

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



DIPLOMSKA NALOGA

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE GEODEZIJA IN GEOINFORMATIKA

Ljubljana, 2019

Univerza
v Ljubljani

*Fakulteta za
gradbeništvo in
geodezijo*



Kandidat/-ka:

Mentor/-ica:

Predsednik komisije:

□

Somentor/-ica:

Član komisije:

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

»Ta stran je namenoma prazna.«

BIBLIOGRAFSKO DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.8.044:551.5(497.4)(043.2)
Avtor:	Lucija Konda
Mentor:	prof. dr. Krištof Oštir
Somentor:	asist. Jernej Tekavec
Naslov:	Prenos in obdelava radarske slike padavin za Slovenijo
Tip dokumenta:	diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	46 str., 1 pregl., 45 sl., 2 graf., 5 en., 4 pril.
Ključne besede:	radarska slika padavin, vremenski radar, normirani dnevni seštevki padavin, intenziteta padavin, količina padavin

Izvleček

Naloga zajema prostorsko obdelavo podatkov o vremenu in je osredotočena na analizo radarske slike padavin, do katere lahko prosto dostopamo na spletni strani Agencije Republike Slovenije za okolje. Razdeljena je na teoretični in analitični del. V teoretičnem ozadju je opisano delovanje meteorološkega radarja, način pridobivanja podatkov in zgodovina ter prihodnost radarskih merjenj v Sloveniji. Osrednja tema je bila radarska slika padavin. Sprva smo preučili njene tehnične lastnosti, kot so obseg in čas prikaza, pa povezavo med parametroma radarske odbojnosti (Z) in količino padavin. V analitičnem delu naloge smo s spletne strani ARSO s programom *FME Desktop* pridobili radarske slike padavin, jih georeferencirali, obrezali in reklasificirali. Po prenosu in obdelavi podatkov je sledilo agregiranje in izračun normiranih vrednosti seštevcev. Dobljene rezultate smo analizirali in prikazali na kartah, pri čemer smo uporabili programsko orodje QGIS. V nalogi smo preučevali prostorsko razporejenost padavin in presojali, ali lahko intenziteto padavin neposredno povežemo s količino padavin. Povezavo med parametroma smo predstavili matematično in praktično, tj. s pridobljenimi številčnimi rezultati.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	528.8.044:551.5(497.4)(043.2)
Author:	Lucija Konda
Supervisor:	Assist. Prof. Krištof Oštir
Cosupervisor:	Assist. Jernej Tekavec
Title:	Collection and Processing of Radar Image of Precipitation of Slovenia
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Scope and tools:	46 p., 1 tab., 45 fig., 2 graf., 5 eq., 4 attm.
Keywords:	radar image of precipitation, weather radar, normalised daily precipitation sums, rainfall intensity, rainfall depth

Abstract:

This diploma thesis covers the spatial processing of weather data and focuses on the analysis of the radar image of precipitation, which is available on an open access website of Slovenian Environment Agency (*Agencija Republike Slovenije za okolje* or *ARSO*). The thesis is divided into two parts, theoretical and analytical. Theoretical part describes the functioning of the weather radar, the way of collecting data, and history and future of radar measuring of rainfall in Slovenia. The focus of the central topic is the radar image of precipitation, its technical characteristics, such as range and display time of the radar, and the examination of the connection between the parameters of radar reflectivity (Z) and rainfall depth. In the analytical part, *FME Desktop* tool is used to obtain radar images of precipitation from the website of Slovenian Environment Agency (*ARSO*), then the images are georeferenced, edited, and reclassified. The aggregation and calculation of normalized sums follow the data collection and processing. The results obtained are analysed and displayed on maps using the *QGIS* software tool. The thesis studies the spatial distribution of rainfall and discusses whether rainfall intensity can be directly linked to rainfall depth. The collected numerical results were used to present the connection between the two parameters mathematically and practically.

»Ta stran je namenoma prazna.«

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Krištofu Oštirju, univ. dipl. fiz. in asist. Jerneju Tekavcu, univ. dipl. inž. geod., za strokovno pomoč, podporo in koristne nasvete pri izdelavi diplomske naloge.

Agenciji RS za okolje in g. mag. Antonu Zgoncu, za strokovno razlago radarskih in meteoroloških pojavov.

Profesorici slovenskega jezika Urški Dragovan za lektoriranje diplomskega dela.

Iskreno se zahvaljujem svojim staršema Heleni in Robertu ter sestri Evi, da ste bili name vedno ponosni in se z menoj veselili vsakega uspeha na študijski poti.

Damjan hvala ti – za vse.

»Ta stran je namenoma prazna.«

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Namen in cilji.....	2
2	VREMENSKI RADAR	3
2.1	Delovanje radarja.....	3
2.2	Gostota meritev	3
2.3	Natančnosti in napake prikaza radarske slike padavin.....	4
2.4	Začetki radarskih merenj v Sloveniji.....	6
2.5	Radarsko omrežje SIRAD	6
2.6	Spletni arhiv meritev.....	7
2.7	Radarsko sevanje.....	8
2.8	Kaj prinaša prihodnost.....	8
3	RADARSKA SLIKA PADAVIN	9
3.1	Obseg prikaza	10
3.2	Čas prikaza	11
3.3	Parametri prikaza radarske slike	11
4	PROGRAMSKA OPREMA.....	16
5	PRENOS IN PRIPRAVA PODATKOV	18
5.1	Prenos podatkov	18
5.2	Georeferenciranje padavinskih slik.....	20
5.3	Obrez na območje Slovenije.....	21
5.4	Reklasifikacija	22
5.5	Zapis podatkov in priprava za seštevaje.....	23
5.6	Delovanje programa na strežniku.....	24
6	SEŠTEVANJE RADARSKIH SLIK PADAVIN	25
6.1	Branje podatkov in nastavitve atributov.....	25
6.2	Seštevaje.....	27
6.3	Izračun normiranih vrednosti seštevnikov.....	28
6.4	Zapis rezultatov	28
7	ANALIZA IN REZULTATI	29

7.1	Intenziteta in količina padavin.....	33
7.1.1	Neposredna primerjava mesečnih podatkov intenzitete in količine padavin	33
7.1.2	Opazovanje obeh spremenljivk	34
7.2	Radarske smeti	36
7.3	Nenavadni koncentrični krogi na radarski sliki padavin	37
8	ZAKLJUČEK.....	39
VIRI		42
PRILOGE		45

»Ta stran je namenoma prazna.«

KAZALO SLIK

Slika 1: Shema delovanja radarja [3]	3
Slika 2: Primer motenja radarja ob nepravilni uporabi radijskih lokalnih omrežij [7].....	5
Slika 3: Lokacija obeh meteoroloških radarjev v Sloveniji	7
Slika 4: Spletni arhiv meritev Agencije RS za okolje [8]	8
Slika 5: Prikaz maksimalne jakosti padavin včasih [3].....	9
Slika 6: Prikaz maksimalne odbojnosti padavin [12].....	10
Slika 7: Način prikaza časa meritve na posodobljeni različici radarske slike padavin [12].....	11
Slika 8: Izbera različnih parametrov radarske slike padavin [12].....	12
Slika 9: Radarska slika jakosti padavin [12]	14
Slika 10: Radarska slika padavin [12].....	15
Slika 11: Videz in vsebina delovnega okolja programa FME.....	17
Slika 12: Diagram prenosa in priprave podatkov za seštevanje.....	18
Slika 13: Uporaba pretvornika Creator	19
Slika 14: Vsebine JSON datoteke	19
Slika 15: Pretvornik <i>FeatureReader</i> podatke razdeli po atributih.....	20
Slika 16: Prikaz geografskega prostorskega obsega (bbox)	21
Slika 17: Uporaba pretvornikov <i>RasterGeoreferencer</i> in <i>CoordinateSystemSetter</i>	21
Slika 18: Uporaba orodja <i>Clipper</i>	22
Slika 19: Prikaz območja obreza podatkov	22
Slika 20: Zapis pogojnih funkcij za reklasifikacijo v pet razredov	23
Slika 21: Barvna lestvica na radarski sliki padavin [12]	23
Slika 22: Uporaba strežnika FME s prikazanim orodjem	24
Slika 23: Diagram obdelave in seštevanja podatkov.....	25
Slika 24: Pretvornik <i>AttributeCreator</i> in uporaba funkcije »Substring«.....	26
Slika 25: Pretvorba datuma v številko tedna z uporabo pretvornika <i>DateTimeConverter</i>	27
Slika 26: Seznam uporabljenih atributov in nastavitev atributa "week_year" v pretvorniku <i>AttributeManager</i>	27
Slika 27: Seštevanje rastrov	28
Slika 28: Nastavitev lastnosti sloja v programu QGIS.....	29
Slika 29: Intenziteta padavin od 3. do 9. 9. 2018 (36. teden).....	30
Slika 30: Intenziteta padavin od 8. do 14. 10. 2018 (41. teden).....	30
Slika 31: Ponovni obrez rezultatov le na območje Slovenije.....	31
Slika 32: Prikaz območja novega obreza podatkov.....	31
Slika 33: Intenziteta padavin od 29. 10 do 4. 11. 2018 (44. teden).....	32
Slika 34: Intenziteta padavin od 12. do 18. 11. 2018 (46. teden).....	32

Slika 35: Povprečna mesečna količina padavin v mesecu avgustu, izmerjena na glavnih meteoroloških postajah [8].....	34
Slika 36: Povprečna mesečna količina padavin v mesecu oktobru, izmerjena na glavnih meteoroloških postajah [8].....	34
Slika 37: Intenziteta padavin od 23. do 26. 8. 2018	35
Slika 38: Intenziteta padavin od 17. do 22. 7. 2018	35
Slika 39: Območje radarske smeti v okolici smučišča Weinebene v Avstriji.....	36
Slika 40: Pojav koncentričnih krogov ob seštevku mesečne intenzitete padavin.....	37
Slika 41: Koncentrični krogi na radarski sliki padavin. [23].....	38
Slika 42: Intenziteta padavin od 13. do 22. 8. 2018	45
Slika 43: Intenziteta padavin od 1. do 7. 10. 2018	45
Slika 44: Intenziteta padavin od 22. do 28. 10. 2018	46
Slika 45: Intenziteta padavin od 19. do 25. 11. 2018	46

»Ta stran je namenoma prazna.«

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Prikaz povprečnih dnevnih in mesečnih seštevkov intenzitete padavin.....	39
---	----

» Ta stran je namenoma prazna.«

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Normirano mesečno povprečje intenzitete padavin	40
Graf 2: Število slik po tednih v obravnavanem obdobju.....	41

» Ta stran je namenoma prazna.«

1 UVOD

Stanje vremena – temperatura, zračni tlak in količina padavin – vpliva tako na načrtovanje našega vsakdanjika kot tudi na naše počutje. Spremljanje stanja na nebu in napoved vremena sta bila za človeka od nekdaj zanimiva. Prav nič presenetljivega ni torej dejstvo, da je v Sloveniji ena najbolj obiskanih spletni strani ravno spletna stran Agencije Republike Slovenije za okolje in z njo spletna podstran ARSO VREME [1]. Stran omogoča enostaven in hiter pregled meteorološkega dogajanja na območju Republike Slovenije in njene bližnje okolice. Ponuja možnosti pregleda trenutnega vremenskega stanja za več kot 120 lokacij po Sloveniji, grafično napoved po urah, obete za prihajajoče dni in napoved v besedi, aktualna opozorila ter radarsko sliko padavin.

Večina podatkov o vremenu ima določeno prostorsko referenco in jih je zato mogoče obravnavati in z uporabo prostorskih analiz analizirati v GIS okolju. V nalogi sem se omejila na opazovanje padavin, njihovo intenziteto in postopek pridobitve ter lastnosti prikaza padavinskih slik.

Prvi – teoretični del – zajema poglavja 2, 3 in 4, v katerih je predstavljeno teoretično ozadje naloge. V tem delu naloge je tako opredeljeno, kaj je vremenski radar, kako deluje, omenjamo še gostoto radarskih meritev, natančnost in napake prikaza na radarski sliki padavin. Opisani so tudi začetki radarskih merenj v Sloveniji in trenutno delujoče radarsko omrežje SIRAD, ki ga sestavljata meteorološka radarja na Lisci in Pasji ravni. Prav tako je predstavljen radarski arhiv, ki ga na Agenciji RS za okolje hranijo od leta 1936. Radar deluje po principu pošiljanja pulzov kratkega elektromagnetnega valovanja v prostor, zato je opredeljeno tudi radarsko sevanje in vpliv le-tega na ljudi. Tehnološki razvoj je prinesel premike tudi v meteorologiji, zato je v poglavju 2.8 opisan prihajajoč napredek radarskih merenj v Sloveniji. V nadaljevanju je predstavljena radarska slika padavin, ki je tudi osrednja tema diplomske naloge. Opisana sta obseg in čas prikaza ter bistvene značilnosti radarske slike, kot je npr. interpretacija legende – pomen barv, opredelitev enote dBZ itd. V 4. poglavju je predstavljena uporabljena programska oprema – program FME *Desktop* podjetja Safe Software in odprtokodni program QGIS.

