1 in katerih ukrepov ne morejo koristiti. Zanimalo nas je tudi, ali so zadovoljni z novim programom kmetijske politike 2014–2020. Rezultati so predstavljeni na grafih 8, 9, 10.



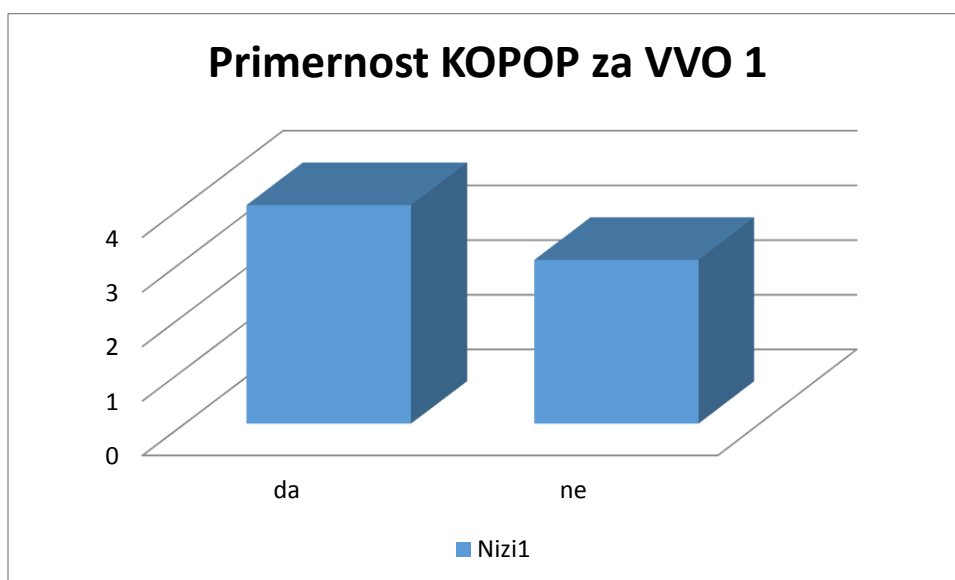
Graf 8: Izpolnjevanje uredbe na VVO 1

Kar 5 anketirancev od 7 je navedlo, da je težko izpolnjevati uredbo za VVO 1 (graf 8). Na odgovor, ali so zadovoljni z obstoječimi finančnimi nadomestili za VVO1, pa je bil odgovor pri vseh anketirancih *ne* (graf 9). Kot razlog so navedli prenizka finančna nadomestila, nekateri pa so izrazili željo, da ne bi bilo finančnih nadomestil, ampak bi normalno koristili ukrepe, kot ostali kmetje, ki nimajo zemljišč na VVO, saj bi z ostalimi ukrepi dobili več kot s tem nadomestilom za VVO 1.



Graf 9: Zadovoljstvo s finančnim sistemom nadomestil

Štirje od sedmih sodelujočih v anketi so mnenja, da je program KOPOP napisan primerno za VVO 1 (graf 10). Trije so mnenja, da je ukrep popolnoma zgrešen in so navedli, da ne morejo koristiti skoraj nobenega ukrepa, ta podatek so nam posredovali tudi kmetijski svetovalci v Gornji Radgoni. Ker gre za novi program je možno, da se sodelujoči v anketi še niso dodobra spoznali z njegovo vsebino.



Graf 10: Primernost KOPOP za VVO 1

13.4 Stališča glede ekološkega kmetijstva na VVO 1 (vprašanje 15–19)

Zadnji sklop zajema 5 vprašanj. Za nas je to bil najpomembnejši sklop, saj smo želeli ugotoviti, ali obstaja možnost preusmeritve v ekološki način kmetovanja. Rezultati so predstavljeni na grafih 11, 12, 13, 14 in v tabeli 3.

Na vprašanje, ali razmišljajo o kmetovanju na ekološki način, je šest od sedmih sodelujočih odgovorilo z *ne* (graf 10). Teh šest je nato odgovarjalo na vprašanje 16. Razlogi, ki so jih navedli so različni (tabela 3). Pri vprašanju 16, ki se navezuje na vprašanje 15, so imeli možnost obkrožiti več odgovorov in sami dopisati svoje mnenje o zadržkih. Vseh 6 sodelujočih je obkrožilo, da ne bodo smeli gnojiti z mineralnimi dušikovimi gnojili, kar so navedli kot glavni razlog. Štirje sodelujoči so navedli, da bi bili stroški za preureditev hlevov, ki jih zahteva ekološka pridelava preveliki. Trije so mnenja, da nimajo primernih strojev za obdelavo zemlje. Po dvakrat so obkrožili, da ne bi smeli uporabljati herbicidov, da ni primerne trga za prodajo in da je količina pridelkov premajhna. Le eden od anketirancev pa je obkrožil, da ima premalo informacij o ekološkem kmetijstvu. Pod drugo, je svoje mnenje podal prav tako 1 sodelujoči. Napisal je da, kmetje že sedaj *životarijo* in da z ekološko pridelavo noben kmet ne more preživeti (tabela 3).



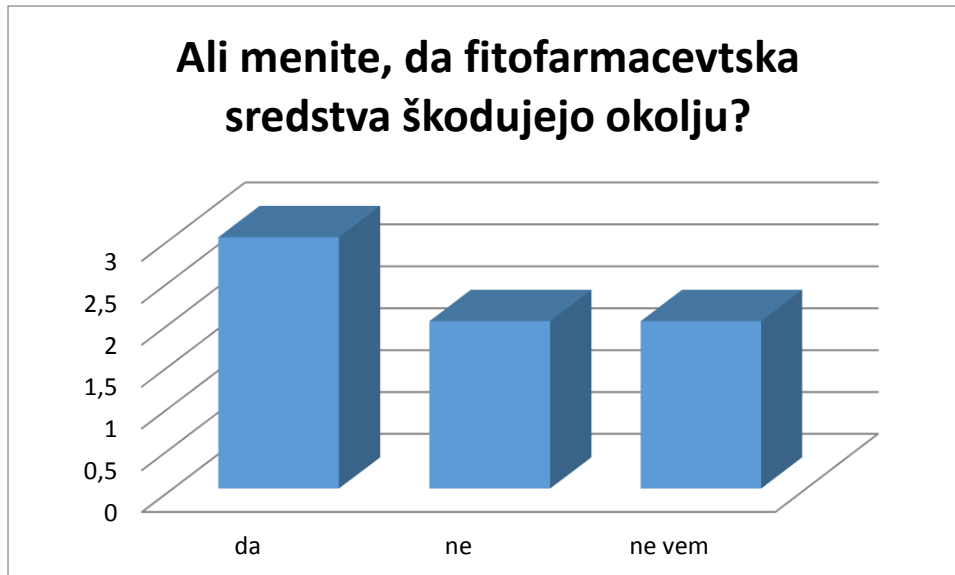
Graf 11: Ali obstaja možnost preusmeritve v ekološko pridelavo



Tabela 3: Zadržki za preusmeritev v ekološko kmetijstvo

Zadržki in omejitve glede ekološkega kmetijstva	Število odgovorov
Nimam dovolj informacij o ekološkem kmetijstvu	1
Ne bom smel gnojiti z mineralnimi dušikovimi gnojili	6
Prepovedana je uporaba herbicidov in drugih kemično sintetičnih sredstev	2
Nimam trga za prodajo ekoloških izdelkov	2
Nimam primernih strojev za obdelavo zemlje	3
Količina pridelka bo manjša	2
Preveliki stroški za preureditev hlevov	4
Drugo: Kmet z ekološko pridelavo ne more preživeti	1

Trije od sedmih sodelujočih v anketi, menijo da fitofarmacevtska sredstva škodujejo okolju, vodi in uporabnikom. Dva sta mnenja, da fitofarmacevtska sredstva ne vplivajo oz. ne škodijo uporabnikom, dva pa sta podala odgovor, da ne veda (graf 12).



Graf 12: Škodovanje fitofarmacevtskih sredstev

Trije od sedmih anketirancev menijo, da ekološka pridelava lahko zaščiti podtalnico. Dva sta mnenja, da z ekološko pridelavo podtalnice ne moremo zaščititi, dva pa sta podala odgovor, da ne veda (graf 13).



Graf 13: Zaščita podtalnice z ekološko pridelavo

Pet od sedmih sodelujočih je mnenja, da država dovolj spodbuja ekološko kmetovanje, dva pa sta mnenja, da je država na tem področju storila premalo (graf 14). 71 % anketirancev je mnenja, da država dovolj spodbuja ekološko kmetovanje, vendar očitno to ne predstavlja dovolj velikega razloga za preusmeritev.



Graf 14: Spodbujanje ekološkega kmetovanja



14 SKLEPI

Rezultati, ki smo jih pridobili z anketo ponazarjajo zanimiva videnja. Anketiranci, ki predstavljajo kmetovalce na VVO 1 Apaškega polja trenutno ne razmišljajo o preusmeritvi v ekološko kmetovanje. Površine, ki jih imajo na najožjem vodovarstvenem območju bi raje zamenjali s površinami zunaj vodovarstvenega območja. Zakaj ni večjega interesa za preusmeritev v ekološko kmetijstvo je verjetno predvsem finančni problem in premalo znanja o samem ekološkem kmetovanju ter strah pred neuporabo mineralnih gnojil in fitofarmaceutskih sredstev. Naše mnenje je, da bi kmetovalcem na tem področju bilo potrebno predstaviti dobre prakse in pokazati možnost, da se da kmetovati tudi na ekološki način in pri tem dobiti enak, verjetno pa še večji finančni izkupiček. Vodovarstvena območja bi lahko predstavljala tudi neko dodatno geografsko označbo, pridelki in izdelki pa bi imeli tudi lastno blagovno znamko. Če pogledamo širše je navsezadnje pitna voda pomembna za vse nas, ki živimo na tem območju in ne samo za kmetovalce, ki kmetujejo na vodovarstvenih območjih. Tako bi morala tudi širša javnost pokazati zanimanje in podpreti kmetovalce ter tudi njihove izdelke. Kot smo že v uvodu omenili, so za vodovarstvena območja najprimernejša žita, ki jih ni potrebno namakati. Po pregledu trga je povpraševanje po ekološki moki in ostalih izdelkih iz žit zelo veliko. Kar nakazuje, da je ekološko kmetovanje na vodovarstvenih območjih tudi možno. Se pa tudi kmetijstvo in pogled oz. način kmetovanja počasi spreminja. Ker je »poceni« hrana na voljo vsepovsod po svetu, so tudi naši kmetovalci primorani posegati po malce drugačnih prijemih in tudi vključiti tudi svoj podjetniški duh ter poskusiti iztržiti čim več iz svoje kmetije. Kmetovalce na teh področjih pa je potrebno tudi spodbujati in jim pokazati nove možnosti in tržne poti. Po našem mnenju morajo plačila za kmetovanje na VVO 1 predstavljati neko nagrado za varno ravnanje z vodo. Kmetovalcem pa je potrebno pomagati, da dosežejo večino prihodkov iz prodanih izdelkov in pridelkov iz svoje kmetije in ne iz neposrednih plačil, kot trenutno velja za večino primerov.



Vodonosnika Vrbanski plato in Apaško polje, orodja za trajnostno zagotavljanje vodnih virov

Vpliv podnebnih značilnosti na vodno zalogo obravnavanega območja

Sodelujoči študenti skupine: Aleš Praprotnik

Povzetek: *V naši skupini smo se osredotočili na analizo štirih ključnih klimatskih dejavnikov, ki vplivajo na vodno zalogo obravnavanega območja: temperaturo, višino padavin, potencialno evapotranspiracijo in vodno bilanco. Obdobje analize velja za 54 letno opazovalno obdobje obeh postaj – 1961-2014.*

Ugotovljeno je bilo, da se trend povprečna temperatura zraka zvišuje na obeh obravnavanih meteoroloških postajah – Maribor-Tabor in Gornja Radgona. Prav tako beležimo negativne trende pri količini padavin. Trend potencialne evapotranspiracije je pozitiven. Vodna bilanca, ki predstavlja razliko med višino padavin in potencialno evapotranspiracijo, ima prav tako negativen trend, kar pomeni, da smo čedalje bolj pogosto v vodnem deficitu.



15 UVOD

V zadnjih treh desetletjih se je podnebje po celem svetu pričelo intenzivno spreminjati. Priča smo čedalje večjim ekstremom – hudi suši, močnim nalivom, pojavom tornadov na območjih, kjer jih nikoli poprej ni bilo, dvigu temperature na celotnem planetu, intenzivnemu taljenju ledenikov ter posledično dvigu gladine svetovnega morja, ter mnogim drugim vremenskim pojavom s katerimi se srečujemo, kadar nastopi prehod fronte. Prebivalstvo v mestih se povečuje in s tem tudi stopnja urbanizacije. Mesta se širijo v svoje obrobne dele kar zahteva temeljit pristop k zagotavljanju ustrezne komunalne infrastrukture. Večja koncentracija prebivalstva na enem predelu območja pomeni tudi večjo obremenjevanje okolja ter večjo porabo pitne vode. Slednja se zagotavlja s črpanjem iz večjih ali manjših vodonosnikov v neposredni bližini ali tudi v večji oddaljenosti. V našem primeru smo se osredotočili na Vrbanski plato in Apaško polje. Pri analiziranju klimatskih dejavnikov – temperaturi, višini padavin, evapotranspiraciji in vodni bilanci smo skušali pridobiti nove informacije trendu izbranih klimatskih elementov. Višje kot so temperature, večje je izhlapevanje kar vpliva na zaloge vode v vodonosniku in njegove samočistilne sposobnosti.

Razlaga pojmov:

- **Potencialna evapotranspiracija** = glede na količino padavin in temperaturne razmere mogoča količina izhlapele vode z določenega dela zemeljskega površja v enem letu, ki pa je zaradi različnih naravnih dejavnikov, predvsem neenakomerne razporeditve padavin preko leta, večje vetrovnosti in majhne zračne vlažnosti, praviloma večja od dejanskega izhlapevanja. (Kladnik, 2008:94)
- **vodna bilanca** = razmerje med količino vode, ki pride na Zemljino površje s padavinami, in količino, ki z njega dela v istem času izhlapi. (Bufon, Černe, idr., 2005: 424)

16 METEOROLOŠKA POSTAJA MARIBOR-TABOR

Meteorološka postaja Maribor-Tabor deluje neprekinjeno od leta 1961. (Medmrežje 1) Je ena od trinajstih meteoroloških postaj, ki beležijo vse vremenske pojave. V našem primeru smo pridobili podatke za temperaturo, višino padavin, evapotranspiracijo ter vodno bilanco.

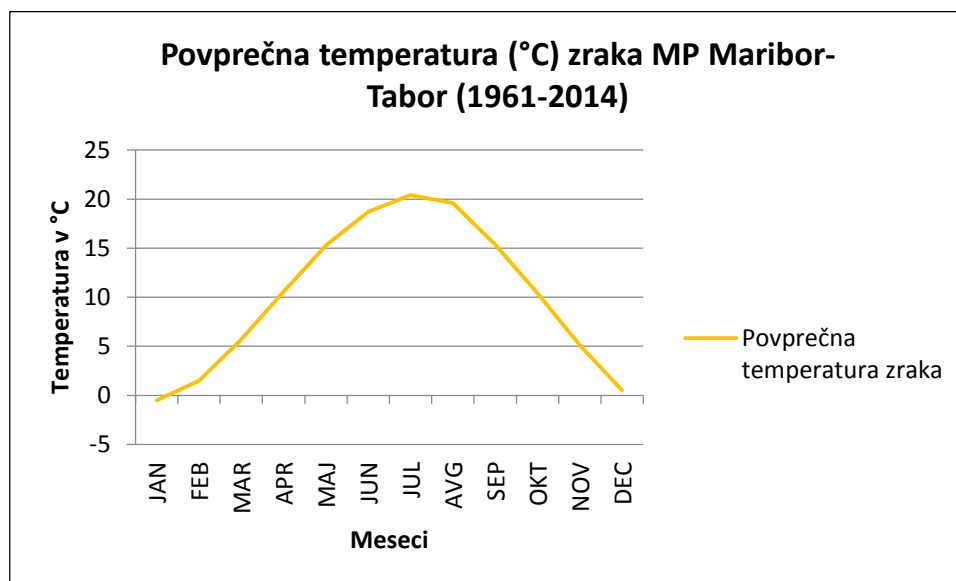
Osnovni podatki meteorološke postaje:

Nadmorska višina (m)	275
Zemljepisna širina	46° 32'
Zemljepisna dolžina	15° 39'

Osnovni podatki meteorološke postaje[3]

Izbrane klimatske dejavnike smo obravnavali v 54 letnem opazovalnem obdobju (1961-2014). Večino podatkov smo pridobili iz Klimatogeografije Slovenije, del podatkov je priskrbel mentor ostale smo pridobili s spletne strani ARSO oziroma s spletnih mesečnih biltenov.

Povprečna temperatura zraka za 54 letno opazovalna obdobje znaša 10,2°C, povprečna višina padavin je 865,4 mm, povprečna evapotranspiracija je 1013,7 mm, povprečna vodna bilanca znaša 135,6 mm.



Graf 15: Povprečna temperatura zraka MP Maribor po mesecih (1961-2014)

Pri analiziranju klimatskih dejavnikov skozi večletna opazovalna obdobja moramo ohraniti kritično presojo, saj se je v tem času lahko neposredna okolica meteorološke postaje modificirala – večja zazidanost v območju meritev vpliva na dvig temperature, smeri vetrov in intenziviranje v moči smeri pihanja, premostitev postaje na drugo merilno mesto – kar vodi v odstopanja pri meritvah. Zaradi širjenja pozidanih površin je temperatura zraka hitreje višala.

