



UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI
FAKULTET
DEPARTMAN ZA FIZIKU



Analiza povratne sprege između padavina i vlage u zemljištu zasnovana na meteorološkim i klimatološkim podacima

-master rad-

Mentori:

dr. Breuer Hajnalka

dr. Branislava Lalić

Kandidat :

Lemler Tünde

Novi Sad, 2015.

Sadržaj

1. Uvod.....	3
2. Književni pregled.....	5
3. Podaci.....	8
3.1. Podaci sa stanica	8
3.2. Carpatclim podaci	9
3.3. E-OBS baza podataka	10
3.4. ESA baza podataka vlažnosti zemljišta	11
3.5. Karakteristike zemljišta.....	11
3.6. Vremenske prilike	12
3.7. Bočni i granični uslovi modela	13
4. Metod	14
4.1. Inverzno distantna metoda	14
4.2. Kriging interpolacija	15
5. Uspoređivanje baze podataka.....	17
5.1. Tačnost baze podataka	17
5.2. Upoređivanje baze podataka	20
5.3. Određivanje vlažnosti zemljišta pomoću satelita	21
5.4. WRF model.....	22
5.5. WRF simulacija	24
6. Rezultati	25
6.1. Klimatologija	25
6.2. Korelacije	28
6.2.1. Mesečne korelacije.....	28
6.2.2. Dnevne korelacije	33
6.3. Uticaj vlažnosti zemljišta u meteorološkim simulacijama.....	36
7. Rezime	46
8. Literatura.....	48

Neizmernu zahvalnost dugujem svom dragom mentoru Dr Hajnalki Breuer, profesorici sa Eötvös Lorand Univerziteta iz Budimpešte (Mađarska), za odabir teme, veliku pomoć i beskrajno strpljenje u izradi i pisanju rada. Posebno se zahvaljujem na posvećenom vremenu, entuzijazmu i bezrezervnoj podršci.

Zahvaljujem profesorici Dr Branislavi Lalić, što mi je učinila dostupnim podatke sa mernih stanica i podržavala me pri izradi diplomskog rada.

Najlepše se zahvaljujem svojim profesorima i asistentima sa Departmana za fiziku i Katedre za meteorologiju koji su svojom naučničkom zanesenošću nesebično prenosili svoja znanja i doprineli da se moje studije završe uspešno.

Posebnu zahvalnost dugujem svojoj porodici na beskrajnoj ljubavi, podršci i što su mi omogućili da ostvarim svoj san iz detinjstva.

Tünde

1. Uvod

Proučavanje atmosferskih zbivanja tokom vremena postalo je sve značajnija grana nauke. Za životnu okolinu pored sunčevog zračenja voda, koja je u biosferi drugi najznačajniji elemenat, je jako bitan. Cirkulacija vode omogućava da na najvećim delovima Zemlje, kao padavina, voda postane pristupačna. Proučavanjem stvaranja padavina, određivanje prirode atmosferskih konvekција postala je ključna. Pored senzibilnog i latentnog fluksa toplote vlažnost vazduha je značajan faktor u stvaranju konvekција. U stvaranju toplotnih strujanja, planetarnog graničnog sloja (PBL) i vlažnih konvekција značajan faktor je vlažnost zemljišta (*Taylor et al. 2006*). Ovaj faktor je među osnovnim klimatskim činiocima i tako ima velik uticaj na stvaranje vremenskih uslova. Vlažnost zemljišta ima dugoročnu memoriju (*Senevirate & Koster 2012*), tako utiče i na klimatsku vremensku skalu, ne samo u kratkom roku. Određivanje vlažnosti zemljišta je težak posao, jer je prostorni variabilitet jako velik. Ovaj problem je delimično rešen korišćenjem meteoroloških satelita, mada oni vrše merenja na samo nekoliko santimetara dubine (*Taylor et al. 2006*).

Vlažnost zemljišta zavisi od količine padavina i od isparavanja. Pošto je količina upijene vode i odliv značajno manji od prethodnih činilaca, zanemaruje se njihovo dejstvo. Povratna sprega između vlažnosti zemljišta i količina padavina zavisi od geografskog mesta. Na nekim mestima vlažnost zemljišta u većoj meri utiče na količine padavina, a na nekim količina padavina uslovljava vlažnost zemljišta. Ove dve osobine se zovu dvosmernom povratnom spregom. Za potvrdu ovih međusobnih odnosa pravljeno je više osmatranja. Na primer, u 1997 godini je potvrđeno da postoji statistička signifikovana odložena korelacija između anomalije vlažnosti zemljišta i anomalija količina padavina koje se stvaraju kasnije (*Schär et al. 2008*).

Odkad postoji numeričko modeliranje i njegov brz razvoj, sve više upoznajemo uticaj vlažnosti zemljišta. Primenjivanjem raznih parametara u modelima uspešno simuliramo razne tokove u atmosferi.

Ciljevi mog rada na teritoriji Srbije:

- Vršiću upoređivanje između vlažnosti zemljišta i količine padavina, na klimatološkoj i dnevnoj vremenskoj skali između 1981 i 2010 godine;
- Pomoću meteorološke simulacije posmatraču uticaj promene vlažnosti zemljišta na količinu padavina, za određene datume.

2. Pregled literature

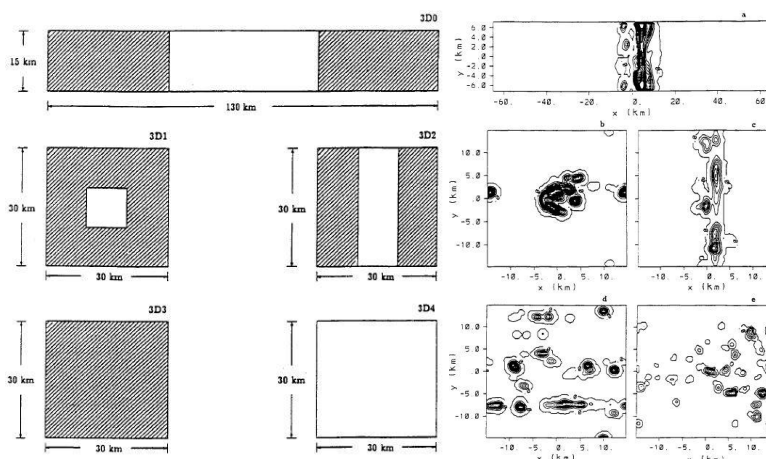
Svima je poznato da postoji veza između vlažnosti zemljišta i količina padavina. Padavina koja pada zimi povećava vlažnost zemljišta, što se tokom leta upotrebljava za povećanje vlažnosti i hlađenje atmosfere. Tako se na dužem periodu u zemljištu skuplja vlaga i pojavljuje se memorija vlažnosti zemljišta, što kroz nekoliko meseci utiče na okolinu. Do 1930. godine dostava padavina na velike udaljenosti u atmosferi nije bila priznavana. Pretpostavljalo se da formiranje padavina u prvoj meri javlja zbog lokalnih evapotranspiracija. Po tome sa povećanjem isparavanja i transpiracije mora da se povećava i količina padavina. Taj nazor se promenio kada je otkriveno da molekuli vode mogu da ostaju i nedelju dana u atmosferi, pre nego što se u obliku padavina vrata na površinu (Schär, 1999). Generalno možemo reći da veća vlažnost zemljišta i evapotranspiracija uzrokuju veću količinu padavina. Najveći uticaj vlažnosti zemljišta možemo očekivati na područjima, gde vlažnost atmosfere može da uzrokuje vlažnu konvekciju, i gde je isparavanje veliko, ali još utiče na njega vlažnost zemljišta (Koster et al., 2004). Osetljivost ovog efekta u Evropi je najveća između vlažne Atlantske i suve mediteranske klime. Granica između ovih klima može da se pomera i stotinama kilometara u skladu sa uslovima vlažnosti zemljišta (Schär, 1999).

Početne perturbacije u vlažnosti zemljišta mogu da utiču na klimatski sistem pomoću raznih povratnih sprega. Govorimo o pozitivnoj povratnoj sprezi kada dolazi do jačanja početnih perturbacija. Kada dolazi do slabljenja procesa tada je reč o negativnoj povratnoj sprezi (Asharaf et al., 2012). Po drugoj podeli povratne sprege možemo deliti na direktne i indirektno mehanizme. Kod direktnih mehanizama, iznad područja sa većom količinom vlažnosti zemljišta, veće količine padavina možemo direktno svoditi na evapotranspiraciju i na advekciju vlažnih vazdušnih masa. Suprotno tome, kod indirektnih mehanizama veća količina padavina se stvara sa transformacijom vlažnosti koja se nalazi u atmosferi. Ta dva mehanizma stvaraju cirkulaciju padavina, dok količina padavina zavisi od evapotranspiracije i od efektivnosti padavina. Numerički eksperimenti dokazuju da iznad Evrope, indirektni mehanizmi imaju veći uticaj na formiranje padavina, od direktnih mehanizama (Asharaf et al., 2012).

Promena u površini može da uzrokuje značajne promene u površinskoj energetske i vlažnoj ravnoteži. Ove promene utiču na toplotne i vlažne flukseve unutar planetarnog graničnog

sloja, na količine konvektivnih raspoloživih potencijalnih energija (CAPE) i na formiranje i aktivnost dubokih kumulusa (*Pilke, 2001*). Collor i njegovi saradnici tokom njihovog rada su otkrili da promena vlažnosti zemljišta uglavnom utiče na flukseve senzibilnih toplota, dok promena vegetacije utiče na flukseve latentnih toplota (*Collor et al., 2014*).

Postoje situacije u kojima manjim vlažnostima zemljišta odgovara veća količina padavina. To dokazuju rezultati eksperimenata u Sahelu (*Taylor et al., 2012*). Avissar i Liu prilikom svojih radova su istraživali uticaj distribucije vlažnosti zemljišta na količinu padavina i na lokaciju pojavljivanja padavina (slika 2.1.). Prema njihovim rezultatima, iznad površina sa homogeno raspoređenom vlažnosti zemljišta, čvorovi padavina se slučajno raspoređuju, dok se u slučaju područja sa pravilnom distribucijom vlažnosti zemljišta, padavine javljaju iznad područja sa manjom količinom vlažnosti zemljišta. Ovu raspodelu možemo objasniti nastankom mezoskalnih cirkulacija. Fluksevi iznad vlažnih i suvih područja se razlikuju i pošto je iznad vlažnijih područja veće isparavanje tako da će tamo biti vlažniji sloj iznad površine i ohladiće se, što generiše cirkulaciju koja će biti sličnija vetru s mora i kopna. Po osmatranjima konvekcija se prvo javlja iznad suvljih područja zbog većih fluksa senzibilne toplote. Taylor je podržao postojanje ove cirkulacije sa merenjima iz aviona i satelita, koja je vršio u Sahelu (*Taylor & Ellis, 2006*).



Slika 2.1.: Idealizovana simulacija, na levoj strani raspodela površina na području modela; na desnoj strani količina akumuliranih padavina u 18 HLT (*Avissar & Liu, 1996*).

Ispitivanjem u sezonskom ciklusu, najveću osetljivost na promenu vlažnosti zemljišta površinski fluksevi pokazuju između područja sa suvom i vlažnom klimom. Ove oblasti imaju najjači uticaj kontrole vlažnosti zemljišta sa stanovišta flukseva. Negativne vrednosti se nalaze na visokim geografskim širinama posle otapanja snega i na vlažnim tropskim

područjama. Veličina područja sa slabim korelacijama je ograničena i nalazi se naročito na manjim geografskim širinama i u regiji monsuna (*Dirmeyer et al., 2011*).

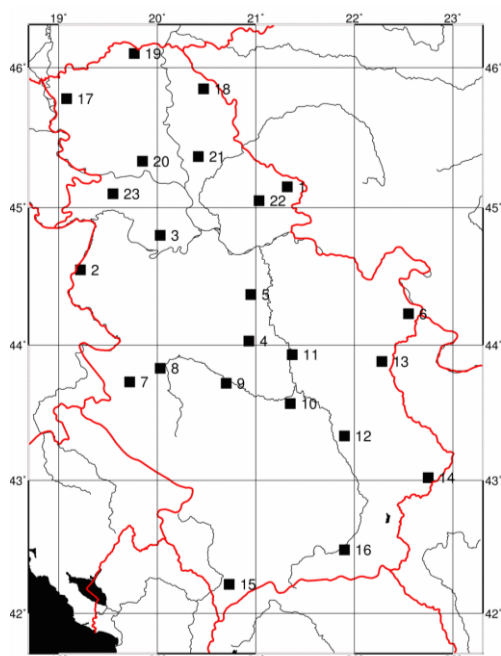
Pomoću prvih numeričkih modela naučnici su mogli da proučavaju uticaj vlažnosti zemljišta na osetljivost procesa velikih razmera, odgovor na regionalne anomalije, uticaj deforestacije, uticaj anomalije u vlažnosti na suve i previše vlažne periode, promenu vegetacije, kao i uticaj na prognozu vremena koje su napravljene pomoću numeričkih modela (*Schär, 1999*). Posle toga pomoću multi-model usrednjavanja mogli su da odrede i područja sa jakom povratnom spregom između vlažnosti zemljišta i količine padavina (*Koster et al., 2004*). Asharaf je istraživao uticaj vlažnosti na količinu padavina monsuna i prema njihovim rezultatima perturbacija u vlažnosti zemljišta pre monsun perioda jako utiče na količinu padavina u monsunima (*Asharaf et al., 2012*).

Autokorelacija koja se može izračunati iz meseca u mesec zavisi od varijabilnosti početnih vlažnosti zemljišta, od varijabilnosti atmosferskih forsiranja u osmotrenom periodu, od korelacije vlažnosti zemljišta i kasnijih forsiranja, od osetljivosti isparavanja na vlažnost zemljišta i od osetljivosti oticaja (*Seneviratne & Koster, 2011; Koster & Suarez, 2001*). Iz rada Krakauer-a (2010) saznajemo da je autokorelacija vlažnosti zemljišta sa godišnjim isparavanjem niska, pošto više zavisi od brzo promenljivih količina padavina nego od sporo promenljivih temperatura. Nasuprot toga, vlažnost zemljišta u kratkom periodu povećava korelaciju temperature sa isparavanjem, između proleća i leta, kao i između leta i jeseni. Tokom jeseni i zime korelacija sa količinom padavina se smanjuje, pošto pri jeseni na padavine više utiče vlažnost zemljišta, nego u zimskim mesecima, kad najveći uticaj izražava cirkulacija velikih razmera (*Krakauer et al., 2010*).

3. Podaci

3.1. Podaci sa stanica

Podatke merenja sa meteoroloških stanica sam dobila iz Republičkog Hidrometeorološkog Zavoda (RHMZ) za period od 1971 do 2010 godine, sem podataka za gradove iz Vojvodine koji su za period od 1981 do 2007 godine. Pomoću ovih podataka istraživanje sam vršila za period od 1981 do 2010 godine. Radila sam sa podacima od ukupno 23 stanice (3.1.1). Veći nedostatak podataka je bio samo iz Banatskih Karlovaca, gde postoje podaci samo od 1985 godine. Od postojećih mernih podataka sam koristila srednje temperature, maksimalne temperature, minimalne temperature i količinu padavina.



Slika 3.1.1.: Geografska lokacija korišćenih meteoroloških stanica

Redni broj	Grad	Geografska lokacija		
		Geografska dužina	Geografska širina	Nadmorska visina [m]
1	Vršac	45° 9"	21° 19"	82
2	Loznica	44° 33"	19° 13"	121
3	Beograd	44° 48"	20° 2"	132
4	Kragujevac	44° 2"	20° 56"	197
5	Smederevska Palanka	44° 22"	20° 57"	122
6	Negotin	44° 14"	22° 33"	42
7	Zlatibor	43° 44"	19° 43"	1028
8	Požega	43° 50"	20° 2"	310
9	Kraljevo	43° 43"	20° 42"	215
10	Kruševac	43° 34"	21° 21"	166
11	Čuprija	43° 56"	21° 22"	123
12	Niš	43° 20"	21° 54"	201
13	Zaječar	43° 53"	22° 17"	144
14	Dimitrovgrad	43° 1"	22° 45"	450
15	Prizren	42° 13"	20° 44"	402
16	Vranje	42° 29"	21° 54"	432
17	Sombor	45° 47"	19° 5"	88
18	Kikinda	45° 51"	20° 28"	81
19	Palić	46° 6"	19° 46"	102
20	Rimski Sančevi	45° 20"	19° 51"	86
21	Zranjanin	45° 22"	20° 25"	80
22	Banatski Karlovac	45° 3"	21° 2"	90
23	Sremska Mitrovica	45° 6"	19° 33"	82

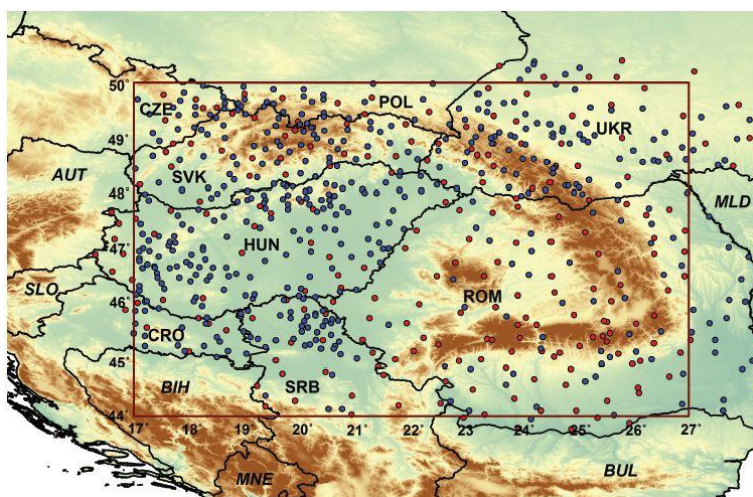
Tabela 1.: Geografske koordinate korišćenih meteoroloških stanica

3.2. Carpatclim podaci

Baza podataka Carpatclim (*Spinoni et al., 2015*) je napravljena od strane država iz Panonske nizije i sadrži podatke od 1961 do 2010 godine. Primarni cilj ove baze podataka je bio da pomaže verifikaciju klimatskih istraživanja i regionalnih klimatskih modela. Baza podataka je napravljena pomoću merenja meteoroloških stanica čiji raspored je prikazan na slici 2. Ova baza podataka sadrži 16 različitih podataka, iz kojih sam koristila srednju temperaturu, maksimalnu temperaturu, minimalnu temperaturu i količinu padavina. Ova baza podataka sadrži homogenizovane dnevne podatke. Homogenizacija merenih podataka je vršena pomoću softvera Multiple Analysis of Series or Homogenisation (MASH 3.03 verzija) (*Spinoni et al., 2015*) u osam koraka:

1. prelazak sa dnevnog niza podataka sa nedostacima na mesečni niz podataka,
2. prva procena nehomogenosti mesečnih podataka,
3. fina procena nehomogenosti dnevnog niza podataka pomoću parametara dobijenih u drugom koraku,
4. automatska popravka dnevnog niza podataka,
5. automatska provera kvaliteta homogenizovanog dnevnog niza podataka,
6. automatska dopuna odsutnih dnevnih podataka,
7. kalkulacija mesečnog niza podataka iz dnevnih nizova podataka koji su proverenog kvaliteta, dopunjeni i homogenizovani,
8. provera homogenosti novog mesečnog niza podataka.