Drugi – empirični del – je bil zasnovan v treh delih. Prvi je obsegal pridobitev podatkov in njihovo pripravo v programskem paketu FME *Desktop*. Drugi del je predstavljala določitev povprečnega dnevnega seštevka intenzitete padavin za posamezni teden, ki smo jo prav tako pripravili v programskem paketu FME *Desktop*. Tretji del obsega interpretacijo rezultatov v programskem orodju QGIS. Vsak del je zaradi preglednejše in hitrejše izvedbe zasnovan kot ločen proces. Prvi procesni model je služil prenosu in pripravi podatkov za nadaljnje seštevanje radarskih slik, ki se je izvedlo v drugem procesnem modelu. Vsebina in rezultati celotnega empiričnega dela so predstavljeni v poglavjih 5, 6 in 7.

1.1 Namen in cilji

Namen naloge je razvoj postopka za pridobivanje, georeferenciranje in shranjevanje radarskih slik padavin. Uporabnik radarske slike si lahko brez teoretičnega poznavanja delovanja meteorološkega radarja in načina pridobitve podatkov ter poznavanja pomena enote dBZ (radarske odbojnosti) predstavlja, kakšna vrsta (dež, toča) in jakost (šibka, zmerna, močna, ekstremna) padavin se približuje njegovemu kraju. Uporabnik ima na voljo časovno vrsto radarskih slik in lahko interpretira tudi potek padavinskih celic.

Naloga ima dve hipotezi:

- Intenziteta je podatek, ki dobro opisuje razvoj padavin in gibanje padavinskih celic, ne moremo pa je neposredno povezati s količino padavin.
- Z opazovanjem časovne vrste radarskih slik lahko razumemo prostorski potek padavinskih dogodkov.

Kljub enostavni in hitri interpretaciji se za radarsko sliko padavin skrivajo relativno zapleteni procesi pridobitve in obdelave podatkov, pridobljenih z dvema meteorološkima radarjema na Lisci in Pasji ravni.

Diplomska naloga tako obsega tri cilje, ki smo si jih zastavili na začetku raziskovanja:

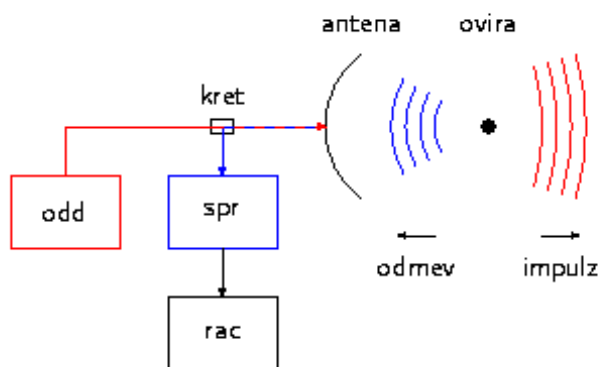
- Pridobitev podatkov s spletne strani ARSO VREME in njihova ustrezna obdelava ter priprava za analizo, seštevanje.
- Izračun povprečnih dnevnih seštevcev padavin za posamezni teden – predstavitev rezultatov s pregledno karto – in na podlagi rezultatov povezava z vremenskimi dogodki v preteklem obravnavanem obdobju.
- Razlaga in predstavitev dobljenih rezultatov in ugotovitev.

2 VREMENSKI RADAR

Vremenski radar (ali tudi meteorološki radar) je daljinski merilec padavinskih oblakov [2]. Gre za radar, prirejen za zaznavanje in merjenje padavin [3]. Z vremenskim radarjem lahko določimo moč posameznih nevihtnih celic, ocenimo količino in vrsto padavin ter predvidimo njihovo gibanje v prostoru. V meteorologiji poznamo konvencionalni in Dopplerjev radar [4].

2.1 Delovanje radarja

Radar je sestavljen iz oddajnika, antene in sprejemnika [5]. Oddajnik prek antene, ki usmerja impulz v ozek prostorski kot, v prostor pošilja pulze kratkega elektromagnetnega valovanja (EMV). Z usmeritvijo antene je določena smer. Impulz znane valovne dolžine (λ) potuje skozi atmosfero s svetlobno hitrostjo $c = 3 \cdot 10^8$ m/s. Ob dosegu ovire se sipa nazaj, kjer prek antene pride v sprejemnik, ki meri odbito valovanje [3]. Iz časa zakasnitve določa oddaljenost, iz jakosti pa določi odbojnost, preko odbojnosti pa na različne načine določi vsebnost vode v izmerjenem kosu zraka [2]. Antena se vrti okoli svoje navpične osi pri različnih elevacijskih kotih, vsak obrat naredi pri višjem kotu [4]. Najnižja elevacija antene je $0,5^\circ$ nad horizontom, najvišja pa približno 30° nad horizontom [2]. Antenski snop obkroži polni kot 360° . Od trenutka sprejema impulza (odmeva) računalnik podatke obdeluje in jih shranjuje. Meteorološki radar spada med eholokacijske merilnike, kot je npr. sonar. Sonar imajo tudi nekatere živali, kot so kiti in netopirji [2].



Slika 1: Shema delovanja radarja [3]

2.2 Gostota meritev

V času obrambe proti toči so se začele izvajati redne meritve atmosfere. Meritve so potekale na 15 minut in tako je bilo do leta 2000, ko so radar na Lisci zamenjali z novejšim radarjem. S tem so gostoto meritev povečali na 10 minut, torej 6 slik na uro. Konec marca 2019 pa so interval osveževanja radarskih slik povečali na 5 minut, kar znaša 12 slik na uro. Razlogi za povečanje gostote meritev in posledično za pridobivanje bolj podrobnih informacij se nahajajo predvsem v pestrem vremenskem dogajanju v

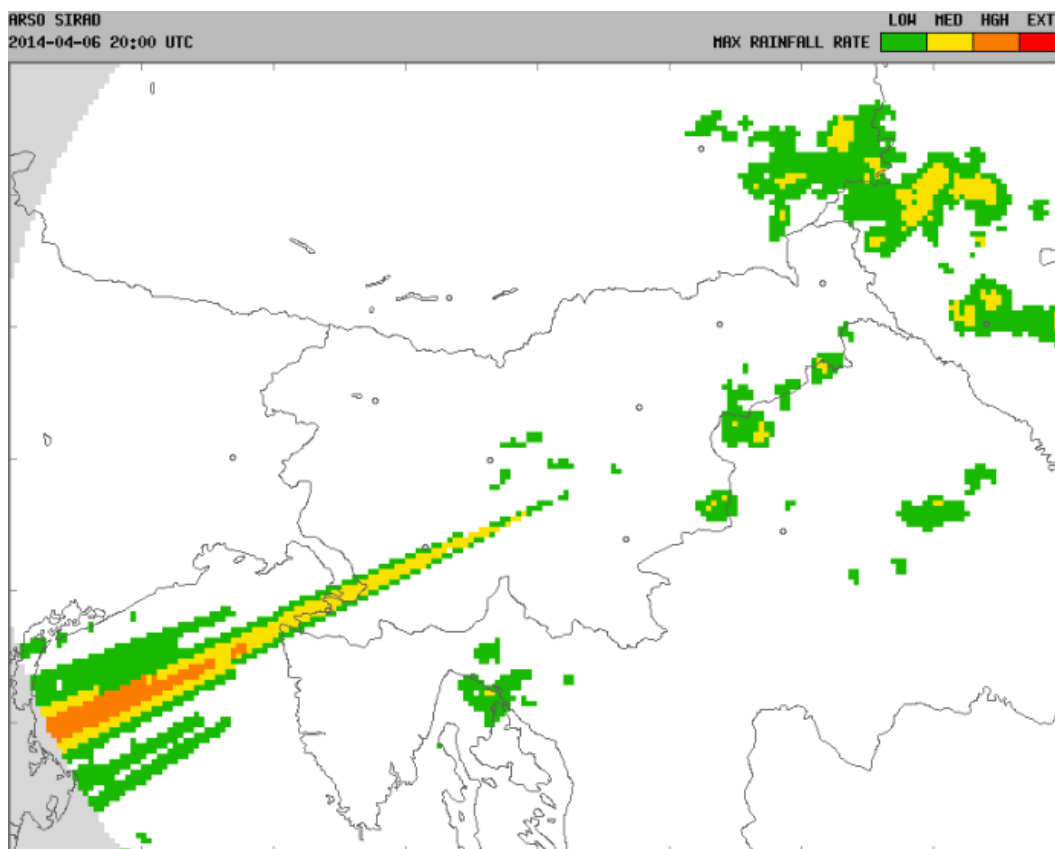
zadnjih letih (zlasti v poletni sezoni). Zaradi hitre dinamike nevihtnih celic, ki se v povprečju gibljejo s hitrostjo od 30 do 50 km/h je bilo opazovanje na 10 minut nekoliko nezanesljivo. V primeru nevihtne celice, katere velikost se v povprečju giblje okoli premera 10 km, lahko med sosednjima meritvama pride do velikega premika, in sicer se celica lahko premakne za celo svojo dimenzijo. Takšne meritve so onemogočale natančno spremljanje vremenskega dogajanja. S težavami, ki jih povzročajo premalo goste meritve, so se soočali tudi pri kontroli letenja [2].

Ločnico 5 minut, ki so jo dosegli marca 2019, bo težko izboljšati. Razlog je delovanje oz. proces merjenja radarja. Radar deluje tako, da dela kroge, pri čemer se po vsakem krogu elevacija antene poviša (od 0,5° do približno 30°). Teh elevacij je 12. Za meritev tako radar potrebuje 4,5 minute. Treba je poudariti, da medtem ko uporabnik na spletu pregleduje aktualno radarsko sliko padavin, le-ta ni bila posneta v trenutku, ki je naveden na časovni oznaki, temveč je bil za celotno meritev potreben čas petih minut [2].

2.3 Natančnosti in napake prikaza radarske slike padavin

Radar je semikvantitativni merilnik. Natančnost merimo v faktorjih. Za kvantitativno uporabo je uporaben med 70 in 120 km, kar pomeni, da če radar izmeri na primer 10 mm/h, se resnične padavine gibljejo med 3 mm/h in 30 mm/h. Od 120 km naprej je uporaben le kvalitativno, kar pomeni, da pogojno dobro opiše stanje padavinskih oblakov [2]. Natančnost lokacije padavin je ± 1 kilometer [6].

Velikokrat pa se zaradi različnih motenj v atmosferi pojavljajo tudi napake. Motnje meteoroloških radarjev povzroča predvsem nepravilna uporaba radijskih lokalnih omrežij (RLAN). Do motnje pride v primeru, ko uporabnik nastavi frekvenčni pas od 5,6 do 5,65 GHz, ki je namenjen delovanju meteoroloških radarjev, in izklopi funkcijo DFS (Dynamic frequency selection). Funkcija DFS deluje tako, da ob zaznavi delovanja radarja omogoči premik signala na drugo frekvenco [7].



Slika 2: Primer motenja radarja ob nepravilni uporabi radijskih lokalnih omrežij [7]

Zaradi velikega števila dejavnikov, ki vplivajo na delovanje meteorološkega radarja in signala, ki potuje skozi atmosfero, se pojavljajo tudi napake, kot je nepravilen prikaz padavin na radarski sliki na spletni strani Agencije Republike Slovenije za okolje.

Prihaja do anomalij, ko radarska slika padavine prikazuje, v resnici pa jih ni. Za razlago tovrstne napake je treba poznati princip delovanja radarjevega računalnika in lastnosti atmosfere v trenutku merjenja. Nad vsako talno točko in na različnih višinah radar meri padavine, ti podatki se obdelajo v računalniku, kjer se izračuna maksimum vseh meritev. Na radarski sliki padavin se torej prikaže maksimum za vsako talno točko. Kadar je zrak v spodnjih plasteh zelo suh, padavine izhlapijo, preden sploh dosežejo tla. To pomeni, da je podatek, ki ga poda računalnik, napačen. Včasih pa je vzrok za napako tudi močan vzgornik, zaradi katerega padavine ne morejo pasti in tako ponovno pride do napačno izračunanega maksimuma [6].