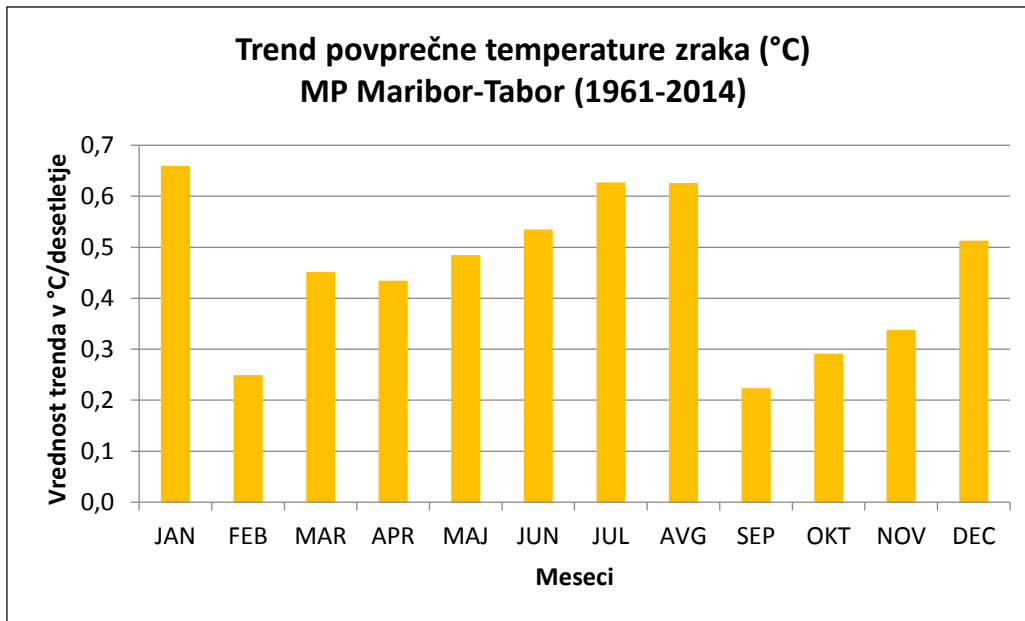
Temperatura zraka (povprečje)	Vrednost (°C)	Mesec	Leto
Maksimalna vrednost	24,7	Avgust	1992
Minimalna vrednost	-6,5	Januar	1964

16.1 Temperatura zraka

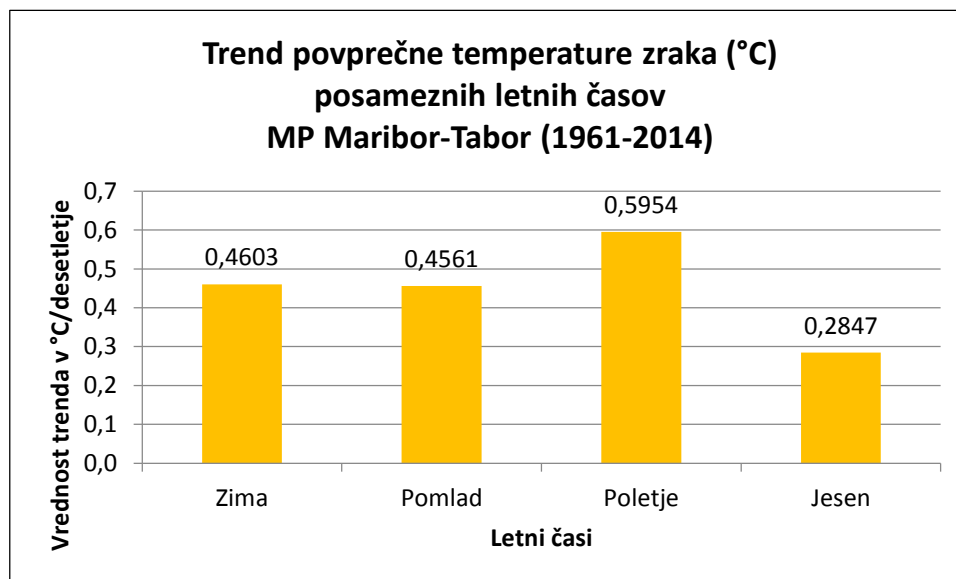
Spreminjanje povprečne temperature zraka je lahko naravnega izvora ali antropogenega. Izraziti dvigi temperatur so nedvomno tudi posledica povečanega antropogenega vnosa toplogrednih plinov v atmosfero. Klimatske postaje po vsem svetu beležijo vedno večje ekstremne izmerjene vrednosti – pri tem moramo, kot smo že omenili, upoštevati tudi, da se okolica meteoroloških postaj spreminja.

Zaradi še bolj podrobnejšega stanja trenda, smo pridobili tudi podatke za dekadna obdobja vsakega meseca, torej, vsak mesec je razdeljen na tri desetdnevna opazovalna obdobja (dekade).

Trend povprečne mesečne temperature zraka na meteorološki postaji Maribor-Tabor desetletnega opazovalnega obdobja nakazuje, da se le-ta zvišuje. Najvišji trend beležimo v mesecu januarju in sicer $0,6597^{\circ}\text{C}$ v desetletju, najnižjega v mesecu septembru, $0,2233^{\circ}\text{C}$ na desetletje. Prav vsi meseci v letu imajo pozitiven trend kar pomeni, da se v vseh mesecih povprečna temperatura počasi dviguje. Posledica dviga temperature je večje vodno izhlapevanje in s tem nižanje vodne bilance oziroma razpoložljive vode.



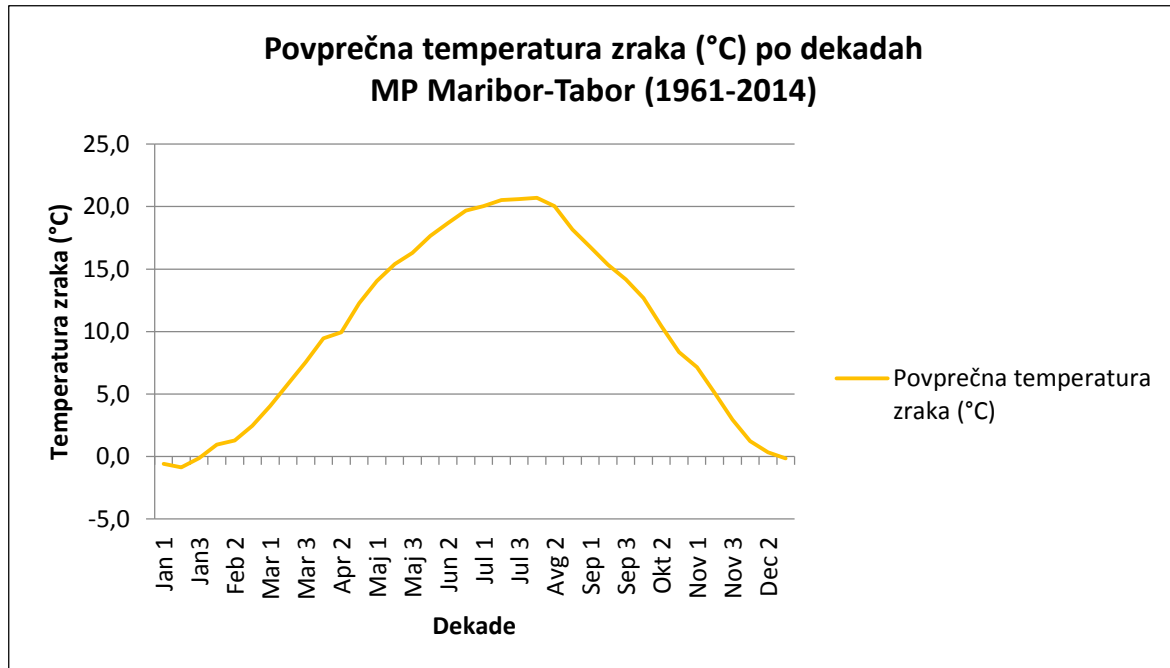
Graf 16: Trend temperature zraka MP Maribor-Tabor (1961-2014)



Graf 17: Trend povprečne temperature posameznih letnih časov MP Maribor-Tabor (1961-2014)

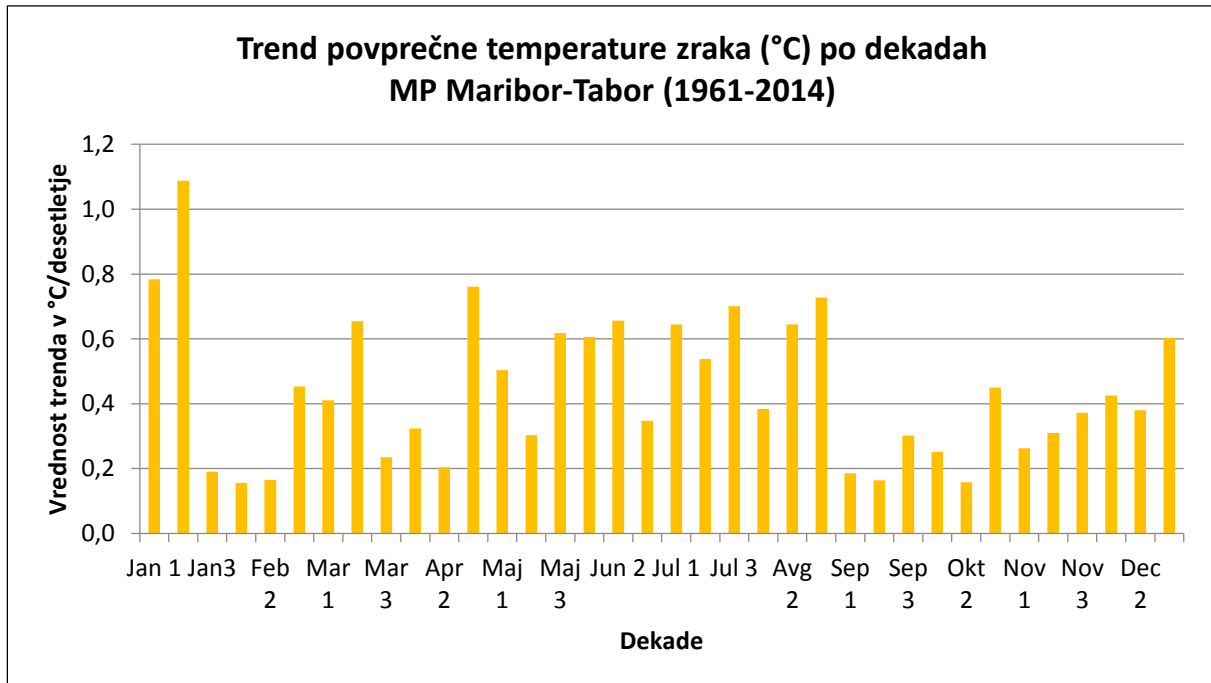
Grafikon 17 prikazuje trend povprečne temperature zraka posameznih letnih časov MP Maribor-Tabor v obdobju 1961-2014. Podobno kot pri mesečnih vrednostih je tudi tukaj opazen očiten pozitiven trend. Najnižji je v jesenskem času - 0,2847°C na desetletje, najvišji v poletnem času, 0,5954°C, kar je dvakrat višji kot trend jeseni.

Analiza povprečne temperature zraka na dekadnem nivoju je prikazana v grafikonu 18 in 19. Krivulja grafikona je veliko bolj nazorna kakor pri mesečnem nivoju. Vidnejša so nihanja povprečne temperature. Najnižja temperatura je zabeležena v prvi dekadi januarja ($-10,6^{\circ}\text{C}$), najvišja v prvi dekadi avgusta ($27,8^{\circ}\text{C}$).

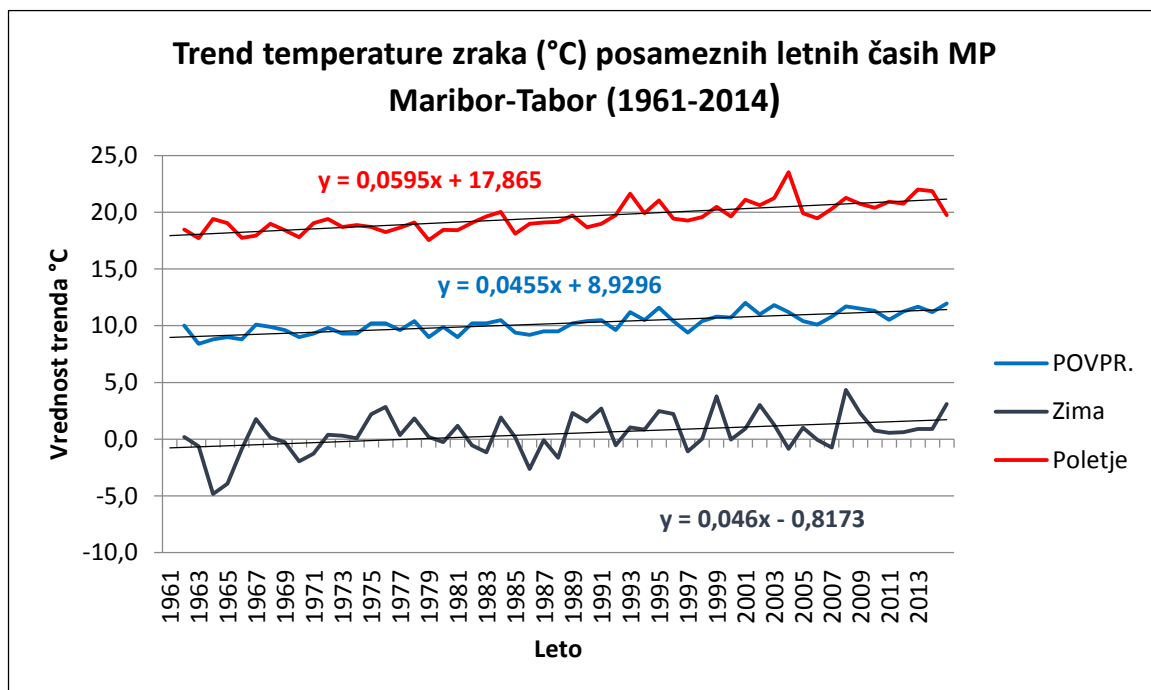


Graf 18: Povprečna temperatura zraka ($^{\circ}\text{C}$) po dekadah MP Maribor-Tabor (1961-2014)

Spodnji graf prikazuje trend povprečne temperature zraka na dekadnem nivoju. Opazno je, da so vsi trendi pozitivni. Najvišja vrednost trenda za desetletno obdobje znaša 1,0875°C in sicer v drugi dekadi januarja. Najnižja vrednost je v prvi in drugi dekadi februarja ter drugi dekadi septembra (0,1640°C). Kar 30 od skupno 36 dekad izkazuje trend zviševanja temperature zraka za 0,2°C ali več na desetletje!



Graf 19: Trend temperature zraka (°C) po dekadah MP Maribor-Tabor (1961-2014)



Graf 20: Trend temperature zraka posameznih letnih časov MP Maribor-Tabor (1961-2014)

Na grafikonu 10 opazimo trendno črto, ki pri vseh analiziranih vrednostih narašča, kar pomeni, da se trend nadaljuje v negativno smer, tj. v višanje povprečnih temperatur. Največje povišanje temperatur lahko pričakujemo v poletnem času.

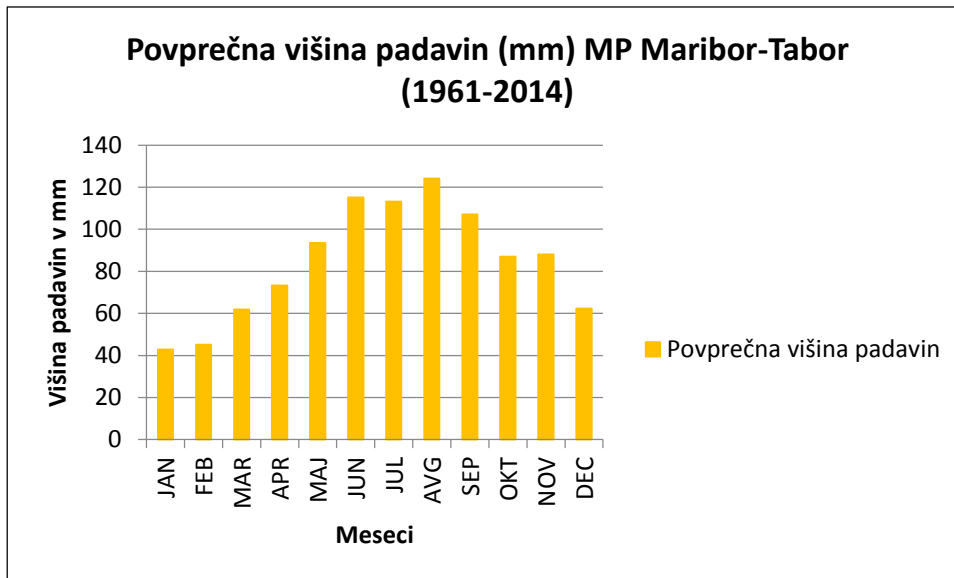
16.2 Višina padavin

Na letno količino padavin vplivajo različni dejavniki – geografska širina, lega ob morju, kontinentalnost, lega na privetrni ali zavetrni strani gora ipd. V Sloveniji geografska širina zaradi majhnih prostorskih razsežnosti ni glavni dejavnik. V Sloveniji se kontinentalnost večja proti vzhodu, kar pomeni, da se padavine pri nas znižujejo od zahoda proti vzhodu. (Praprotnik, 2012:33) Najbolj namočena območja so ob gorski pregradi Julijskih Alp in Dinarskega gorstva v smeri jugovzhod preko visokih dinarskih planot do Snežnika na Notranjskem. Letno ta območja prejmejo tudi preko 3000 mm padavin, kar je več kot štirikrat več kot najvzhodnejši deli Slovenije.

Povprečna višina padavin leta 2014 za Slovenijo znaša 1957 mm (Medmrežje3). Letna višina padavin za MP Maribor-Tabor leta 2014 znaša 1232,6 mm, kar je krepko pod slovenskim povprečjem. Za 54 letno opazovalno obdobje znaša povprečna letna višina padavin 1013,7 mm.