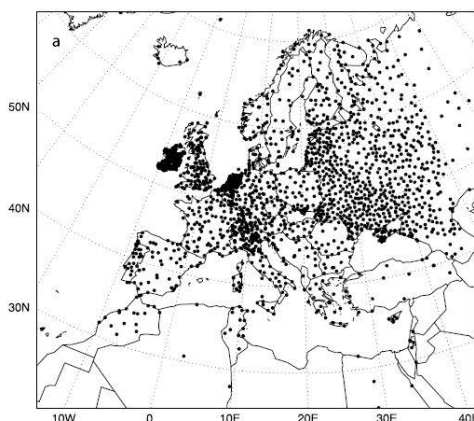
Homogenizovane stanične podatke se nakon toga interpoliraju na mrežu visoke rezolucije ($0.1^\circ \times 0.1^\circ$). Interpolacija se vrši pomoću Kriging metoda sa softverom Meteorological Interpolation based on Surface Homogenised data basis (MISH 1.03 verzija) (*Spinoni et al., 2015*). Taj softver se bazira na regresovanom Kriging metodu, što znači da računa optimalne interpolacione parametre sa pomoćnim promenljivama, koje kalibrišu ceo niz podataka.



Slika 2.: Geografska pokrivenost Carpatclim baze podataka sa geografskom lokacijom korišćenih stanica (crveno: klimatska stanica, plavo: merenje samo padavina) (Spinoni et al., 2015)

3.3. E-OBS baza podataka

E-OBS baza podataka pokriva celu teritoriju Evrope za period od 1950 do 2006 godine. Ova baza podataka ima veliku rezoluciju (25x25 km), sadrži dnevne maksimalne, minimalne i srednje temperature, kao i količinu padavina, koje su interpolisane na mrežu. Interpolaciju podataka na mrežu su napravili u tri koraka. U prvom koraku su interpolisali mesečne podatke pomoću spline metode, kojom su odredili prostorne tendencije podataka. U drugom koraku su koristili Kriging metodu za anomalije, uzimanjem u obzir mesečne srednje vrednosti. U poslednjem koraku korišćenjem interpoliranih anomalija na interpolirane srednje vrednosti izračunali su krajnje rezultate.



Slika 3.3.1.: Geografska pokrivenost E-OBS baze podataka sa geografskom lokacijom korišćenih stanica (Haylock et al., 2008)

3.4. ESA baza podataka vlažnosti zemljišta

ESA baza podataka vlažnosti zemljišta se bazira na satelitskom merenju koje vrši Evropska svemirska agencija (European Space Agency). Kod pripreme ove baze podataka korišćeni su u većoj meri, Evropski i Američki sateliti, koji vrše aktivno ili pasivno merenje, a podaci imaju dnevnu rezoluciju. Podatke vlažnosti zemljišta koje se dobijaju pomoću GLADAS/NOAH površinskog modela, upoređuju se sa sirovim podacima satelita. Na taj način se obezbeđuje protorna i vremenska neprekidnost, kao i filtriranje i korigovanje ekstremnih i netačnih podataka. Horizontalna rezolucija baze podataka je jedna četvrtina stepena ($0.25^\circ \times 0.25^\circ$) i sadrži dnevne vrednosti vlažnosti zemljišta u prva dva centimetra tla. Koristila sam podatke vlažnosti zemljišta iz perioda od 1970 do 2010 godine. Nedostatak podataka se pojavljuje na oblačnim oblastima i iznad površina koje su pokrivene snegom, jer su na tim područjima merenja neizvodljiva.

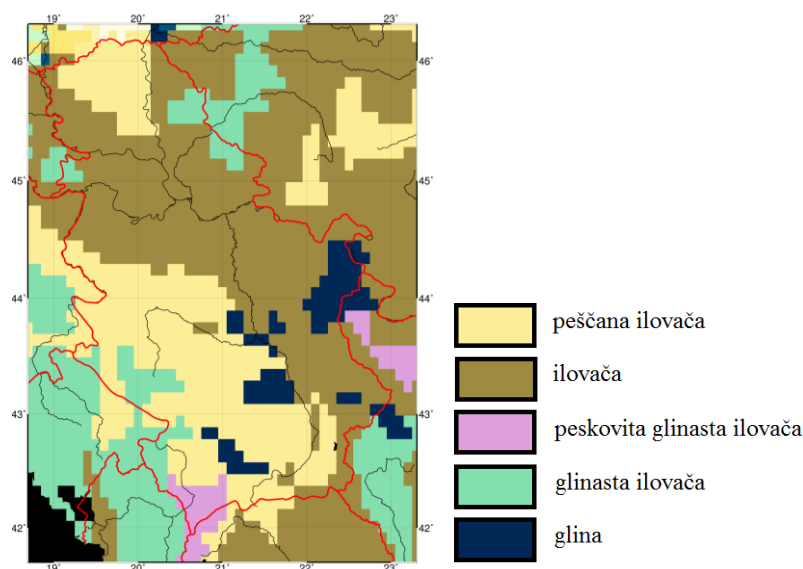
3.5. Karakteristike zemljišta

Promenu hidrofizičkih karakteristika zemljišta određuje prostorna distribucija teksture zemljišta (*Shao és Irannejad, 1999*). NCAR (National Centre for Atmospheric Researches) je stvorio FAO (Food and Agriculture Organization) bazu podataka o globalnoj distribuciji teksture zemljišta, koja ima rezoluciju od pet geografskih minuta. Bazu podataka sastava zemljišta su napravili pomoću karakteristika zemljišta koje imaju rezoluciju od 1km i podeljeni su na 16 kategorija (*Chen és Dudhia, 2001*), a koriste je MM5 i WRF modeli za prognozu vremena. Ova baza podataka obuhvata teksturu-, gustinu- i poroznost zemljišta, korisni vodni kapacitet itd. Na području Srbije postoji pet različitih vrsta zemljišta (Slika 3.5.). Peščana ilovača se nalazi na severnim i srednjim delovima Vojvodine, kao i na zapadnim, jugozapadnim, jugoistočnim delovima Srbije, na Južnim delovima Šumadije i na području Kosova. Ilovača je najčešći tip zemljišta u posmatranom regionu (tabela 2.), nalazi se na velikom delu Vojvodine, u centralnim i istočnim delovima Srbije. Peskovitu glinastu ilovaču možemo naći na južnim delovima Kosova. Glinasta ilovača se nalazi na malom području, na istočnom delu Banata, na zapadnom delu Srema, kao i na jugozapadnom delu Srbije. Glinastog zemljišta u većoj količini ima u istočnim delovima Srbije, a mestimično se pojavljuje pored Južne- i Velike Morave, kao i na severnim delovima Kosova. Finu rezoluciju teksture zemljišta koja se nalazi na severnoj granici, na području Mađarske, nismo uzeli u obzir zato što pojedine teksture zemljišta se pojavljuju u manje od 1%. Hidrofizičke parametre koji se dodeljuju za pojedine teksture zemljišta smo koristili na osnovu rada Cosby-ja (1984). Možemo videti (tabela 2), da od grube do fine zemljine teksture, tačka

zasićenja se povećava. Korisni vodni resurs – osim kod peskovite glinaste ilovače – menja se suprotno, najveći je u slučaju peščane ilovače ($0.336 \text{ m}^3/\text{m}^3$), a najmanji kod gline ($0.274 \text{ m}^3/\text{m}^3$).

Vrsta zemljišta	Tačka zasićenja [m ³ /m ³]	Poljski vodni kapacitet [m ³ /m ³]	Tačka venjenja [m ³ /m ³]	Relativna učestalost [%]
peščana ilovača	0.434	0.383	0.047	24.93
ilovača	0.439	0.329	0.066	47.92
peskovita glinasta ilovača	0.464	0.387	0.067	2.45
glinasta ilovača	0.465	0.382	0.103	18.64
glina	0.468	0.412	0.138	4.3

Tabela 2.: Na osnovu Cosby et al. (1984), najbitnije hidrofizičke osobine i učestalost pojavljivanja vrste podloge na posmatranom području



Slika 3.5.: Prostorna raspodela teksture zemljišta na osnovu FAO baze podataka na posmatranom području

3.6. Vremenske prilike

16. 06. 2010.: Od Britanskih ostrva do Skandinavije, preko Poljske nizije do Crnog mora jedan jako rasprostranjen anticiklon uzrokovao je sunčano vreme bez padavina. Na zapadnom delu Sredozemnog mora se nalazio jedan ciklon, čija zona frontova se prostirala od južnog dela Francuske, preko Alpa do Panonske nizije, uslovljavajući oblačno i kišovito vreme. Srbija se nalazila iza toplog fronta u toplom sektoru. Na ovom području javila se topla advekcija. Vazdušni pritisak je bio između 1012-1014 mb. U Vojvodini, posle jutarnjih

pljuskova količina oblačnosti se postepeno smanjivala. U poslepodnevnim satima u centralnim i severnim delovima države opet se povećavala količina oblačnosti i pojavili su se pljuskovi i oluje. Najveća količina padavina, 23 mm, je merena u Beogradu. Minimalna temperatura je bila između 16 i 22°C, dok je maksimalna temperatura bila između 29 i 34°C.

19. 06. 2010.: Između centralnog bazena Sredozemnog mora i Skandinavije nalazio se jedan ciklon. Izvan ovog područja, u ostalim delovima Evrope anticikloni su uslovljavali vremenske prilike. Srbija se nalazila u toplom sektoru ciklona, za koji je bila karakteristična advekcija toplog vazduha. U jutarnjim satima mestimično se pojavila slaba kiša, nakon čega je usledilo promenljivo oblačno vreme. U toku dana formiralo se još više oblaka, a u poslepodnevnim satima na mnogim mestima su se pojavili pljuskovi ili oluje. Najveća količina padavina je merena u Valjevu (44 mm) i na Crnom Vrh (48 mm). Vazdušni pritisak je bio između 1001 i 1004 mb. Minimalna temperatura je bila između 16 i 18°C, dok je maksimalna temperatura dostigla 25 i 32°C.

01. 07. 2010.: U većem delu Evrope, kao i na Balkanskom poluostrvu nalazio se jedan anticiklon. Vazdušni pritisak je bio 1014-1015 mb. Relativna vlažnost vazduha se kolebala između 60-80%. Posle prepodnevnog pretežno sunčanog vremena pojavili su se kumulusi, prvo iznad južnih delova države, a posle i u Vojvodini, u pratnji pljuskova i oluje. Najveća količina padavina merena je pored zapadne granice, u okolini Loznice (31 mm). Minimalna temperatura se kretala između 13 i 19°C, dok je preko dana bila od 26 do 31°C.

3.7. Bočni i granični uslovi modela

U drugom delu mog diplomskog rada pravila sam simulaciju i posmatrala sam kako utiče promena vlažnosti zemljišta na količinu padavina. Da bih mogla da puštam WRF model, trebali su mi bočni i granični uslovi. Ovi uslovi obično se zadaju pomoću nekih globalnih modela prognoze vremena. U ovom slučaju koristila sam analizirane podatke GFS (Global Forecast System) modela, koji imaju horizontalnu rezoluciju od pola stepena, a dostupni su na svakih šest sati. Ova baza podataka sadrži podatke o vlažnosti i temperaturi zemljišta na četiri nivoa dubine, kao i granične vrednosti atmosferskih parametara. Potrebni atmosferski parametri su sledeći: temperatura na 2m, površinski pritisak, horizontalne komponente vetra u sve 3 dimenzije, relativna vlažnost, geopotencijal i temperatura.

4. Metod

4.1. Inverzno distantna metoda

Ova metoda je jedna od najstarijih metoda za geometričku interpolaciju (*Shephard, 1968*). Ovu tehniku sam koristila kod interpolacije E-OBS i Carpatclim podataka za stanice, što sam morala da uradim kako bih mogla da uporedim stanične merene podatke sa podacima iz baze podataka. Ova metoda je jako jednostavna, možemo je koristiti kod homogenih nizova podataka. U ovom slučaju ceo niz podataka ne možemo posmatrati homogenim, ali pošto su kod interpolacije uzeti u obzir samo najbliži čvorovi mreže možemo ih smatrati homogenim.

Za datu $\underline{s}_0=(x_0,y_0)$ koordinatu interpoliranu vrednost procenjujemo iz težinskih srednjih vrednosti:

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot Z(\underline{s}_i)$$

gde je $z(\underline{s}_i)$, $i=1,2,...,n$ osmatranje; $\lambda_i(s_0)$ težina. Težinu izračunavamo pomoću obrnutog srazmera rastojanja tačaka (*Heindl, 2007*):

$$\lambda_i(\underline{s}_0) = \frac{\frac{1}{d^\beta(\underline{s}_0, \underline{s}_i)}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d^\beta(\underline{s}_0, \underline{s}_i)}}, \quad \beta > 0$$

gde je $d^\beta(\underline{s}_0, \underline{s}_i)$ rastojanje između dve tačke. Što višu vrednost ima β koeficijent, za toliko veći naglasak će dobiti tačke koje su u blizini. Zbog toga uzela sam da je $\beta=1$. Da bi kriterija neporemećenosti bila zadovoljena pri proceni, suma težine treba da bude 1:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

Interpolacija ima egzaktne i konveksne osobine i globalno može da se koristi na ceo niz podataka. Pogodna je za pravljenje prve aproksimacije procene, kada su merenja reprezentativna za posmatranu oblast i znamo da na tom području ne postoje ekstremne vrednosti. Pri korišćenju metoda vredi zadati maksimalan broj elemenata i maksimalno rastojanje interpolacije, jer kad postoji ogroman broj podataka, metoda je vremenski jako zahtevna, ali ovako možemo smanjiti broj merenja koji se koriste za određivanje procene date tačke.

4.2. Kriging interpolacija

Da bi mogla da uporedim E-OBS i Carpatclim podatke, E-OBS podatke sam interpolirala na mrežu od $0.1^\circ \times 0.1^\circ$, koja odgovara mreži Carpatclim baze podataka. Postoji više tehnika za interpolaciju, koje biramo na osnovu elementa koje želimo interpolirati i na osnovu njihove prostorne distribucije. U hidrologiji i u geonauci najčešće se koristi Kriging interpolacija (*Krige, 1962*), koja se bazira na tome da se parametar koji se interpoliše može uzeti kao regionalizovana promenljiva. To znači da tačke, koje se nalaze oko posmatrane tačke, koreliraju, ali tačke koje su na većem rastojanju statistički su nezavisne (*Davis, 1987*). Ova metoda je zasnovana na rešavanju jednog sistema linearne jednačine, pomoću koje minimalizuju varijansu procene za jedan predodređeni model kovarijanse. Pri našem istraživanju korišćena je takozvana optimalna prostorna-kriging interpolacija. Ova metoda je prihvaćena za podatke o temperaturi i padavinama (*Rubel, 1996; Atkinson and Lloyd, 1988; Kottek and Rubel, 2007*).

Prvo se pravi variogram, koji se pravi na osnovu tačaka od kojih je napravljena interpolacija. Variogram se sastoji od dva dela. Prvi deo je eksperimentalni variogram. On se može odrediti tako da se odredi semi-varijansa između svih tačaka, a dobijeni podaci se predstave u funkciji razdaljine među vrednostima. Tada može da se odredi drugi deo variograma, što se zove model variogram. Ovo nije ništa drugo već jedna obična funkcija, koja prati trend variograma (*Wackernagel, 1995*). Umesto varijanse može da se koristi i korelacija, tada se određuje autokorelaciona funkcija. U ovom slučaju korelacija između osmatranja zavisi samo od funkcija rastojanja između osmatranja, a ne zavisi od geografske lokacije. Autokorelaciona funkcija može da bude određena samo pomoću eksperimentalnih korelacija. Bitna osobina variograma i autokorelacione funkcije je da se može odrediti jedna deokorelaciona razdaljina, a počevši od toga tačke su statistički nezavisne. Na variogramu ta razdaljina je ona daljina od koje trend funkcije približno postaje konstantan.

Postoje dve vrste Kriging interpolacije, tačkasti i prostorni tip. U slučaju prostornog tipa interpolirane vrednosti vodimo na jedno područje. Od tačkastog tipa ovaj tip daje tačnije procene. Kod procene prostornog integrala koristimo težinsku srednju vrednost merenja. Težina može biti određena na osnovu autokorelacione funkcije, koju možemo odrediti pomoću rastojanja između dve tačke. Zbog neporemećenosti pretpostavljamo da je suma težine jednaka jedinici.

Pri interpolaciji moramo uzeti u obzir i netačnost merenja. Pretpostavljamo da je srednja vrednost greške jednaka nuli, da prostorno ne korelišu, a da je njihova kvadratna greška na teritoriji interpolacije konstantna. U slučaju ispunjavanja sledećih uslova kriging interpolacija će biti najbolja i neporemećena:

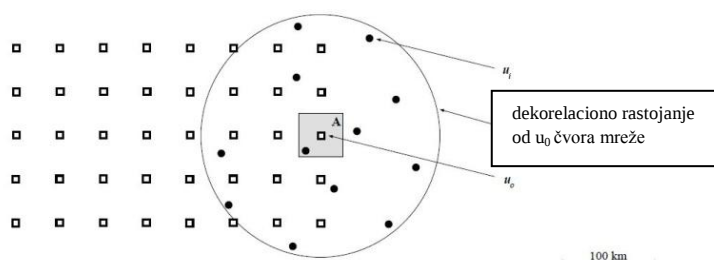
- očekivana vrednost merenja i procene su jednake,
- standardna devijacija je minimalizovana.

Minimalizaciju standardne devijacije dobijamo normiranjem standardne devijacije i kriging varijansa će biti izračunljiva za svaku tačku. Standardna devijacija karakteriše kvalitet interpolacije, a njena vrednost zavisi od veličine istraživanog područja, od gustine merenja i od statističke strukture interpoliranih vrednosti.

Ako ima dovoljno merenja za proizvodnju variograma i ako se uslovi ne menjaju, onda kriging metoda daje najbolju linearnu neporemećenu procenu. Ali moramo uzeti u obzir da kod minimalizacije greške korišćeni metod najmanjih kvadrata nije uvek najvažniji kriterijum i moguće su takve nelinearne i/ili poremećene procene koje daju bolje rezultate. Ipak, Kriging metoda može biti uspešana i ako koristimo pogrešan variogram (Cressie, 1993).

Loša strana kriging metode je dugačko vreme računanja, zato pre korišćenja vredi razmisliti o tome koju metodu da biramo.