Prav tako je znana anomalija, ko uporabniki ob pregledu radarske slike padavin opazijo, da padavin na njej ni zavedenih, medtem ko v njihovem kraju dežuje. Tovrstna napaka se rada pojavi v zimskem času, kadar radar padavinskih oblakov zaradi njihove nizke višine sploh ne zazna. Nepravilnost se pojavi na velikih razdaljah, kjer je zaradi ukrivljenosti Zemlje radarski snop žarkov že precej nad tlemi [6].

2.4 Začetki radarskih merjenj v Sloveniji

Začetki radarskega merjenja segajo v leto 1971. Sprva je na Žikarcah v Slovenskih goricah stal vojaški radar, ki je bil predelan za meteorološko uporabo in je služil obrambi proti toči. Deloval je pod okriljem Kmetijskega zavoda Maribor, kasneje pa je prešel pod okrilje takratnega hidrometeorološkega zavoda. Prvi pravi vremenski radar, ki je bil leta 1984 postavljen na Lisci pri Sevnici, je bil opremljen z računalniško vodenim radarjem dosega 200 km. Podobno kot vojaški radar se je tudi ta deloma ročno, deloma samodejno uporabljal za spremljanje nevihtnih celic. Sprva je služil zlasti obrambi proti toči, kasneje pa so začeli izvajanje redne meritve atmosfere. V nadaljnjih letih, natančneje leta 2000, so ga nadomestili s sodobnejšim radarjem, ki deluje še danes.

Vremenske meritve so se izkazale za vse bolj pomembne in uporabne tako med strokovnimi uporabniki kot tudi v širši javnosti, zato so se začele kazati slabosti tega, da Slovenijo pokriva samo en radar. Težave so se dogajale ravno v času najmočnejših nevihtnih dogajanj, ko je prihajalo do izpadov. Prav tako so se zaradi lege radarja na Lisci, ki je postavljen na vzhodni del države, začele pojavljati potrebe po nadzoru vremenskega dogajanja tudi na zahodnem koncu Slovenije. Želja po pokritju vremenskega dogajanja, ki pretežno prihaja s padavinsko zelo bogatega zahodnega dela Slovenije, je porodila idejo o postavitvi še enega vremenskega radarja na Pasji ravni. Vremenski radar na Pasji ravni so postavili leta 2014, od vremenskega radarja na Lisci pa je oddaljen približno 80 km [2].

2.5 Radarsko omrežje SIRAD

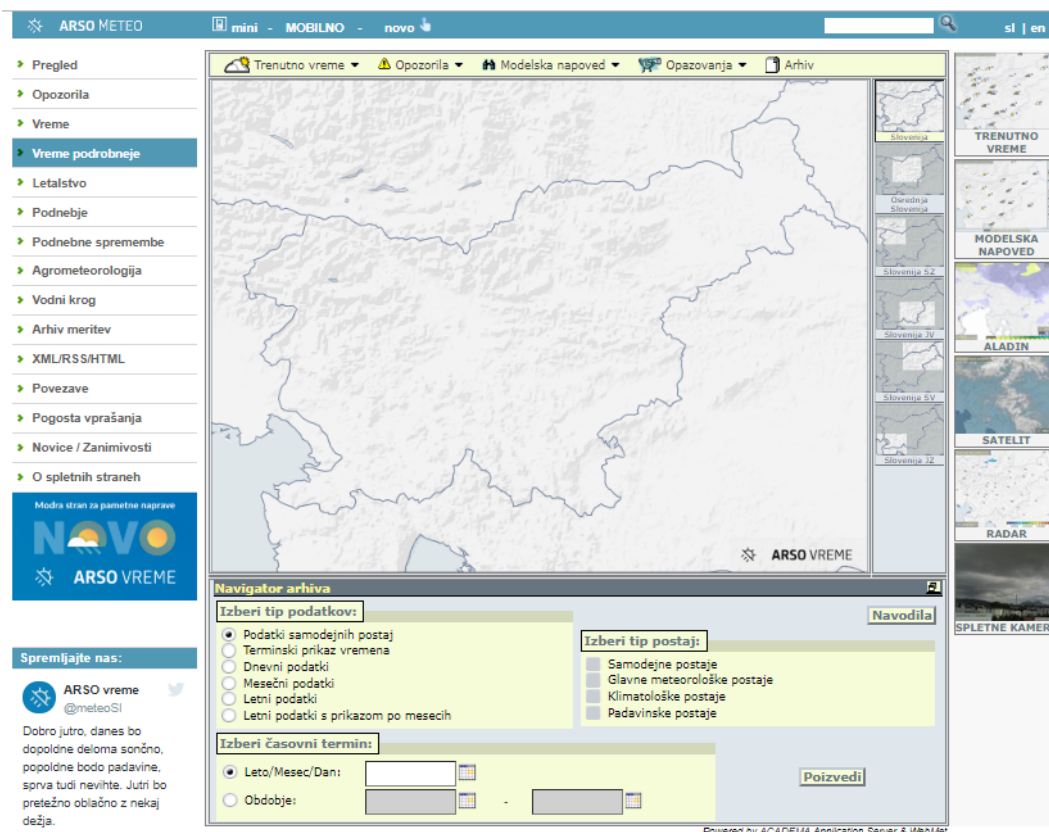
Slovensko vremensko radarsko omrežje SIRAD meri atmosfero nad Slovenijo in njeno bližnjo okolico [3]. SIRAD upravlja, vzdržuje in razvija slovenska državna meteorološka služba, ki od leta 2014 meri in zaznava padavine z dvema vremenskima radarjema, in sicer na Lisci in Pasji ravni [6]. Osnovni namen je operativno radarsko merjenje padavin nad Slovenijo in njeno okolico, sprotno posredovanje rezultatov splošni javnosti ter arhiviranje izdelkov za kasnejšo rabo [3].



Slika 3: Lokacija obeh meteoroloških radarjev v Sloveniji

2.6 Spletni arhiv meritev

Na Agenciji Republike Slovenije za okolje imajo arhiv točkovnih meritev. Do njega lahko dostopamo na spletni strani ARSO METEO. V spletnem arhivu so na voljo podatki merjenih in opazovanih meteoroloških spremenljivk iz različnih vremenskih postaj od leta 1961 naprej. V poizvedbi izberemo tip podatkov, ki določa vrsto prikazanih podatkov (dnevni podatki, mesečni podatki, letni podatki itd.), tip postaj, ki določa nabor razpoložljivih meteoroloških spremenljivk in časovno dostopnost podatkov v bazi (samodejne postaje, klimatološke postaje, padavinske postaje itd.), ter časovni termin, ki določa časovni okvir prikazanih podatkov (leto/mesec/dan ali obdobje) [8]. Rezultate poizvedbe lahko pregledujemo tabelarično ali s pregledom na zemljevidu.



Slika 4: Spletni arhiv meritev Agencije RS za okolje [8]

2.7 Radarsko sevanje

Radarsko mikrovalovno sevanje spada med elektromagnetna sevanja, ki se med seboj razlikujejo po valovni dolžini. Vsako od elektromagnetnih sevanj ima vpliv na ljudi in živali, vendar niso vsa sevanja zdravju škodljiva. Mikrovalovna sevanja se ob stiku s človeškim telesom delno odbijejo, delno absorbirajo. Ob absorpciji mikrovalovnega sevanja se molekule tkiva začnejo gibati in posledično segrevati. Gre za podoben pojav kot pri termični obdelavi hrane v mikrovalovni pečici. Mikrovalovi zaradi svoje velike valovne dolžine molekul ne razbijajo. Za preprečevanje škodljivih učinkov mikrovalovnega sevanja veljajo posebni standardi, kot so ANSI/IEEE. ARSO je zavezan k spoštovanju standardov, zato v bližini radarjev na Lisci in Pasji ravni vsaka tri leta oz. ob vsakem relevantnem posegu izvajajo neodvisne meritve vplivov mikrovalovnega sevanja [6]. Radarsko sevanje za ljudi ni nevarno, zato je tudi ob delujočem radarju mogoč obisk radarskega stolpa na Pasji ravni [2].

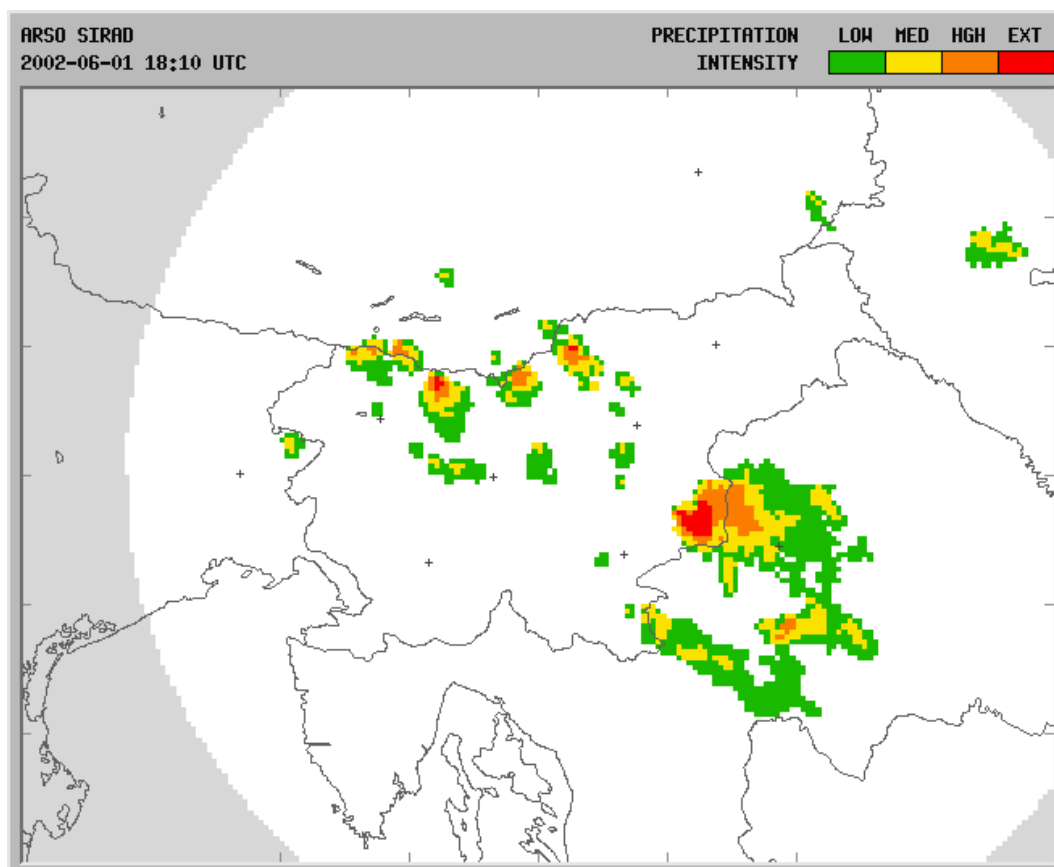
2.8 Kaj prinaša prihodnost

V prihodnosti bodo začeli z meritvami dvojnih polarizacij. Tovrstne meritve, ki so jih na Slovenskem že preizkusili, je možno izvajati z vremenskim radarjem na Pasji ravni. Pri dvojni polarizaciji gre za boljšo oceno dejanskih količin padavin in klasifikacijo tipov padavin v nekem prostorskem volumnu (oblaku). Pri klasifikaciji gre za določanje, ali imamo v opazovanem volumnu dež, sodro, točo ali sneg. Tovrstne, nekoliko zahtevnejše meritve, drugje po Evropi že poznajo [2].

3 RADARSKA SLIKA PADAVIN

Spletna stran, ki prikazuje radarsko sliko padavin, je ena izmed najbolj obiskanih spletnih strani v Sloveniji. V letu 2018 je spletna podstran Vreme spletne strani Agencije Republike Slovenije za okolje dobila sodobnejšo različico ARSO VREME na t. i. Modri strani. Spletna stran omogoča uporabniku prijazen vpogled in pridobivanje podatkov o vremenskih, klimatskih in agrometeoroloških vsebinah. Do nje lahko dostopamo bodisi s pametne naprave bodisi z osebne računalnika [9].

Radarska slika predstavlja jakost padavinskih celic na območju Slovenije in – na podlagi časovne vrste – tudi pregled njihovega gibanja. Vsaka celica je obarvana glede na jakost padavin, ki je bila izmerjena z meteorološkim radarjem. Sprva je posamična radarska slika predstavljala maksimalno jakost padavin. Legendo tovrstnega prikaza so sestavljale štiri barve, ki so ponazarjale šibke (zelena), zmerne (rumena), močne (oranžna) in ekstremne padavine z možnostjo toče (rdeča). Prikaz je bil preprostejši in primeren za hiter pregled stanja na nebu.