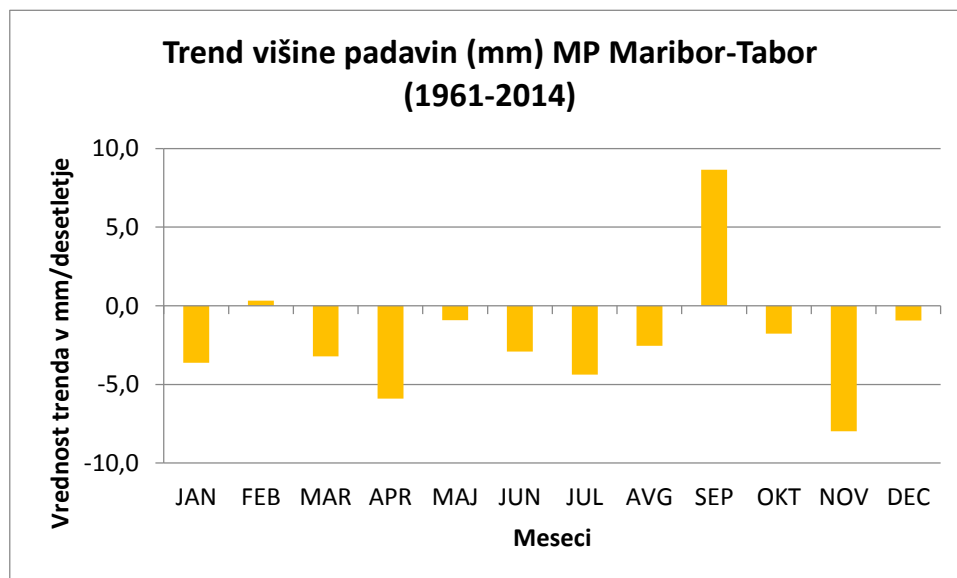
Višina padavin	Vrednost (mm)	Mesec	Leto
Maksimalna vrednost	284,0	Avgust	2009
Minimalna vrednost	0,0	Oktober*	1965

*V celotnem opazovalnem obdobju je bilo še nekaj drugih mesecev, ko je bila vrednost 0,0 mm, navajamo prvo takšno zabeleženo vrednost odkar postaja opravljata meritve.



Graf 21: Povprečna višina padavin (mm) MP Maribor-Tabor (1961-2014)

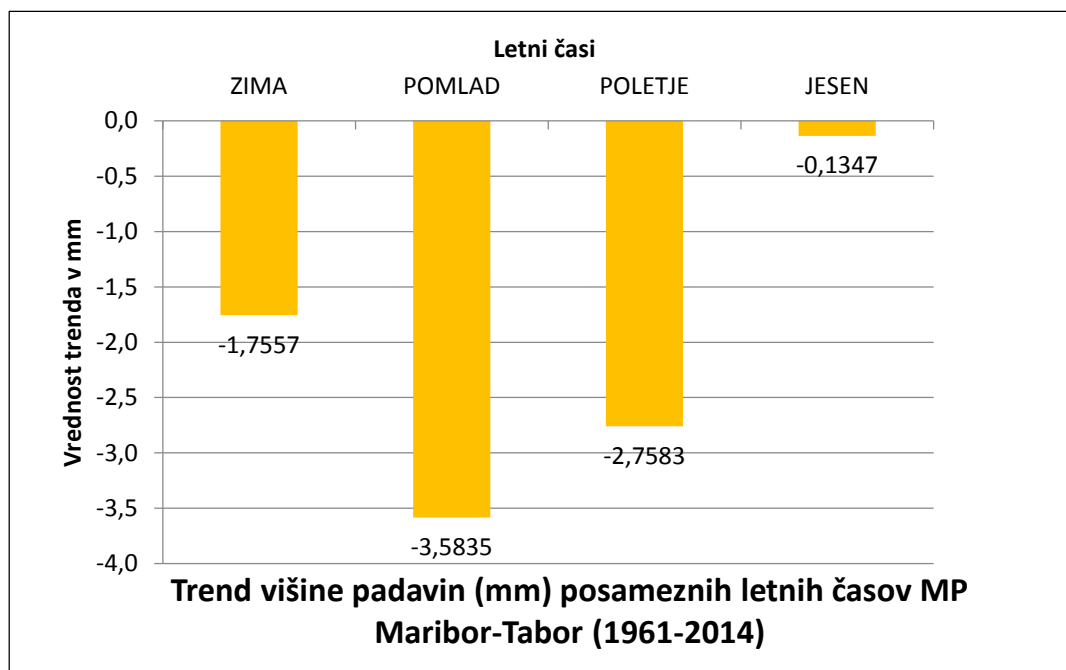
Zgornji grafikon 7 prikazuje potek povprečne mesečne količine padavin za izbrano klimatsko postajo. Največ padavin pade v obdobju od maja do oktobra. Najmanj pa v januarju (42,9 mm) in februarju (45,1 mm), največ pa v avgustu (124,0 mm) in juniju (115,2 mm). Trend povprečne višine padavin nakazuje negativno vrednost.



Graf 22: Trend višine padavin (mm) MP Maribor-Tabor (1961-2014)

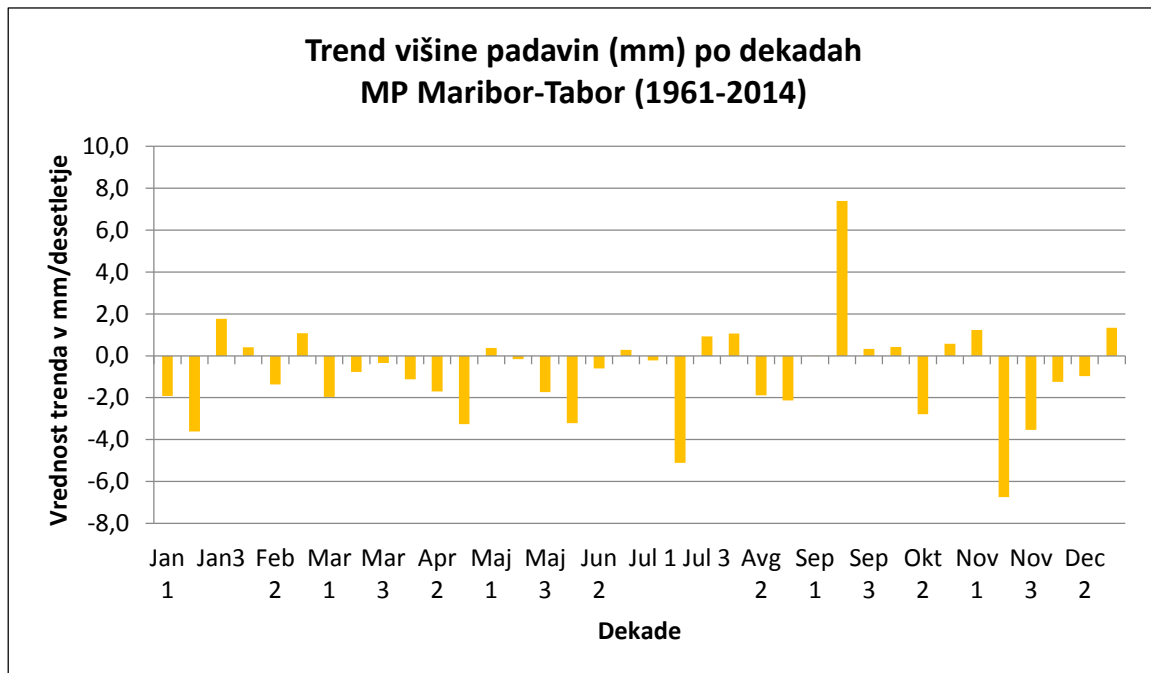
Skoraj vsi meseci imajo negativen trend z izjemo februarja (0,3200 mm) ter septembra (8,6490 mm). Največji upad ima mesec november (-7,9471 mm na desetletje).

Tudi po posameznih letnih časih je trend višine padavin negativen. Izstopa najbolj pomlad s trendom (-3,5835 mm na desetletje), sledi poletje (-2,7583 mm na desetletje), zima (-1,7557 mm na desetletje) ter jesen (-0,1347 mm na desetletje).

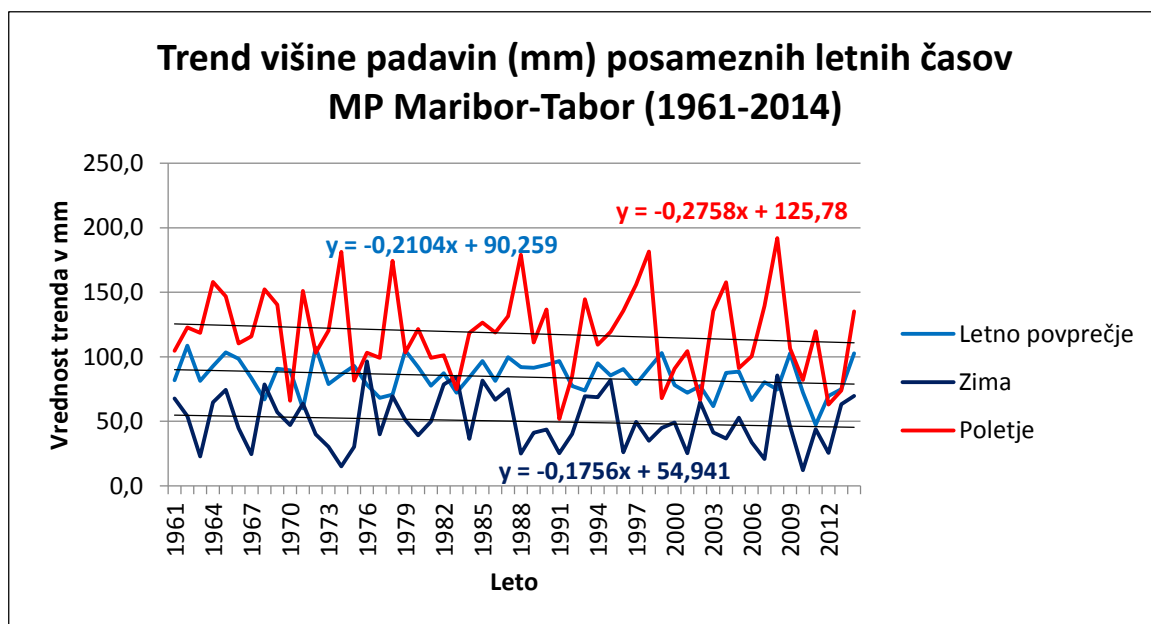


Graf 23: Trend višine padavin posameznih letnih časov MP Maribor-Tabor (1961-2014)

Podrobnejša analiza povprečne višine padavin na dekadnem nivoju je pokazala prav tako negativne trende-zniževanje količine padavin. Na izbranem nivoju je prikaz veliko bolj nazoren in vidi se, da se količina padavin po posameznih dekadah zelo znižuje. Od skupno 36 dekad, jih ima negativen trend kar 24! Največji upad je v drugi dekadi novembra (-6,7382 mm na desetletje), drugi dekadi julija (-5,11 mm na desetletje) ter drugi dekadi januarja (-3,64 mm na desetletje) in tretji dekadi novembra (-3,5391 mm na desetletje). Daleč največji porast količine padavin beležimo v drugi dekadi septembra (7,3969 mm na desetletje) v preostalih 11 pozitivnih dekadah trend povečanja količine padavin ne presega vrednosti 2,00 mm na desetletje.

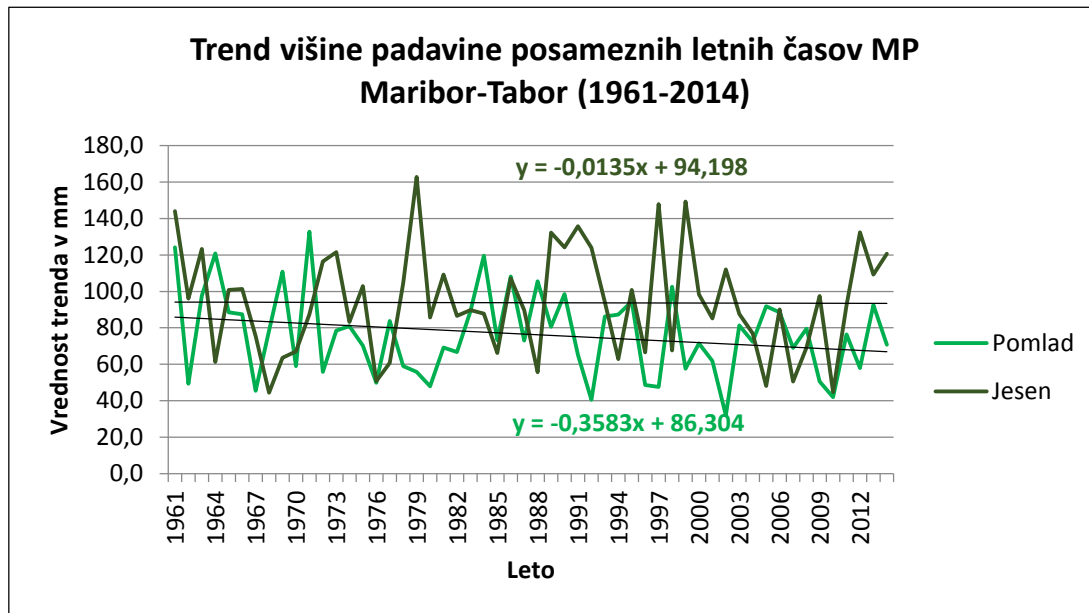


Graf 24: Trend višine padavin (mm) po dekadah MP Maribor-Tabor (1961-2014)



Graf 25: Trend višine padavin posameznih letnih časov MP Maribor-Tabor (1961-2014)

Enačbe trendov višine padavin za posamezen letni čas ter letno povprečje na grafikonu za 11 nam nazorno prikazujejo, da je le-ta negativen ter da se višina padavin glede na dolgoletno povprečje znižuje. Najvišji trend zniževanja je v poletnem času.



Graf 26: Trend višine padavin (mm) posameznih letnih časov MP Maribor-Tabor.

Enako kot pri prejšnjem grafikonu 11 je tudi pri tem grafikonu 12 trend višine padavin za izbrana letna časa negativen. Največji upad višine padavin v daljšem obdobju lahko pričakujem v pomladnih mesecih.

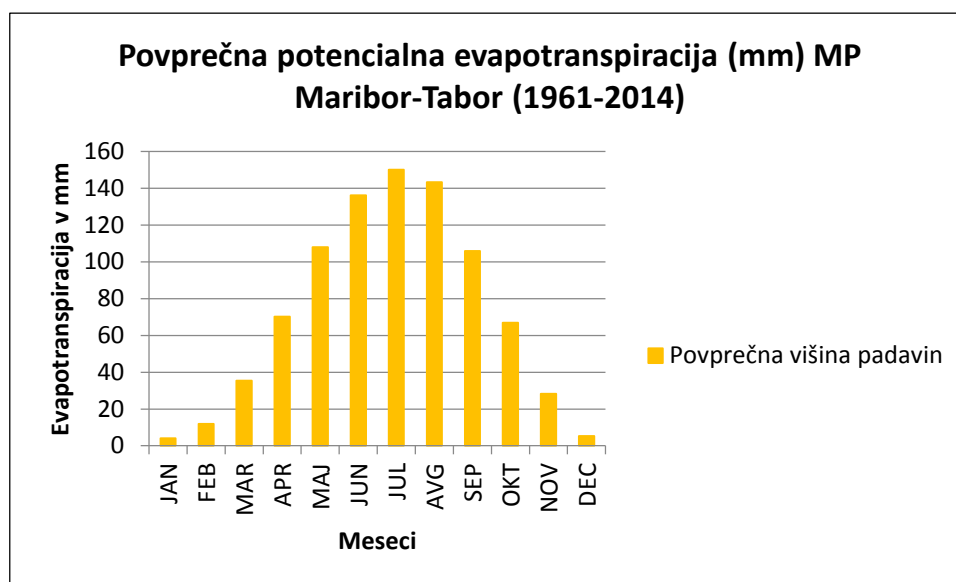
16.3 Potencialna evapotranspiracija (ETP) po Penmanu

Potencialna evapotranspiracija je mogoča količina izhlapele vode z določenega dela zemeljskega površja v enem letu, ki pa je zaradi različnih naravnih dejavnikov, predvsem neenakomerne razporeditve padavin preko leta, večje vetrovnosti in majhne zračne vlažnosti, praviloma večja od dejanskega izhlapevanja. (Kladnik, 2008:94) Višja kot je ETP manj vode ostaja na zemeljskem površju oziroma večji je vodni deficit.

Potencialna evapotranspiracija	Vrednost (mm)	Mesec	Leto
Maksimalna vrednost	250,8	Avgust	2003
Minimalna vrednost	0,0	Januar*	1961

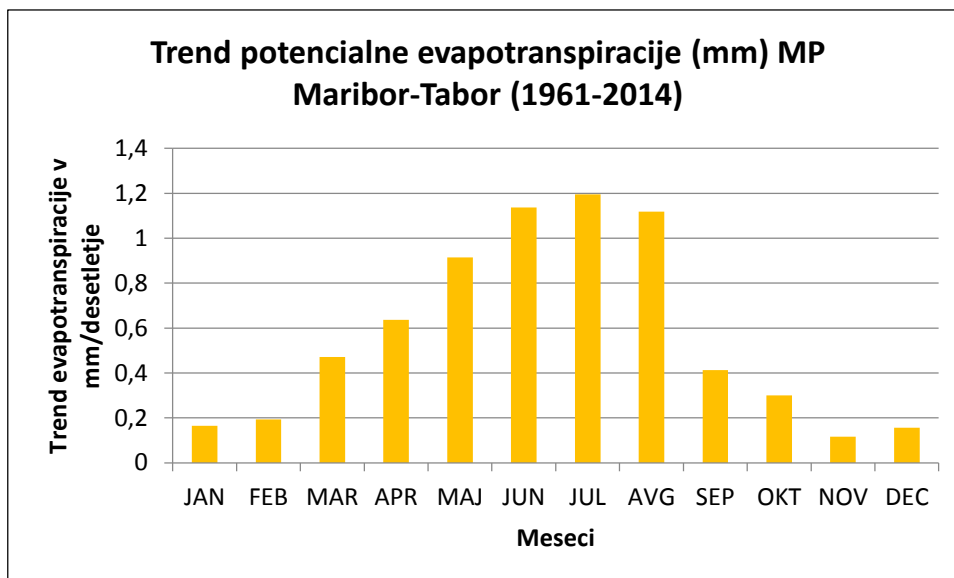
*V celotnem opazovalnem obdobju je bilo še nekaj drugih mesecev, ko je bila vrednost 0,0 mm, navajamo prvo takšno zabeleženo vrednost odkar postaja opravilna meritve.

Spodnji grafikon 13 prikazuje potek povprečne potencialne evapotranspiracije (v nadaljevanju ETP) tekom leta po posameznih mesecih. Pričakovano je najnižja vrednost ETP v hladni polovici leta ter najvišja v topli, ko je izhlapevanje najintenzivnejše. Največje vrednosti so v poletnih mesecih – junij (136,2 mm), julij (150,0 mm) ter avgust (143,3 mm) – najnižje v zimskih mesecih – januar (4,1 mm), december (5,3 mm) in februar (11,9 mm).