U tom slučaju ako za interpolaciju koristimo više nizova podataka, koji su na nekom nivou povezani, onda je reč o ko-krigingu. Tada se za svaki niz podataka i odvojeno i zajedno mora praviti analiza variograma i shodno tome razviti jednačine koje su potrebne za procenu polja.



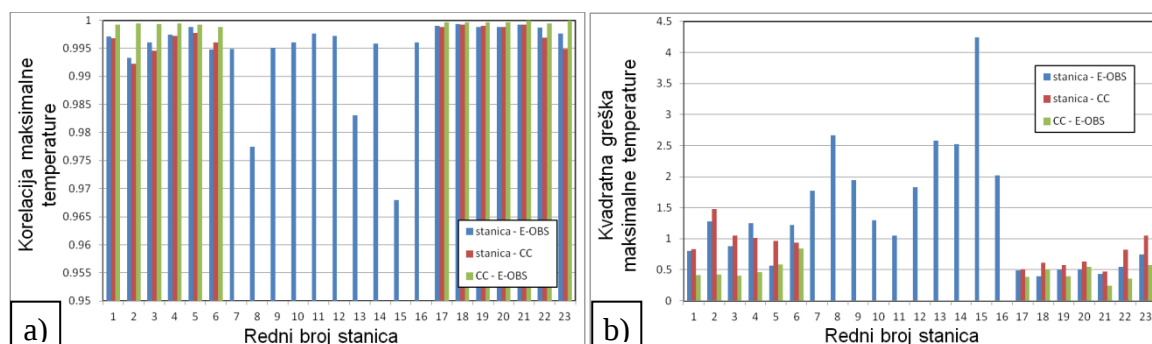
Slika 4.2.1.: Za svako A područje, koje reprezentuje jedan u_0 čvor mreže, n komad najbližih tačaka podataka možemo koristiti za interpolaciju, koja se nalazi unutar dekorelacione daljine (Rubel, 1996)

5. Upoređivanje baze podataka

5.1. Tačnost baze podataka

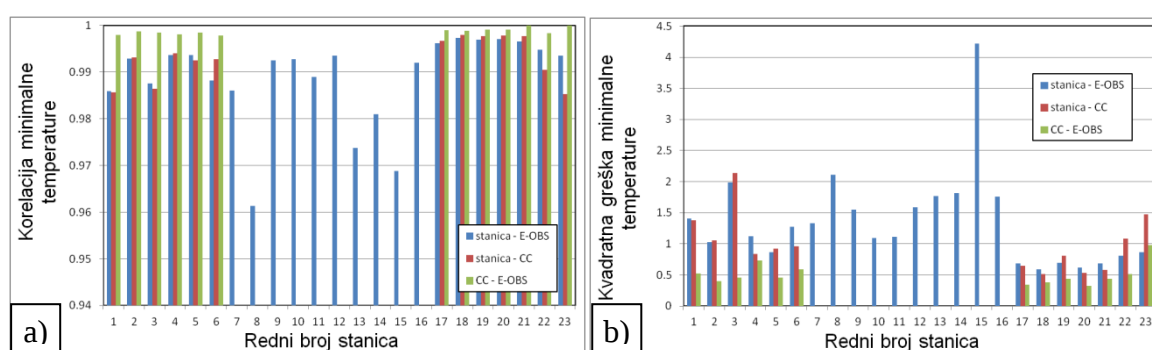
Da bih mogla da odredim tačnost baze podataka u čvorovima mreže koju sam htela da koristim u svom radu, računala sam korelaciju i kvadratnu grešku za interpolaciju između stanice i za interpolaciju između baze podataka i stanice. Kod staničnih podataka, pošto su mi bili dostupni podaci, u računu sam koristila period od 1971 do 2010 godine. Pošto u Carpatclim bazi podataka ne postoje podaci za celu državu, zato kod upoređivanja podataka kod stanica sa rednim brojem od 7 do 16, možemo koristiti samo stanične merene podatke i E-OBS bazu podataka. Podaci o dnevnim srednjim temperaturama nisu dostupni kod stanica sa rednim brojem od 1 do 16.

U slučaju maksimalne (slika 5.1.1.), minimalne (slika 5.1.2.) i srednje temperature (slika 5.1.3.), za korelacije između stanice i baze podataka, kao i između baza podataka, dobijamo veliku vrednost, približnu jedinici. U slučaju maksimalne temperature razlike u korelacijama su jako male, i između stanice i baze podataka, kao i između baza podataka. Razlike u korelacijama iznose nekoliko hiljaditih delova. U većini slučajeva korelacije između Carpatclim baze podataka i stanice zaostaju od korelacije između stanice i E-OBS baze podataka. U slučaju stanice sa rednim brojem 8 (Požega), 13 (Zaječar) i 15 (Prizren), korelacije između stanične vrednosti i E-OBS baze podataka se smanjuju zbog uticaja reljefa, pošto se ovi gradovi nalaze u dolini. Ovo smanjenje korelacije se pojavljuje kod svih promenljivih. Kvadratna greška kod maksimalne temperature iznosi oko 1 °C. Veće vrednosti od 1.5 °C možemo naći na stanicama koje su izvan područja Carpatclim baze podataka. Najmanje korelacije se pojavljuju kod upoređivanja Carpatclim i E-OBS baze podataka.



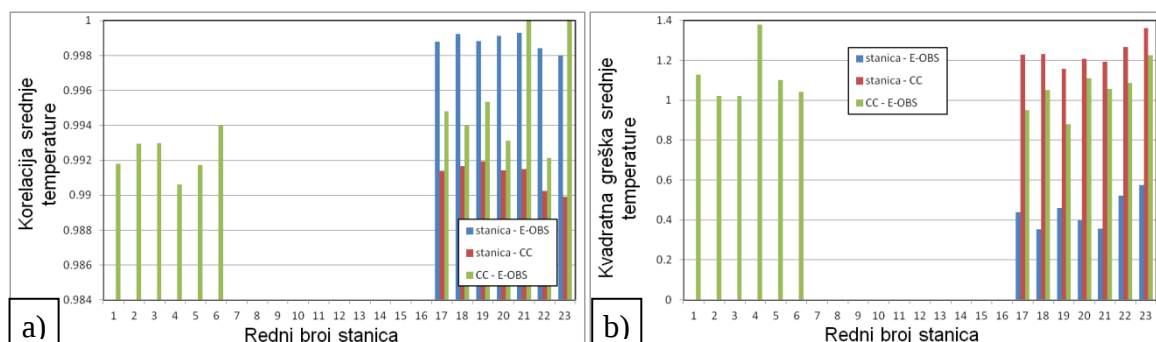
Slika 5.1.1.: a) korelacija i b) kvadratna greška između E-OBS i Carpatclim baze podataka i meteorološke stanice u slučaju maksimalne temperature u periodu od 1971 do 2010 godine.

U slučaju minimalne temperature, razlika između baze podataka se povećava za nekoliko stotih delova. Kod ovog parametra, u slučaju nekih gradova, korelacija između staničnih i E-OBS podataka je manja od korelacije sa Carpatclimom. Razlika između baze podataka se pojavljuje zbog toga što neke baze podataka ne mogu da uzmu u obzir uticaje emisija, reljefa i lokalne vremenske prilike, čiji faktori imaju jak uticaj na promenu tog parametra. Kod gore navedenih stanica niska vrednost korelacije se pojavljuje i kod ovog parametra. Vrednost kvadratne greške je oko 0.5 °C i 1 °C, ali kod stanica sa velikim nadmorskim visinama jako prekorači tu vrednost (npr. kod stanice 15 – Prizren – iznosi 4.2 °C). Najmanju kvadratnu grešku dobijamo kod upoređivanja E-OBS i Carpatclim baze podataka.



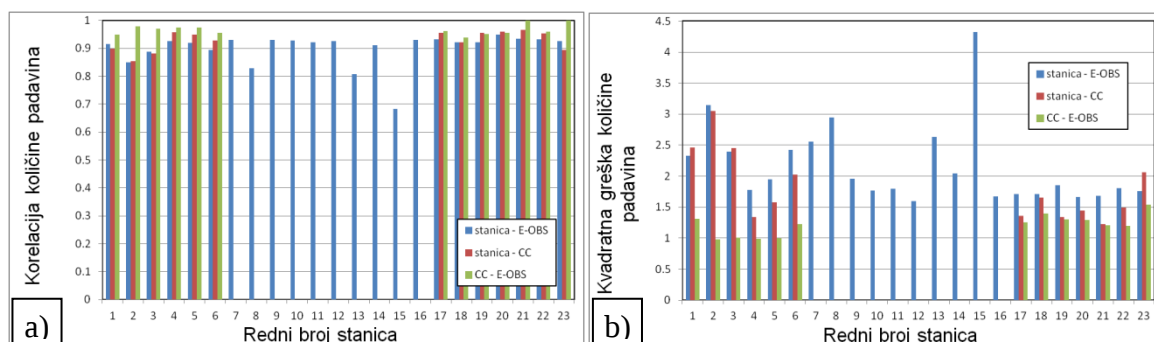
Slika 5.1.2.: a) korelacija i b) kvadratna greška između E-OBS i Carpatclim baze podataka i meteorološke stanice u slučaju minimalne temperature u periodu od 1971 do 2010 godine.

Podaci o srednjim temperaturama su dostupni samo kod poslednjih 7 stanica. Korelacija je i ovde visoka i dostiže vrednost od 0.99. Korelacija je najviša između stanica i E-OBS baze podataka, ali razlika između baze podataka ostaje unutar hiljaditog dela. U slučaju prvih 6 stanica izračunljiva je korelacija između baze podataka, koja takođe dostiže vrednost od preko 0.99. Vrednost kvadratne greške kod svih stanica je veoma visoka, iznosi oko 1-1.4 °C. Manju vrednost od ovoga (oko 0.3 °C i 0.6 °C) možemo naći samo između stanice i E-OBS baze podataka.



Slika 5.1.3.: a) korelacija i b) kvadratna greška između E-OBS i Carpatclim baze podataka i meteorološke stanice u slučaju srednje temperature u periodu od 1971 do 2010 godine.

U slučaju količina padavina korelacije se menjaju između 0.85 i 1, što možemo reći da su izuzetno velike vrednosti ako gledamo u odnosu na varijabilnosti padavina. Najbolji odnos možemo videti između Carpatclim i E-OBS baze podataka, dok je najlošija saglasnost između staničnih i E-OBS podataka. Izuzetno nisku korelaciju smo našli kod već spomenute tri stanice. Kvadratna greška količina padavina je između 1 mm i 2 mm, sa nekoliko izuzetnih vrednosti, koje dostižu vrednost od 3 mm. Najmanju kvadratnu grešku dobijamo opet kod upoređivanja Carpatclim i E-OBS baze podataka.



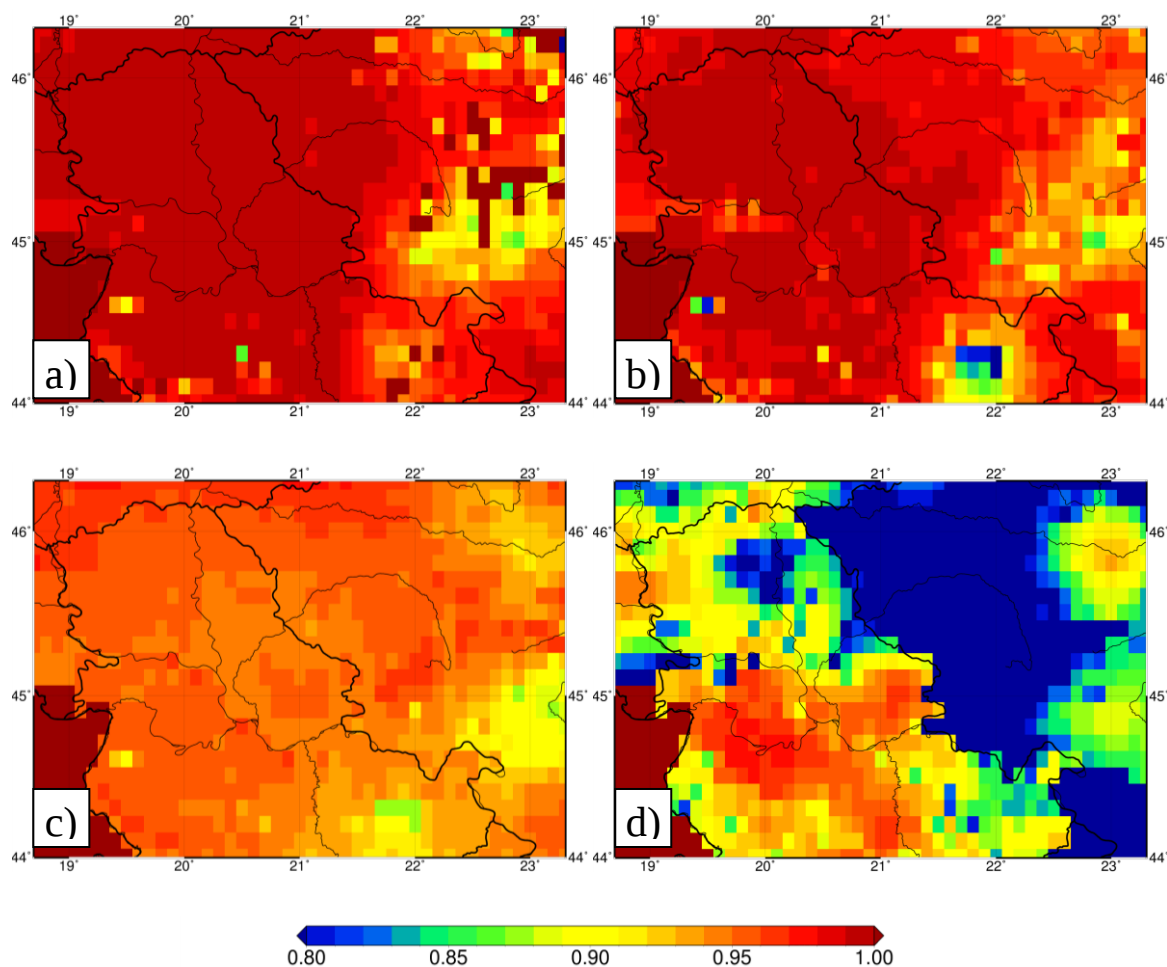
Slika 5.1.4.: a) korelacija i b) kvadratna greška između E-OBS i Carpatclim baze podataka i meteorološke stanice u slučaju srednje temperature u periodu od 1971 do 2010 godine.

U slučaju stanice sa rednim brojem 8 (Požega) i 15 (Prizren) moramo reći da su niske vrednosti korelacije i visoke vrednosti kvadratnih grešaka posledice interpolacionih postupaka koji su korišćeni pri obradi podataka. Ovo podržava to što ako interpolaciju vršimo pomoću najbližih tačaka onda veličina greške se smanjuje u velikoj meri.

5.2. Upoređivanje baze podataka

Da bih mogla da uporedim podatke koji se nalaze u različitim bazama podataka, podatke iz E-OBS baze podataka sam pretvorila u finiju, $0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$, mrežu pomoću kriging interpolacije. Posle toga uradila sam korelaciju podataka između E-OBS i Carpatclim baze podataka, što dokazuje da saglasnost ovih baza podataka odgovara za dalji rad. Kao izvor grešaka ističem da se zapadna granica Carpatclim baze podataka podudara sa posmatranim područjem, zbog toga na tom području korelacije imaju nisku vrednost. Godišnja korelacija srednjih-, minimalnih- i maksimalnih temperatura je jako visoka, dostiže vrednost od 0.95 do 1. Manju vrednost od ovoga, oko 0.8, možemo naći samo na jugoistočnim, planinskim predelima posmatranih oblasti. Korelacija količina padavina je između 0.85 i 0.98. Korelacija je najveća pored Save i Velike Morave. Najveća područja sa najnižim korelacijama se nalaze u planinskim predelima. Na granici između Srbije i Rumunije, ali na teritoriji Rumunije korelacija je izuzetno niska.

Na sledećem koraku napravila sam mesečne korelacije za sve promenljive. U tom slučaju korelacija srednje temperature, izuzev u kasnijim jesenjim i zimskim mesecima, na teritoriji Srbije prešla je vrednost od 0.95. U pomenutim mesecima koji su izuzeci, samo na planinskim predelima pala korelacija je ispod 0.9 (slika 5.2.1.a), dok na ostalim predelima države se nije menjala. U slučaju minimalne temperature najniže korelacije možemo naći preko leta na planinskim predelima (slika 5.2.1.b). Tada vrednost korelacije opada na vrednost oko 0.80. Na ostalim predelima, kao i u predhodnom slučaju, vrednost je veća od 0.95. Kod maksimalnih temperatura najveća promena se dešava u kasnijim prolećnim i u letnjim mesecima. Tada korelacija sa vrednosti od 0.95-1 padne do 0.90 (slika 5.2.1.c). Planinsko područje opet vidljivo utiče na vrednosti. Korelacija količina padavina po mesecima jako se razlikuje od do sada posmatranih korelacija. Od januara do marta korelacija je velika, zauzima veću vrednost od 0.90. Posle toga, do avgusta vrednost korelacije se polako smanjuje do vrednosti oko 0.90 (slika 5.2.1.d.). Najnižu korelaciju nalazimo pored Tise (oko 0.80). Posle toga vrednost korelacije polako se povećava, dok ne stigne do početnih vrednosti.



Slika 5.2.1.: Mesečne srednje korelacije između dnevnih podataka E-OBS i Carpatclim baze podataka a) srednja temperatura – januar, b) minimalna temperatura – jul, c) maksimalna temperatura - jul, d) padavina – avgust

5.3. Određivanje vlažnosti zemljišta pomoću satelita

Vlažnost zemljišta je važna kopčica između Zemljine površine i atmosfere i igra ključnu ulogu u vodnom ciklusu. Zemljište sadrži 0.005% ukupne količine vode koja se nalazi na Zemlji (Wagner, 1998). Ima velik uticaj za površinska strujanja, za osobine plitkih slojeva i za stvaranje konvekcija. Njena prostorna raspodela zavisi od distribucije padavina, od reljefa, od vrste zemljišta i od biljnog pokrivača. Određivanje vlažnosti zemljišta može se odrediti sa *in-situ* merenjima, koja su dosta tačna, ili satelitskim merenjima, koja mogu da budu aktivna ili pasivna.