Slika 5: Prikaz maksimalne jakosti padavin včasih [3]

Kasneje so se ustvarjalci spletne strani ARSO odločili za naprednejši prikaz padavinske slike za Slovenijo – prikaz po principu maksimalne odbojnosti padavin. Legenda le-tega je sestavljena iz lestvice petnajstih barv (modra – rahle padavine, zelena – zmerne padavine, rumena in oranžna – močne

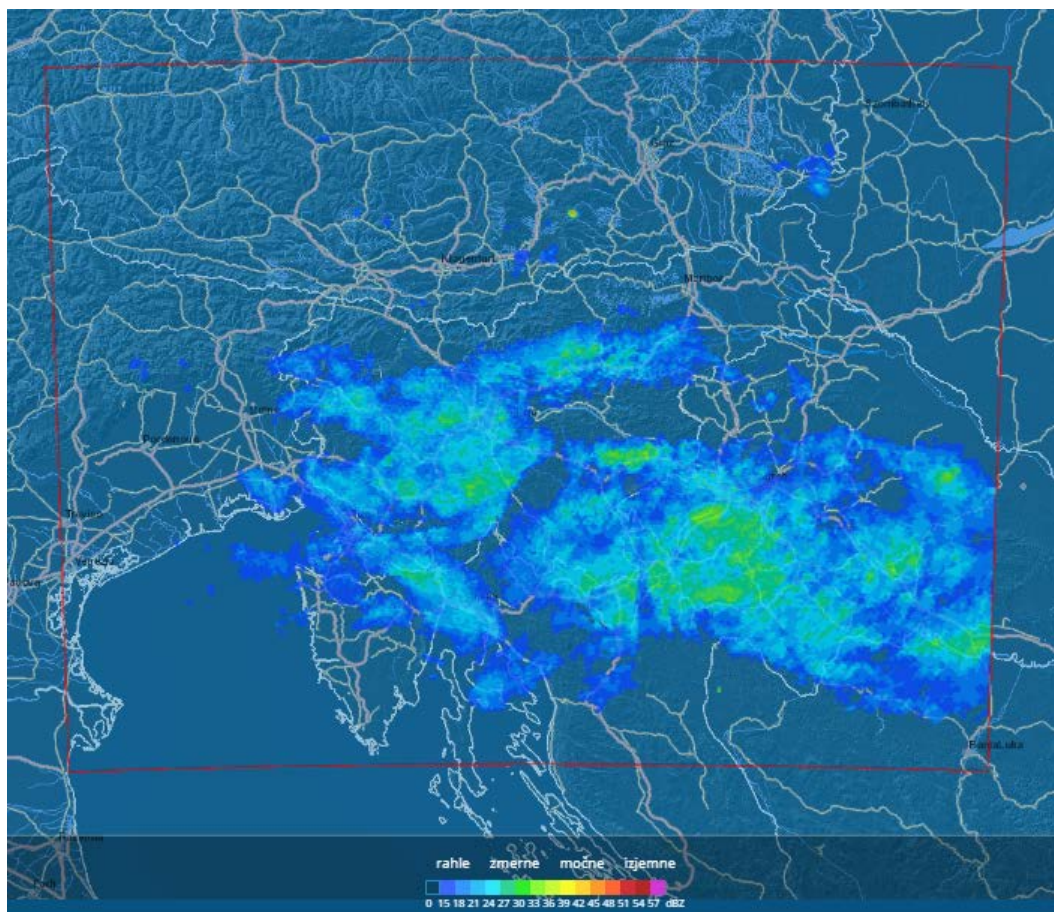
padavine, rdeča in vijolična – zelo močne padavine z možnostjo toče), ki temeljijo na enoti dBZ. Enota dBZ predstavlja logaritemsko podano zvezo radarske odbojnosti.

Logaritemsko podana zveza radarske odbojnosti [10]:

$$dBZ = 10 \cdot \log \left(Z \frac{m^3}{mm^6} \right) \quad (1)$$

Za konvektivni oblak, v katerem ni padavinskih delcev in je šele na začetku razvoja, je izmerjena radarska odbojnost enaka 0 dBZ, medtem ko je v razvitem nevihtnem oblaku s točo ta mnogo večja in lahko znaša preko 60 dBZ [11].

Radarsko odbojnost lahko podajamo tudi z enoto m^3 in enoto mm^6/m^3 [10], vendar jo zaradi širokega intervala vrednosti, ki ga zajema odbojnost oblakov, pogosteje podajamo v logaritemski obliki dBZ [11].



Slika 6: Prikaz maksimalne odbojnosti padavin [12]

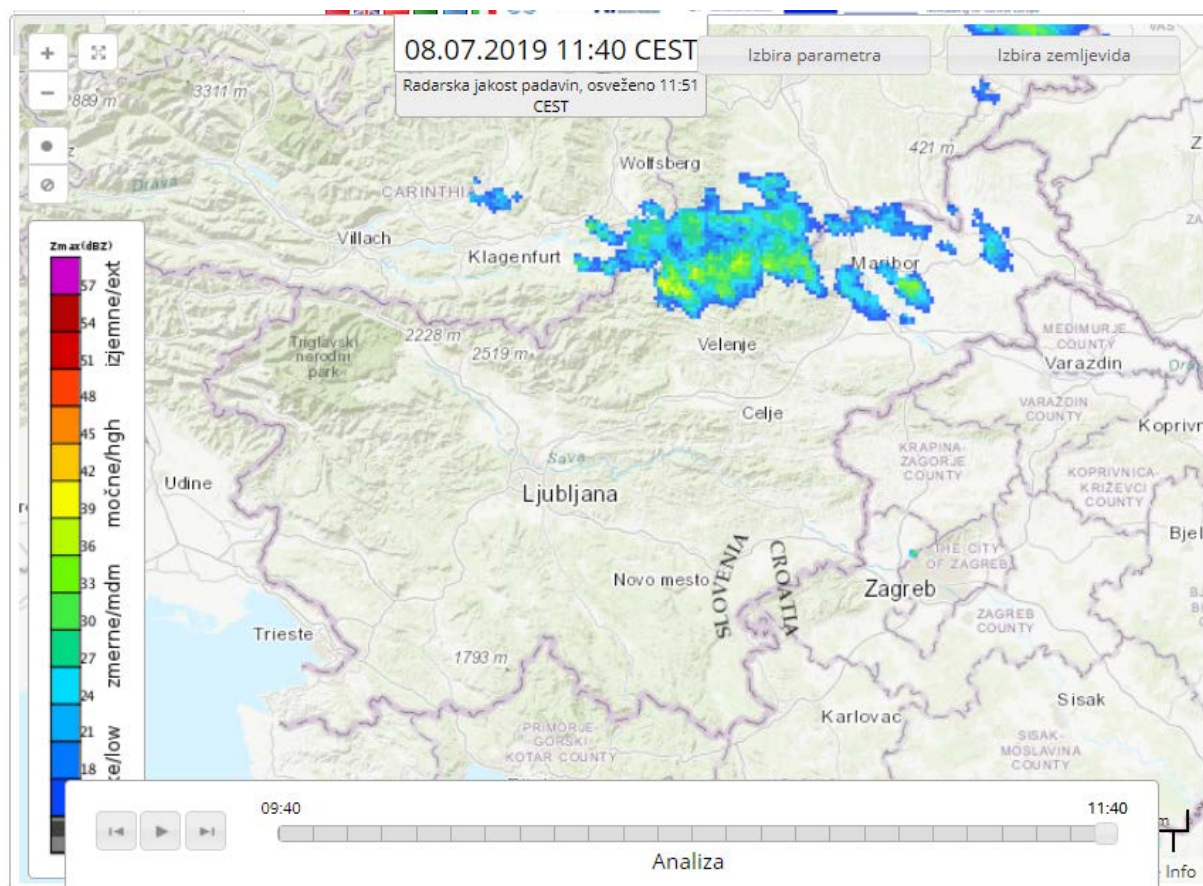
3.1 Obseg prikaza

Prikaz radarske slike za Slovenijo ni omejen samo na območje države, temveč zajema tudi njeno bližnjo okolico. Aktualni izrez zajema Slovenijo in bližnjo okolico, in sicer z namenom prikaza neurij s točo, ki jih radar zazna. Prikažejo se 1 uro, preden prestopijo državno mejo. Okolica zajema naj ne bi bila prevelika, saj se lahko informacija zaradi omejenega radarjevega dosega v preveliki okolici izgubi.

Radarjev doseg je v praksi omejen na razdaljo 150 km. Izrez naj ne bi sekal pomembnejših markantnih geografskih objektov, prav tako je zaradi vizualizacije primerno, da ima prikaz razmerje stranic v razmerju 4 : 3 ali 3 : 2 [6].

3.2 Čas prikaza

Na radarski sliki padavin, ki je (bila) dostopna direktno na spletni strani ARSO je (bil) čas meritve, ki je prikazan v zgornjem levem kotu, podan v univerzalnem koordinatnem času UTC (Universal Time Coordinated). To je čas, ko se je radarska meritev začela. Uradni čas v Sloveniji je za 1 uro (pozimi) oziroma za 2 uri (poleti) večji od UTC. Če na sliki na primer piše 15:00 UTC, lahko iz tega sklepamo, da je bila meritev opravljena ob 16. uri (pozimi) oziroma ob 17. uri (poleti) [6]. V posodobljeni različici, dostopni na spletni strani ARSO METEO, pa je čas meritve enak uradnemu času v Sloveniji, torej je uporabljen Evropski centralni poletni čas ali CEST (Central European Summer Time).

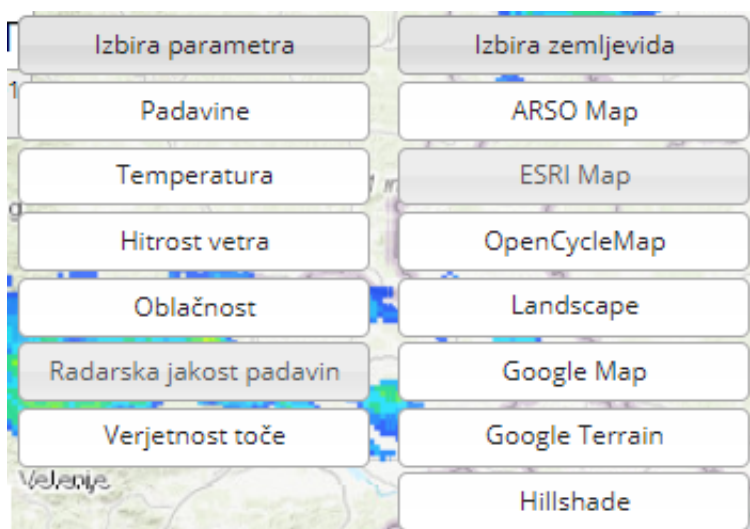


Slika 7: Način prikaza časa meritve na posodobljeni različici radarske slike padavin [12]

3.3 Parametri prikaza radarske slike

Radarska slika padavin, dostopna na spletnem mestu ARSO METEO, z izbiro parametrov omogoča pregled radarske jakosti padavin, oblačnosti, hitrosti vetra, temperature, količine padavin in verjetnosti

toče. Prav tako lahko izberemo vrsto podlage oz. zemljevida, na katerem želimo pregledovati izbran parameter.



Slika 8: Izbira različnih parametrov radarske slike padavin [12]

Na podlagi hipoteze, ki smo jo zastavili na začetku naloge, smo primerjali parametra padavine in radarsko jakost padavin.

Sprva opazimo, da se radarski sliki razlikujeta v enoti in gostoti meritev. Medtem ko se slika radarske jakosti padavin osveži na vsakih 5 min in je podana z logaritemsko zvezo radarske odbojnosti dBZ, se slika padavin osveži na 30 min in nudi napoved za 1 uro ter je podana z enoto mm/30 min. Zanima nas, ali in kako sta parametra med seboj povezana.

Matematična zveza med faktorjema radarske odbojnosti Z (angl. *reflectivity factor*) in prizemno jakostjo padavin RR (angl. *rain rate*) se izraža s t. i. Z - R relacijo (angl. *Z-R relationship*):

$$Z = a \cdot RR^b \quad (2)$$

Faktor radarske odbojnosti se izračuna s seštevanjem šestih potenc premerov vseh kapljic, ki jih vsebuje enota prostornine prostora [13].