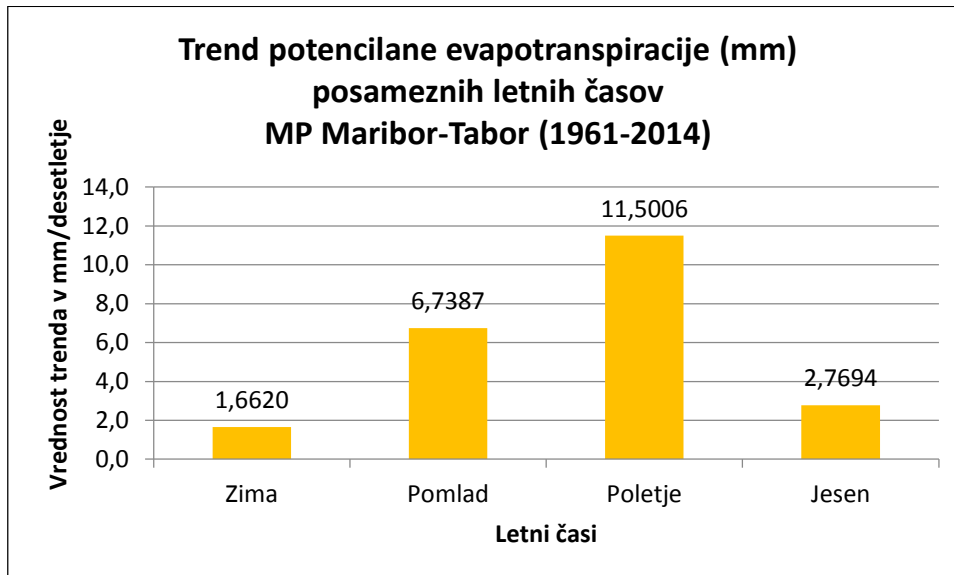
Graf 27: Povprečna potencialna evapotranspiracija (mm) MP Maribor-Tabor (1961-2014)

Trend ETP po posameznih mesecih izkazuje pozitivno vrednost, kar pomeni, da se ETP viša in to vodi v vodni primanjkljaj. Vsi meseci imajo pozitivne trende, najvišji so v poletnih mesecih (junij z vrednostjo 11,3687 mm na desetletje, julij z 11,9577 mm na desetletje in avgust z 11,1754 mm na desetletje). Najmanjši trendi ETP so v pozno jesenskem mesecu ter zimskih mesecih – november (1,1708 mm na desetletje), december (1,5570 mm na desetletje), januar (1,6430 mm na desetletje) ter februar (1,9346 mm na desetletje).



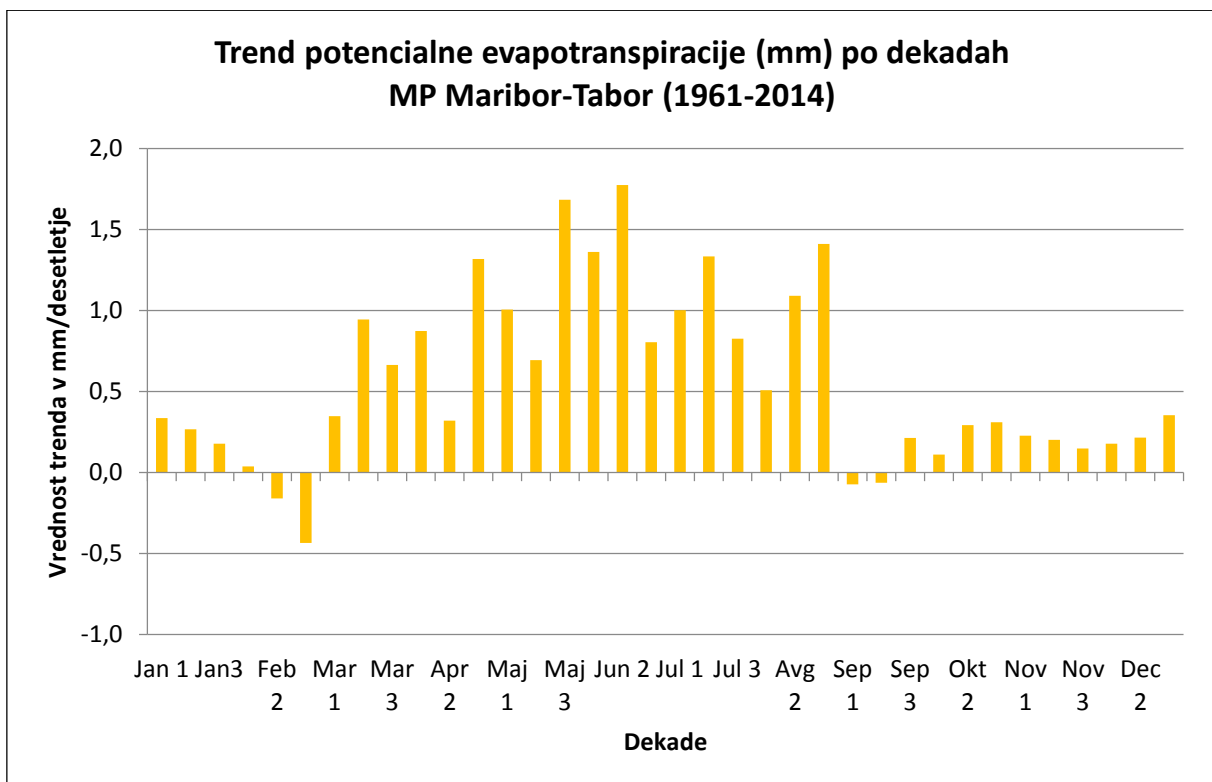
Graf 28: Trend povprečne potencialne evapotranspiracije (mm) MP Maribor-Tabor (1961-2014)

Podobno velja za letne čase. Trendi so prav tako pozitivni. Izstopa poletni čas s povprečno vrednostjo trenda 11,5006 mm desetletje, potem sledi pomlad s 6,7387 mm na desetletje, jesen 2,7694 mm na desetletje ter zima z 1,6620 mm na desetletje.

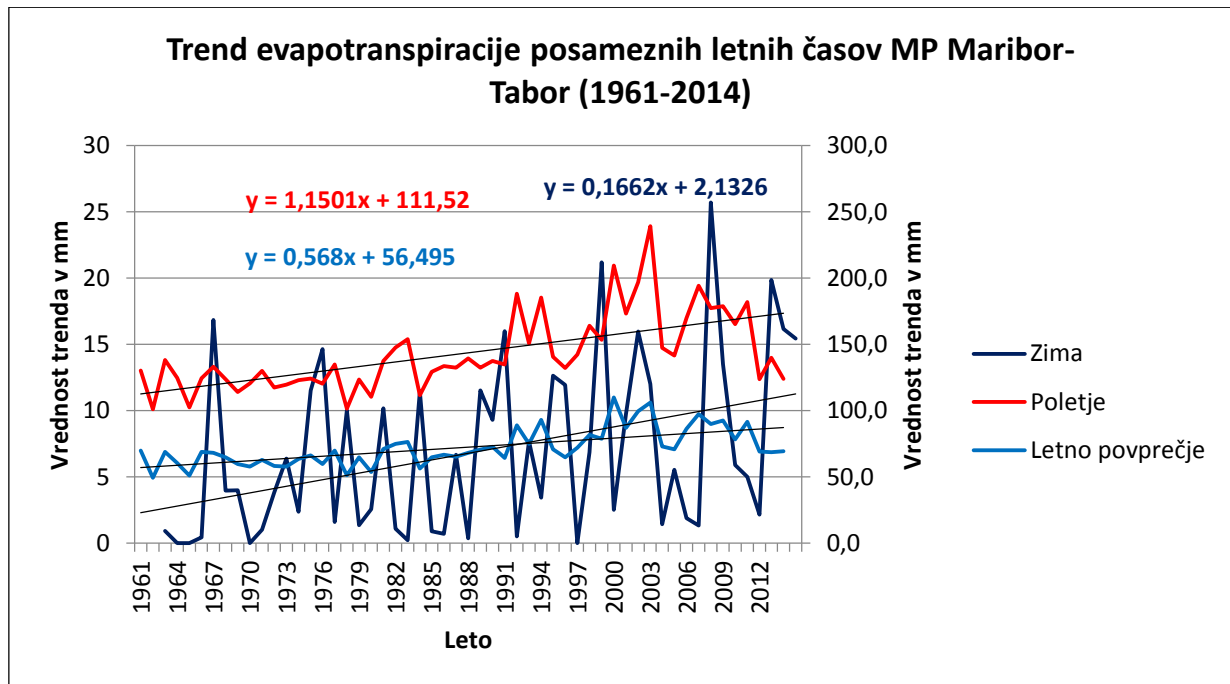


Grafikon 29: Trend povprečne potencialne evapotranspiracije (mm) posameznih letnih časov MP Maribor-Tabor (1961-2014)

Še bolj nazorno nam podatke prikaže grafikon 16 na dekadnem nivoju. Samo 4 dekade od 36 ima negativno vrednost ETP. Izraziti pozitivni trendi so v topli polovici leta z viškom v tretji dekadi maja (1,6841 mm na desetletje) in v prvih dveh dekadah junija (1,3623 in 1,7753 mm na desetletje). Bistveno manjši pozitivni se pojavljajo od tretje dekade septembra do zadnje dekade januarja. Negativni trend beležimo v drugi (-0,1602 mm na desetletje) in tretji dekadi (-0,4349 mm na desetletje) februarja ter v prvi (-0,0726 mm na desetletje) in drugi dekadi (-0,0632 mm na desetletje) septembra.



Grafikon 30: Trend evapotranspiracije (mm) po dekadah MP Maribor-Tabor (1961-2014)



Grafikon 31: Trend evapotranspiracije posameznih letnih časov MP Maribor-Tabor (1961-2014)

Grafikon 17 prikazuje trend 54 letnega opazovalnega obdobja evapotranspiracije po letnih časih izbrane meteorološke postaje. Opazimo lahko, da imata tako zima kot poletje pozitiven trend – evapotranspiracija se povečuje. Enako velja za letno povprečje.

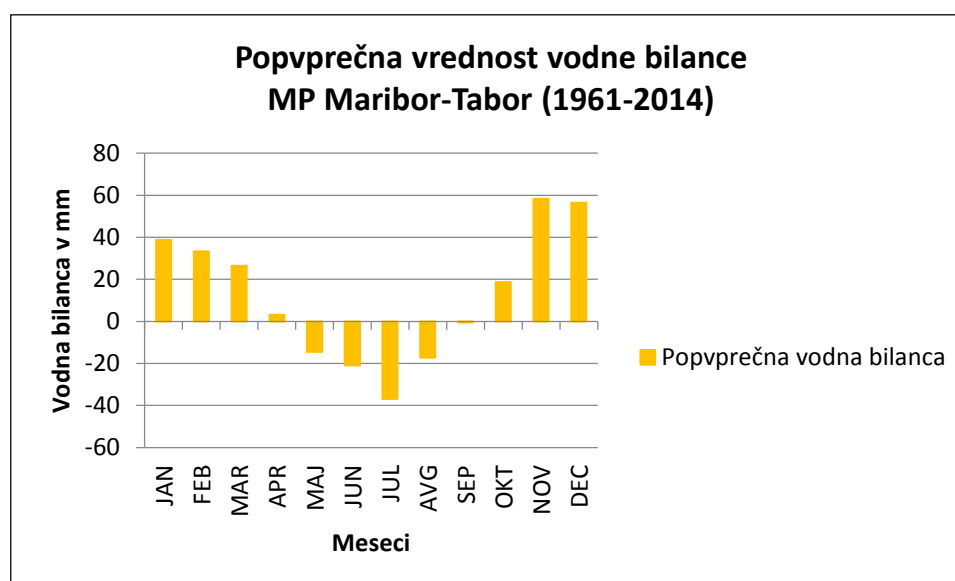
16.4 Vodna bilanca

Vodna bilanca predstavlja razmerje med količino vode, ki pride na Zemljino površje s padavinami, in količino, ki z njenega dela v istem času izhlapi. (Bufon, Černe, idr., 2005: 424)

Pozitivna vodna bilanca pomeni, da se količina vode ne zmanjšuje oziroma jo ne primanjkuje, medtem ko negativna vodna bilanca pomeni deficit količine vode na zemeljskem površju.

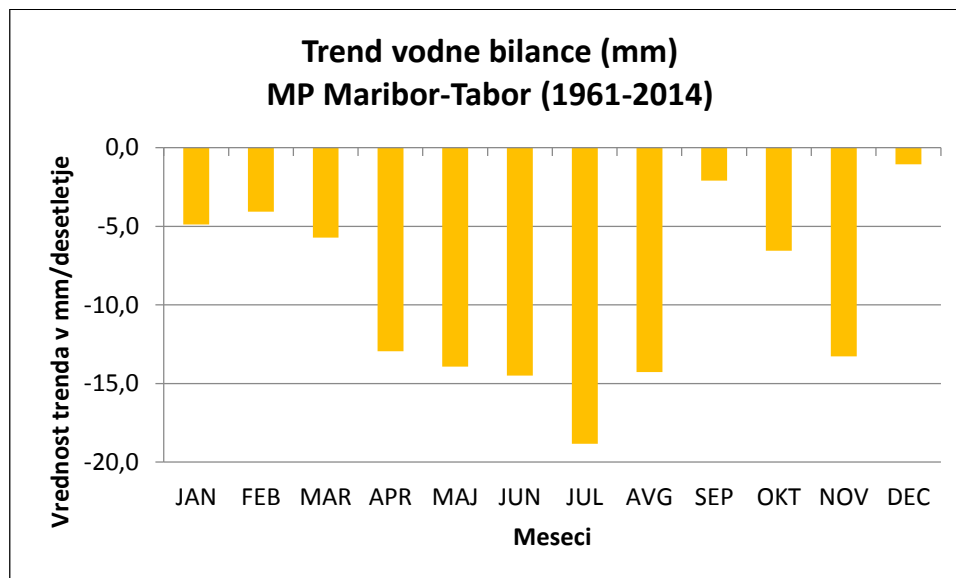
Vodna bilanca	Vrednost (mm)	Mesec	Leto
Maksimalna vrednost	215,3	Oktober	1964
Minimalna vrednost	-206,1	Avgust	1992

Spodnji grafikon 18 prikazuje potek vodne bilance po posameznih mesecih MP Maribor-Tabor. Negativna vodna bilanca je – pričakovano – v poletnih mesecih, saj je takrat izhlapevanje največje. Pozitivna je v hladnejši polovici leta (zima, del pomladi in del jeseni). Najnižja vrednost vodne bilance v 54 letnem opazovalnem obdobju je bila avgusta 1992 in sicer -206,1 mm, najvišja vrednost pa je bila oktobra 1964 in sicer 215,3 mm.



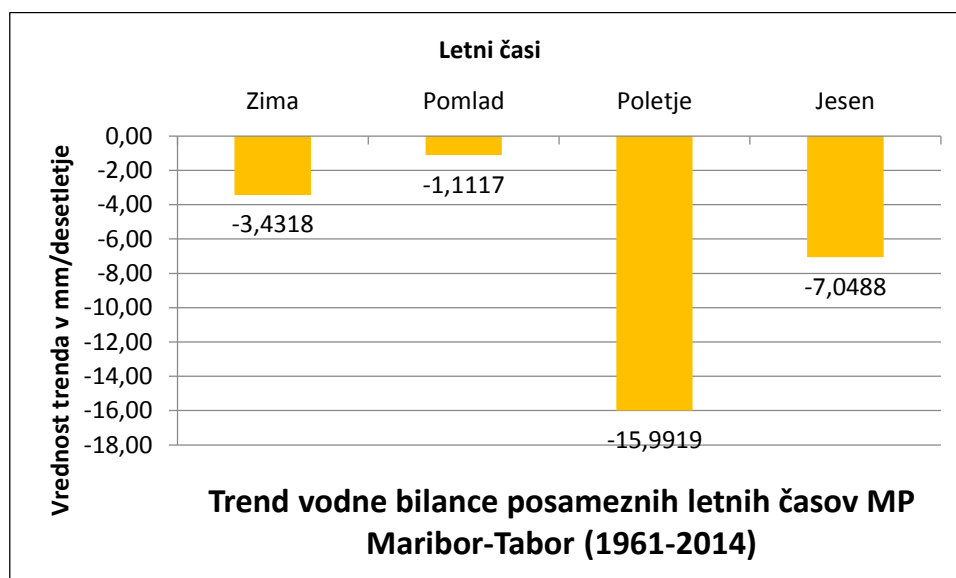
Grafikon 32: Povprečna vrednost vodne bilance MP Maribor-Tabor (1961-2014)

Grafikon 19 prikazuje trend vodne bilance po mesecih. Kar šest mesecev ima negativni trend z vrednostjo več kot -10 mm na desetletje, pri tem ima še en mesec – julij – vrednost kar -18,8349 mm na desetletje.