Pri pasivnom određivanju pomoću mikrotalasa, ultravioletnim ili infracrvenim zračenjem određuje se vlažnost zemljišta u gornjem delu zemljišta, što iznosi nekoliko centimetara. Ova

metoda daje bolje rezultate iznad oblasti sa retkom vegetacijom, zato što vegetacija apsorbuje velik udeo mikrotalasa, koji su potrebni za određivanje vlažnosti zemljišta. Pri merenju određeno je površinska temperatura crnog tela. Posle toga na osnovu površinskih parametara vrši se korekcija pomoću LPRM-a (Land Parameter Retrieval Model). Pomoću ovog modela dobija se zapreminska količina vlažnosti zemljišta (m^3/m^3) i vrednost koja se može dobiti je između $0.0 \text{ m}^3/\text{m}^3$ i $1.0 \text{ m}^3/\text{m}^3$. Ovakav algoritam je VUA-NASA LPRM (Owe *et al.*, 2008). Radiometri na satelitima identifikuju specifičnosti vegetacije, što koriste pri korigovanju vlažnosti zemljišta. Ovi instrumenti mere u C- (6,9 GHz) i X- (10,7 GHz) frekvencijskim opsezima i određuju vlažnost zemljišta do 2 centimetra dubine. Koriste sledeće pasivne instrumente za određivanje vlažnosti zemljišta: SMMR (Scanning Multichannel Microwave Radiometer), SSM/I (Special Sensor Microwave Imager), TRMM - TMI (Tropical Rainfall Measuring Mission - Microwave Imager), AMSR-E (Advanced Microwave Scanning Radiometer) (Owe *et al.*, 2008, Ngheim *et al.*, 2011). Pomoću razvoja tehnike koja se pojavljuje u zadnjim godinama, dostigli su merenja do 5 centimetra dubine. Ovo su postigli sa radiometrom koji meri u L-frekvencijskom opsegu (1.4 GHz) i nalazi se na SMOS (Soil Moisture Ocean Salinity) satelitu. Taj satelit je bio lansiran 2009 godine i sposoban je i za merenje saliniteta okeana. Zbog manje emisije, merenja u L-frekvencijskom opsegu imaju veće greške od C- ili X-frekvencijskih opsega, ali tu grešku kompenzuje to da merenje može da se vrši u većim dubinama (Wagner *et al.*, 2012).

Pri aktivnom merenju koristi se skaterometar, čiji osnovni princip rada je jednak sa principom rada radara. Instrument emituje mikrotalasno zračenje u C-frekvencijskom opsegu (5.255 GHz), normalno na površinu, a detektuje energiju zračenja koja se vraća. Ovom metodom merenje se vrši do 2 centimetra dubine. Skaterometarske sirove podatke koriguju TU-Wien algoritmom (Owe *et al.*, 2008; Naeimi *et al.*, 2013). Pomoću ovog algoritma merene podatke vlažnosti zemljišta u određenom intervalu vremena skalira se između najviših (zasićenih) i najnižih (tačka venjenja) vrednosti. Takav instrument se nalazi na sledećim satelitima: (European Remote Sensing Satellites), MetOp-A (Meteorological Operation) (Owe *et al.*, 2008).

5.4. WRF model

Za simulaciju uticaja vlažnosti zemljišta na količinu padavina koristila sam 3.5 verziju WRF (Weather Research and Forecasting Model) modela. Taj model je bio razvijen od strane NCAR-a (National Center of Atmospheric Research) i NCEP-a (National Centres for Environmental Prediction) (Skamarock *et al.*, 2008). WRF je član mezoskalnih, regionalnih

numeričkih modela, koji je najpopularniji i najbrže napreduje, pošto bilo ko besplatno može da ga preuzme sa interneta. U suštini se sastoji od dva dela. ARW (Advanced Research WRF) se koristi pri istraživanju, pogodan je za idealizovane i realne slučajeve, za istraživanja uragana i regionalne klimatske promene, ali može da se koristi operativno i za prognozu vremena. NMM (Nonhydrostatic Mesoscale Model) je poboljšana verzija ETA modela, ali ima manje opcija od AWR-a. Pošto je reč o regionalnom, mezoskalnom modelu, njegova rezolucija može da se menja od 1000 km do 1 km, ali kod istraživanja atmosferskih procesa sa manjim razmerama treba da se koristi tkz. nesting. To znači da unutar oblasti modela izaberemo manje oblasti, tkz. neste, pomoću kojih možemo da povećavamo rezoluciju, a ujedno možemo da smanjimo greške koje se javljaju pri downscalingu. Posle možemo jednosmerne ili dvosmerne povratne mehanizme da koristimo kod razloženih oblasti. Kod jednosmernog mehanizma procesi sa izabranih malih oblasti ne utiču na spoljašnje oblasti modela. Kod dvosmernog mehanizma različiti procesi utiču na spoljašnje oblasti modela, zbog čega se značajno povećava računsko vreme.

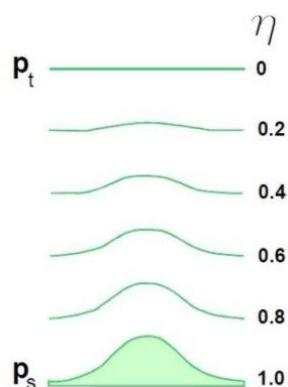
Zavisno od toga kakvo istraživanje prave, računi mogu da se promene pomoću različitih prekidača. Tako može da se promeni na primer tip vremenske integracije. Pored rešenja hidrotermodinamičkih sistema jednačine koriste i druge modele za modeliranje prenosa zračenja, formiranja oblaka, interakcije površine sa atmosferom, hemijskih procesa. Za puštanje modela postoji više šema i dostupne su nam njene različite opcije.

Dinamičke jednačine opisuju Ojlerovom metodom i pretpostavljaju da je atmosfera stišljiv fluid. Kod određivanja vertikalnih kordinata koriste η koordinatni sistem, koji prati orografiju i koji izračunavaju na osnovu hidrostatičkog komponenta pritiska. Zavisi u svakom koraku mreže i vremena od površinskog pritiska (p_s) i od pritiska na vrhu atmosfere unutar modela (p_t).

$$\eta = \frac{p - p_t}{p_s - p_t}$$

Vertikalne izohipse prate orografiju, ali kako se povećava visina tako se sve više izgladuju, dok na vrhu pritisak ne bude konstantan. Reljef jako utiče na najniži sloj. Vrednost η se menja od 1 do 0, na površini je 1, dok na vrhu iznosi 0. Broj vertikalnih slojeva može da se menja, najčešće je između 10 i 30, ali u pojedinim istraživanjima koriste i 60 slojeva.

Jako bitno je i podešavanje dužine vremenskog koraka, što može da se menja u velikom opsegu. Ali ne sme da se zaboravi CFL kriterijum (Courant-Fridrichs-Lewy), prema kome količnik dužine koraka mreže i koraka u vremenu mora da bude manji od brzine najbržih talasa koji se javljaju u atmosferi. Taj kriterijum nam je potreban za održavanje numeričkih stabilnosti.



Slika 5.4.1.: Šematički prikaz η koordinatnog sistema (Skamarock et al., 2008).

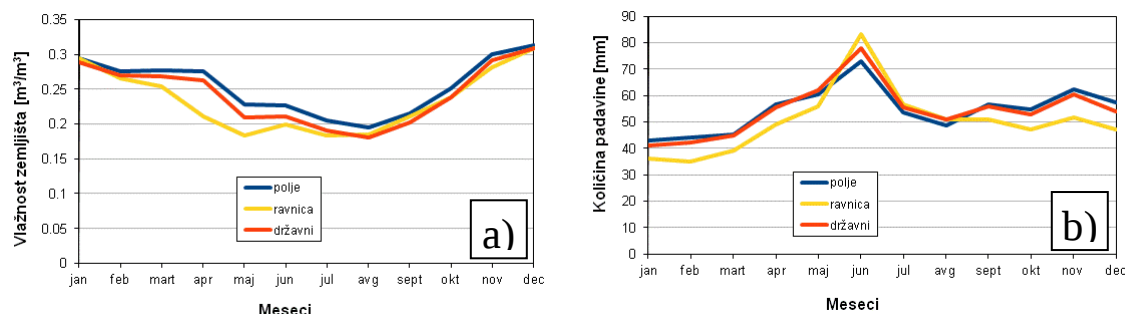
5.5. WRF simulacija

Tokom simulacije bila sam znatiželjna i pitala se, kakva promena se generiše u količini i distribuciji padavina ako promenim vlažnost zemljišta. Izabrala sam tri dana, kad se pojavilo konvektivno formiranje oblaka i u kojem je pala velika količina padavina. Prostorna rezolucija WRF modela simulacije je bila 10 km, i koristili smo 44 vertikalnih nivoa, što smo tako podesili da u donjem delu atmosfere, do 3 km visine, padne više od polovine nivoa. U zemljištu je bilo zadato 4 nivoa, koji imaju visinu od 10 cm, 30 cm, 60 cm i 1m, redom. Oblast modela pokrivala je oblast klimatoloških istraživanja. Puštala sam tri simulacije za svaki dan. Prva je bila simulacija sa originalnim GFS podacima. U drugom slučaju sam 20% smanjila, dok u trećem 20% povećala vlažnost zemljišta, u svim slojevima zemljišta.

6. Rezultati

6.1. Klimatologija

U mom radu sam ispitala uticaj vlažnosti zemljišta na količinu padavina u periodu od 1981 do 2010 godine. Prvo sam odredila klimatološke veze između vlažnosti zemljišta i padavina. Zbog toga, računala sam godišnje srednje vrednosti iz podataka o vlažnosti zemljišta i količine padavina. Uporedila sam podatke sa tri različita područja. Pravila sam prosečne vrednosti na celokupnoj teritoriji korišćenog polja, na području države i na ravnici (područje severnije od 43.5° geografske dužine, zapadnije od 22.0° geografske visine, manje od 250 m nadmorske visine). Vlažnosti zemljišta su skoro jednake od novembra do februara na svakom posmatranom području. Od februara do novembra srednje vrednosti podataka na celom polju i unutar države malo se razlikuju. To se javlja jer je na planinskim predelima, na velikim nadmorskim visinama, temperatura niža, što dovodi do smanjenja količine isparavanja. Na ravnici, između marta i maja, značajno se smanjuje vlažnost zemljišta, što se pojavljuje zbog povećanja temperature i zbog isparavanja. Tokom juna se pojavljuje jedan sekundarni maksimum u vrednosti vlažnosti zemljišta, što je rezultat veće količine padavina. Posle toga, javlja se malo smanjenje, pa će neprekidno da se poveća vlažnost zemljišta, dok ne stigne do vrednosti koje su merene na državnom nivou.

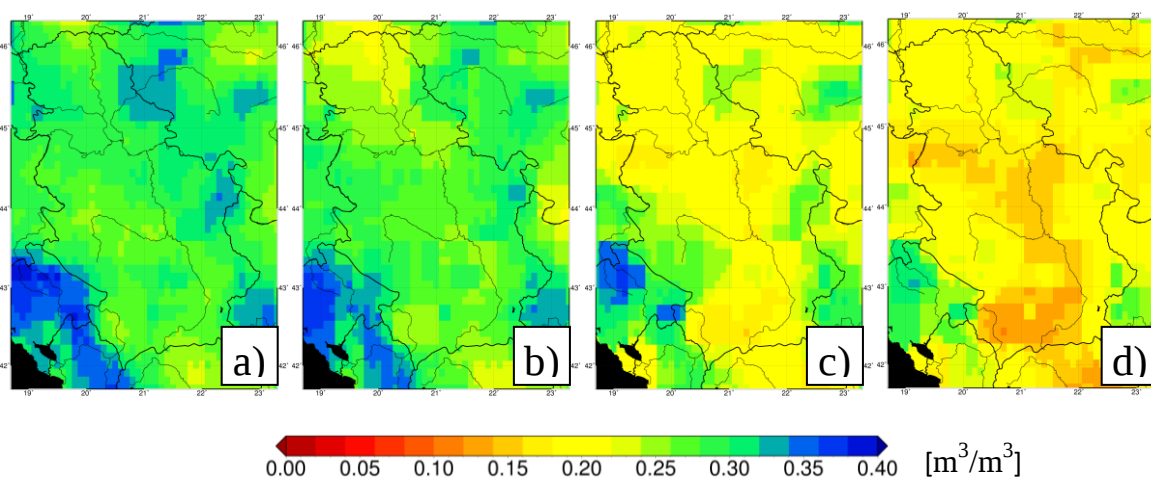


Slika 6.1.1.: Srednja mesečna promena a) vlažnosti zemljišta, b) količine padavina, na osnovu E-OBS baze podataka u periodu od 1981 do 2010 godine na različitim područjima.

Količina padavina pokazuje obrnutu tendenciju od vlažnosti zemljišta. Njena količina se postepeno povećava od januara, što je u vezi sa učestalostima vantropskih ciklona. Srednja vrednost podataka za celo polje skoro je jednaka srednjim vrednostima na području države, osim u letnjem periodu. Na ravnici količina padavina je manja u odnosu na količinu padavina (5-10 mm) na ostala dva područja. Između maja i avgusta zbog visoke temperature češće se pojavljuju konvektivne padavine i taj odnos se okreće, štaviše, u junu na ravnici pada za

10 mm-a više padavina. U godišnjoj tendenciji količina padavina, u novembru se javlja jedan sekundarni maksimum. Rezultat toga je da se najveća vrednost vlažnosti zemljišta javlja mesec dana kasnije, u decembru.

Da bi mogli da proučavamo distribuciju raznih uticaja u prostoru, pravili smo klimatološke srednje vrednosti po mesecima za svaku posmatranu promenljivu. Po godišnjoj tendenciji vlažnosti zemljišta i količina padavina, 4 meseca sam bolje ispitala, a ti meseci su: januar, mart, jun i avgust. Prvo će biti predstavljena vlažnost zemljišta. U januaru je bila najniža srednja mesečna količina padavina. Vlažnost zemljišta u ovom mesecu iznosila je $0.25\text{--}0.40 \text{ m}^3/\text{m}^3$. Vlažnost zemljišta je najveća na Durmitoru, na strani ka moru, što pokazuje dobru saglasnost sa prostornom raspodelom padavina (slika 6.1.2.a.). Nasuprot tome, na području Zlatara možemo videti nisku vlažnost zemljišta u odnosu na doba godine. Kao prvo, ta promena se javlja na zavetrenoj strani Durmitora, koja je viša od 1500 metara, zbog spuštajućih kretanja vazduha. Međutim, treba napomenuti, da u ovom mesecu, na području pokrivenim snegom, nisu moguća merenja pomoću satelita, zbog čega su informacije sa ovih područja manje pouzdane. U martu se pokreće smanjenje vlažnosti zemljišta, koje je najvidljivije na severnim krajevima, gde se smanjuje za $0.05 \text{ m}^3/\text{m}^3$, dok u planinama za $0.01 \text{ m}^3/\text{m}^3$ (slika 6.1.2.b.)

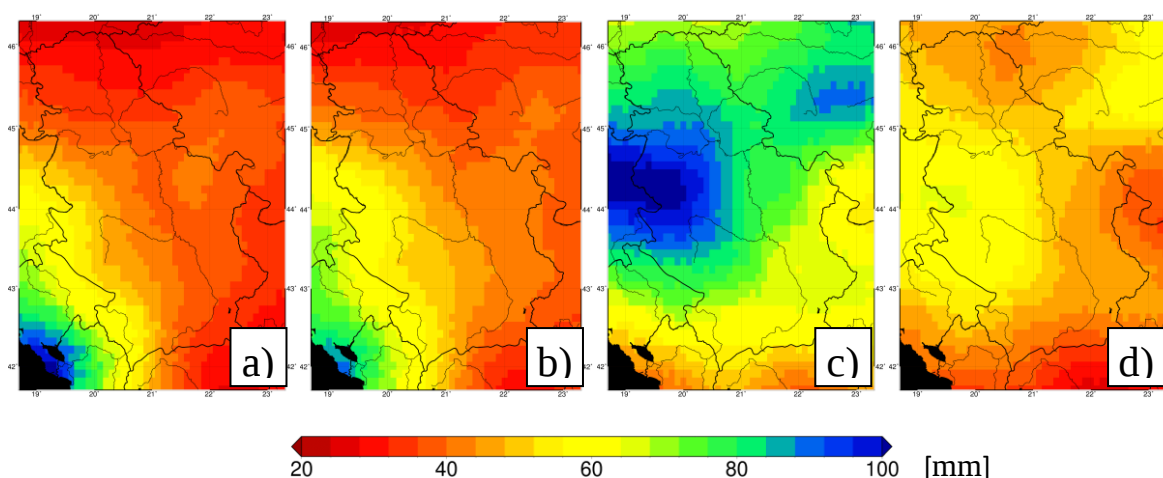


Slika 6.1.2.: Prostorna distribucija srednje vlažnosti zemljišta u mesecima: a) januar, b) mart, c) jun, d) avgust, u periodu od 1981 do 2010 godine

Do juna se vlažnost zemljišta smanjuje u skoro svim oblastima do vrednosti između 0.20 i $0.30 \text{ m}^3/\text{m}^3$, dok samo na primorskim, planinskim oblastima prekoračuje ovu vrednost (slika 6.1.2.c.) Do avgusta, zbog jakog zagrevanja i isparavanja pri obali Južne i Velike Morava, kao i Save opada ispod $0.15 \text{ m}^3/\text{m}^3$ (slika 6.1.2.d.). Lepo se vidi i uticaj sastava zemljišta.

Pomoću osobina gline da vezuje vodu, najveće količine vode se nalaze na području zapadnog Srema, istočnog Banata, istočne i jugoistočne Srbije (slika 6.1.2.a-d.).

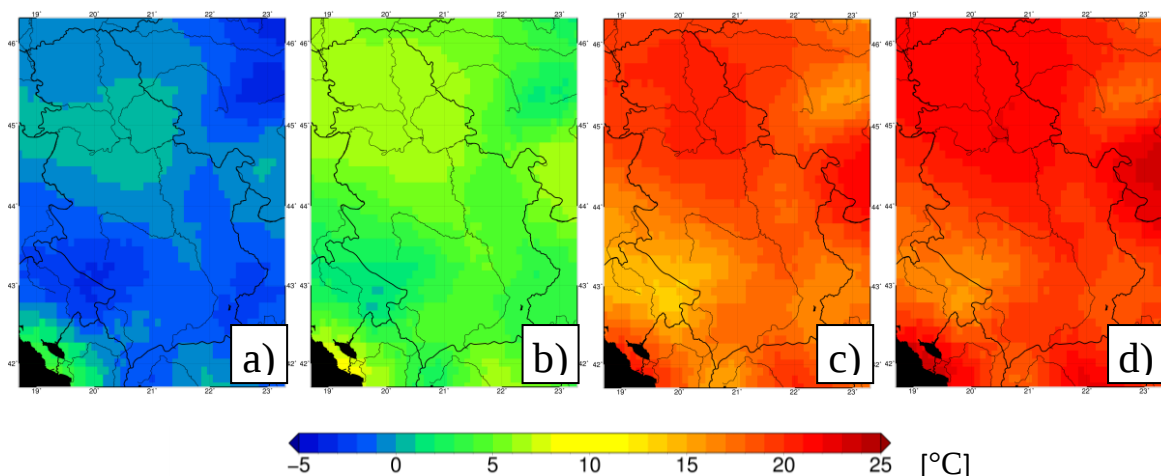
Količina padavina u januaru i u martu (slika 6.1.3. a., b.) pokazuje sličnu distribuciju. Najveća količina padavina, oko 100 mm, se meri u primorskim oblastima. Krećući ka unutrašnjosti kopna količina padavina se postepeno smanjuje, tako da na području Vojvodine iznosi samo oko 30 mm. Najveće količine padavina se mere u junu (slika 6.1.3.c.) na području zapadne Srbije i Srema, gde prekorače vrednost od 100 mm. Taj fenomen se javlja zbog toga što vlažne vazdušne mase, koje dolaze sa mora, stignu iznad hladne planinske oblasti, što dovodi do kondenzacije njihove vlažnosti. Na daljem putu, vazдушna masa stigne iznad područja sa toplim zemljištem i manjom nadmorskom visinom, gde počinje stvaranje konvktivnih padavina. Inače, u junu, najvišu količinu padavina stvaraju cikloni koji dolaze sa severozapada. Male količine padavina u Bosni su rezultati toga što hladni frontovi ciklona ne stignu do tih područja. U avgustu (slika 6.1.3.d.) količina padavina se smanjuje do vrednosti između 40-60 mm. U mesecima krajem leta, najčešće se formiraju anticikloni koji sprečavaju povlačenja ciklona sa severa, a time smanjuju pojavljivanje padavina.