Radarska odbojnost je definirana kot:

$$Z = \int_0^\infty N(D) D^6 dD \quad (3)$$

Na radarskih slikah je predstavljena v pogosteje uporabljenih decibelskih enotah dBZ (glej enačbo 1).

Z zgornjo enačbo lahko izračunamo intenziteto padavin na poljubni višini. S poznavanjem porazdelitve padavinskih elementov po velikosti in hitrosti padanja proti tlorisu lahko izračunamo intenziteto padavin pri tleh. Intenziteta padavin pri tleh je definirana s faktorjem RR , ki ga v poenostavljeni Z - R relaciji zapišemo kot [14]:

$$RR = aZ^b \quad (4)$$

Ob poznavanju spektra kapljic po velikosti in njihove hitrosti padanja lahko parametra a in b določimo analitično. Najpogosteje pa uporabimo matematično zvezo [14]:

$$Z = 200 \frac{mm^6}{m^3} \cdot \left(\frac{RR}{mm/h}\right)^{1.6} \quad (5)$$

Koeficienta a in b veljata za stratiformne padavine, uporabljajo pa ju za vse radarsko izmerjene radarske odbojnosti, zato da predstavijo odbojnosti, ki fizikalno niso oprijemljive, v fizikalno primerljivo količino. Vsaka meteorološka služba uporablja druge vrednosti koeficientov a in b .

$$a \approx 200 - 600$$

$$b \approx 1,5 - 2,0$$

ARSO uporablja vrednosti:

$$a = 250; b = 1,5$$

Vrednosti koeficientov a in b so dobljene s klimatološkimi primerjavami radarskih slik padavin, talnih dežemerov ipd. [24].

Za določevanje količine padavin pri tleh torej uporabljamo dva pristopa, in sicer:

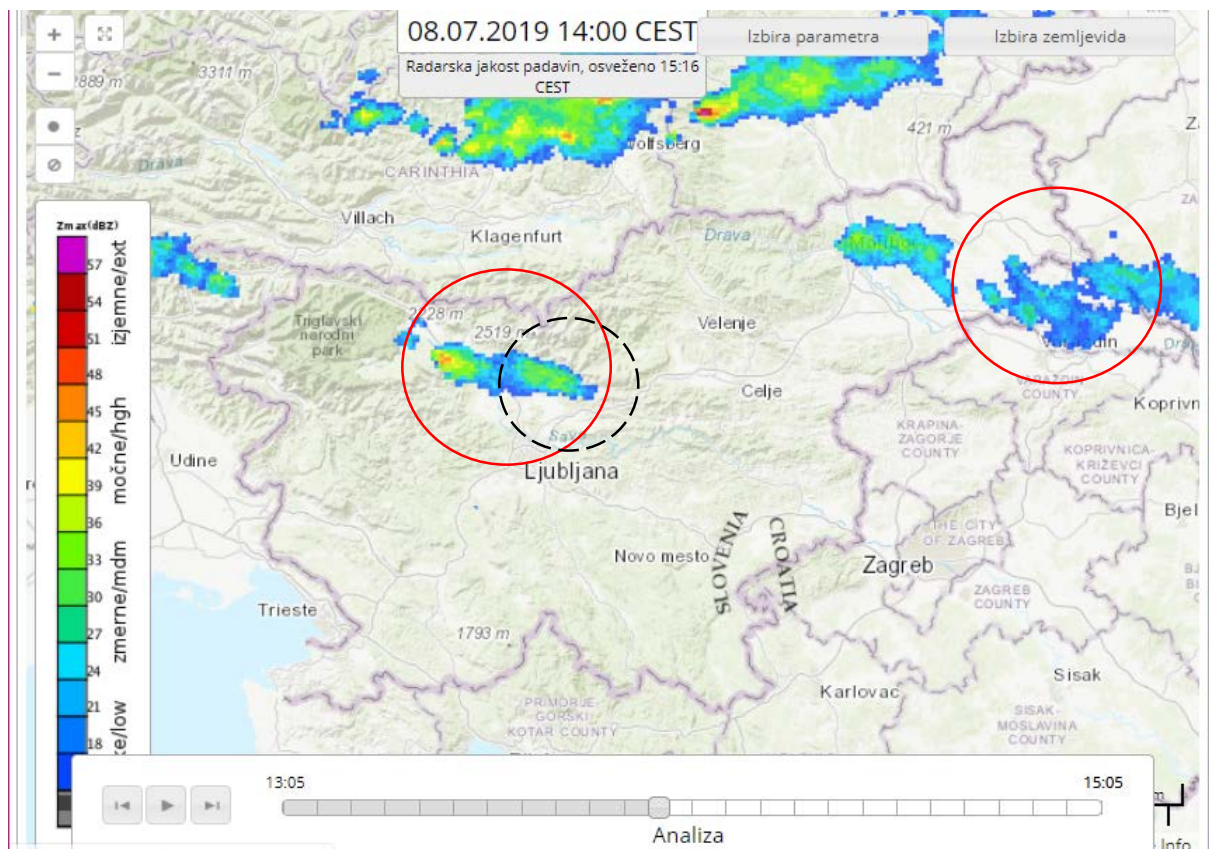
- talne projekcije maksimalnih višinskih jakosti padavin in
- talne projekcije jakosti padavin na nivoju najnižjega žarka.

Pri prvem pristopu iz izmerjenih vertikalnih profilov radarskih odbojnosti nad vsako točko določimo maksimalno izmerjeno odbojnost in preko enačbe preračunamo intenzivnost padavin. Pri drugem pristopu se intenziteta preračuna iz izmerjenih odbojnosti najnižjega žarka (čim bližje tlom) [14].

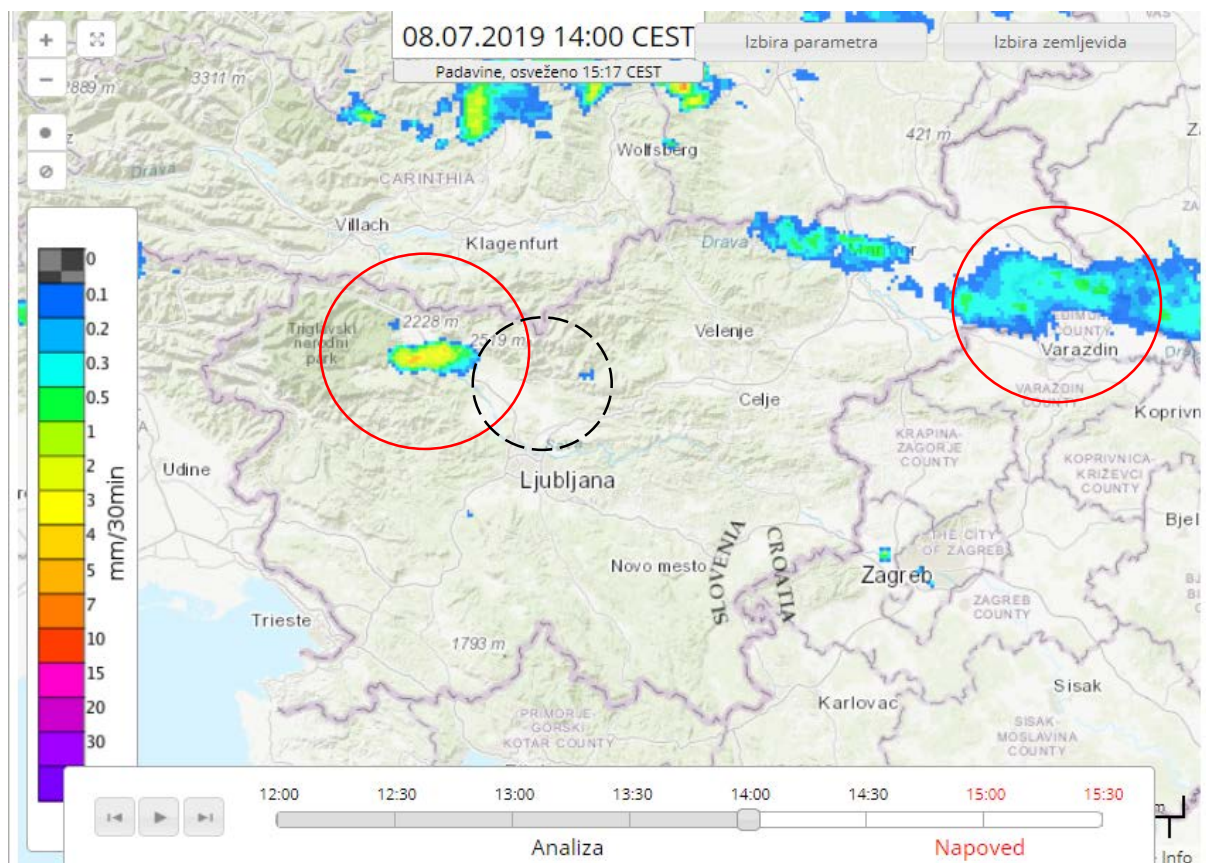
Parametra torej matematično lahko povežemo, vseeno pa s podatki radarske odbojnosti, ki jo izmeri meteorološki radar in jo predstavi na radarski sliki padavin, ne moremo neposredno pridobiti podatkov o količini padavin, ki jo bo prinesla bližajoča se padavinska celica. Količino lahko pridobimo s predstavljenimi pristopi oz. s podatki, pridobljenimi iz meteoroloških postaj.

Oba parametra sta predstavljena na kartah spodaj. Razlike so opazne tudi vizualno. Velikosti oz. oblike padavinskih celic so na primerjanih kartah različne. V severnem delu Slovenije se nahaja padavinska celica, ki je zabeležena na obeh kartah, vendar pa je njena oblika na karti radarske jakosti padavin drugačna – večja kot na karti padavin. Podoben pojav opazimo tudi v vzhodnem delu Slovenije. Ugotovimo tudi, da je padavinska celica v severni Sloveniji šibke do zmerne jakosti, medtem ko je količina padavin na mestih zabeležene radarske jakosti enaka 0.

Razlike so lahko posledica napak pri merjenju intenzitete padavin. Vzrok so lahko močno segrete spodnje plasti ozračja ali prisotnost močnih vertikalnih tokov. V tem primeru padavine, predno dosežejo tla, izhlapijo in je tako intenziteta padavin precenjena. Tovrstna odstopanja se pojavijo predvsem poleti, poznamo pa še druge radarske napake, ki so opisane v poglavju 2.4.



Slika 9: Radarska slika jakosti padavin [12]



Slika 10: Radarska slika padavin [12]