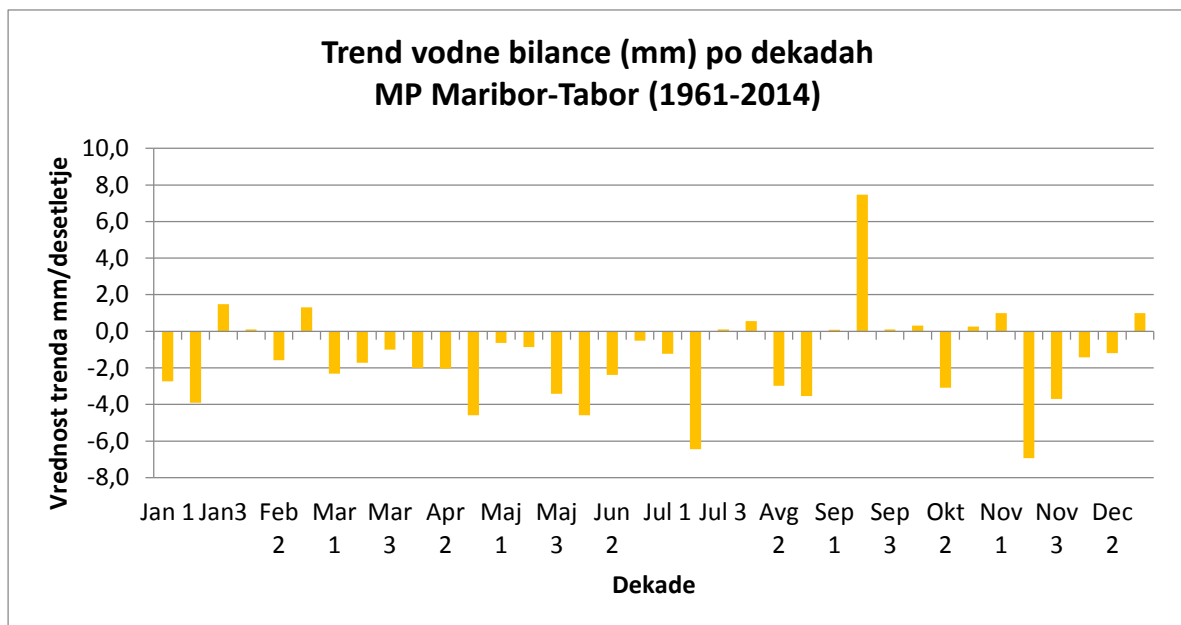
Grafikon 33: Trend vodne bilance (mm) MP Maribor-Tabor (1961-2014)

Grafikon 20 prikazuje vodno bilanco po letnih časih. Kakor je bilo do sedaj ugotovljeno, da je največji upad vodne bilance v poletnih mesecih, tako je tudi v tem primeru, ko beležimo daleč najbolj negativni trend ravno v poletnem času. Poletni meseci beležijo negativni trend z vrednostjo -15,9919 mm na desetletje, jesen z -,70488 mm na desetletje, zima z -3,4318 mm na desetletje in pomlad -1,1117 mm na desetletje.

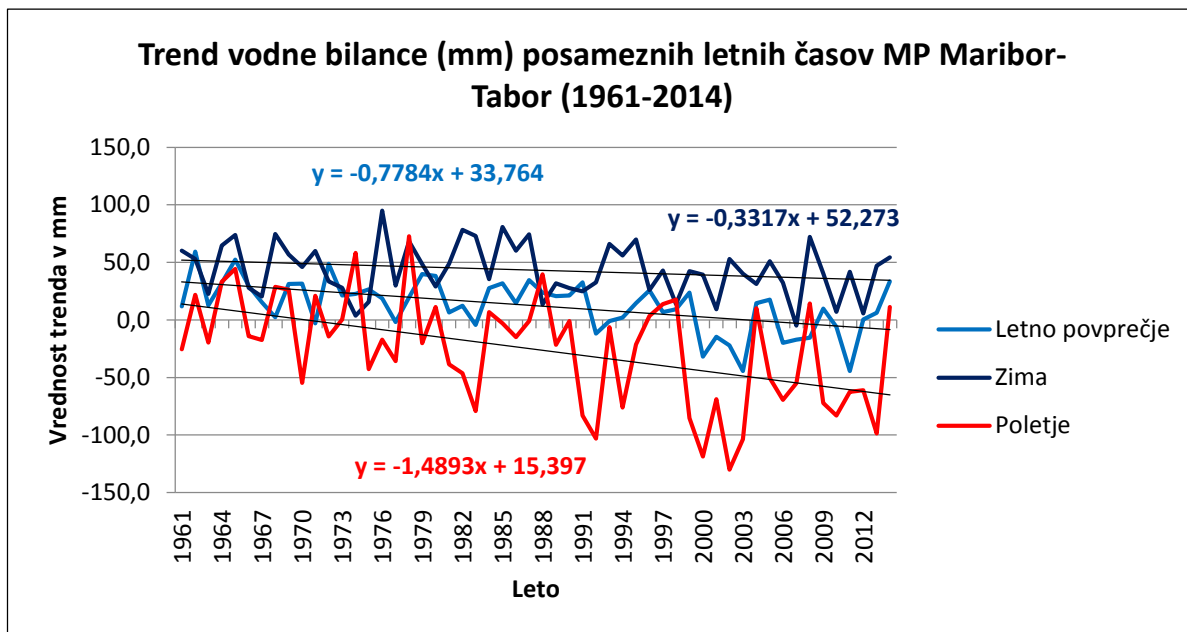


Grafikon 34: Trend vodne bilance posameznih letnih časov MP Maribor-Tabor (1961-2014)

Čeprav prevladujejo negativni trendi je le-teh nekoliko manj. Pozitivnih je 12 dekad od 36, torej tretjina. Največja vrednost je v drugi dekadi septembra (7,4601 mm na desetletje), medtem ko ostale pozitivne vrednosti dekad ne presežejo 2,0 mm na desetletje. Trend negativne vodne bilance se neprekinjeno beleži od prve dekade marca do druge dekade julija. Najnižja vrednost tega niza je prav v prvi dekadi julija (-6,4434 mm na desetletje). Celotna najnižja vrednost trenda po dekadah je zabeležena v drugi dekadi novembra (-6,9408 mm na desetletje).



Grafikon 35: Trend vodne bilance (mm) po dekadah MP Maribor-Tabor (1961-2014)



Grafikon 35: Trend vodne bilance (mm) posameznih letnih časov MP Maribor-tabor (1961-2014)

Pri grafikonu 22 lahko zopet opazimo, da imata oba izbrana letna časa izrazit negativen trend vodne bilance. Poletje ima skoraj pet krat višji trend zniževanja vodne bilance kakor zima!

17 METEOROLOŠKA POSTAJA GORNJA RADGONA

Meteorološka postaja Gornja Radgona je neprekinjeno delovala od leta 1961 do 2000, zato smo podatke za leto 2001 do 2014 pridobili s pomočjo interpolacije z meteorološko postajo Murska Sobota. Obravnavali smo temperaturo, višino padavin, potencialno evapotranspiracijo, vodno bilanco.

Osnovni podatki meteorološke postaje:

Nadmorska višina (m)	232
Zemljepisna širina	46° 40'
Zemljepisna dolžina	16° 00'

Osnovni podatki meteorološke postaje[35]

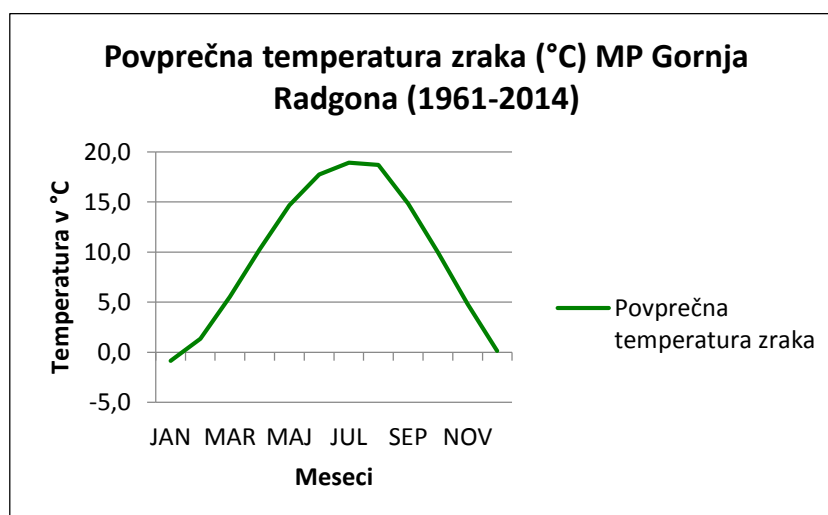
Izbrane klimatske dejavnike smo obravnavali v 54 letnem opazovalnem obdobju (1961-2014). Večino podatkov smo pridobili iz Klimatogeografije Slovenije, del podatkov je priskrbel mentor. Dodatne podatke smo pridobili s iz Arhiva Urada za meteorologijo ARSO.

17.1 Temperatura zraka

Povprečna temperatura zraka meteorološke postaje Gornja Radgona za 54 letno opazovalno obdobje znaša 9,7 °C kar je za 0,5°C manj kot velja za meteorološko postajo Maribor-Tabor.

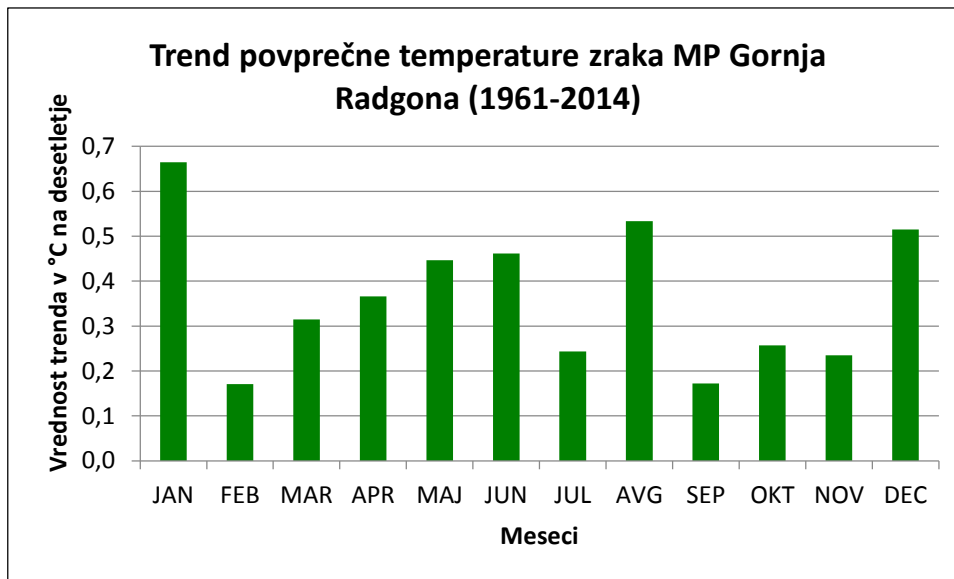
Temperatura zraka (povprečje)	Vrednost (°C)	Mesec	Leto
Maksimalna vrednost	24,2	Avgust	2003
Minimalna vrednost	-6,4	Januar	1964

Najvišja povprečna temperatura zraka znaša 24,2°C, najnižja pa -6,4°C. Spodnji grafikon 18 prikazuje letni režim povprečne mesečne temperature.



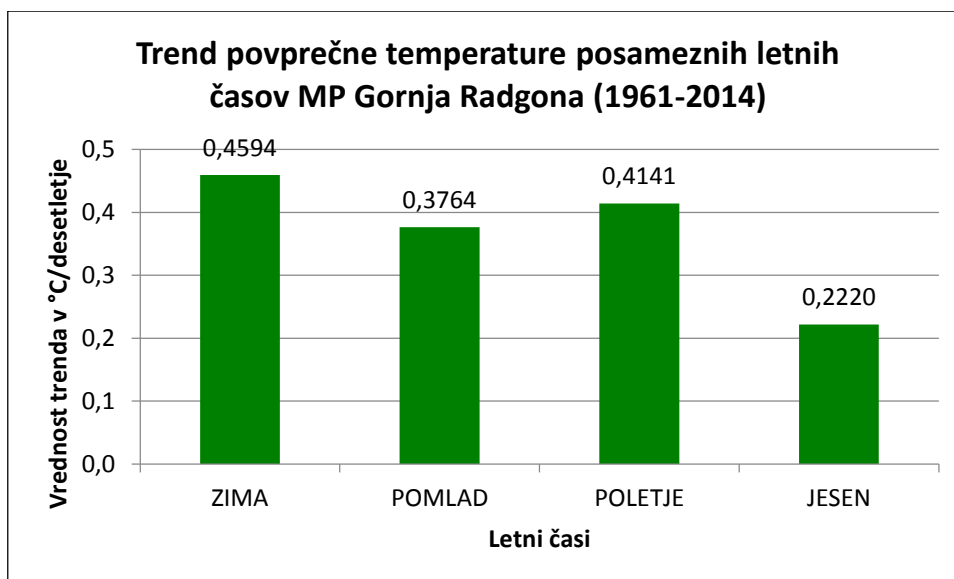
Grafikon 36: Povprečna temperatura zraka MP Gornja Radgona (1961-2014)

Trend povprečne temperature zraka za desetletno obdobje je v vseh opazovanih mesecih pozitiven. Najvišji pozitivni trendi so meseca januarja (0,6643 °C), avgusta (0,5335°C) ter decembra (0,5150°C). najmanjši trend, čeprav prav tako pozitiven, je v mesecu februarju v vrednostjo 0,1705°C. Trendi tako nakazujejo, da se temperatura počasi dviguje.



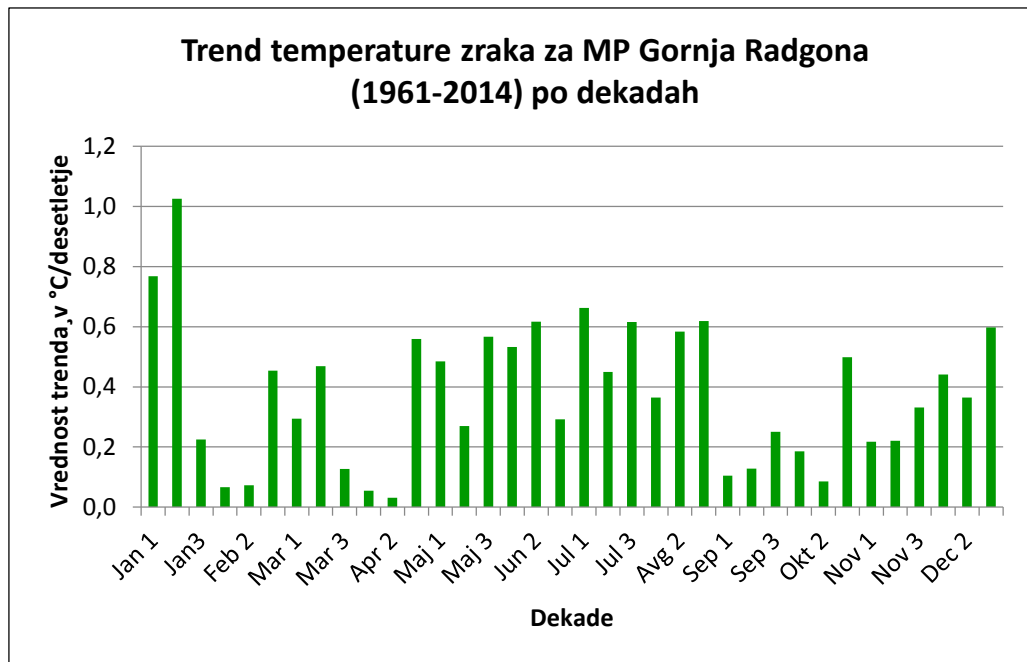
Grafikon 37: Trend povprečne temperature zraka MP Gornja Radgona (1961-2014)

Vsi štirje letni časi izkazujejo pozitiven trend. Najvišji trend je v zimskem času ($0,4594^{\circ}\text{C}$ na desetletje), najnižji v jesenskem ($0,2220^{\circ}\text{C}$ na desetletje).



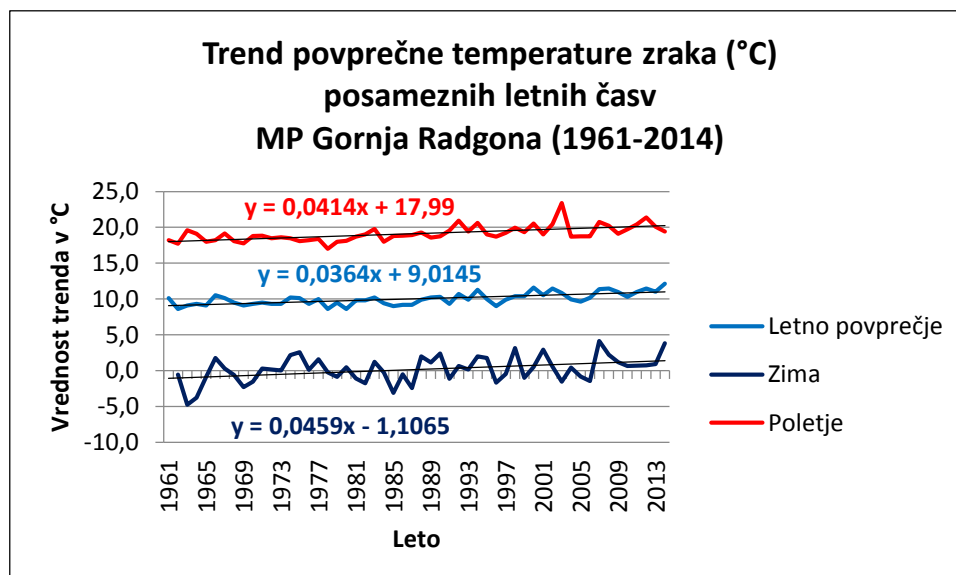
Grafikon 38: Trend povprečne temperature posameznih letnih časov MP Gornja Radgona (1961-2014)

Trend povprečne temperature zraka na dekadnem nivoju prikaže bolj natančne vrednosti trenda oziroma lahko lažje razberemo v katerem delu meseca je trend najvišji ali najnižji.



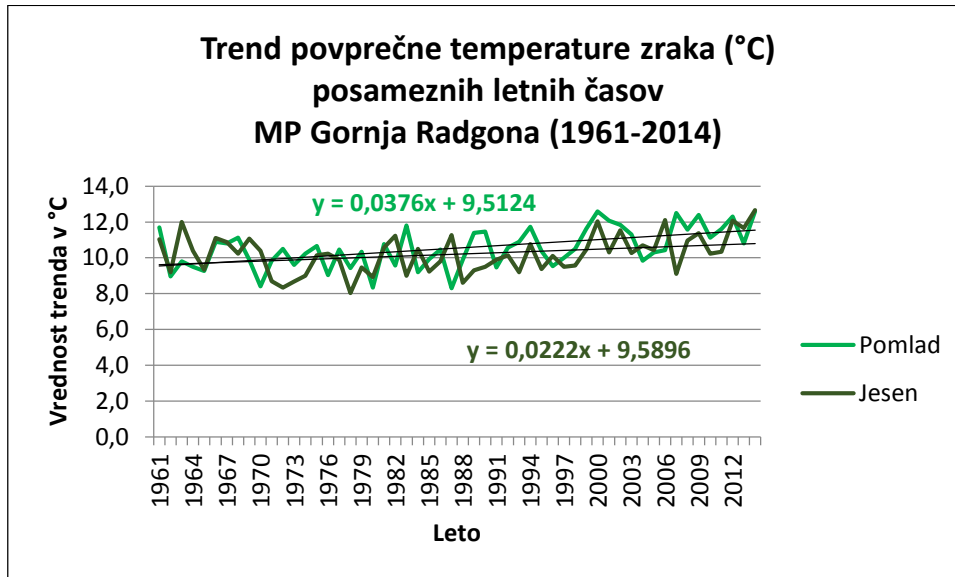
Grafikon 39: Trend temperature zraka za MP Gornja Radgona (1961-2014) po dekadah

Iz zgornjega grafikona 26 lahko razberemo, da imajo prav vse deкаде pozitiven trend naraščanja temperature zraka. Najintenzivnejše zviševanje temperature je v prvi (0,7682°C na desetletje) in drugi (1,0253°C na desetletje) dekadi januarja. Šest dekad od skupno 36 ima trend naraščanje nad 0,6°C na desetletje. Skoraj polovica (17) dekad ima vrednost trenda naraščanja temperature v razredu med 0,4-0,6°C na desetletje.