Slika 6.1.3.: Prostorna distribucija srednje količine padavina u mesecima: a) januar, b) mart, c) jun, d) avgust, u periodu od 1981 do 2010 godine

Srednja temperatura se postepeno povećava tokom godine, kao što možemo i očekivati. U januaru njena vrednost se kreće oko -5 i 0 °C, dok u martu oko 0 i 7 °C (slika 6.1.4. a., b.). Ako je tada uporedimo sa vlažnošću zemljišta, onda se dobro vidi da je količina isparavanja još jako mala, tako da nema velik uticaj na vlažnost zemljišta. Međutim, u letnjim mesecima se to menja. U junu i u avgustu srednja temperatura raste, iznosi od 15 do 25 °C, zbog toga se

povećava isparavanje i vlažnost zemljišta opada (slika 6.1.4. c., d.). Najniže vrednosti temperatura su karakteristične za visoke nadmorske visine.



Slika 6.1.4.: Prostorna distribucija srednje temperature u mesecima: a) januar, b) mart, c) jun, d) avgust, u periodu od 1981 do 2010 godine

6.2. Korelacije

Prilikom izbora teme diplomskog rada cilj mi je bio da tražim vezu između vlažnosti zemljišta i količina padavina. U tom cilju sam računala korelacije između vlažnosti zemljišta, količina padavina i srednje temperature. Taj račun sam vršila po mesecima i po danima. Da bih mogla da odredim različite efekte, pored celogodišnje korelacije, ispitala sam i period od aprila do septembra, kao i letnji period, od početka juna do kraja avgusta. Da bih mogla da istražim dugoročne efekte, pravila sam korelacije sa jednim, dva i tri meseca pomerenim vrednostima u odnosu na podatke vlažnosti zemljišta. Dobijene rezultate pokazujem u sledećem pododeljcima.

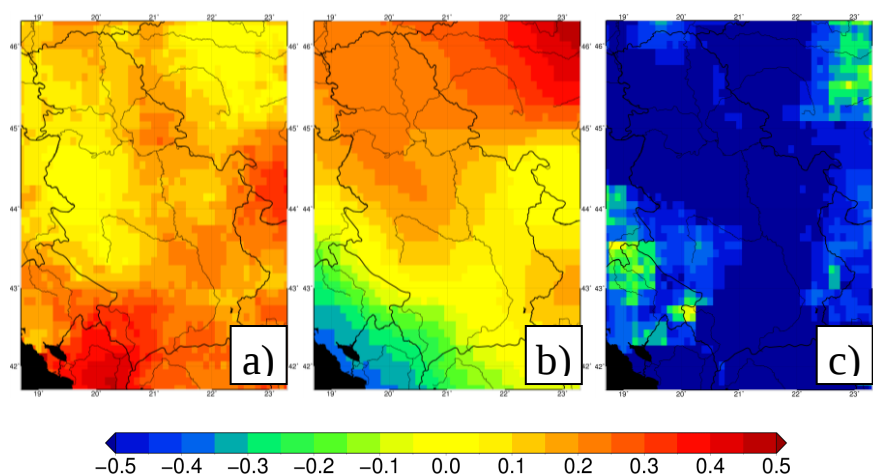
6.2.1. Mesečne korelacije

Generalno gledano, isparavanje značajno utiče na vlažnost zemljišta. Na tim područjima, gde je isparavanje veće, možemo očekivati i veću količinu padavina. Boljim istraživanjem ove osnovne izjave možemo ga kompletirati pomoću sledećih rezultata. Na slici 6.2.1.1.a možemo videti korelaciju između količina padavina i vlažnosti zemljišta. Dobro možemo da odvajamo područja sa velikom korelacijom od područja, gde ne postoji nikakav uticaj između te dve promenljive. Na tim područjima, gde promenljive imaju 0 korelaciju, kao što smo već videli u odeljku klimatologije, javlja se najveća količina padavina (slika 6.1.3. a.-d.). Ove

padavine su povezane sa frontovima što znači vlažnost zemljišta ne utiče na njih. Iznad oblasti sa pozitivnom korelacijom (0.1-0.35) vlažnost vazduha se povećava pomoću isparavanja, pokreće se stvaranje oblaka i pojavljuju se padavine. To možemo objasniti time, što se na tim područjima u letnjim mesecima javlja najveća količina padavina, koja se javlja zbog konvektivnih procesa. Na primorskim područjima, gde je korelacija najviša (>0.35), raspodela padavina tokom cele godine prouzrokuje vlažnost zemljišta. To znači da tokom zime, kad pada više padavina, se javlja veća vlažnost zemljišta, dok tokom leta, suvo vreme, uzrokuje manju vlažnost zemljišta. To zovemo mediteranskom karakteristikom.

Na korelaciju između srednje temperature i količine padavina jako utiče reljef (slika 6.2.1.1.b.). Što je nadmorska visina manja, time je viša vrednost korelacije. Sa povećanjem temperature, povećava se i mera atmosferskih konvekcija, što dovodi do pojave i povećanja konvektivnih padavina. Negativna korelacija na primorju se javlja zbog mediteranske karakteristike.

Srednja temperatura i vlažnost zemljišta su u bliskom kontaktu jedni sa drugim i postoji obrnut odnos između njih (slika 6.2.1.1.c.). Pri većoj vlažnosti zemljišta, zemlji treba veća količina toplote za isparavanje vode, što oduzima od sloja vazduha koji se nalazi iznad površine. Tako temperatura počinje da opada. U obrnutom slučaju, pri manjoj vlažnosti zemljišta, mala količina toplote je dovoljna za isparavanje vode, što dovodi do jakog isušivanja zemljišta, dok se temperatura povećava zbog jakog sunčevog zračenja. Na visokim nadmorskim visinama ova negativna korelacija opada, pošto faktori manje utiču jedni na druge.



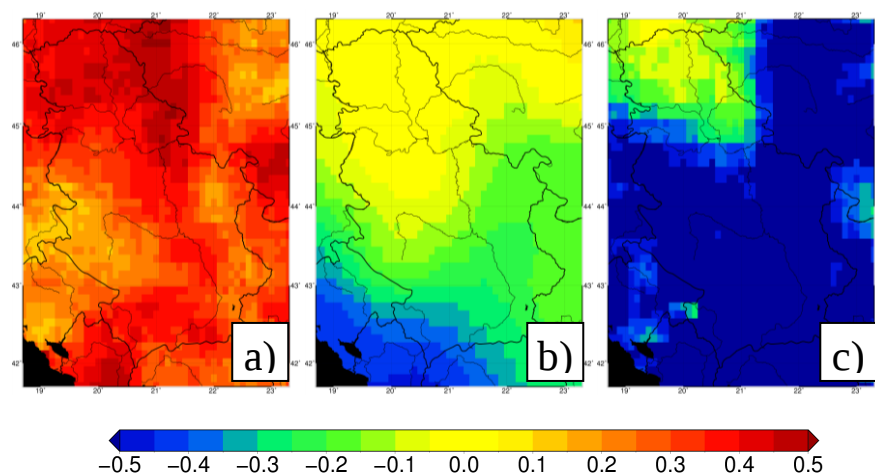
Slika 6.2.1.1.: Korelacija mesečnih srednjih vrednosti: a) vlažnost zemljišta – količina padavina, b) srednja temperatura – količina padavina, c) srednja temperatura – vlažnost zemljišta, u periodu od 1981 do 2010 godine.

U periodu od početka aprila do kraja septembra, u odnosu na celogodišnju korelaciju, korelacija između vlažnosti zemljišta i količine padavina se povećava, dok se između srednje temperature i vlažnosti zemljišta, kao i količine padavina smanjuje.

Korelaciju između vlažnosti zemljišta i količina padavina možemo videti na slici 6.2.1.2.a. Na promenu vrednosti korelacije jako utiče reljef. U letnjoj polovini godine povećava se osunčavanje. Na ravničarskim delovima i u dolinama između visokih planina, to dovodi do povećanja temperature i isparavanja vode iz zemljišta, što rezultira većom količinom padavina. Najspektakularniji dokaz za vezu između vlažnosti zemljišta i količina padavina je konvekcija, što je najkarakterističnije u ovo doba godine.

Tokom letnje polovine godine, sa proticanjem vremena, povećava se temperatura i količina padavina (njen maksimum je u junu, slika 6.1.3.c.). Počevši od juna količina padavina se smanjuje, ali srednja temperatura i dalje se povećava, što dovodi do negativne korelacije između te dve veličine (slika 6.2.1.2.b.). Osim toga, u letnjoj polovini godine sa povećanjem temperatura, prilike za stvaranje jačih anticiklona, koje sprečavaju stvaranje padavina i prelaska frontova, su veće.

Korelacija između temperature i vlažnosti zemljišta na području Vojvodine se smanjuje, dok na planinskim predelima postaje izuzetno jaka (slika 6.2.1.2.c.). Ove promene su povezane sa time koliko dugo se otegne toplo, suvo vreme u septembru. Ako suvo vreme dugo traje, onda se zemljište više isušuje, a temperatura u odnosu na sezonu, ostaje visoka, tako da se vrednost korelacije, koju računamo za ceo period, smanjuje. Na planinskim predelima suša se ne javlja u takvoj meri kao na ravničarskim predelima, zato tamo vrednost korelacije ostaje visoka.

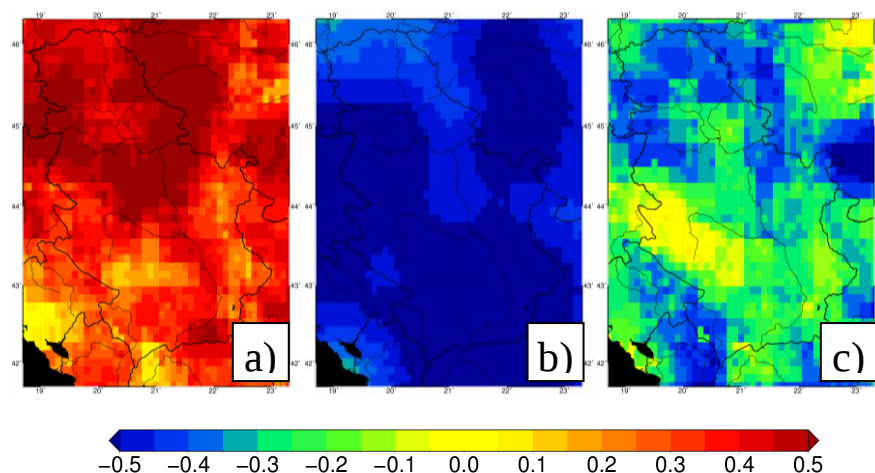


Slika 6.2.1.2.: Korelacija mesečnih srednjih vrednosti od aprila do septembra: a) vlažnost zemljišta – količina padavina, b) srednja temperatura – količina padavina, c) srednja temperatura – vlažnost zemljišta, u periodu od 1981 do 2010 godine.

Korelacija između vlažnosti zemljišta i količine padavina je najveća u letnjim mesecima (slika 6.2.1.3.a.). Na velikom delu Vojvodine i u okolini Velike Morave njena vrednost je veća od 0.5. To znači da u ovim mesecima što je veća vlažnost zemljišta, time će biti veća i količina padavina i obrnuto.

Korelacija između srednje temperature i količine padavina se smanjuje ispod -0.4 na celoj teritoriji države (slika 6.2.1.3.b.). Taj fenomen možemo objasniti pomoću distribucije te promenljive. Najveću količinu padavina merimo u junu, a posle toga njegova količina se postepeno smanjuje. Temperatura ne postiže svoj maksimum u junu, nego i se dalje povećava i samo u avgustu počinje da opada. Dakle, za što veću temperaturu imamo manju količinu padavina i zato korelacija postiže tako malu vrednost.

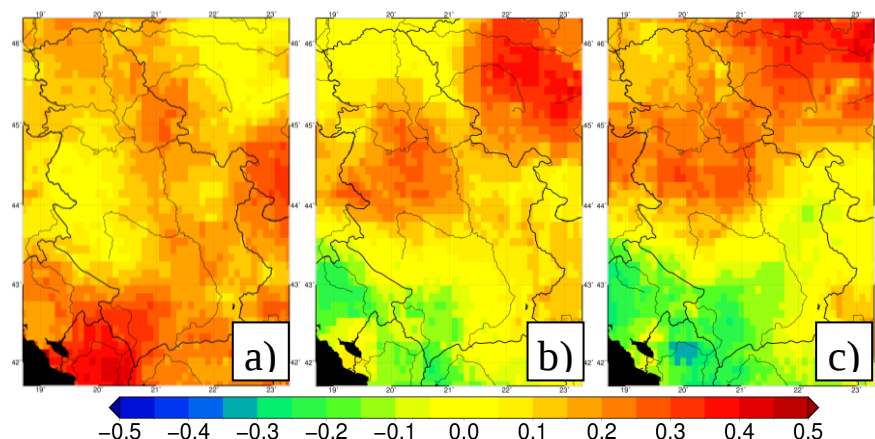
Korelacija između srednje temperature i vlažnosti zemljišta varira između 0 i -0.4 (slika 6.2.1.3.c.). Najniža je u planinskim predelima, gde ovi parametri ne utiču jedan na drugi. Negativna vrednost pokazuje da su parametri u obrnutom odnosu. Temperatura se povećava zbog jakog osunčavanja, što dovodi do jakog isparavanja vode iz zemljišta. U obrnutom slučaju, pri letnjim olujama, kada za kratko vreme pada velika količina kiše, količina vlage u zemljištu se povećava, što dovodi do opadanja temperature.



Slika 6.2.1.3.: Korelacija mesečnih srednjih vrednosti od juna do avgusta: a) vlažnost zemljišta – količina padavina, b) srednja temperatura – količina padavina, c) srednja temperatura – vlažnost zemljišta, u periodu od 1981 do 2010 godine.

Da bi mogla da proučim dugoročne efekte, pravila sam korelacije sa vrednostima pomećenim za jedan, dva i tri meseca za svaki pariod i za svaki par promenljive. Ova metoda pokazuje koji su ti efekti koji imaju nekakav uticaj i posle nekoliko meseci. U radu pokazujem samo pomerene korelacije između vlažnosti zemljišta i količine padavina. Tih par podataka pokazuju najbolje promene.

Pri pomećanju za jedan mesec na celoj teritoriji države malo ($|\Delta R| \approx 0.05-0.1$) se povećava mera korelacije. Izuzeci od ovoga su primorske oblasti, gde dobijamo smanjenje. Pri pomećanju za dva meseca prostorna distribucija korelacije se promeni, na srednjim oblastima države se povećava ($|\Delta R| \approx 0.1$), dok na severnim i južnim delovima države se smanjuje ($|\Delta R| \approx 0.2$). Najveće smanjenje ($|\Delta R| \approx 0.7$) se javlja na obali mora, zbog mediteranskih uticaja. Pri pomećanju za tri meseca korelacija na severnim krajevima se opet malo povećava, dok na južnim delovima države i dalje se smanjuje ($|\Delta R| \approx 0.15$). Povećanje korelacije sa pomećanjem po mesecima se javlja zbog memorije vlažnosti zemljišta. Na primer, ako tokom proleća pada više padavina, više količina vlage se nagomilava u zemljištu, što tokom leta dovodi do većeg isparavanja, što prouzrokuje veću količinu konvektivnih padavina. U takvim slučajevima manja je i šansa za pojavljivanje suše.



Slika 6.2.1.4.: Mesečna korelacija koja je pomerena za a) jedan, b) dva i c) tri meseca u periodu od 1981 do 2010 godine.

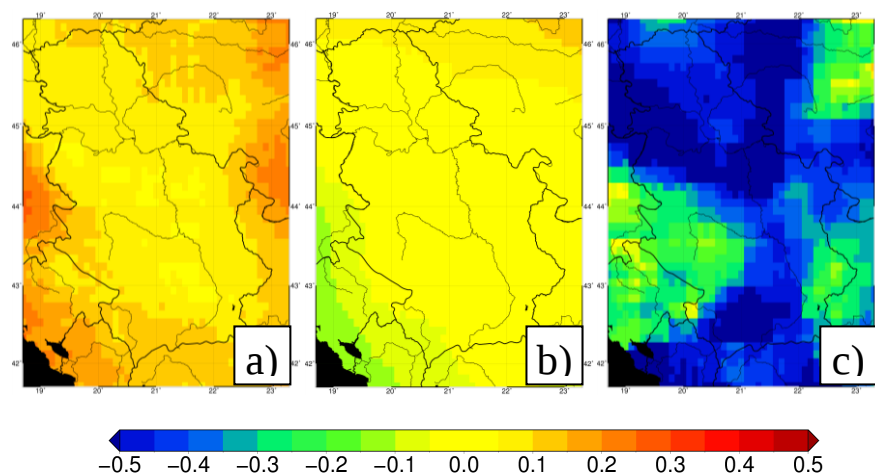
6.2.2. Dnevne korelacije

Tokom posmatranja dnevnih korelacija možemo videti da, u odnosu na mesečne korelacije, dobijamo mnogo manje vrednosti, što znači da su korelacije među danima mnogo manje nego između meseca.

Dnevna korelacija između vlažnosti zemljišta i količine padavina se menja od 0 do 0.2 na celoj teritoriji države (slika 6.2.2.1.a.). Veće vrednosti od ovoga možemo naći samo na području Bosne, gde je količina padavina najveća.

Dnevna korelacija između srednje temperature i količine padavina se menja na sličan način (slika 6.2.2.1.b.) Korelaciju sa vrednostima ispod nule možemo naći samo na obali mora, gde se opet dobro vidi uticaj mediterana.