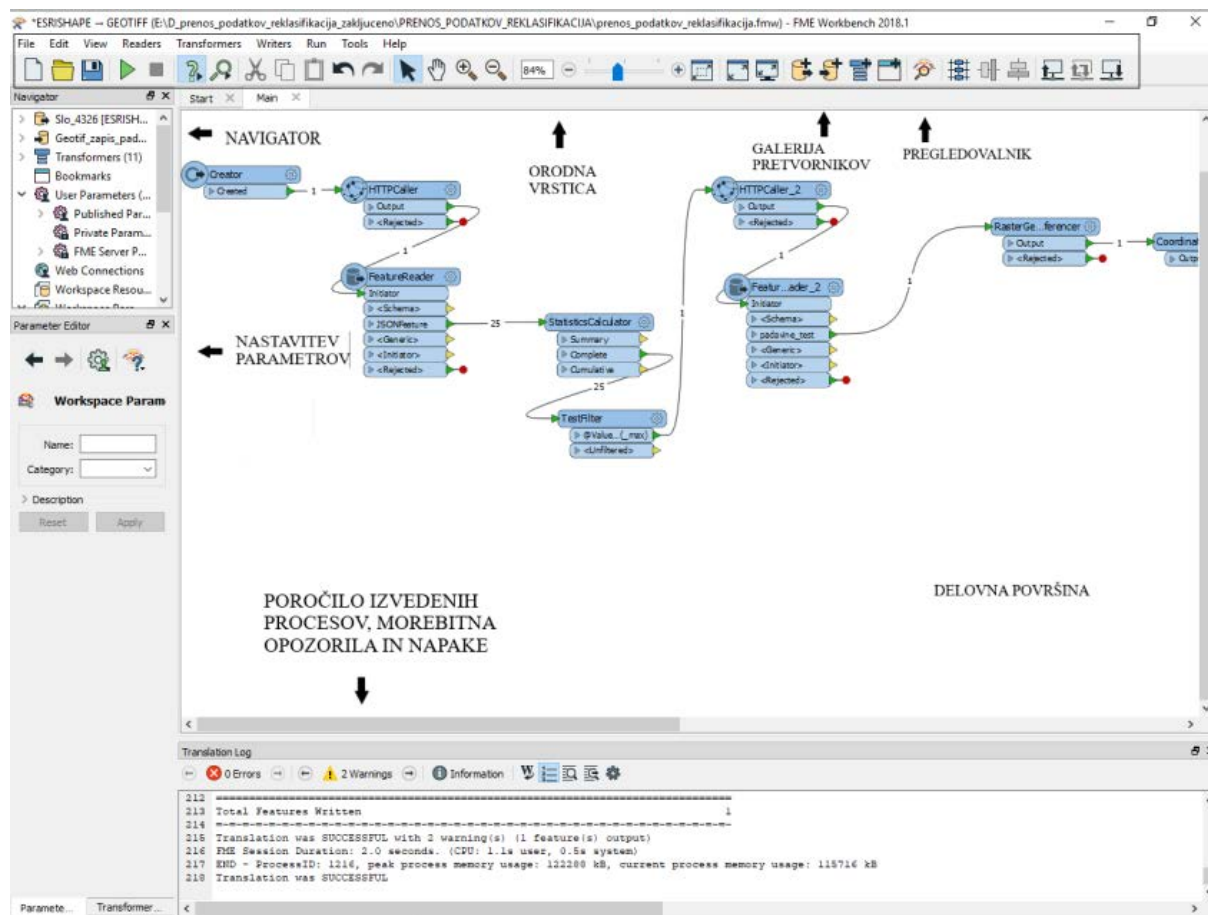
4 PROGRAMSKA OPREMA

Diplomska naloga je zajemala pridobitev podatkov, georeferenciranje rastrskih podob, obrez na izbrano območje, reklasifikacijo, seštevanje itd. Vse našteje dejavnosti smo opravili v programu FME *Desktop* podjetja Safe Software. FME *Desktop* sestavljajo tri komponente: FME Workbench (FME delovno okolje), FME Data Inspector (FME pregledovalnik) in FME Quick Translator (FME hitro prevajanje) [15].

Delovno okolje (*angl. Workbench*) omogoča izbiro ukazov in grafični pregled poteka obdelave. V potek obdelave lahko vključujemo več kot 500 pretvornikov, ki so zbrani v galeriji pretvornikov (*angl. Transformer Gallery*). Pretvornike kot grafične modele dodajamo v delovno površino in jim nastavljamo ter urejamo parametre. Nad delovno površino se nahaja orodna vrstica, ki je namenjena poganjanju programa, dodajanju pretvornikov, nastavitvi povečave, uporabi pregledovalnika itn.

Pregledovalnik (*angl. Data Inspector*) je namenjen predogledu podatkov oz. rezultatov v kateremkoli formatu, ki ga FME podpira. Omogoča pregled katerekoli vmesne faze obdelave, njegova uporabnost se kaže predvsem v kompleksnih analizah, v sklopu katerih lahko pregledujemo rezultate za vsak izveden korak posebej [16].

Programski paket se uporablja od leta 1993 in je eden izmed najbolj uporabnih orodij ETL (Extract – pridobivanje, Transform – preoblikovanje in Load – prenos podatkov). Orodja ETL predstavljajo proces prenosa in združevanja podatkov iz vhodnih virov v podatkovna skladišča [15].



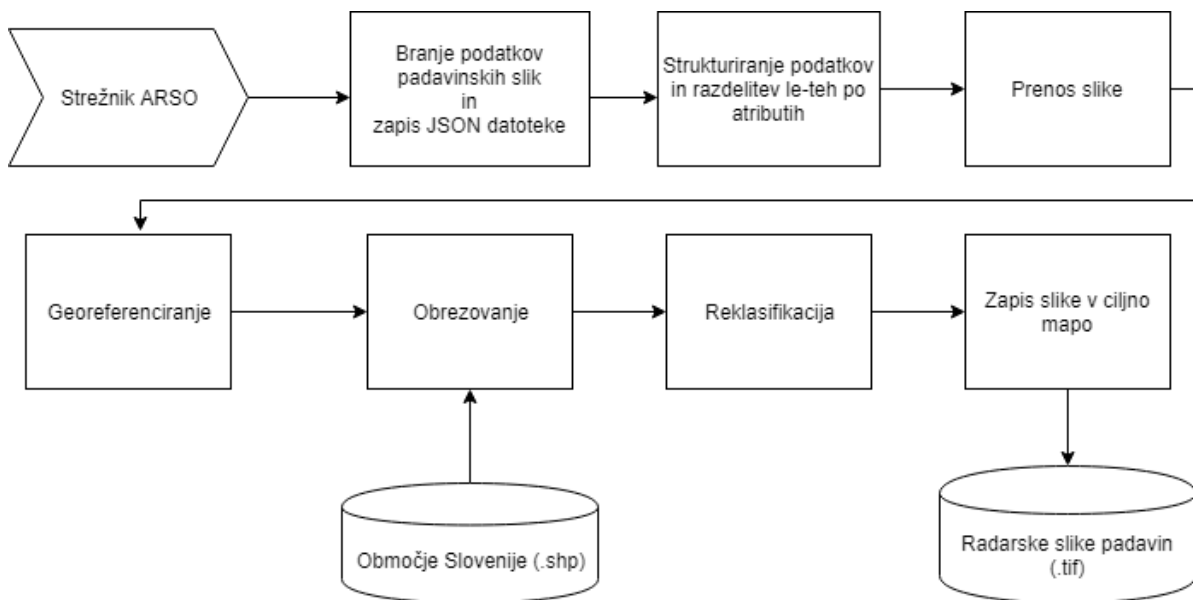
Slika 11: Videz in vsebina delovnega okolja programa FME

FME *Desktop* je zasnovan tako, da omogoča povezovanje z drugimi programskimi orodji, kot so na primer ESRI ArcGis, QGIS, OpenStreetMap in drugi.

Interpretacijo pridobljenih rezultatov smo izdelali v programskem orodju QGIS, ki ga razvija *Open Source Geospatial Foundation (OSGeo)*. QGIS je uporabniku prijazen geografski informacijski sistem (GIS). Omogoča ustvarjanje, urejanje, prikazovanje, analiziranje in objavljanje geoprostorskih informacij [17].

5 PRENOS IN PRIPRAVA PODATKOV

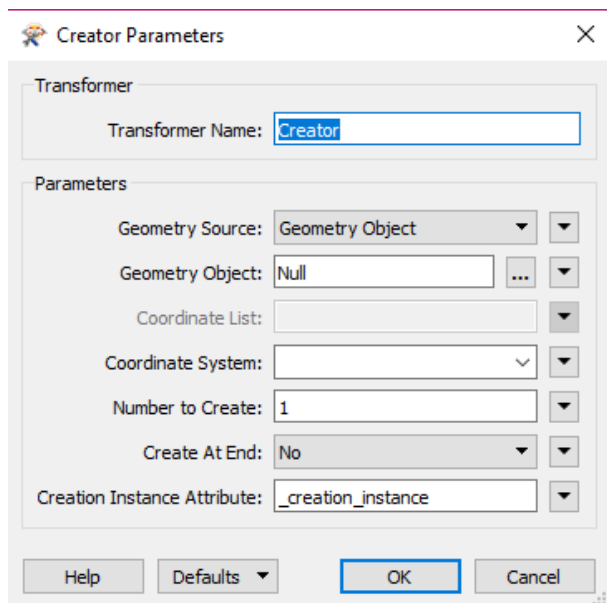
Osnovne padavinske slike so prosto dostopne na spletni strani Agencije Republike Slovenije za okolje. Vse padavinske slike so bile pridobljene v obdobju od julija 2018 do januarja 2019. Proces prenosa in priprave podatkov je predstavljen v diagramu spodaj.



Slika 12: Diagram prenosa in priprave podatkov za seštevanje

5.1 Prenos podatkov

Sestavina in osrednja tema analize so bile radarske slike padavin, pridobljene s spletne strani ARSO (dostopne na povezavi: <http://www.meteo.si/uploads/meteo/app/inca/?par=si0zm>). Običajno se potek dela v programskem okolju *FME Desktop* začne z uporabo bralnika (angl. *Reader*), ker pa smo podatke pridobivali s spletne strani, nismo imeli ničesar fizičnega, kar bi lahko bralnik prebral, zato smo uporabili pretvornik *Creator*. *Creator* na podlagi podanih parametrov ustvari funkcije in jih pošlje v delovni prostor v nadaljnjo obdelavo [18]. Želeli smo pridobiti geometrijski objekt (angl. *Geometry Object*) brez geometrije (izbira parametra *Null*).



Slika 13: Uporaba pretvornika Creator

Sledila je uporaba pretvornika *HTTPCaller*, katerega naloga je bila prebrati podatke o padavinskih slikah in zapisati JSON datoteko. Preko protokola HTTP je pretvornik dostopal do ustreznega URL-ja (angl. *Uniform Resource Locator*), ki ga je sestavljal internetni vir za pridobitev podatkov in produkt (<http://www.vreme.si/uploads/probase/www/nowcast/inca/{PRODUKT}.json>). Produkt so bile v našem primeru padavine $\{PRODUKT\} = \text{inca_si0zm_data}$. Rezultat je bila zapisana JSON datoteka. JSON (angl. *JavaScript Objekt Notation*) je odprtokodni standard tekstovnih datotek za izmenjavo podatkov [19]. V njej najdemo podatke o poti (angl. *path*), velikosti geografskega prostorskega obsega (angl. *bbox*), širini in višini rastrske podobe, datumu itd.

```
[{"mode": "ANL", "path": "\\uploads\\probase\\www\\nowcast\\inca\\inca_si0zm_20190513-1415+0000.png", "date": "201905131415", "hhmm": "1415", "bbox": "44.67,12.1,47.42,17.44", "width": "800", "height": "600", "valid": "2019-05-13T14:15:00Z"}, {"mode": "ANL", "path": "\\uploads\\probase\\www\\nowcast\\inca\\inca_si0zm_20190513-1420+0000.png", "date": "201905131420", "hhmm": "1420", "bbox": "44.67,12.1,47.42,17.44", "width": "800", "height": "600", "valid": "2019-05-13T14:20:00Z"}, {"mode": "ANL", "path": "\\uploads\\probase\\www\\nowcast\\inca\\inca_si0zm_20190513-1515+0000.png", "date": "201905131515", "hhmm": "1515", "bbox": "44.67,12.1,47.42,17.44", "width": "800", "height": "600", "valid": "2019-05-13T15:15:00Z"}, {"mode": "ANL", "path": "\\uploads\\probase\\www\\nowcast\\inca\\inca_si0zm_20190513-1520+0000.png", "date": "201905131520", "hhmm": "1520", "bbox": "44.67,12.1,47.42,17.44", "width": "800", "height": "600", "valid": "2019-05-13T15:20:00Z"}, ...
```

Slika 14: Vsebine JSON datoteke

Dobljeno datoteko, zapisano v JSON formatu – to je format za strukturiranje podatkov [20], smo prebrali s funkcijo za branje (angl. *FeatureReader*). Ta je strukturirala podatke in jih razdelila po atributih, kar je omogočalo lažje nadaljnje delo.