Grafikon 40: Trend povprečne temperature zraka (°C) posameznih letnih časov MP Gornja Radgona (1961-2014)

Enako kot pri trendu povprečne temperature zraka posameznih letnih časov MP Maribor-Tabor, je tudi pri tem grafikonu 27 trend povprečne temperature zraka za izbrano meteorološko postajo pozitiven, kar pomeni, da se temperatura počasi dviguje oziroma se bo dvigovala v prihodnje. Najvišji trend zviševanja temperature ima zimski čas.



Grafikon 41: Trend povprečne temperature zraka (°C) posameznih letnih časov MP Gornja Radgona (1961-2014)

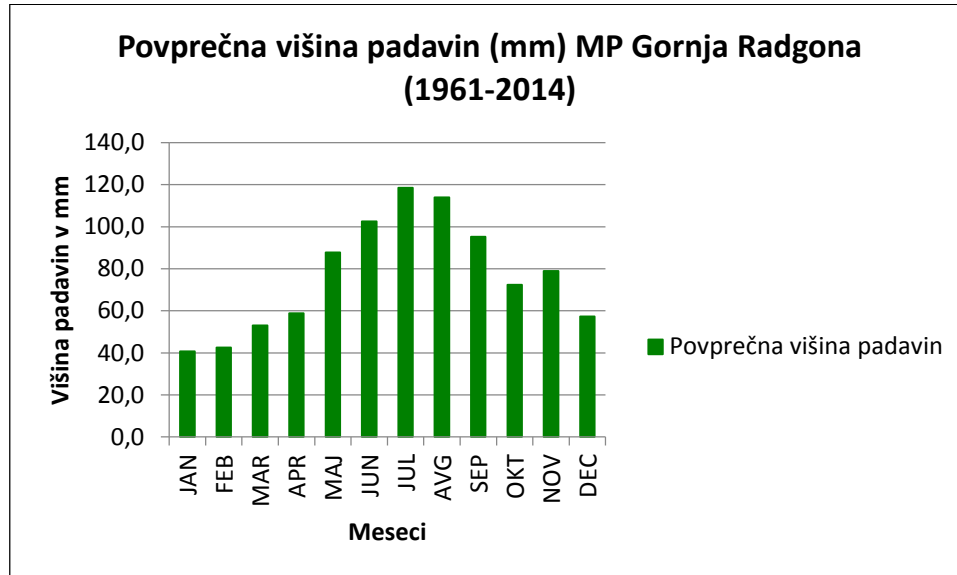
Tudi v tem primeru grafikona 28 je trend povprečne temperature za pomlad in jesen pozitiven. Višje vrednosti ima pomlad.

17.2 Višina padavin

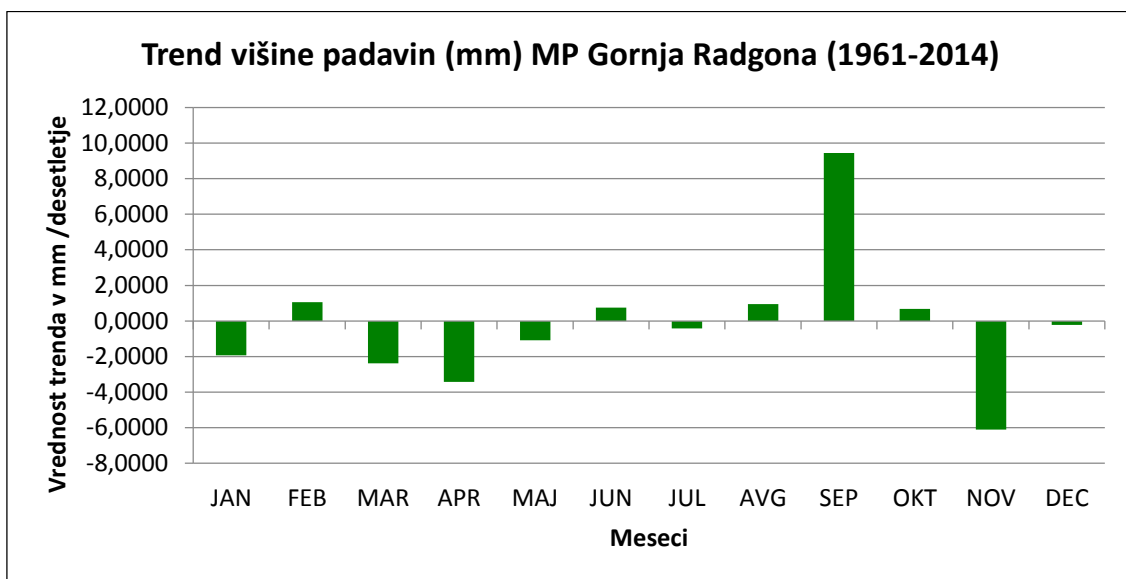
Višina padavin je pri MP Gornja Radgona manjša kakor pri MP Maribor-Tabor. Povprečna količina za 54 letno opazovalno obdobje znaša 921,7 mm. V preteklem letu je padlo 1203 mm, kar je tudi pod slovenskim povprečjem.

Višina padavin	Vrednost (mm)	Mesec	Leto
Maksimalna vrednost	275,0	Julij	1972
Minimalna vrednost	0,5	Oktober	1965

Grafikon 29 prikazuje povprečno mesečno višino padavin MP Gornja Radgona. Največ padavin pade v obdobju od maja do oktobra z viškom v juliju (118,6 mm). Najmanj pa v januarju (40,7 mm) in februarju (42,5 mm).

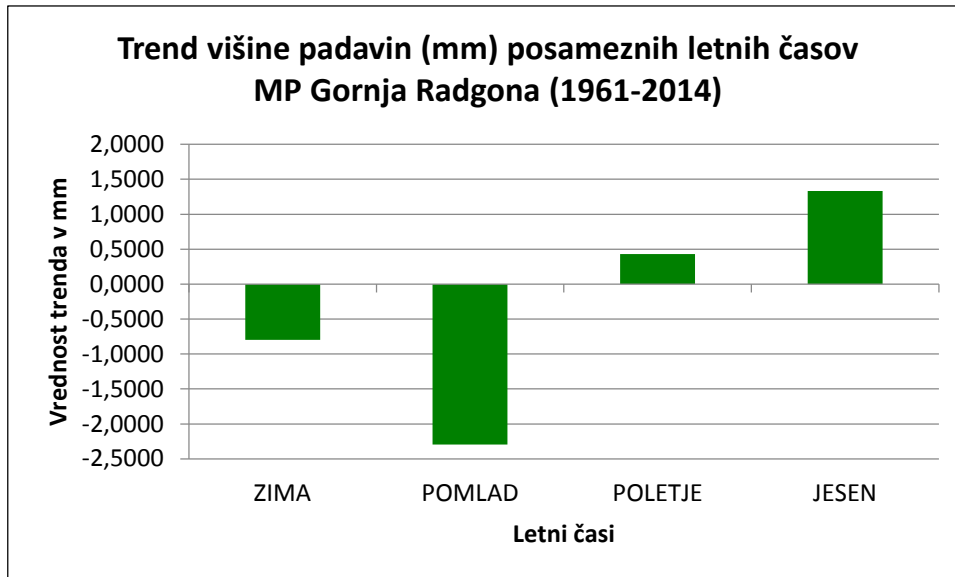


Grafikon 42: Povprečna višina padavin (mm) MP Gornja Radgona (1961-2014)



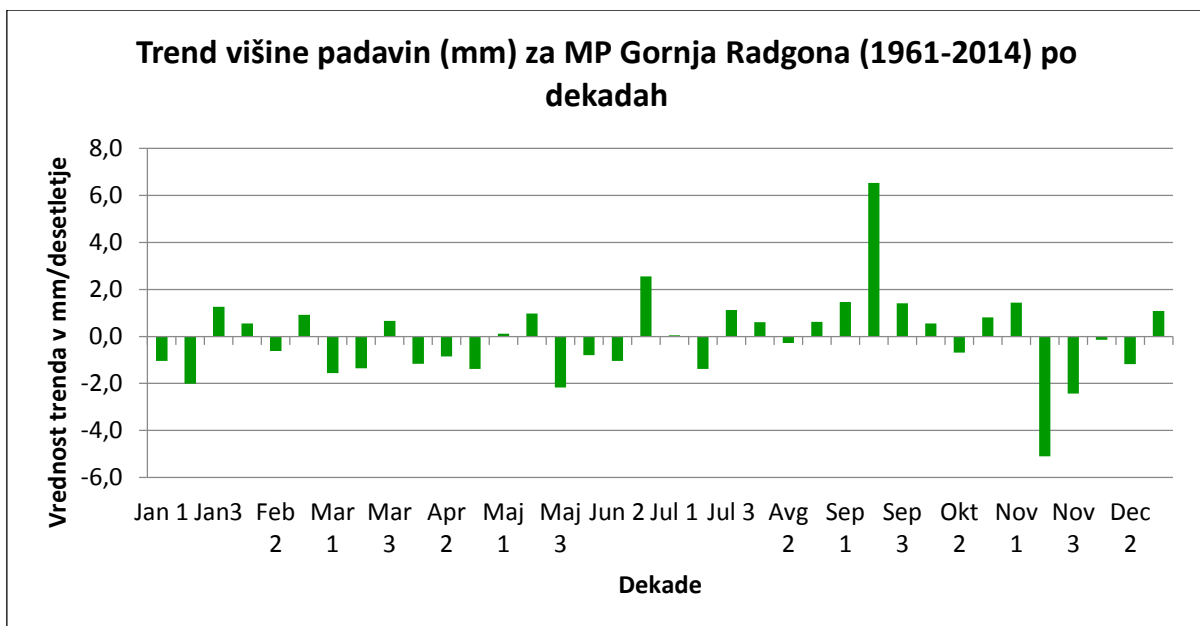
Grafikon 43: trend višine padavin (mm) MP Gornja Radgona (1961-2014)

Iz zgornjega grafikona 23 lahko razberemo, da ima 7 mesecev negativen trend, 5 mesecev pa pozitiven. Največji pozitivni trend beležimo v mesecu septembru (9,4311 mm na desetletje), medtem ko se najnižji negativen trend pojavlja v novembru (-6,0990 mm na desetletje).



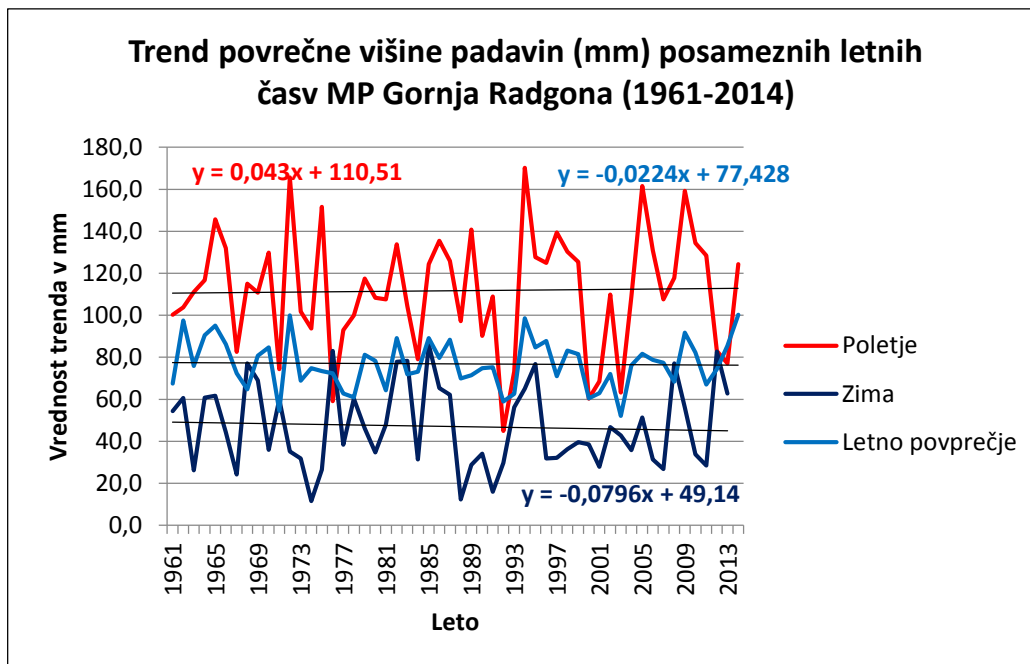
Grafikon 44: Trend višine padavin (mm) posameznih letnih časov MP Gornja Radgona (1961-2014)

Pri trendu višine padavin letnih časov opazimo, da imata zima (-0,7955 mm na desetletje) in pomlad (-2,2944 mm na desetletje) izrazito negativen trend, medtem ko imata poletje (0,4298 mm na desetletje) in jesen (1,3344 mm na desetletje) pozitiven trend.



Grafikon 45: Trend višine padavin (mm) za MP Gornja Radgona (1961-2014) po dekadah

Grafikon na prejšnji strani 32 prikazuje trend višine padavin po dekadah izbrane meteorološke postaje. Polovica vseh dekad ima negativen trend. Najnižji trendi so v drugi (-5,0966 mm na desetletje) in tretji (-2,4319 mm na desetletje) dekadi novembra ter v tretji dekadi maja (-2,1687 mm na desetletje) in drugi dekadi januarja (-2,0092 mm na desetletje). Bolj izrazit pozitiven trend je opazen v tretji dekadi junija (2,5564 mm na desetletje) ter v drugi dekadi septembra (6,5375 mm na desetletje).

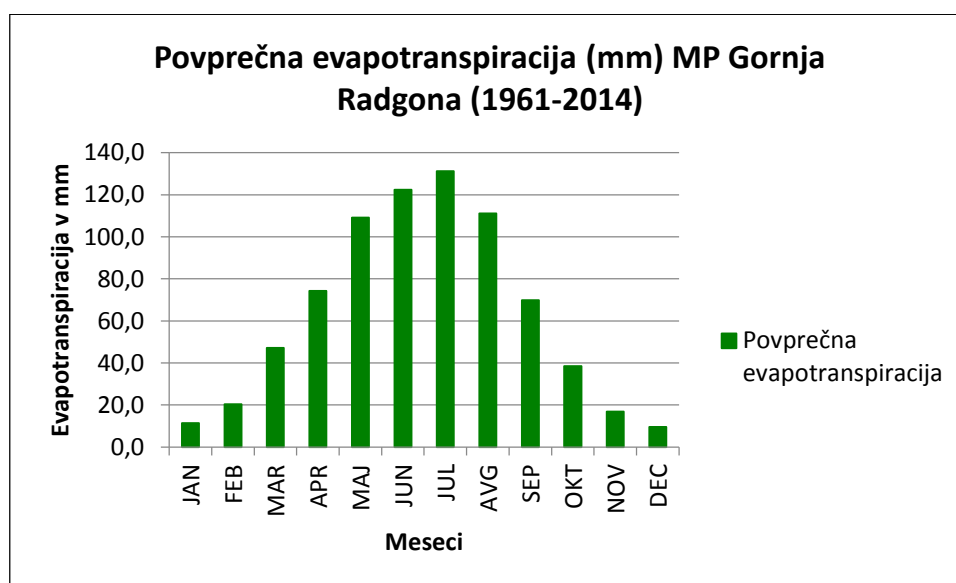


Grafikon 46: Trend povprečne višine padavin (mm) posameznih letnih časov MP Gornja Radgona (1961-2014)

Grafikon 33 nazorno pokaže, da se trend višine padavin (mm) v 54 letnem opazovalnem obdobju za izbrana letna časa zvišuje oziroma znižuje. V poletnem času beležimo rahlo pozitiven trend, medtem kot v zimskem negativen. Dolgoletno povprečje nakazuje na počasno zniževanje višine padavin.

17.3 Potencialna evapotranspiracija

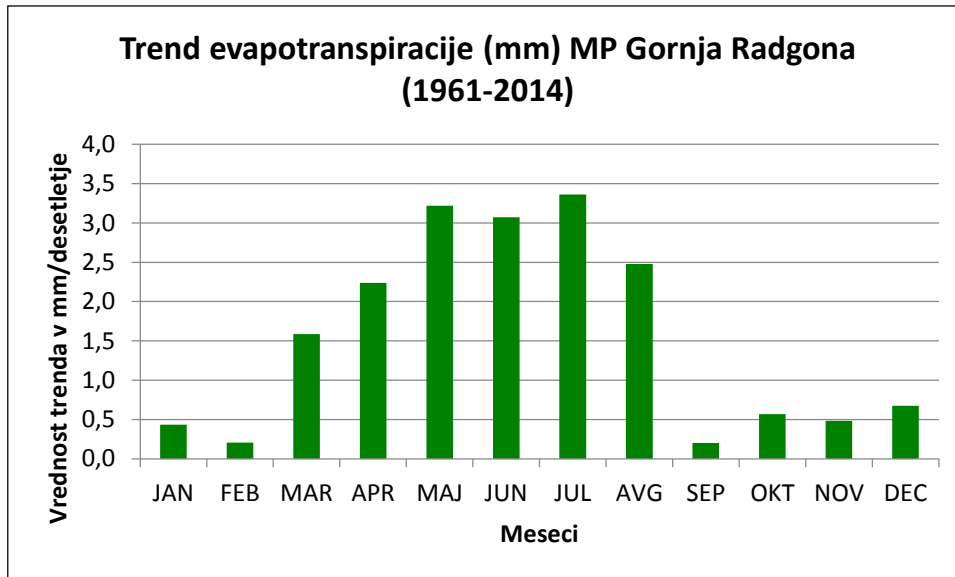
Spodnji grafikon 34 prikazuje potek povprečne potencialne evapotranspiracije (v *nadaljevanju ETP*) tekom leta po posameznih mesecih. Enako kakor pri MP Maribor-Tabor je najnižja vrednost ETP v hladni polovici leta ter najvišja v topli, ko je izhlapevanje najintenzivnejše. Največje vrednosti so v poletnih mesecih – junij (122,3 mm), julij (131,3 mm) ter avgust (111,1 mm) – najnižje v pozno jesenskem mesecu ter zimskih mesecih – november (16,9 mm), december (9,6 mm) januar (11,4 mm), in februar (20,4 mm).