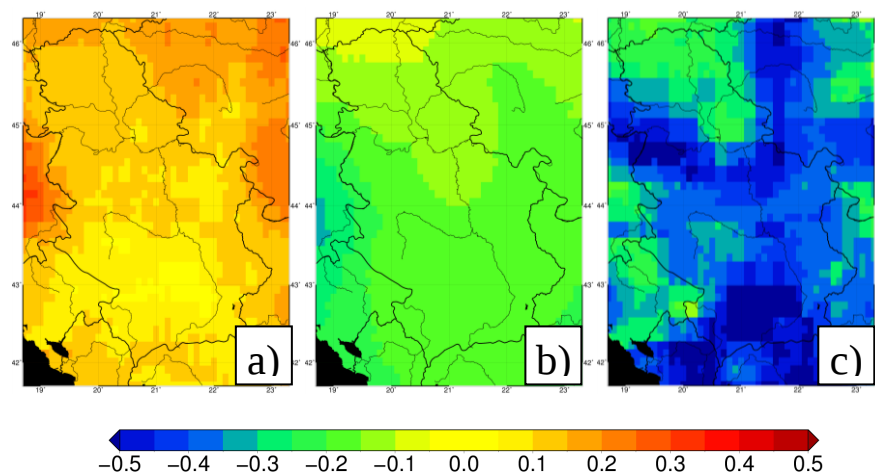
Dnevna korelacija između srednje temperature i vlažnosti zemljišta je izuzetno velika (slika 6.2.2.1.c.) i na velikom delu države iznosi od -0.3 do -0.5. Malo manja korelacija od toga (od -0.3 do -0.1), se nalazi na jugoistočnom i jugozapadnom delu države, kao i na primorju. Razlog ovog smanjenja korelacije je reljef, pošto na velikim nadmorskim visinama temperatura ne utiče u takvoj meri na vlažnost zemljišta.



Slika 6.2.2.1.: Korelacija dnevnih srednjih vrednosti: a) vlažnost zemljišta – količina padavina, b) srednja temperatura – količina padavina, c) srednja temperatura – vlažnost zemljišta, u periodu od 1981 do 2010 godine.

U odnosu na godišnje dnevne korelacije, korelacije računate za letnji period pokazuju povećanje ($|\Delta R| \approx 0.05$) između vlažnosti zemljišta i količina padavina (slika 6.2.2.2.a.), dok između srednje temperature i količine padavina ($|\Delta R| \approx 0.1$) kao i vlažnosti zemljišta ($|\Delta R| \approx 0.1-0.2$) javlja se smanjenje (slika 6.2.2.2.b.-c.). Ova tendencija je bila vidljiva već i kod mesečnih vrednosti.

Na većem delu države dnevna korelacija između srednje vrednosti temperatura i vlažnosti zemljišta jako opada. U Vojvodini i u visokim, planinskim predelima iznosi oko -0.1 i -0.3. Ova promena opet zavisi od vremenske prilike u septembru. Što suvlji i topliji je septembar, toliko će biti manja korelacija. Na ostalim delovima države ova pojava ne utiče na vrednost korelacije, zato iznosi od -0.3 do -0.5, što pokazuje i blago povećanje na nekim područjima u odnosu na godišnje korelacije.

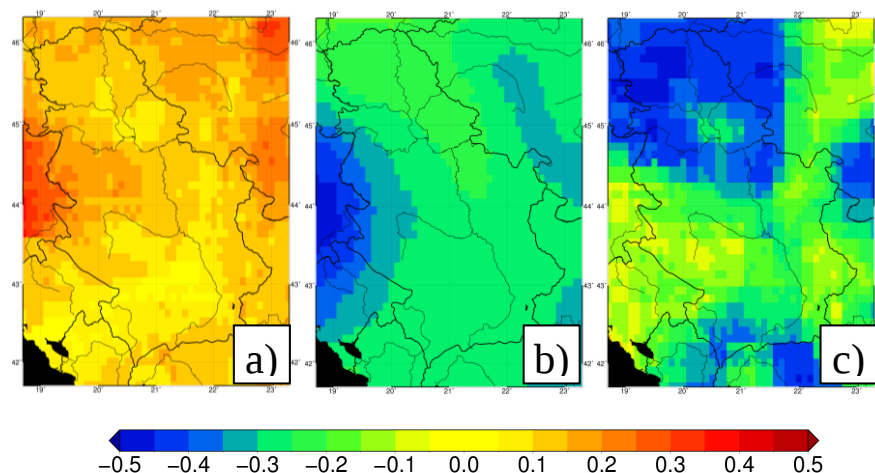


Slika 6.2.2.2.: Korelacija dnevnih srednjih vrednosti od aprila do septembra: a) vlažnost zemljišta – količina padavina, b) srednja temperatura – količina padavina, c) srednja temperatura – vlažnost zemljišta, u periodu od 1981 do 2010 godine.

U periodu od juna do avgusta, dnevna korelacija između vlažnosti zemljišta i količina padavina se malo menja, u Vojvodini se malo smanjuje, dok u ostalim delovima Srbije se malo povećava (slika 6.2.2.3.a.).

U odnosu na letnju polovinu godine, dnevne korelacije u letnjim mesecima između srednje temperature i količine padavina pokazuje intenziviranu ($|\Delta R| \approx 0.1-0.2$) tendenciju (slika 6.2.2.3.b.). Najjače korelacije sa vrednostima oko -0.4, se nalaze na zapadnim delovima države i u planinskim predelima Bosne.

Dnevne korelacije između srednje temperature i vlažnosti zemljišta su najveće na oblastima manjih nadmorskih visina, gde dostižu i vrednost od -0.4 (slika 6.2.2.3.c.).



Slika 6.2.2.3.: Korelacija dnevnih srednjih vrednosti od juna do avgusta: a) vlažnost zemljišta – količina padavina, b) srednja temperatura – količina padavina, c) srednja temperatura – vlažnost zemljišta, u periodu od 1981 do 2010 godine.

I za dnevne vrednosti sam izračunala korelacije sa pomerenim vrednostima od jednog, dva i tri dana. Ove rezultate ne pokazujem u radu, pošto sam dobila zanemarljivo male vrednosti, što pokazuje da kratkoročne korelacije manje utiču na vremenske prilike nego dugoročne korelacije.

6.3. Uticaj vlažnosti zemljišta u meteorološkim simulacijama

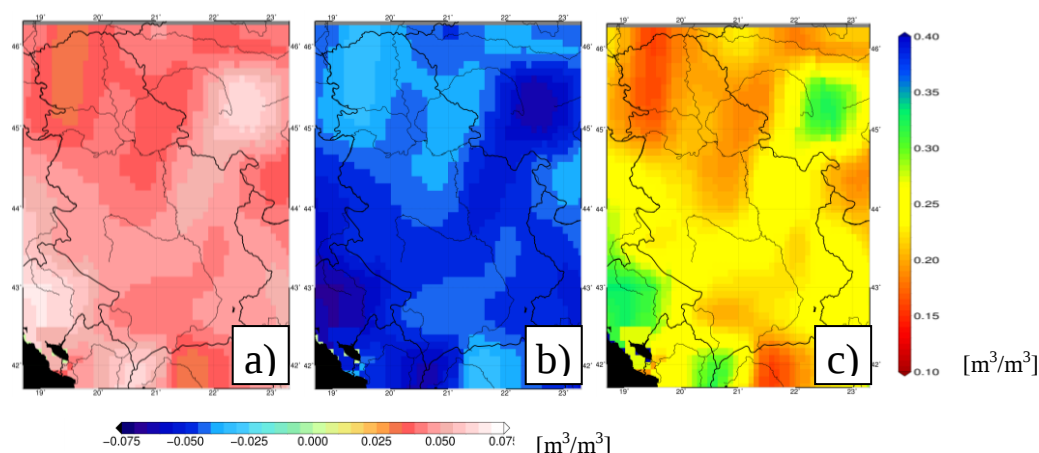
U sledećem pododeljku pokazujem rezultate, koje sam dobila pomoću WRF modela. Pri simulacijama radila sam sa vrednostima po satima i sa dnevnim srednjim vrednostima. Posle određivanja dnevnih srednjih vrednosti, izračunala sam i razlike između originalne simulacije i simulacije sa smanjenom, kao i povećanom vlažnosti zemljišta. To pokazuje na kojim područjima i koliku razliku prouzrokuje promena u vlažnosti zemljišta i količini padavina, u senzibilnim i latentnim toplotama, kao i u distribuciji temperature na dva metra. Da bih mogla da uporedim rezultate, izabrala sam dve tačke na različitim delovima države, koje pokazuju karakteristične promene. Promene po satima u tim tačkama pokazujem pomoću grafika. Prva karakteristična oblast koju sam posmatrala je srednji i južni deo Vojvodine, koju sam označila sa A1. Za ovo područje karakterističan tip zemljište je ilovača. Druga oblast koju sam posmatrala ima glinasti tip zemljišta i nalazi se na istočnim delovima države. Označila sam je sa B2. Moramo reći da na celoj teritoriji države važe osmotrene karakteristike određenih tipova zemljišta. U radu zanemarujem područja sa tipovima zemljišta peščane glinaste ilovače i glinaste ilovače, kao i peščane gline, zato što se njihove osobine jako malo razlikuju od osobina ilovače i gline. Male promene koje se javljaju između različitih tipova zemljišta su posledica razlike u tačkama zasićenja. Pored toga, izbegavala sam planinske oblasti, jer na tim područjima reljef jako utiče na odnos između vlažnosti zemljišta i količine padavina.

16.06.2010.:

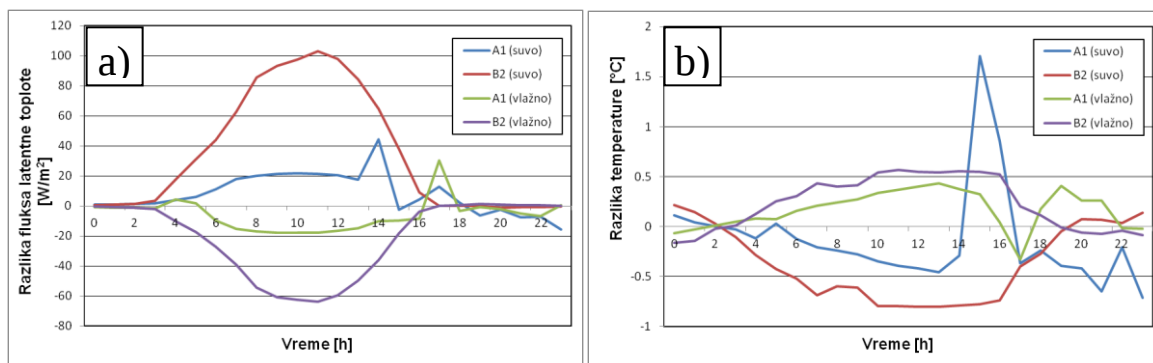
Prvi slučaj koji pokazujem odnosi se na 16. jun 2010. godine. Veštačke promene vlažnosti zemljišta su pokazane na slikama 6.3.1.a. i b. Kao rezultat smanjenja vlažnosti zemljišta na teritoriji Vojvodine i u južnim delovima države će biti najniža vlažnost zemljišta. Na distribuciju dnevne srednje vrednosti fluksa latentne toplote jako utiču tipovi zemljišta (nije prikazano). Uglavnom se pojavljuju uticaji glinaste ilovače i ilovače. Iznad ovih tipova zemljišta srednji fluks latentne toplote može biti veći i sa 10 W/m^2 , nego iznad ostalih područja, gde srednja vrednost fluksa latentne toplote iznosi $5\text{-}15 \text{ W/m}^2$. Promene tokom dana već pokazuju veće razlike. Iznad područja, označenim sa A1, razlika u fluksu latentne toplote iznosi 20 W/m^2 (slika 6.3.2.a.). Dalje povećanje fluksa latentne toplote sa $10\text{-}20 \text{ W/m}^2$, u 14 i 17 UTC, se javlja zbog oblačnosti. Ovolika mala povećanja se javljaju pri povećanju količine kumulusa i srednjih oblaka. Posle 18 UTC-a fluks latentne toplote menja znak, biće negativan, što znači da, pri suvoj simulaciji količina isparavanje je veće. To je posledica toga da tokom suve simulacije, iako dobijamo veću količinu padavina, period pada padavina je manji nego u originalnoj simulaciji. Tako da se isparavanje ranije pojavljivalo i temperatura je mogla malo da naraste. Na slici 6.3.1.b. prikazala sam dnevnu promenu temperature. Pri suvoj simulaciji dobila sam veću temperaturu u većem delu dana u odnosu na originalnu simulaciju. Jako smanjenje razlike temperature ($|\Delta T| \approx 1.5 \text{ }^\circ\text{C}$) između 14 i 17 UTC-a je posledica pojavljivanja padavina. Tokom suve simulacije padavine se pojavljuju u 14 UTC, što dovodi do opadanja temperature. Kada se u 17 UTC i u originalnoj simulaciji pojavljuju padavine, razlika u temperaturama se opet povećava. Iznad područja koja su označena sa B2, pojavljuje se razlika u fluksu latentne toplote koja je veća i od 100 W/m^2 (slika 6.3.2.a.), što u odnosu na srednju dnevnu vrednost iznosi 25% razlike. To se javlja zbog veće tačke zasićenja gline. Temperatura u suvoj simulaciji i iznad ovog područja je bila viša ($|\Delta T| \approx 0.7 \text{ }^\circ\text{C}$). Uzrok povišenja temperature između 7 i 9 UTC-a je pojavljivanje srednjih oblaka, što ne utiče na fluks latentne toplote zato što se javilo u jutarnjim satima.

Pri vlažnoj simulaciji, područja sa najnižom vlažnosti zemljišta se nalaze na području Vojvodine, na severnim delovima Šumadije i na južnim delovima države (slika 6.3.1.b.). Vlažnost zemljišta se postepeno povećava ka obali mora. U srednjim dnevnim fluksevima latentne toplote ne vidimo izuzetno velike ili male vrednosti, tipovi zemljišta ne utiču u takvoj meri, kao kod suve simulacije. Pri promenama po satima, na području A1, fluks latentne toplote se menja za 20 W/m^2 (slika 6.3.2.a.). U kasno popodnevnom satima, zbog pojavljivanja oblačnosti, razlike u simulacijama se smanjuju i fluks latentne toplote u vlažnoj

simulaciji biće manji ($|\Delta H| \approx 20-30 \text{ W/m}^2$) u odnosu na originalne simulacije. Ova promena se pojavljuje i kod temperature (slika 6.3.2.b.). Posle nestanka oblačnosti, zbog turbulentnog mešanja atmosfere povećava se temperatura i dostiže originalni poslepodnevni nivo. Iznad područja sa oznakom B2, fluks latentne toplote je veći za 60 W/m^2 nego u originalnoj simulaciji. U prepodnevним satima opet možemo posmatrati kako srednja oblačnost smanjuje vrednost temperature.



Slika 6.3.1.: Razlika vlažnosti zemljišta u slučaju: a) suve, b) vlažne simulacije u odnosu na c) originalne simulacije, 16. juna 2010 godine u 00 UTC, na osnovu WRF modela

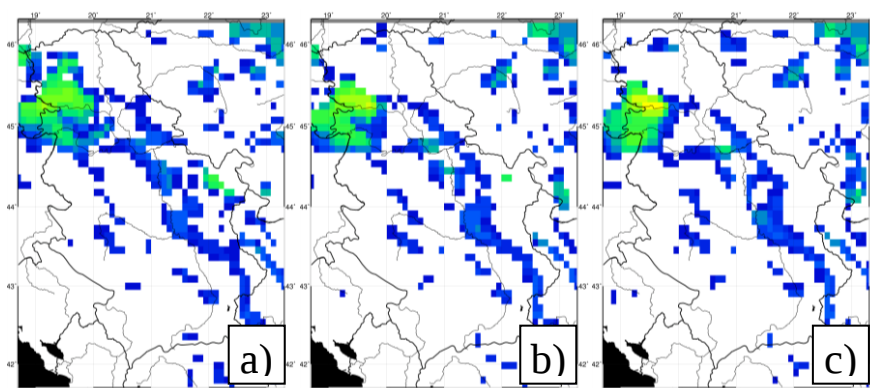


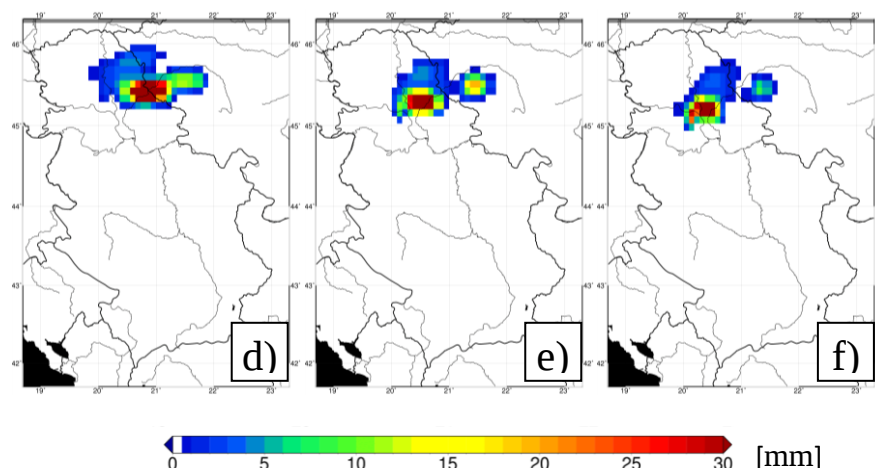
Slika 6.3.2.: a) Razlike fluksa dnevne srednje latentne toplote $[\text{W/m}^2]$, b) razlike dnevne temperature $[\text{°C}]$, u odnosu na originalne simulacije, 16. juna 2010 godine na osnovu WRF modela, iznad odabrane dve tačke (A1: ilovača, B2: glina)

U slučaju konvektivnih padavina, model pušten sa originalnim podacima, najveću količinu padavina (oko 12 mm) dao je za 17 sati, na području zapadne – i severozapadne Vojvodine (slika 6.3.3.b.). Osim toga, na južnim delovima Vojvodine, u okolini Velike Morave i u centralnim delovima države možemo naći mestimično 1-2 mm kiše. U simulaciji sa umanjenom vlažnošću zemljišta, na većem delu Bačke se pojavljuje kiša, a njena mera se ne razlikuje od vrednosti koje daje originalna simulacija (slika 6.3.3.a.). Prostorne raspodele

padavina su jednake u obe simulacije, ali u ovom slučaju padavine se javljaju iznad veće oblasti. Na istočnom delu države pojavio se jedan čvor sa većom količinom padavina. U odnosu na srednje vrednosti, na srednjim delovima Bačke i na istočnim delovima države, dobili smo povećanje količina padavina čak i sa 20 mm-a sa sniženjem vlažnosti zemljišta. U slučaju simulacije sa povećanom vlažnosti zemljišta prostorna distribucija padavina je jednaka sa prostornom distribucijom padavina u originalnoj simulaciji, ali veličina oblasti padavina se smanjila. Veličina padavinske oblasti na zapadnim-, jugozapadnim delovima Vojvodine se smanjila, ali količina padavina se povećala za nekoliko milimetara (slika 6.3.3.c.). U srednjoj dnevnoj količini padavina, na velikom području, dobili smo smanjenje u odnosu na srednje vrednosti originalne simulacije ($|\Delta R| \approx 0.2-0.5$ mm). Malo povećanje ($|\Delta R| \approx 0.1-0.4$ mm) imamo samo na južnim delovima Banata, kao i u nekim tačkama Bačke i Srema.