	_creation_instance	_response_file_path	_http_status_code	mode	path	date	hhmm	bbox	width	height
1	0	E:\D_prenos_podatkov_...	200	ANL	/uploads/proba...	201905091455	1455	44.67,12.1,47.42...	800	600
2	0	E:\D_prenos_podatkov_...	200	ANL	/uploads/proba...	201905091500	1500	44.67,12.1,47.42...	800	600
3	0	E:\D_prenos_podatkov_...	200	ANL	/uploads/proba...	201905091505	1505	44.67,12.1,47.42...	800	600
4	0	E:\D_prenos_podatkov_...	200	ANL	/uploads/proba...	201905091510	1510	44.67,12.1,47.42...	800	600
5	0	E:\D_prenos_podatkov_...	200	ANL	/uploads/proba...	201905091515	1515	44.67,12.1,47.42...	800	600
6	0	E:\D_prenos_podatkov_...	200	ANL	/uploads/proba...	201905091520	1520	44.67,12.1,47.42...	800	600
7	0	E:\D_prenos_podatkov_...	200	ANL	/uploads/proba...	201905091525	1525	44.67,12.1,47.42...	800	600
8	0	E:\D_prenos_podatkov_...	200	ANL	/uploads/proba...	201905091530	1530	44.67,12.1,47.42...	800	600
9	0	E:\D_prenos_podatkov_...	200	ANL	/uploads/proba...	201905091535	1535	44.67,12.1,47.42...	800	600
10	0	E:\D_prenos_podatkov_...	200	ANL	/uploads/proba...	201905091540	1540	44.67,12.1,47.42...	800	600
11	0	E:\D_prenos_podatkov_...	200	ANL	/uploads/proba...	201905091545	1545	44.67,12.1,47.42...	800	600
12	0	E:\D_prenos_podatkov_...	200	ANL	/uploads/proba...	201905091550	1550	44.67,12.1,47.42...	800	600
13	0	E:\D_prenos_podatkov_...	200	ANL	/uploads/proba...	201905091555	1555	44.67,12.1,47.42...	800	600
14	0	E:\D_prenos_podatkov_...	200	ANL	/uploads/proba...	201905091600	1600	44.67,12.1,47.42...	800	600
15	0	E:\D_prenos_podatkov_...	200	ANL	/uploads/proba...	201905091605	1605	44.67,12.1,47.42...	800	600
16	0	E:\D_prenos_podatkov_...	200	ANL	/uploads/proba...	201905091610	1610	44.67,12.1,47.42...	800	600
17	0	E:\D_prenos_podatkov_...	200	ANL	/uploads/proba...	201905091615	1615	44.67,12.1,47.42...	800	600
18	0	E:\D_prenos_podatkov_...	200	ANL	/uploads/proba...	201905091620	1620	44.67,12.1,47.42...	800	600
19	0	E:\D_prenos_podatkov_...	200	ANL	/uploads/proba...	201905091625	1625	44.67,12.1,47.42...	800	600
20	0	E:\D_prenos_podatkov_...	200	ANL	/uploads/proba...	201905091630	1630	44.67,12.1,47.42...	800	600
21	0	E:\D_prenos_podatkov_...	200	ANL	/uploads/proba...	201905091635	1635	44.67,12.1,47.42...	800	600

Slika 15: Pretvornik *FeatureReader* podatke razdeli po atributih

Analiza je obsegala podatke, pridobljene v obdobju od julija 2018 do januarja 2019. Zaradi velikega števila podatkov smo bili primorani ustvariti atribut, s pomočjo katerega se bodo rezultati enolično in berljivo zapisali. V ta namen smo uporabili pretvornika *StatisticCalculator* in *TestFilter*. Prvi je izbranemu atributu »date« (dan) izračunal maksimalno vrednost in to zapisal v atribut »_max«, drugi pa je atributa med seboj enačil »@Value(date) = @Value(_max)«. Zapisan pogoj je omejil nabor vseh podatkov.

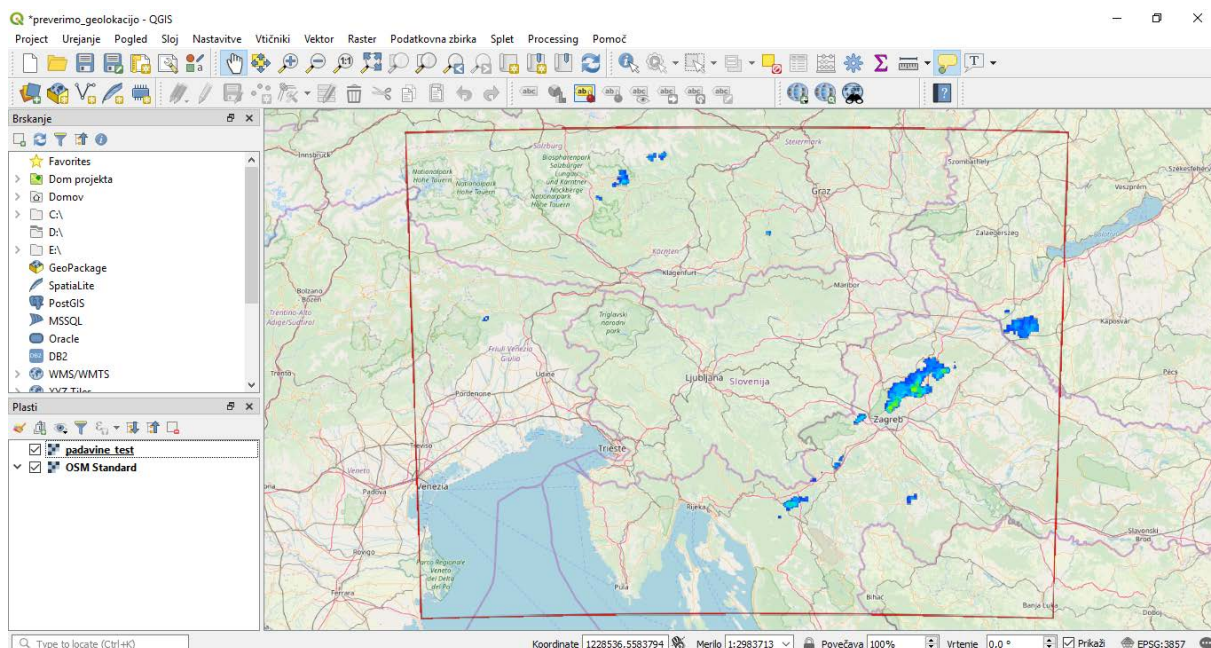
Ponovno smo uporabili *HTTPCaller*, ki je prebral naslov do posamezne slike. URL je v drugem primeru sestavljal osnovni oz. fiksni URL za poizvedbo »http://www.vreme.si/« in atribut »path«, ki je enovit za vsak objekt posebej. Rezultat smo zapisali v format enakemu formatu slike – PNG. Sledilo je branje objektov z uporabo drugega *FeatureReaderja*.

5.2 Georeferenciranje padavinskih slik

Po pregledu dokumentacije spletne strani ARSO smo ugotovili, da je uporabljen Pseudo-Mercatorjev koordinatni sistem (EPSG: 3857 – Pseudo-Mercatorjev). Ta se pogosto uporablja v aplikacijah za spletno kartiranje, kot so OpenStreetMap in druge. Težava se pojavi pri računalniški predstavitvi tega koordinatnega sistema, saj ta sloni na dveh različnih elipsoidih. EPSG: 3857 se zato uporablja le za računalniški prikaz, za shranjevanje in obdelavo podatkov pa uporabimo EPSG: 4326 [21].

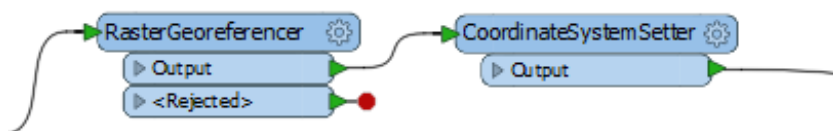
Ker je bilo treba sliko padavin postaviti na pravo mesto, smo se v programu QGIS prepričali, ali so koordinate geografskega prostorskega obsega (*angl. bounding box*), ki so podane v JSON datoteki, pravilne. Z uporabo orodja *Georeferencer* v zavihku *Raster* smo na rastru označili robne točke in vnesli

dane koordinate. Sloj smo linearno transformirali in preverili skladnost lokacije robov na spletni strani radarske slike padavin z lokacijo robov v QGIS-u.



Slika 16: Prikaz geografskega prostorskega obsega (bbox)

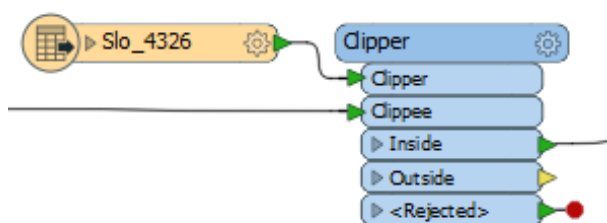
Vsakemu vogalu na pridobljeni digitalni sliki smo določili položaj v koordinatnem sistemu WGS84 (Svetovni geodetski sistem iz leta 1984). Z uporabo pretvornika *RasterGeoreferencer* in nastavitvijo parametrov smo določili koordinate vsem štirim vogalom slike. Uporabili smo parameter *Extents*, ki iz koordinat mejnega pravokotnika izračuna vrtenje in premik rastra, izhodišče rastra pa nastavi na zgornjo levo koordinato. Koordinate geografskega prostorskega obsega (*angl. bounding box*) smo pridobili iz JSON datoteke, in sicer so bile koordinate: 44.67, 12.1 (spodnji levi rob), 47.42, 17.44 (zgornji desni rob). Sledila je nastavitvev koordinatnega sistema WGS84 (EPSG: 4326) s pretvornikom *CoordinateSystemSetter*.



Slika 17: Uporaba pretvornikov *RasterGeoreferencer* in *CoordinateSystemSetter*

5.3 Obrez na območje Slovenije

Celoten obseg mejnega pravokotnika smo z uporabo pretvornika *Clipper* obrezali na območje Slovenije. Pretvornik sestavljata dva vhoda: *Clipper* (vhodni podatek je območje, ki ga obrežemo) in *Clippee* (vhodni podatek je območje, ki ga bomo obrezali). Treba je paziti, da sta oba vhodna podatka v istem koordinatnem sistemu, torej v WGS84 (EPSG: 4326).

Slika 18: Uporaba orodja *Clipper*

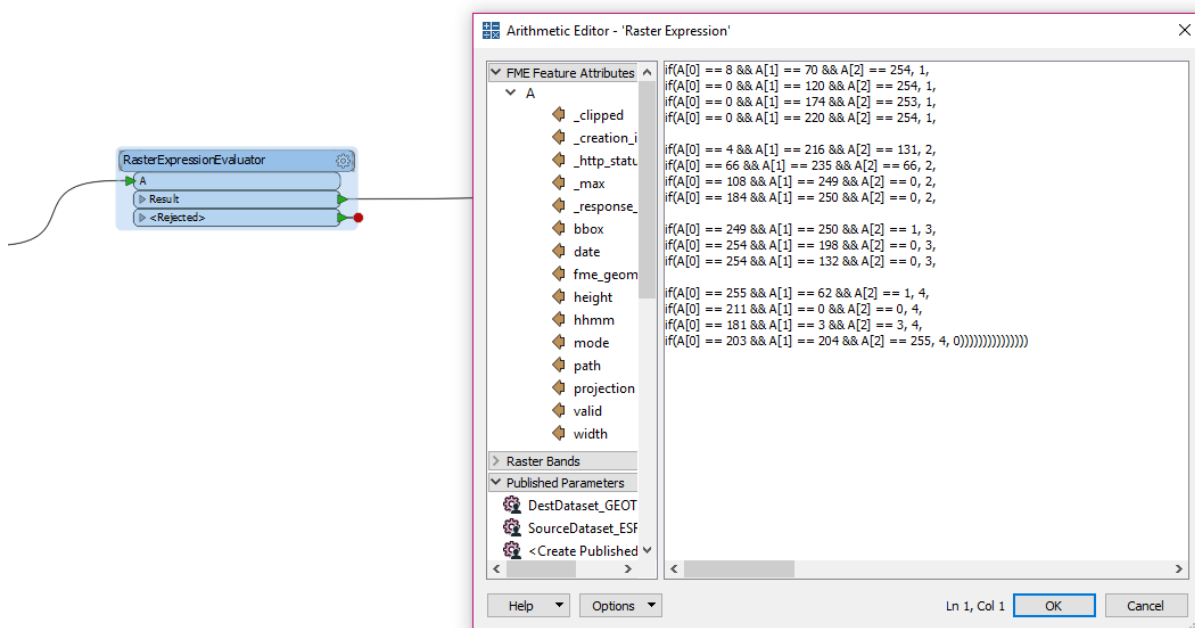
Pretvornik je raster obrezal na območje, ki smo ga predhodno določili v programskem orodju QGIS. Obseg sloja smo dobili z uporabo orodja *Extract layer extent*. Poligon območja analize smo projicirali v ciljni koordinatni sistem (EPSG: 4326) in ga shranili kot datoteko Shape (*shapefile*).



Slika 19: Prikaz območja obreza podatkov

5.4 Reklasifikacija

Barvno lestvico 15 barv, ki tvorijo legendo radarske slike padavin, sestavljajo modri, zeleni, rumeni, rdeči in vijolični odtenki. Temu ustreza petnajst različnih kombinacij vrednosti RGB. Za lažjo nadaljnjo interpretacijo smo s pretvornikom *RasterExpressionEvaluator* vrednosti zapisali v 5 razredov jakosti. Reklasifikacijo smo izvedli z zapisom petnajstih pogojnih (*»if«*) stavkov, kjer so se pogoji nanašali na tri kanale naše originalne podobe ($R = x$, $G = y$, $B = z$) (Glej sliko 20).