Grafikon 47: Povprečna potencialna evapotranspiracija (mm) MP Gornja Radgona (1961-2014)

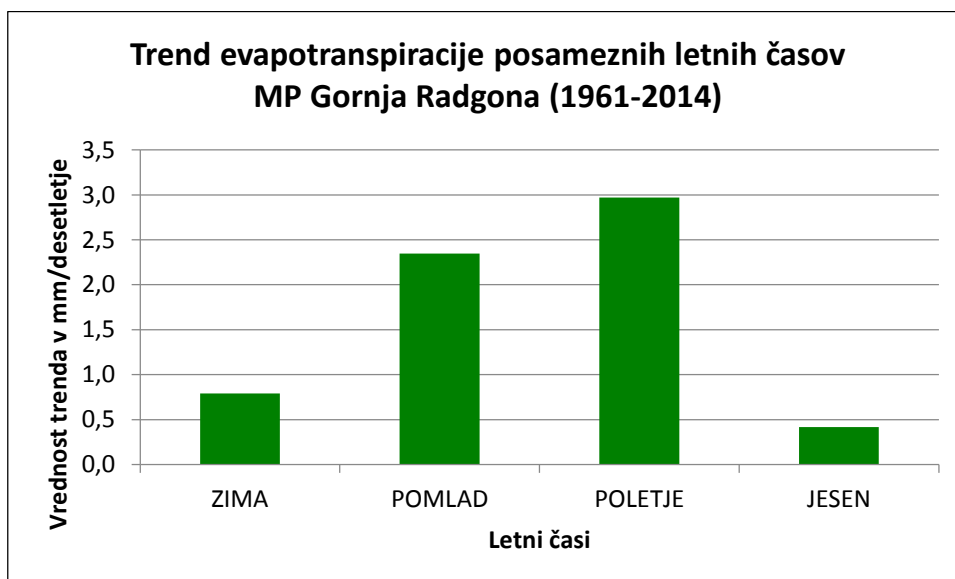
Potencialna evapotranspiracija	Vrednost (mm)	Mesec	Leto
Maksimalna vrednost	171,0	Julij	2013
Minimalna vrednost	4,8	December	2001

Trend povprečne ETP je v vseh mesecih pozitiven, kar pomeni, da se ETP viša in to vodi v vodni deficit. Pet mesecev ima trend z vrednostjo nad 2,00 mm na desetletje: april (2,2389 mm), maj (3,2203 mm), junij (3,0735mm), julij (3,3631 mm) ter avgust (2,4797 mm). Daleč najnižje vrednosti trenda imata september (0,2003 mm na desetletje) ter februar (0,2052 mm na desetletje).



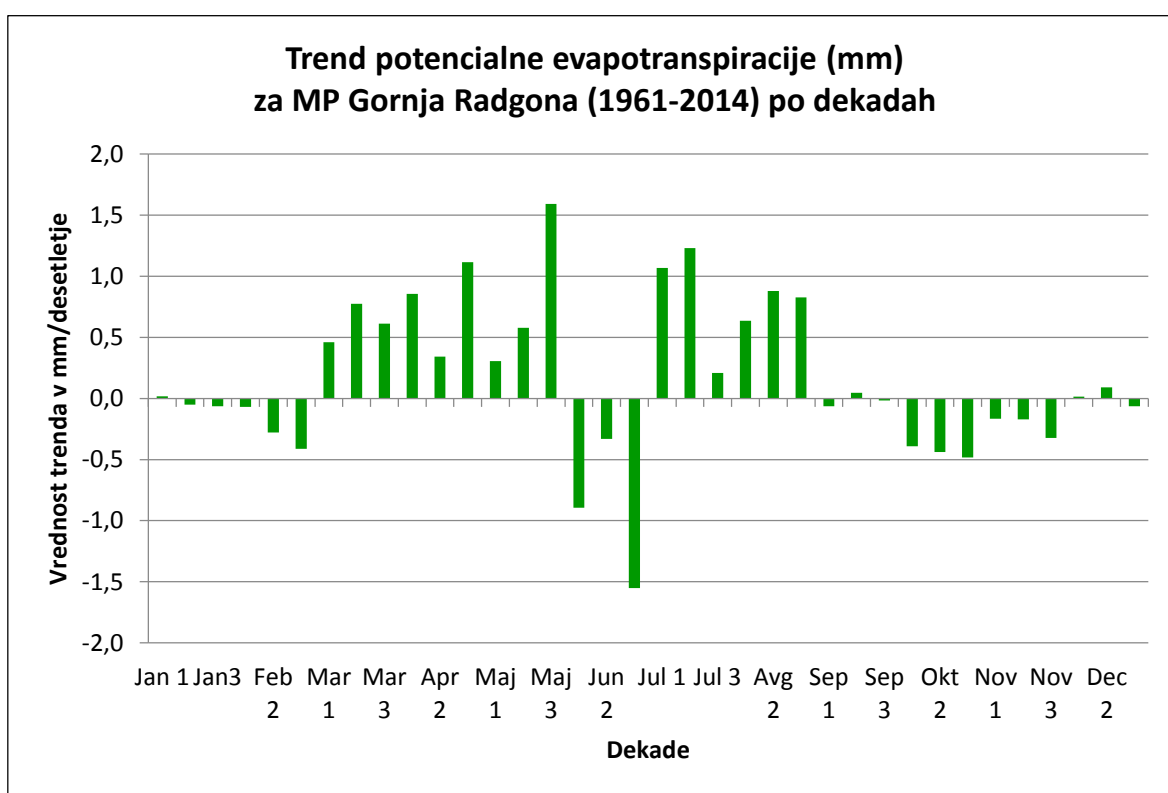
Grafikon 48: Trend povprečne ETP (mm) MP Gornja Radgona (1961-2014)

Tudi po letnih časih je trend potencialne ETP pozitiven. Najvišje vrednosti so v poletnem času (2,9721 mm na desetletje) ter pomladi (2,3479 mm na desetletje). Najnižje pozitivne vrednosti trenda so v jesenskem (0,4179 mm na desetletje) in zimskem času (0,7889 mm na desetletje).

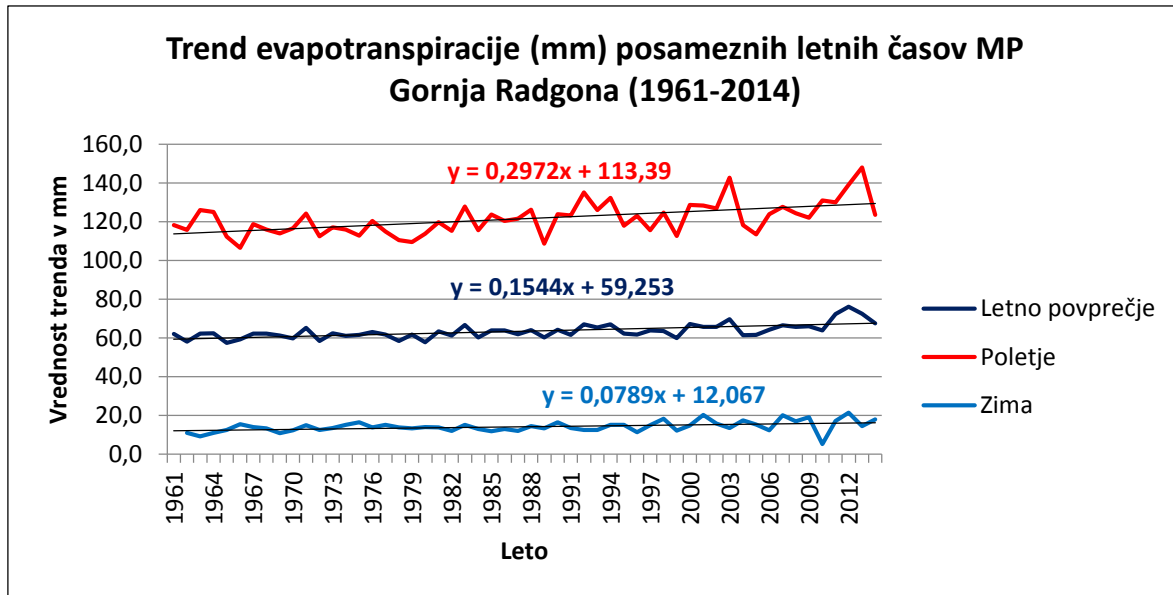


Grafikon 49: Trend povprečne ETP posameznih letnih časov MP Gornja Radgona (1961-2014)

Trend potencialne ETP po dekadah za izbrano MP je v večini pozitiven. Osemnajst od skupno 36 dekad ima pozitiven trend. Dekade pomladnih mesecev imajo pozitiven trend z viškom v tretji dekadi maja (1,5912 mm na desetletje). Prav vse tri deкаде v juniju beležijo izrazit negativni trend z najnižjo absolutno vrednostjo v tretji dekadi (-1,5505 mm na desetletje) ter v prvi dekadi (-0,8945 mm na desetletje). Prav tako imajo deкаде julija in avgusta pozitivne vrednosti trenda – druga dekada julija (1,2295 mm na desetletje) – vendar z manjšim viškom kakor pri tretji dekadi maja. Negativni trendi preostalih dekad ne presežejo vrednosti -0,5 mm na desetletje, še najbolj se tej vrednosti približa tretja dekada oktobra (-0,4815 mm na desetletje).



Grafikon 50: Trend povprečne ETP (mm) MP Gornja Radgona (1961-2014) po dekadah

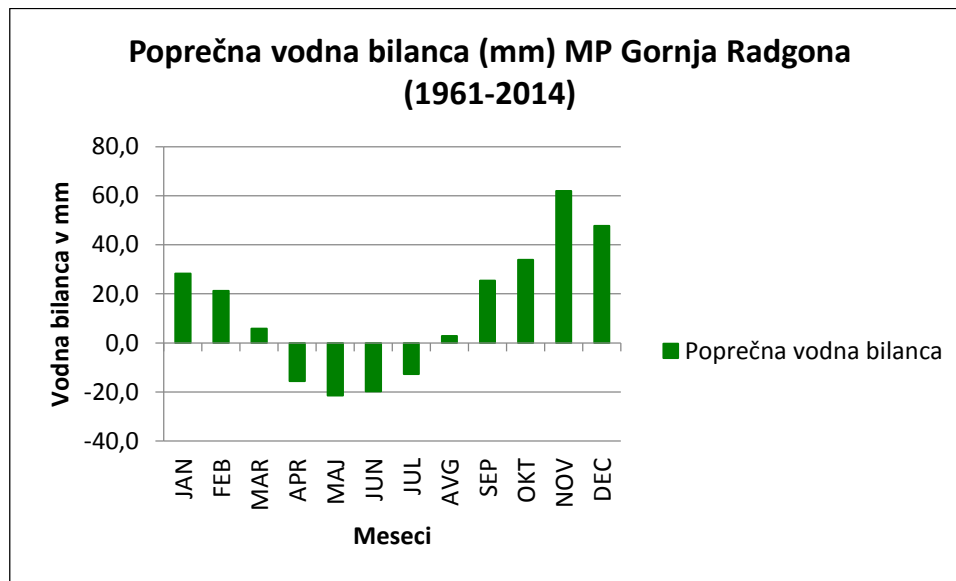


Grafikon 51: Trend evapotranspiracije (mm) posameznih letnih časov MP Gornja Radgona (1961-2014)

Trend evapotranspiracije (mm) posameznih letnih časov, ki ga prikazuje grafikon 38, ima pozitivne vrednosti za oba izbrana letna časa ter za dolgoletno povprečje.

17.4 Vodna bilanca

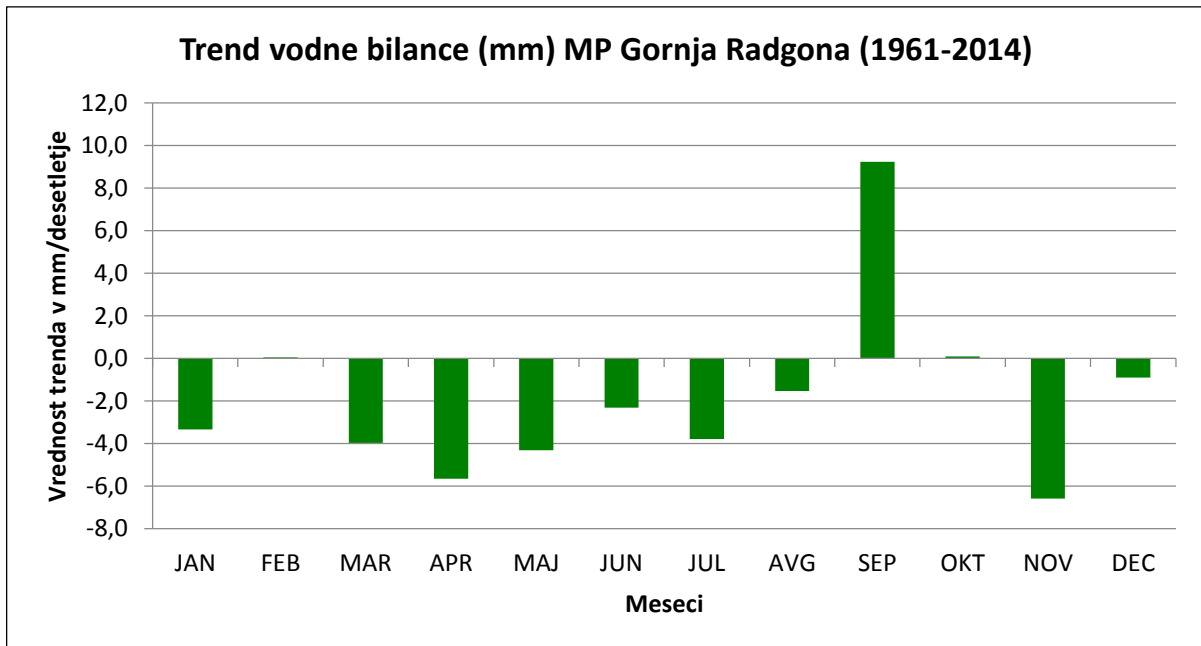
Spodnji grafikon 39 prikazuje povprečne vrednosti vodne bilance v mm za posamezen mesec. Negativna vodna bilanca je v mesecih od aprila do konca julija. Preostali meseci beležijo pozitivne vrednosti. Najnižja povprečna vrednost znaša -21,5 mm, najvišja pa 62,0 mm. Pričakovano so izrazito pozitivne vrednosti v hladni polovici leta. Najnižja izmerjena vrednost vodne bilance je bila julija 2013 (-138,9 mm), najvišja pa septembra 2014 (261,7 mm).



Grafikon 52: Povprečna vodna bilanca (mm) MO Gornja Radgona (1961-2014)

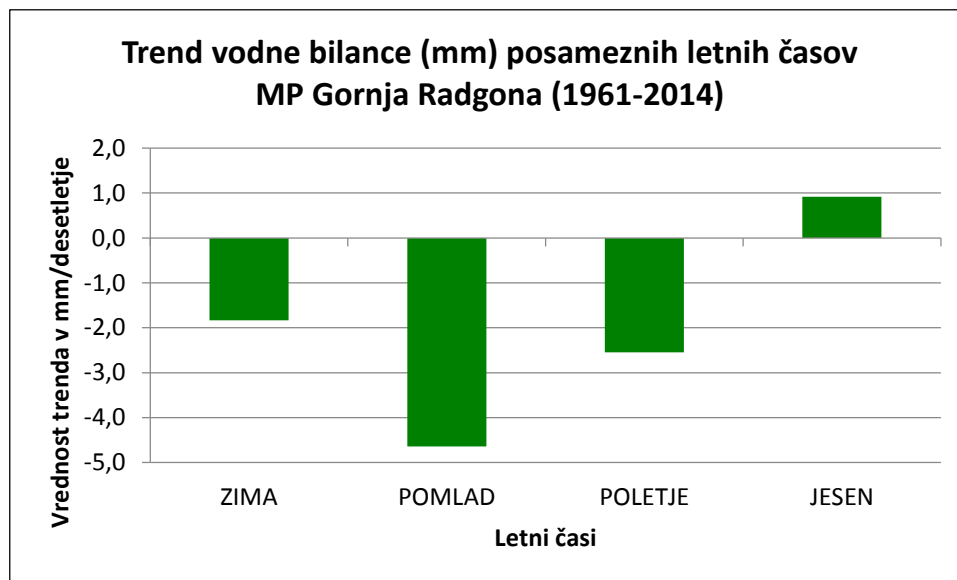
Vodna bilanca	Vrednost (mm)	Mesec	Leto
Maksimalna vrednost	261,7	September	2014
Minimalna vrednost	-138,9	Julij	2013

Grafikon 40 prikazuje trend vodne bilance po mesecih. Negativni trend beležimo v kar 9 mesecih. Samo trije meseci imajo pozitiven trend med katerimi izstopa vrednost trenda za september (9,2308 mm na desetletje). Ostala dva meseca – februar in oktober – ne dosežeta vrednosti 0,2 mm na desetletje. Pri negativnem trendu ima kar sedem mesecev vrednost trenda nižje od -2,0 mm na desetletje. Najnižjo vrednost beleži november (-6,5827 mm na desetletje).