Nekonvektivne padavine se ograničavaju na centralne delove Banata. Na toj oblasti bilo je više od 30 mm padavina u 20h. Pojavio se jedan sekundarni maksimum na granici između Srbije i Rumunije sa 20 mm-a padavina (slika 6.3.3.e.). U slučaju smanjene vlažnosti zemljišta maksimum količine padavina se pojavio na većoj oblasti, ali u odnosu na originalne lokacije pomeren je ka severoistoku. Prema severu povećavala se veličina oblasti padavina. Sekundarni maksimum se spojio sa prvim maksimumom i smanjila se količina padavina (slika 6.3.3.d.). U srednjim dnevnim vrednostima možemo primetiti posebna pomeranja ka severu. Kod simulacije sa povećanom vlažnosti zemljišta, oblast sa velikom količinom padavina se pomerala ka jugozapadu, a njegova mera se smanjila. Veličina oblasti padavina, kao i vrednost sekundarnog maksimuma se smanjila (slika 6.3.3.f.). U slučaju upoređivanja originalnih i povećanih dnevnih vrednosti možemo videti, da u slučaju povećanja količina padavina se smanjila i oblast padavine se pomerala ka jugu.





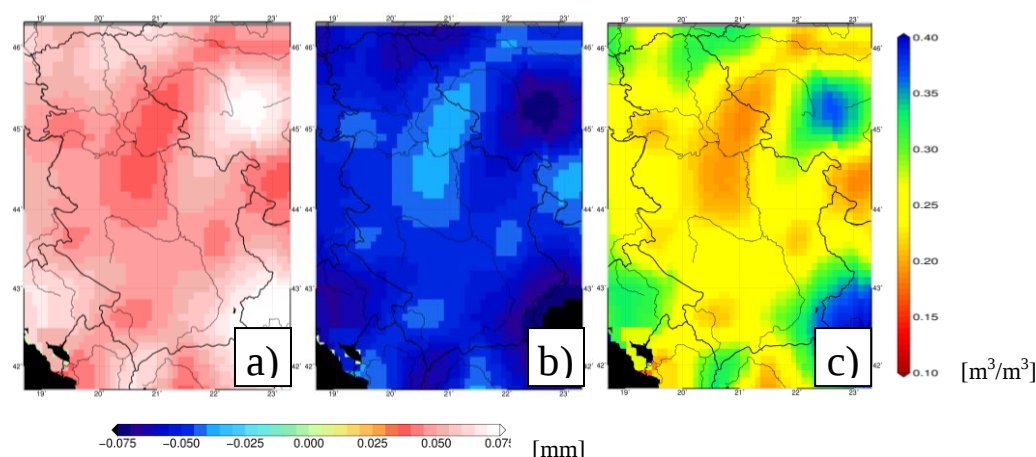
Slika 6.3.3.: Simulacija distribucije padavina po satima 16. juna 2010 godine; u slučaju konvektivne padavine: a) suva, b) originalna, c) vlažna (17 UTC); nekonvektivne padavine: d) suva, e) originalna, f) vlažna (20 UTC).

19. 06. 2010.:

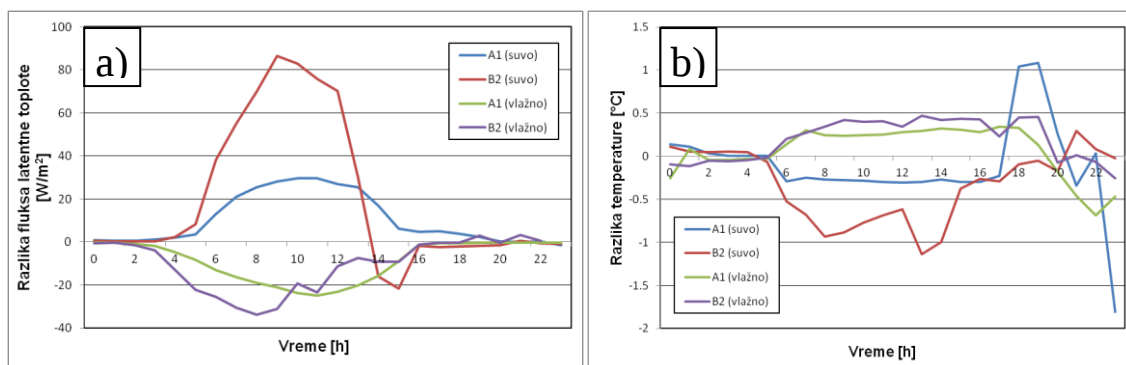
Drugi slučaj koji pokazujem odnosi se na 19. jun 2010. godine. Pri simulaciji sa smanjenom količinom vlažnosti zemljišta, oblasti sa najvećom vlažnosti zemljišta se nalaze na severu Banata i na jugoistočnim delovima države. Najsuvlja su područja južnog Banata i Šumadije (slika 6.3.4.a.). Najveće razlike u fuksu dnevnih srednjih latentnih toplota su se javile na severu Vojvodine i u oblasti visokih, planinskih predela države, sa vrednostima oko 25 W/m^2 (nije prikazano). Na području A1 razlika fluksa latentne toplote dostigla je vrednost od 30 W/m^2 . U poslepodnevnim satima zbog atmosferskih strujnih procesa javlja se malo povećanje u fluksu latentne toplote (slika 6.3.5.a.), ali u temperaturi se javlja jako smanjenje ($|\Delta T| \approx 1 \text{ }^\circ\text{C}$) (slika 6.3.5.b.). U večernjim satima u suvoj simulaciji pojavljivanje srednjih oblaka uzrokuje promenu u meri izračivanja, što je dovelo do jakog ($|\Delta T| \approx 2 \text{ }^\circ\text{C}$) zagrevanja. Na području B2 razlika fluksa latentnih toplota već u 9 UTC dostiže svoj dnevni maksimum (85 W/m^2), zato što se tada pojavila oblačnost i padavina, što je dovelo do smanjenja razlike. Od 12 UTC-a razlika između temperatura je opet počela da se povećava, zbog toga što je u originalnoj simulaciji prestala da pada kiša, dok u suvoj simulaciji nije (slika 6.3.5.b.). Od 17 UTC-a opet počinje da se povećava mera razlike fluksa latentne toplote, zato što se opet pojavila padavina u obe simulacije.

Pri vlažnoj simulaciji najmanje se menjala vlažnost zemljišta u južnim delovima Banata i u Šumadiji, gde je ostala najmanja (slika 6.3.4.b.). Iznad područja naznačenih sa A1, sa oko 20 W/m^2 , veći je fluks latentne toplote nego u originalnoj simulaciji (slika 6.3.5.a.). Tokom dana nije se pojavio nikakav efekat koji bi mogao da promeni ovu razliku. Ni kod razlike u

temperaturama nije se javila toliko velika promena kao u suvoj simulaciji. Posle 20 UTC-a, kao što sam već spominjala kod suve simulacije, zbog oblačnosti i promene izračivanja dolazi do smanjenja u razlikama temperature. Iznad područja sa oznakom B2, posle 8 UTC-a, razlika fluksa latentne toplote se postepeno smanjuje zbog pojave padavina (slika 6.3.5.a.). Tokom dana, zbog pomeranja padavinskih etapa u simulacijama pojavljuje se neka promena, koju možemo videti i u razlikama temperatura (slika 6.3.5.b.).



Slika 6.3.1.: Razlika vlažnosti zemljišta u slučaju: a) suve, b) vlažne simulacije u odnosu na c) originalne simulacije, 19. juna 2010 godine u 00 UTC, na osnovu WRF modela

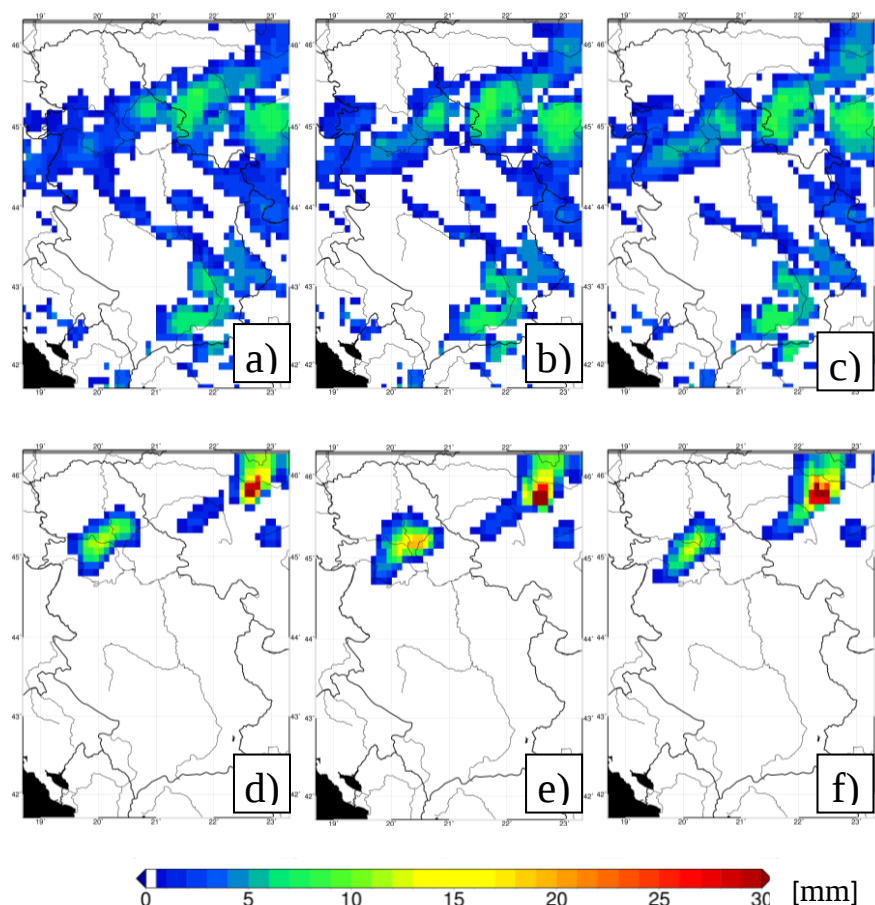


Slika 6.3.2.: a) Razlike fluksa dnevne srednje latentne toplote [W/m^2], b) razlike dnevne temperature [$^{\circ}\text{C}$], u odnosu na originalne simulacije, 19. juna 2010 godine na osnovu WRF modela, iznad odabrane dve tačke (A1: ilovača, B2: glina)

Tokom ovog dana, konvektivna padavina se pojavila skoro u celoj državi. Na slici 6.3.6.a.-c. možemo posmatrati distribuciju padavina u 20 UTC. U ovom času najveća količina padavina je pala na području Vojvodine i na jugozapadnom delu države. Pored toga, u više različitih tačaka države pojavila se kiša. U simulaciji sa smanjenom količinom vlažnosti zemljišta, veličina oblasti sa padavinama se povećala na jugu Vojvodine i u centralnim delovima države (slika 6.3.6.a.). Razlika između dnevne srednje vrednosti pokazuje povećanje količina

padavina na jugu Banata i smanjenja istih na području Rumunije. U simulaciji sa povećanom vlažnosti zemljišta, veličina oblasti sa padavinama se smanjuje (slika 6.3.6.c.). Na okolnim delovima Save količina padavina se povećala, dok se u okolini Tamiša smanjila za nekoliko milimetara. U srednjoj dnevnoj količini se nije pojavila velika promena između rezultata originalnih i povećanih simulacija.

Nekonvektivne padavine su se pojavile na srednjim delovima Vojvodine, u večernjim satima, sa maksimumom oko 20 mm-a (slika 6.3.6.e.). Sa smanjenjem vlažnosti zemljišta smanjila se i količina padavina, sa maksimumom oko 15 mm-a (slika 6.3.6.d.). Područje sa padavinama je malo pomereno ka severoistoku. Pri posmatranju dnevne srednje vrednosti, količina nekonvektivnih padavina se smanjila sa oko 20 mm u slučaju simulacije sa smanjenom vlažnosti zemljišta. I u simulaciji sa povećanom vlažnosti zemljišta smanjila se veličina oblasti sa padavinama i pomerena je ka jugozapadu (slika 6.3.6.f.). Smanjenje se pojavljuje i u dnevnoj srednjoj vrednosti, ali pomeranje je promenilo smer ka jugoistoku.

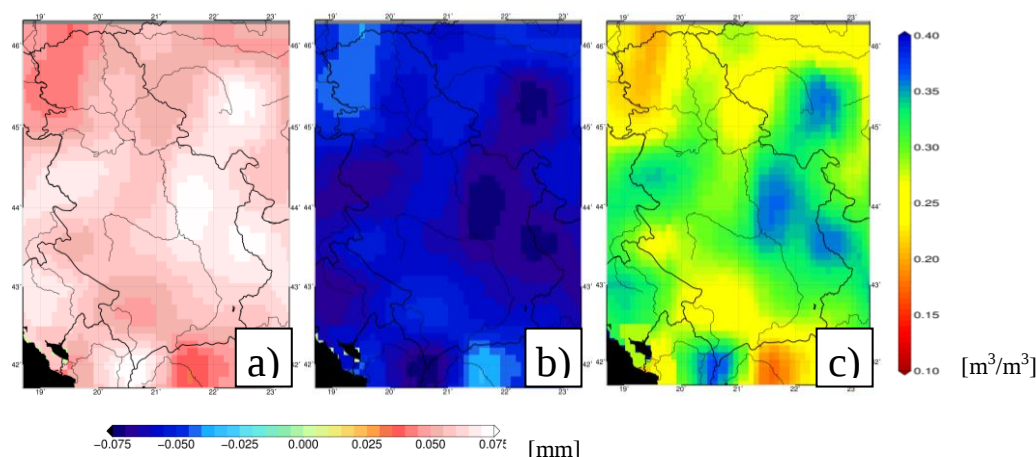


Slika 6.3.6.: Simulacija distribucije padavina po satima 19. juna 2010 godine; u slučaju konvektivnih padavina: a) suva, b) originalna, c) vlažna (17 UTC); nekonvektivne padavine: d) suva, e) originalna, f) vlažna (20 UTC).

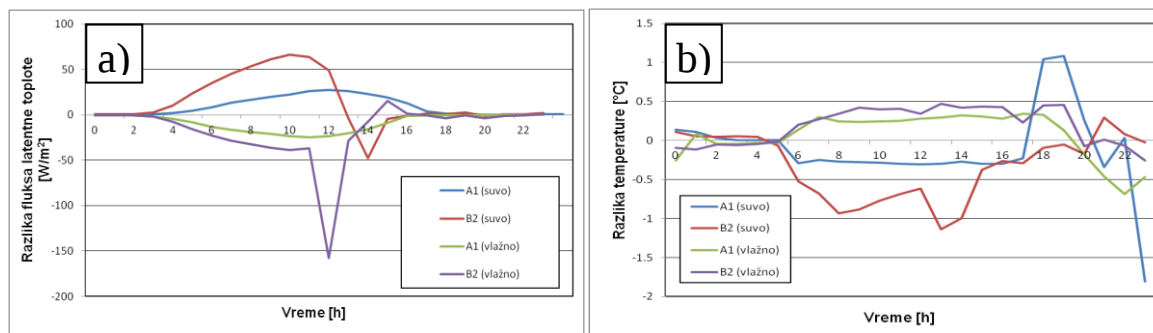
01. 07. 2010.:

Kao poslednje, pokazujem rezultate simulacije za 1. jul 2010. godine. Tokom tog dana oblasti sa najnižom vlažnosti zemljišta su se nalazile u Vojvodini i na južnim i jugoistočnim delovima države. Najveća vlažnost zemljišta je bila na području istočne Srbije. U srednjem dnevnom fluksu latentne toplote se dobro vidi uticaj glinaste ilovače i gline (nije prikazano). Na oblastima sa takvim tipovima zemljišta srednji fluks latentne toplote je veći za $25\text{--}30\text{ W/m}^2$. Vlažnost zemljišta koju sam koristila pri suvoj simulaciji je prikazana na slici 6.3.7.a. Dobro se vidi u kojoj meri se promenila vlažnost između te dve simulacije. Na području, označenom sa A1, dobijamo razliku flukseva latentne toplote od $25\text{--}30\text{ W/m}^2$, koja je jednaka sa srednjom dnevnom vrednošću (slika 6.3.8.a.). Razlike u temperaturama preko dana, koje iznose $0.1\text{--}0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$, se javljaju zbog vetra (slika 6.3.8.b.). U večernjim satima smanjenje razlika temperatura je u vezi sa dnevnim hodom temperature. Iznad B2 područja maksimalna razlika fluksa latentne toplote iznosi oko 65 W/m^2 , koju je vrednost dostigla u 11 UTC (slika 6.3.8.a.). Posle toga, zbog pojavljivanja oblačnosti i konvektivnih padavina u suvoj simulaciji, postepeno se smanjila. Kada se u 15 UTC i u originalnoj simulaciji pojavljuje konvektivna padavina, razlika se opet povećava. Takvu tendenciju možemo videti i u dnevnom hodu temperature.

Promenu vlažnosti zemljišta u slučaju vlažne simulacije pokazujem na slici 6.3.7.b. Između srednje dnevne vrednosti fluksa latentne toplote u simulacijama postoji jako mala razlika, oko $10\text{--}15\text{ W/m}^2$ (nije prikazano). Na području sa oznakom A1, kao i u slučaju suve simulacije, nije se pojavio nikakav fenomen, koji bi doneo promenu. Maksimalna dnevna razlika fluksa latentne toplote iznosi oko 20 W/m^2 . Na području B2 do 11 UTC razlika fluksa latentne toplote se menjala po dnevnom hodu (slika 6.3.8.a.). Razlika fluksa, veća od 150 W/m^2 , koju primećujemo u 12 UTC, javlja se zbog toga što se u originalnoj simulaciji pojavila oblačnost, koja u vlažnoj simulaciji kasni sat vremena i pojavljuje se samo u 13 UTC. Kasnija smanjenja razlike prouzrokuje i pojava padavine. I kod razlike u temperaturama se pojavljuje povećanje temperatura zbog kašnjenja oblačnosti. Između 18 i 20 UTC-a razlika se povećava, što se javlja zbog promene vlažnosti atmosfere (slika 6.3.8.b.)



Slika 6.3.7.: Razlika vlažnosti zemljišta u slučaju: a) suve, b) vlažne simulacije u odnosu na c) originalne simulacije, 1. jula 2010 godine u 00 UTC, na osnovu WRF modela

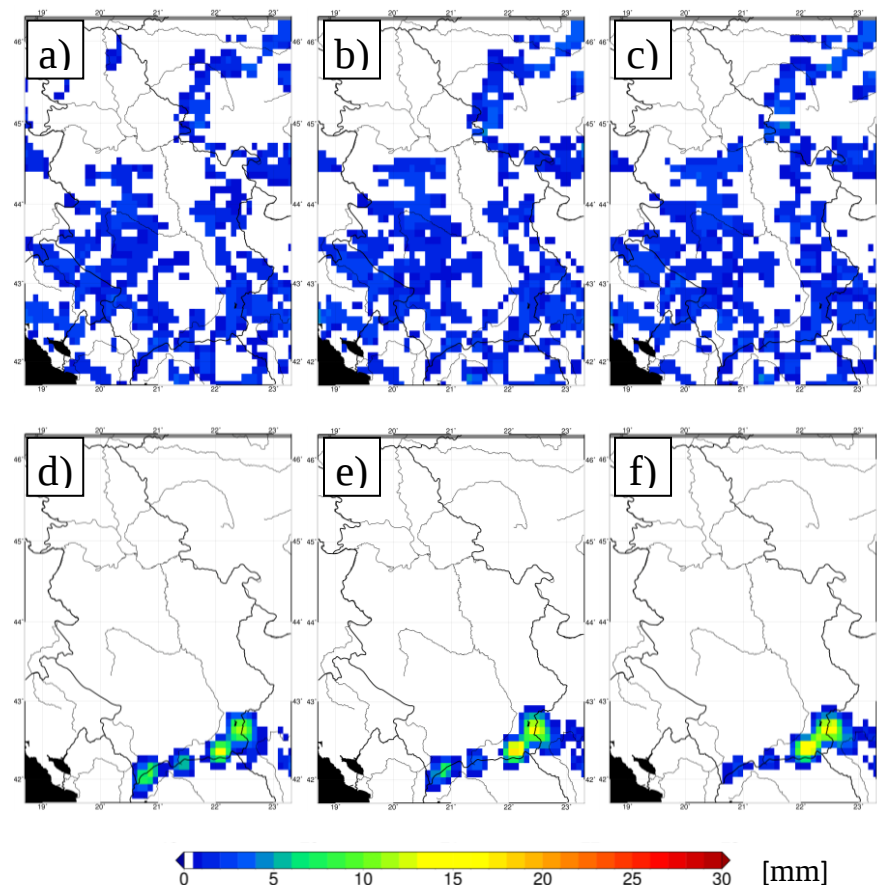


Slika 6.3.8.: a) Razlike fluksa dnevne srednje latentne toplote [W/m^2], b) razlike dnevne temperature [$^{\circ}\text{C}$], u odnosu na originalne simulacije, 1. jula 2010 godine na osnovu WRF modela, iznad odabrane dve tačke (A1: ilovača, B2: glina)

Konvektivne padavine su se pojavile u 20 UTC, na područjima južno od Save i Dunava, ali količina padavina nije prekoračila 2-3 mm (slika 6.3.9.b.). U slučaju simulacije sa smanjenim vlažnostima zemljišta količina padavina se malo smanjila, ali na teritoriji Vojvodine, na srednjim delovima Tise i pored Dunava pojavili su se pljuskovi (slika 6.3.9.b.). Razlika u dnevnim srednjim vrednostima pokazuje da smanjenje vlažnosti zemljišta dovodi do pojavljivanja padavina na velikom delu Vojvodine. U slučaju simulacije sa povećanom vlažnosti zemljišta opet imamo smanjenje količine padavina (slika 6.3.9.c.). Razlika u srednjim vrednostima opet pokazuje pojavu padavina na području Vojvodine.

Nekonvektivna padavina se pojavila na južnim delovima države u večernjim satima (slika 6.3.9.e.). Formirala su se dva veća čvora padavina sa oko 15 mm kiše. Kod simulacije sa smanjenom vlažnošću zemljišta u čvorovima se smanjila količina padavina, dok na ostalim predelima oblačnog sistema se povećala (slika 6.3.9.e.). Povećala se i oblast padavina. Ova

promena je vidljiva i kod dnevnih srednjih vrednosti. Sa povećanjem vlažnosti zemljišta veličina oblasti sa malom količinom padavina se smanjila, dok u čvorovima sa velikom količinom padavina se još povećala količina kiše (slika 6.3.9.f.). Kod proučavanja srednjih vrednosti možemo zaključiti da se kod povećanja vlažnosti zemljišta smanjila količina padavina.



Slika 6.3.9.: Simulacija distribucije padavina po satima 1. jula 2010 godine; u slučaju konvektivne padavine: a) suva, b) originalna, c) vlažna (17 UTC); nekonvektivne padavine: d) suva, e) originalna, f) vlažna (20 UTC).

Da bi potvrdili naše rezultate, ponovili smo simulacije sa promenjenom mikrofizikom modela. Dobili smo rezultate suprotne od gore pokazanih. Iznad područja sa smanjenom vlažnošću zemljišta dobili smo manju količinu padavina, dok iznad područja sa povećanom vlažnošću zemljišta veću količinu padavina. Razlog ove kontradikcije je da zbog promenjene mikrofizike modela, u prvom slučaju, sa smanjenjem vlažnosti zemljišta, pojavljuje se više kondenzovanih čestica, što dovodi do povećanja količine padavina.

7. Rezime

Cilj mog diplomskog rada je bio da otkrijem vezu između vlažnosti zemljišta i količina padavina na teritoriji Srbije. Kao prvo sam htela da odredim vezu i njen pravac između te dve varijable u klimatološkom vremenskom periodu, na osnovu merenja. Na drugom koraku sam odredila međusobni uticaj ovih varijabli na dnevnom, mesečnom i pomećenom vremenskom periodu. Na kraju sam analizirala uticaj promene vlažnosti zemljišta na padavine pomoću simulacije modela.

Na klimatološkoj skali, kao rezultat istraživanja među dve varijable, u prvoj polovini godine, vidimo da postoji obrnuto srazmeran odnos, dok u velikom delu druge polovine godine, varijable su direktno proporcionalne jedna sa drugom. U periodu od januara do juna vlažnost zemljišta se postepeno smanjuje, dok količina padavina se povećava. U letnjim mesecima količina obe varijable se smanjuje, što se javlja zbog visokih temperatura i postepenih isušivanja zemljišta. U jesenjim mesecima i vlažnost zemljišta i količina padavina se postepeno povećavaju. Obrnuto srazmeran odnos se ponovo pojavljuje od decembra.

U slučaju ispitivanja godišnjih korelacija po mesecima možemo odrediti iznad kojih područja postoji najveća vrednost korelacije i na kojim delovima države varijable nemaju uticaja jedna na drugu, gde možemo posmatrati mediteranski karakter. U letnjoj polovini godine pojavljuje se i uticaj reljefa. Ako uzmemo u obzir samo letnje mesece, onda se dobro vidi da na ravnicima, gde je nadmorska visina manja, korelacija dostiže najveće vrednosti između varijabli. Ova osobina je jedan od najvažnijih faktora za agrometeorologiju. Pri analizi pomerene korelacije, koje sam koristila za određivanje efekata na dužem vremenskom periodu otkrilo se da vlažnost zemljišta jako utiče na količinu padavina koje se javljaju posle dužeg vremena.

Pri posmatranju godišnje korelacije po danima otkrilo se da ove varijable međusobno utiču u mnogo manjoj meri nego mesečno. U letnjoj polovini godine možemo videti neka poboljšanja u korelaciji, isto tako kao i pri letnjim mesecima. Pomerene dnevne korelacije su potvrdile da je interakcija između ovih varijabli manja u većem periodu, nego na dužem.

Uticaj promene vlažnosti zemljišta na količinu padavina, u odnosu na rezultate modela sa originalnim podacima, analizirala sam pomoću puštanja modela sa smanjenim i povećanim vrednostima vlažnosti zemljišta. Između rezultata simulacije pravila sam razlike. Pri simulaciji očigledno se pojavio efekat sastava zemljišta. Da bi mogla bolje da posmatram taj

efekat, izabrala sam dva područja sa karakterističnim sastavom zemljišta (glina i ilovača). Na ovim područjima, po satima sam mogla da posmatram razlike fluksa latentne toplote i temperature kao i njihovu promenu. Pri suvoj simulaciji fluksevi latentne toplote se u manjoj meri razlikuju od vrednosti originalne simulacije, nego pri vlažnoj simulaciji. Na flukseve, kao i na temperaturu jako utiču procesi u atmosferi, oblačnost i pojavljivanje padavina. Količina konvektivnih padavina i veličina područja sa padavinom, u simulaciji sa smanjenom količinom vlažnosti zemljišta se povećava, dok pri povećanoj vlažnosti zemljišta se smanjuje. Takav način promene količine padavina se pojavljuje zbog toga što smanjenje vlažnosti zemljišta prouzrokuje veći potisak, što je za pojavljivanje oblačnosti isto toliko bitano kao i vlažnost. Ovako pojavljivanje padavina nije sprečeno. U slučaju veće vlažnosti zemljišta i atmosferskih vlaga veća je stabilnost atmosfere, što prouzrokuje smanjenje potiska i količine padavina. U slučaju padavina velikih razmera količina padavina ponovo se smanjuje, a menja se i njena prostorna distribucija. Pri simulaciji sa smanjenom količinom vlažnosti oblast padavina se pomera prema severoistoku, dok pri simulaciji sa povećanom vlažnosti zemljišta prema jugozapadu.

Pri proveravanju rezultata potvrđeno je da parametrizacija modela jako utiče na dobijene rezultate. Kada sam promenila mikrofiziku modela, dobila sam suprotan rezultat od rezultata koji su tumečeni u ovom radu.

8. Literatura

1. Atkinson, P. M., and Lloyd, C. D., 1998: Mapping precipitation in Switzerland with ordinary and indicator kriging. *J. Geogr. Inform. Decis. Anal.*, 2, 65-76.
2. Chen, F., and Dudhia, J., 2001: Coupling an Advanced Land Surface Hydrology Model with the Penn State NCAR MM5 Modeling System. Part I: Model Implementation and Sensitivity, *Monthly Weather Review*, 129
3. Cressie, N.A.C., 1993: *Statistics for Spatial Data*, revised edition, Wiley, New York, 900pp.
4. Davis, B. M., 1987: Uses and abuses of cross validation in geostatistics. *Math Geol.*, 19, 241-248
5. Dorigo, W. A., Gruber, A., De Jeu, R. A. M., Wagner, W., Stacke, T., Loew, A., Albergel, C., Brocca, L., Chung, D., Parinussa, R.M., Kidd, R., 2015: Evaluation of the ESA CCI soil moisture product using ground based observations, *Elsevier*, RSE-09116; 16p.
6. Haylock, M. R., Hofstra, N., Klein Tank, A. M. G., Klok, E. J., Jones, P. D., Nem, M., 2008: A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950-2006, *J. of Geophysical Research*, 113: D20119, doi:10.1029/2008JD010201
7. Kottek, M., and Rubel, F., 2007: Global Daily precipitation fields from bias corrected rain gauge and satellite observations. Part I: Design and development. *Meteorol. Z.*, 16, 525-539.
8. Krige, D. G., 1962: Statistical applications in mine valuation., *J. Inst. Min. Survey S. Afr.*, 12, 45-84; 12, 95-13.
9. Naeimi, V., Leinenkugel, P., Sabel, D., Wagner, W., Apel, H., Kuenzer, C., 2013: Evaluation of Soil Moisture Retrieval from the ERS and Metop Scatterometers in the Lower Mekong Basin, *Remote Sens.*, 1603-1623; doi:10.3390/rs1603
10. Ngheim, S. V., Allured, D., Svoboda, M. D., Wardlow, B. D., LeComte, D., Rosencrans, M., Chan, S. K., Neumann, G., 2011: *Microwave Remote Sensing of Soil Moisture*, Final Report to NASA, Decisions/05-2-000-0167 and 0119

11. Owe, M., de Jeu, R., Holmes, T., 2008: Multisensor historical climatology of satellite derived global land and surface moisture, *J. of Geophysical Research*, vol 113, F01002, doi: 10.1029/2007JF000769
12. Rubel, F., 1996: PIDCAP Quick look precipitation atlas. *Österr. Beitr. Meteorol.Geophys.*, 15,97 p.
13. Shao, Y., and Irannejad, P., 1999: On the choice of soil hydraulic models in land surface schemes. *Bound. Layer Met.*, 90,83-115.
14. Sheppard, D., 1968: A two-dimensional interpolation function for irregularly spaced data. *Proc. of the 1968 ACM National Conference*. pp 517-524.
15. Skarmarok, W. C., Klemp, J. B., Dudhia, J., Gill, D. O., Barker, D. M., Duda, M. G., Huang, X. Y., Wang, W., Powers, J., G., 2008: A Description of the advanced Research WRF Version 3 NCAR/TN-475+STR, Jun 2008. – NCAR Technical Note.
16. Spinoni, J., Szalai, S., Szentimrey, T., Lakatos, M., Bihari, Z., Nagy, A., Németh, Á., Kovács, T., Mihic, D., Dacic, M., Petrovic, P., Kržič, A., Hiebl, J., Auer, I., Milkovic, J., Štěpánek, P., Zahradníček, P., Kilar, P., Limanowka, D., Pyrc, R., Cheval, S., Birsan, M.-V., Dimitrescu, A., Deak, Gy., Matei, M., Antolovic, I., Nejedlík, P., Štastný, P., Kajaba, P., Bochníček, O., Galo, D., Mikulová, K., Nabyvanets, Y., Skrynyk, O., Krakovska, S., Gnatiuk, N., Tolasz, R., Antofie, T., Vogt, J., 2014: Climat of the Carpathian Region in the period 1961-2010: climatologies and trends of 10 variables, *I. J. of Climatol.* 35: 1322-1341 (2015), doi: 10.1002/joc.4059
17. Taylor, C. M., Ellis, R. J., 2006: Satellite detection of soil moisture impacts on convection at the mesoscale, *Geophysical Research Letters*, vol. 33, L03404, doi: 10.1029/2005GL025252
18. Wackernagel H. 1995.: *Multivariate Geostatistics*. Springer-Verlag, 256 p.
19. Wagner, W., 1998: *Soil Moisture Retrieval from ERS Scatterometer Data*, Studienrichtung Vermessungswesen Technische Universität, Wien

Biografija

Tünde Lemler rođena je 11.07.1990. godine u Somboru. Osnovnu školu „Jovan Jovanović Zmaj“ završila je u Kanjiži. Od 2005. godine je bila učenik gimnazije „Svetozar Marković“ na prirodno-matematičkom smeru u Subotici. Po završetku srednje škole, 2009. godine, upisala je Prirodno-matematički fakultet u Novom Sadu, Departman za fiziku, smer fizičar-meteorolog. Zvanje diplomirani fizičar stiče 2014. godine. Iste godine upisuje master studije meteorologije na Prirodno-matematičkom fakultetu, odsek fizika.



KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:

RBR

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije: Monografska dokumentacija

TD

Tip zapisa: Tekstualni štampani materijal

TZ

Vrsta rada: Master rad

VR

Autor: Tünde Lemler

AU

Mentor: Dr Branislava Lalić

MN

Naslov rada: Analiza povratne sprege između padavina i vlage u zemljištu zasnovana na meteorološkim i klimatološkim podacima

NR

Jezik publikacije: Srpski (latinica)

JP

Jezik izvoda: Srpski/engleski

JI

Zemlja publikovanja: Republika Srbija

ZP

Uže geografsko područje: Vojvodina

UGP

Godina: 2015

GO

Izdavač: Autorski reprint

IZ

Mesto i adresa: Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

MA

Fizički opis rada: (poglavlja/strana/citata/tabela/slika/grafika/priloga)

FO (8/50/19/2/24/8/0)

Naučna oblast: Fizika

NO

Naučna disciplina: Meteorologija

ND

Predmetna odrednica/ključne reči vlažnost zemljišta, padavine, klimatologija, numerička prognoza vremena

PO**UDK**

Čuva se: Biblioteka departmana za fiziku, PMF-a u Novom Sadu

ČU

Važna napomena:

nema

VN

Izvod:

IZ

Ispitano je uticaj vlažnosti zemljišta na količinu padavina u periodu od 1981 do 2010 godine. Određena je srednja mesečna promena vlažnosti zemljišta i količine padavina na različitim područjima. Izračunati su korelacije između vlažnosti zemljišta, količina padavina i srednje temperature i po mesecima i po danima. Pored celogodišnje korelacije, ispitani su i period od aprila do septembra, kao i letnji period, od početka juna do kraja avgusta. Pravljeni su korelacije sa jednim, dva i tri meseca pomerenim vrednostima u odnosu na podatke vlažnosti zemljišta. Rađeni su simulacije pomoću WRF modela za tri dana u 2010-oj godini. Određeni su razlike između originalne simulacije i simulacije sa smanjenom, kao i povećanom vlažnosti zemljišta.

*Datum prihvatanja teme od NN
veča:*

DP

Datum odbrane: 13.11.2015.

DO

Članovi komisije:

KO

Predsednik: Dr Zorica Podrašćanin

Član: Dr Branislava Lalić, mentor

Član: Dr Igor Balaž

UNIVERSITY OF NOVI SAD

FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type:

Monograph publication

DT

Type of record:

Textual printed material

TR

Content code:

Final paper

CC

Author:

Tünde Lemler

AU

Mentor/comentor:

Branislava Lalić, PhD

MN

Title:

Analysis of soil moisture v.s. precipitation feedback based on climatological data

TI

Language of text:

Serbian (Latin)

LT

Language of abstract:

English

LA

Country of publication:

Serbia

CP

Locality of publication:

Vojvodina

LP

Publication year: 2015

PY

Publisher: Author's reprint

PU

Publication place: Faculty of Science and Mathematics, Trg Dositeja Obradovića 4,
Novi Sad

PP

Physical description: (8/50/19/2/24/8/0)

PD

Scientific field: Physics

SF

Scientific discipline: Meteorology

SD

Subject/ Key words: soil moisture, precipitation, climatology, numerical weather
prediction

SKW**UC**

Holding data: Library of Department of Physics, Trg Dositeja Obradovića 4

HD

Note: none

N

Abstract: Feedback between soil moisture and precipitation was considered for 1981-2010 period. For selected regions, monthly averages of soil moisture and precipitation are calculated. On monthly and daily basis are calculated correlations between soil moisture, temperature and precipitation. Particular attention was devoted to summer and spring period when expected correlations are the most significant. In order to test sensitivity of numerical weather prediction model (NWP) on initial soil moisture, the NWP model WRF was used for three days in 2010.

AB

Accepted by the Scientific Board:

ASB

Defended on: 13/11/2015

DE

Thesis defend board:

DB

President: Zorica Podraščanin, PhD

Member: Branislava Lalić, PhD, mentor

Member: Igor Balaž, PhD