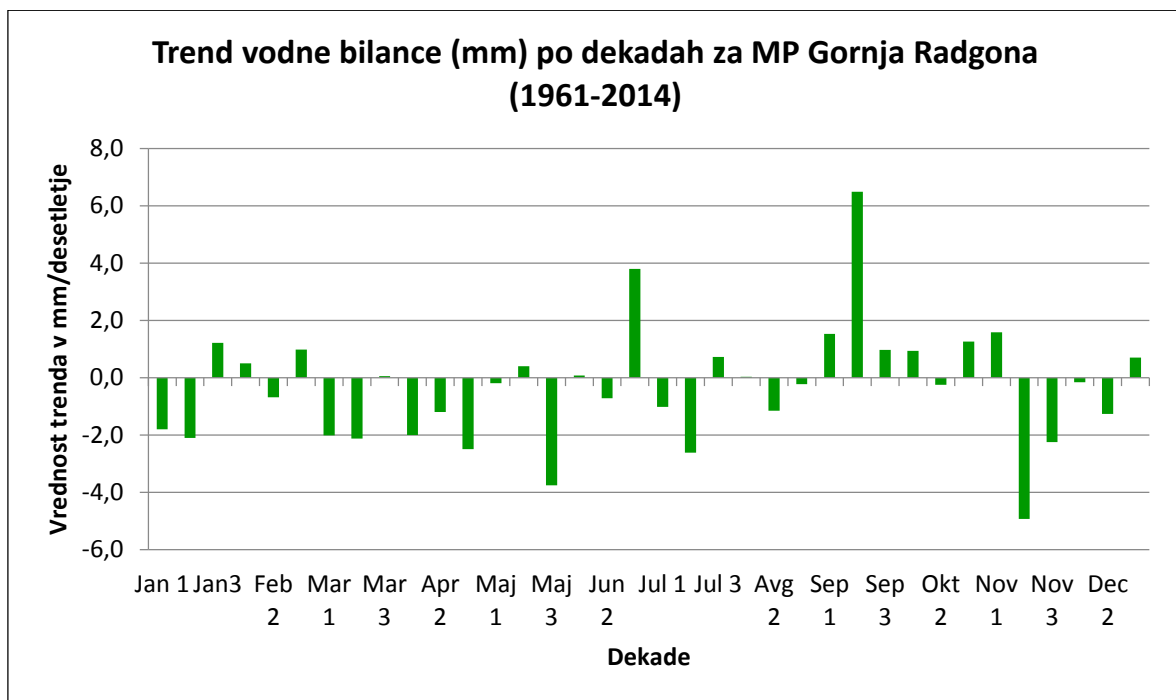
Grafikon 53: Trend vodne bilance MP Gornja Radgona (1961-2014)

Trend vodne bilance posameznih letnih časov beleži negativne vrednosti v treh letnih časih: zima (-1,8348 mm na desetletje), poletje (-2,5423 mm na desetletje) ter pomlad (-4,6423 mm na desetletje). Pozitiven trend ima samo jesen (0,9166 mm na desetletje) zaradi večanja količine padavin v zadnjih letih, kar nakazujejo tudi pozitivni trendi višine padavin vseh treh dekad septembra in dveh dekad oktobra.

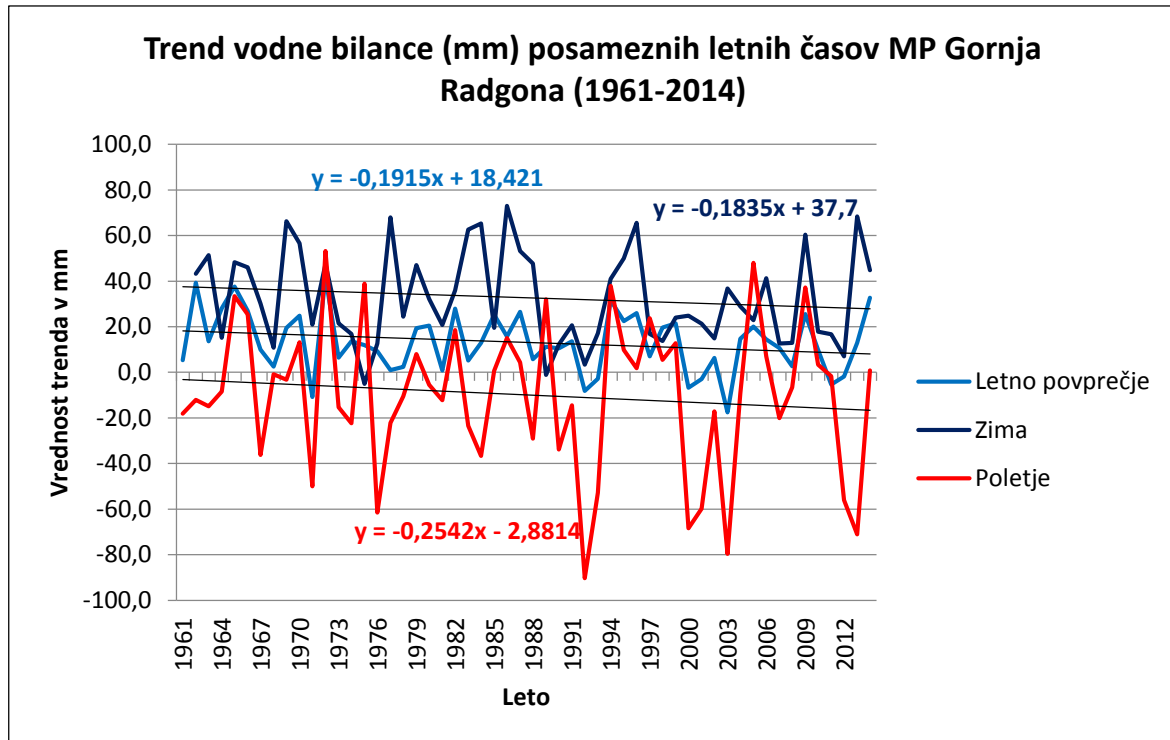


Grafikon 54: Trend vodne bilance (mm) posameznih letnih časov MP Gornja Radgona (1961-2014)

Trend vodne bilance po dekadah nam prikaže veliko bolj nazorne vrednosti. Šestnajst dekad od skupno 36 beleži pozitivne vrednosti trenda. Daleč najvišja vrednost trenda je v drugi dekadi septembra (6,4926 mm na desetletje) ter v tretji dekadi junija (3,7956 mm na desetletje). September je tudi edini mesec katerega vse tri deкаде beležijo pozitivne trende vodne bilance. Najnižje vrednosti trenda vodne bilance beležimo v drugi dekadi novembra (-4,9256 mm na desetletje) ter v tretji dekadi maja (-3,7599 mm na desetletje). April je prav tako edini mesec katerega vse tri deкаде beležijo negativen trend vodne bilance.

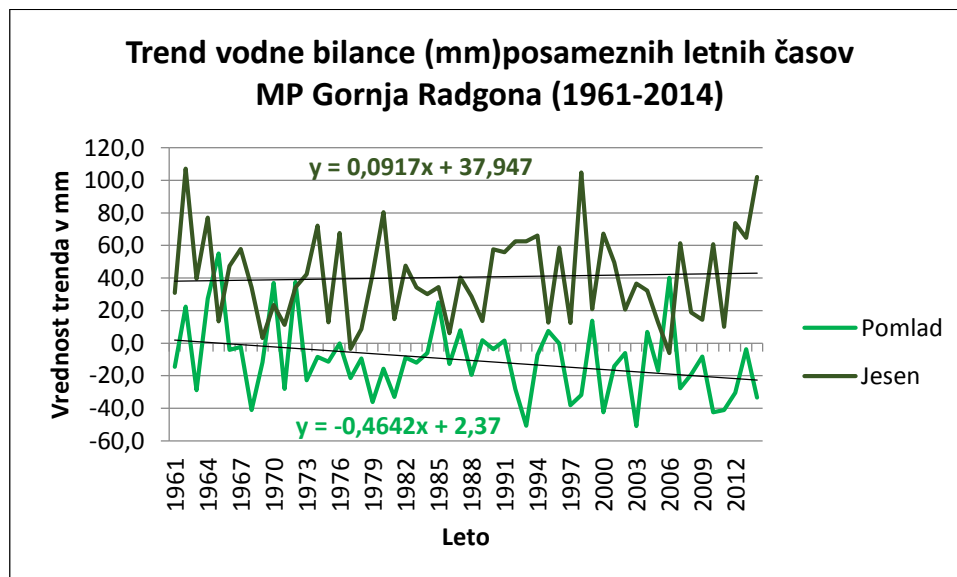


Grafikon 55: Trend vodne bilance (mm) po dekadah za MP Gornja Radgona (1961-2014)



Grafikon 56: Trend vodne bilance (mm) posameznih letnih časov MP Gornja Radgona (1961-2014)

Grafikona 43 in 44 prikazujeta trende vodne bilance (mm) za vse štiri letne čase ter za letno povprečje. Trije letni časi – zima, pomlad in poletje – imajo izrazito negativen trend. Samo jesen ima pozitiven trend vodne bilance. Prav tako ima letno povprečje negativen trend.



Grafikon 57: Trend vodne bilance (mm) posameznih letnih časov MP Gornja Radgona (1961-2014)

18 ZAKLJUČEK

V naši skupini smo obravnavali klimatske elemente meteorološke postaje Maribor-Tabor in Gornja Radgona. Analizirali smo temperaturo, višino padavin, potencialno evapotranspiracijo ter vodno bilanco. Obdobje analize velja za 54 letno opazovalno obdobje obeh postaj – 1961-2014. Ugotovili smo, da se povprečna temperatura počasi zvišuje pri obeh postajah. Najvišji trend zviševanja povprečne temperature je pri obeh postajah v mesecu januarju (0,6643 °C na desetletje pri MP Gornja Radgona ter 0,6597°C na desetletju pri MP Maribor-Tabor). Trend višine padavin je pokazal, da ima MP Maribor-Tabor več negativnih vrednosti (10 mesecev ima negativen trend) kakor MP Gornja Radgona (7 mesecev z negativnim trendom). Pri obeh postajah je absolutno najvišji pozitiven trend septembra (8,6490 mm na desetletje pri MP Maribor-Tabor ter 9,4311 mm na desetletje pri MP Gornja Radgona), največji negativen trend višine padavin beležita obe postaji novembra (-7,9147 mm na desetletje pri MP Maribor-Tabor ter -6,0990 mm pri MP Gornja Radgona). Prav tako beležita postaji pozitiven trend pri potencialni evapotranspiraciji, le da je pri MP Maribor-Tabor le-ta veliko bolj očiten. Najvišje vrednosti trenda so, pričakovano, v poletnih mesecih (11,9577 mm na desetletje v juliju MP Maribor-Tabor ter 3,3631 mm na desetletje v juliju MP Gornja Radgona). Trend vodne bilance se pri postajah nekoliko razlikuje, saj beleži MP Maribor-Tabor v vseh mesecih negativne trende, medtem ko ima MP Gornja Radgona devet takšnih mesecev, ki imajo negativen trend. Najnižje vrednosti trenda vodne bilance pri MP Maribor-Tabor je v mesecu juliju z vrednostjo -18,8349 mm na desetletje, medtem ko je pri MP Gornja Radgona ta vrednost najnižja v mesecu novembru in sicer -6,5827 mm na desetletje. MP Maribor-Tabor beleži več negativnih trendov kakor MP Gornja Radgona, najbolj izraziti so pri ETP in vodni bilanca.



19 LITERATURA:

- [1] J. Ravnik, Matematično modeliranje pojavov v okolju, Podtalnica; 5-228
- [2] V. Lapajne, S. Brumen, Javna oskrba s pitno vodo na območju mestne občine Maribor-ocena stanja, (www.maribor.si/dokument.aspx?id=8826) [11.07.2015]
- [3] Uredba o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnikov Ruš, Vrbanskega platoja, Limbuške dobrave in Dravskega polja, (<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED4242>) [08.07.2015]
- [4] Prof. dr. Lučka Kajfež-Bogataj. *METEOROLOGIJA Gradiva za študente – gozdarji*. 1000 Ljubljana: Biotehniška fakulteta.
- [5] Clifford I. Voss in Alden M. Provost. *SUTRA – A Model for Saturated-Unsaturated Variable-Density Ground-Water Flow with Solute or Energy Transport*. Reston, Virginia, 2010.
- [6] Unsaturated Flow Basics. USGS science for a changing world (<http://www.rcamnl.wr.usgs.gov/uzf/unsatflow/unsatflow.html>) [10.07.2015]
- [7] Unsaturated Zone Hydrology for Scientists and Engineers. James A. Tindall, James R. Kunkel in Dean E. Anderson (http://www.brr.cr.usgs.gov/projects/GW_Unsat/Unsat_Zone_Book/TindallUZChapter8.pdf) [10.07.2015]
- [8] Environmental Health – Toxic Substances, Unsaturated Zone. USGS science for a changing world (http://toxics.usgs.gov/definitions/unsaturated_zone.html) [10.07.2015]
- [9] ARSO, Dravska kotlina, (<http://www.arso.gov.si/vode/podzemne%20vode/publikacije%20in%20poroc%20C4%8Dila/04B-del.pdf>) [04.07.2015]
- [10] I. Kopač, Vpliv črpanja za zavarovanje gradbene jame mestne tržnice Maribor na črpališče Vrbanski plato, (<http://www.mvd20.com/LETO2009/R32.pdf>) [16.07.2015]
- [11] I. Kopač, Hidrogeološki model vodonosnika Vrbanski plato (2009)
- [12] ARSO, (<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/#webmet==8Sdwx2bhR2cv0WZ0V2bvEGcw9ydlJWblR3LwVnaz9SYtVmYh9icIFGbt9SaulGdugXbsx3cs9mdl5WahxXYyNGapZXZ8tHZv1WYp5mOnMHbvZXZulWYnwCchJXYtVGdlJnOn0UQQdSf>) [09.07.2015]
- [13] I. Kopač, Ureditev celovite oskrbe prebivalstva s pitno vodo in varovanja vodnih virov pomurja.
- [14] Clifford I. Voss in Alden M. Provost. *SUTRA – A Model for Saturated-Unsaturated Variable-Density Ground-Water Flow with Solute or Energy Transport*. Reston, Virginia, 2010.
- [15] Geopedia, ortofoto zemljevid (http://www.geopedia.si/#T105_x584896_y165640_s11_b2) [03.07.2015]

- [16] Željko Blažeka, Irena Kopač. Črpališče vrbanski plato, II.faza aktivne zaščite, Hidrogeološki model vrbanski plato. IEI d.o.o.. 2009.
- [17] Uredba o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Apaškega polja. (<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED4538>) [07.07.2015]
- [18] Agencija republike Slovenije za okolje. 2015. Podzemne vode: izpisi podatkov po vodnih telesih za leto 2014. (http://www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/2014_4016.pdf). [17.06. 2015]
- [19] Bavec M & Bavec F 2002. Integrated vegetable production in Slovenia and the analysis of nitrate nitrogen in the soil at harvest. V: VII Congress of the European Society for Agronomy, Cordoba, Spain 15–18 July 2002: book of proceedings. Sevilla: Junta de Andalucia, 733–734.
- [20] EC 834/2007. EC Council Regulation No 834/ 2007 of 28 June 2007 on organic production and labelling of organic product and repealing Regulation (EEC) No 20092/91. (elektronski vir). (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:189:0001:0023:EN:PDF>), [16.06.2015]
- [21] Ekološko kmetijstvo in pomen ekološko pridelane hrane. 2014. Pivola, 15. Alpe Jadran biosimpozij: 17 str.
- [22] Kavčič S, Vidah D. 2014. Raba tal na vodovarstvenih območjih. 12, 19–22 str. (http://nfp-si.eionet.europa.eu/Podatki_in_informacije/F1084793794/F1432113195/KOS_RABA_TAL_NA_VODOVARSTVENIH_OBMOČJIH.pdf). [17.06.2015]
- [23] Kolbe H 2002. Wasserbelastung in Abhängigkeit von der Landnutzung. [Contamination of water depends on the method of land use]. Ökologie & Landbau, 122 (2), 34-35.
- [24] Ministrstvo za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano. 2015. Ekološko kmetovanje. (http://www.mkgp.gov.si/si/delovna_podrocja/kmetijstvo/ekolosko_kmetovanje/), [17.06.2015]
- [25] Ministrstvo za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano. 2015. Navodila za uveljavljanje ukrepov kmetijske politike 2015-2020. 32–43 str.
- [26] SURS. 2010. Popis kmetijstva 2010 (<http://www.stat.si/StatWeb/glavnanaavigacija/podatki/prikazistaronovico?IdNovice=4594>), [17.06.2015]
- [27] Susin J. 2008. Predstavitev kmetijskega dela uredb o vodovarstvenih območjih v Sloveniji na primeru Apaškega polja. (http://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB4QFjAAahUKEwjxmI70kd3GAhUJyRQKHXXABPM&url=http%3A%2F%2Fwww.arsktrp.gov.si%2Ffileadmin%2Farsktrp.gov.si%2Fpageuploads%2FAktualno%2FOstalo%2F2008%2F6_SUSIN_Kmetijstvo_na_VVO.ppt&ei=YVKmVbHkC4mSU_KAkpgP&usq=AFQjCNHBZrl2QelUhVZxxaxXmEWeVVaxQ&sig2=mGjfuyimbaLH5p0z7P6Dw), [18.06.2015]
- [28] ULRS 59/2007: Uredba o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Apaško polje. Uradni list RS, št. 59/2007 z dne 4.7.2007, str. 8192.
- [29] URLS 64/2004: Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja. Uradni list RS, št. 64/2004 z dne 11.6.2004, str. 8111.



- [30] URLS 24/2007: Uredba o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnikov Ruš, Vrbanškega platoja, Limbuške dobrove in Dravskega polja. Uradni list RS, št. 24/2007z dne 20.3.2007, str. 2967.
- [31] URLS 67/2002: Zakon o vodah. Uradni list RS, št. 67/2002 z dne 36.7. 2002, str. 7648.
- [32] A. Praprotnik, *Ali se količina padavin na območju Slovenjgraške kotline zmanjšuje*. Diplomsko delo; 2012:33
- [33] Bufon, Černe, idr., *Geografski terminološki slovar*. Založba ZRC; 2005: 424
- [34] D. Kladnik, *Geografski leksikon*. Učila International; 2008:94
- [35] Medmrežje 4: Agencija RS za okolje,
(http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/tables/normals_71_00/) [5. 7. 2015]
- [36] Medmrežje 1: Kazalci podnebnih sprememb,
(<http://www.maribor.si/podrocje.aspx?id=567>) [5. 7. 2015]
- [37] Medmrežje 2: Klimatski podatki za 30 letno obdobje,
(<http://www.arso.gov.si/vreme/napovedi%20in%20podatki/maribor.html>) [5. 7. 2015]
- [38] MEDMREŽJE 3: STATISTIČNI URAD RS,
(<HTTP://PXWEB.STAT.SI/PXWEB/DIALOG/SAVESHOW.ASP>) [5.. 7. 2015]