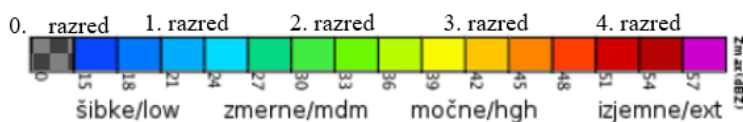


Slika 20: Zapis pogojnih funkcij za reklasifikacijo v pet razredov

Rezultat je predstavljal 5 razredov jakosti, in sicer:

- razred 1, ki je zajemal vse štiri modre odtenke (15–24 dBZ),
- razred 2, ki je zajemal štiri zelene odtenke (27–36 dBZ),
- razred 3, v katerem so bili zajeti trije rumeni odtenki (39–45 dBZ)
- razred 4, ki je zajemal rdeče in vijolične odtenke (48–57 dBZ).

Če pogoji niso ustrezali nobeni od pogojnih funkcij, je objekt dobil oznako zadnjega razreda 0 (0 dBZ). Razredi so si sledili po jakosti padavin od najmanjše do največje jakosti. Za reklasifikacijo na 5 razredov smo se odločili zaradi poimenovanja delov barvne lestvice na radarski sliki padavin. Deli lestvice so razdeljeni na 5 delov, začeni s prvim, ki predstavlja jakost 0, naprej si sledijo šibke, zmerne, močne in ekstremne jakosti padavin. Poimenovanja služijo lažji predstavi pomena številčnih oznak in enote dBZ.



Slika 21: Barvna lestvica na radarski sliki padavin [12]

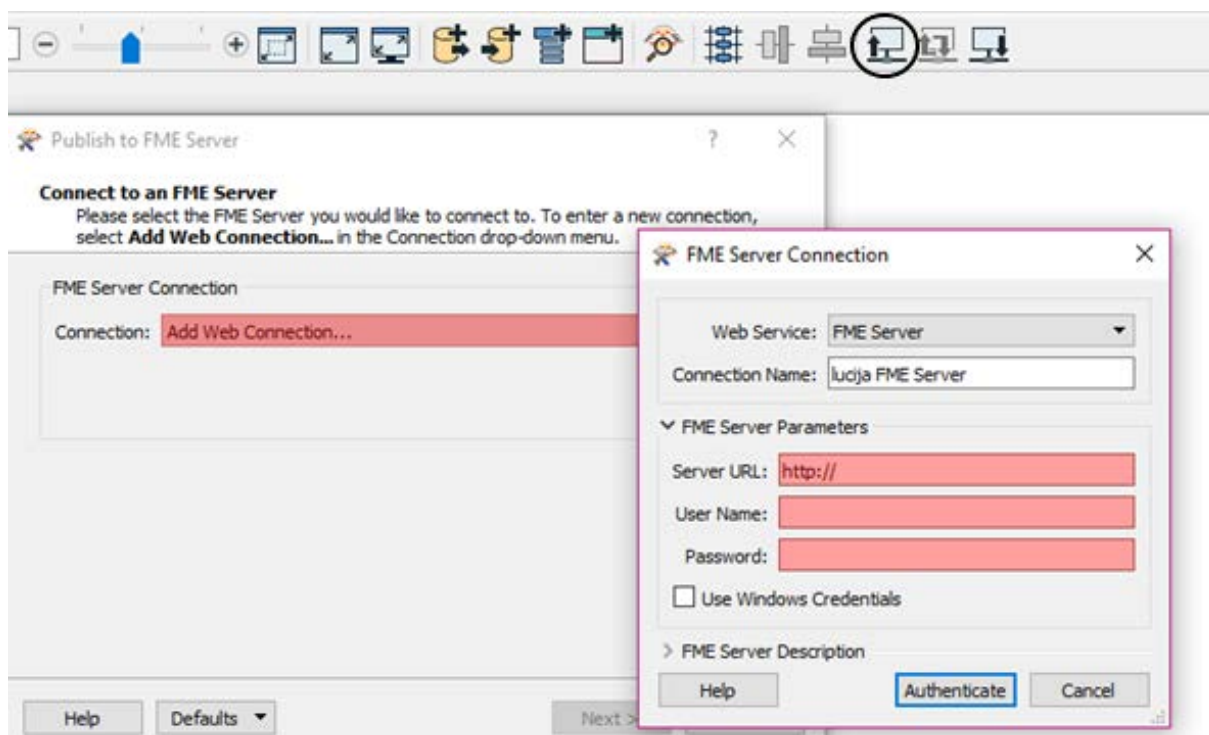
5.5 Zapis podatkov in priprava za seštevanje

Vsi do zdaj pridobljeni in obdelani podatki so se z uporabo zapisovalnika (angl. *Writer*) zapisali v format GeoTIFF z imenom na podlagi atributa z oznako *date* (»@Value(date)«). Atribut je iz prvotnega imena

posnetka (npr. inca_si0zm_20180717-0950+0000) prevzel številčni zapis datuma (v nizu 8 znakov, začenši z 11. znakom).

5.6 Delovanje programa na strežniku

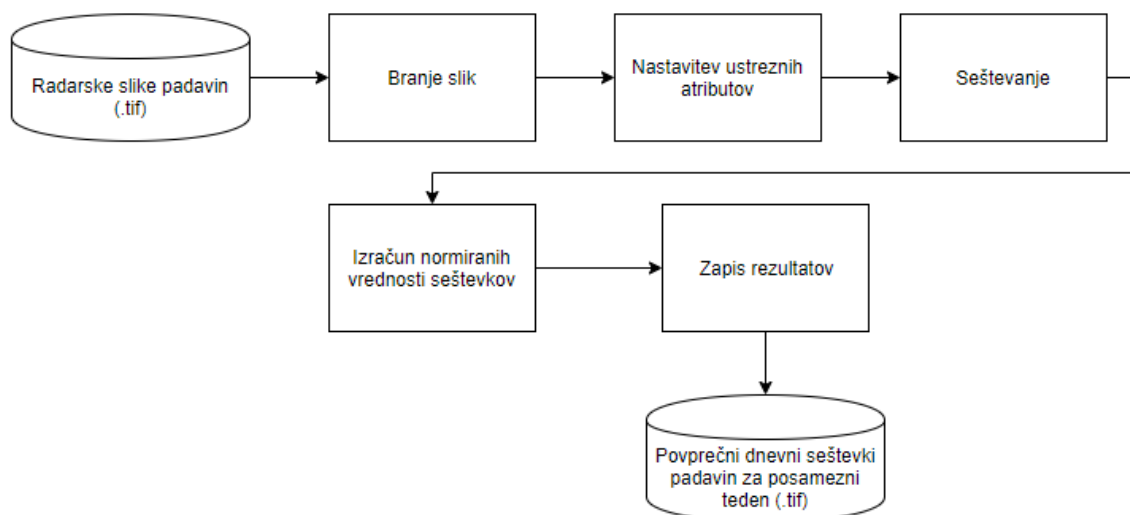
Izdelan procesni model bi lahko naložili na strežnik in tako omogočili stalno, periodično pobiranje aktualnih podatkov – radarskih slik padavin – s spletne strani. Uporaba orodja *FME Server* zahteva določitev povezave do strežnika in nastavitve urnika, ki pove, kdaj se bo proces pobiranja podatkov samodejno izvajal. Rezultati se zapisujejo v izbrano mapo na strežniku. Uporaba takšnega orodja prihrani veliko časa, glavna prednost pa je, da se podatki prenašajo ves čas.



Slika 22: Uporaba strežnika FME s prikazanim orodjem

6 SEŠTEVANJE RADARSKIH SLIK PADAVIN

V drugem delu diplomske naloge smo želeli pridobiti povprečne dnevne seštevke jakosti padavin za posamezni teden. Vsebina in potek je predstavljen na diagramu spodaj.



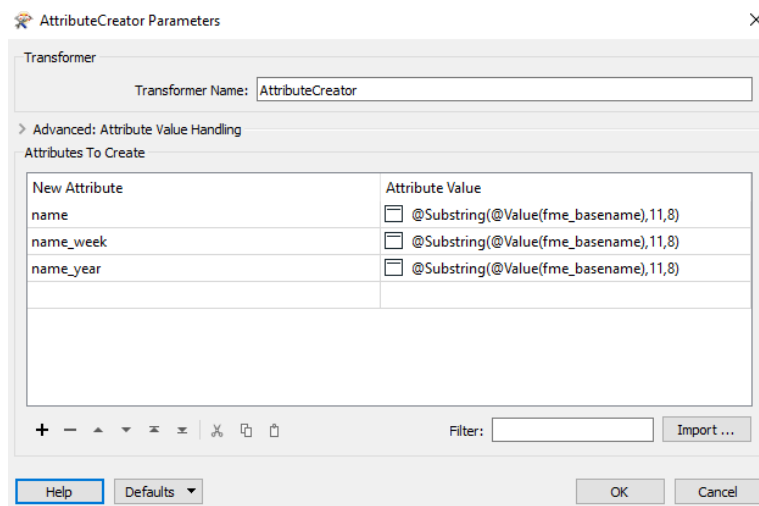
Slika 23: Diagram obdelave in seštevanja podatkov

6.1 Branje podatkov in nastavitev atributov

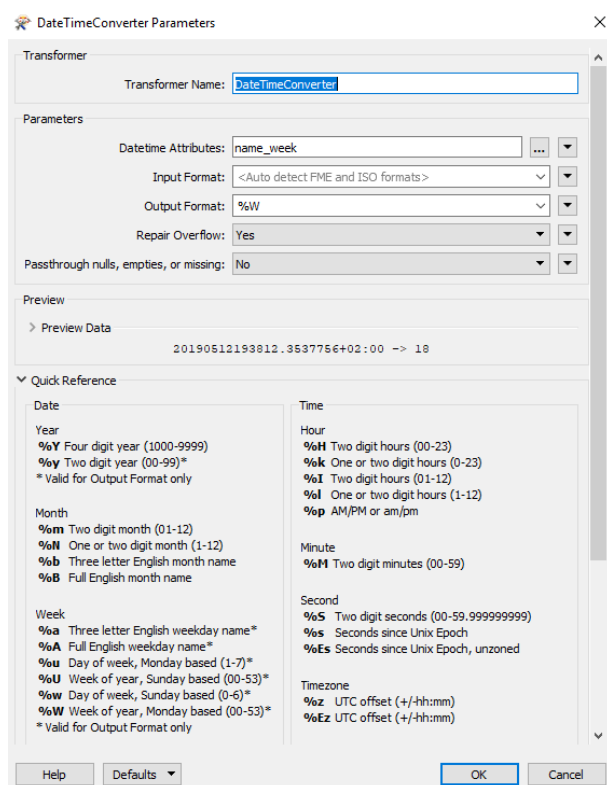
Pripravljene podatke (6607 padavinskih slik), zapisane v formatu GeoTIFF, smo prebrali z bralnikom (angl. *Reader*). Sledila je uporaba osmih pretvornikov, s katerimi smo ustvarili attribute, ki smo jih potrebovali za nadaljnji proces. Z *AttributeCreator*jem smo ustvarili tri attribute, in sicer *name* (slo. ime), *name_week* (slo. ime tedna) in *name_year* (slo. ime leta). Vsi so imeli enako vrednost atributa (angl. *Attribute Value*), s katerim smo izolirali ime; s funkcijo *Substring* (slo. podniz) smo iz imena datoteke izločili del niza (odmik in dolžina)¹.

AttributeCreator je pretvornik, ki elementu doda enega ali več atributov in mu dodeli vrednost, izpeljano iz konstant, vrednosti atributov in izrazov. V desni stolpec »New Attribute« smo dodali ime novega atributa in v levi stolpec »Attribute Value« smo nastavili njegovo vrednost. Dodali bi lahko enega ali več novih atributov in vse lastnosti, ki jih bomo potrebovali v nadaljnjem procesu [22].

¹ Funkcijo uporabimo, kadar so podatki od prvega dela prenosa in obdelave zapisani s »fme_basename«, in ne s številčnim atributom »date«.

Slika 24: Pretvornik *AttributeCreator* in uporaba funkcije »Substring«

V posameznem dnevu je bilo pridobljenih in shranjenih približno 39 padavinskih slik. Ker nas je zanimalo, kakšen je dnevni seštevek intenzitete padavin za posamezni teden, nas intenziteta padavin po urah ni zanimala. Zato smo z agregacijo oz. združevanjem vse meritve, ki so bile pridobljene v enem dnevu, združili. Po uporabi pretvornika *Aggregator* je tako v nadaljnji proces vstopalo 171 skupin radarskih slik padavin, ki smo jih v naslednjem koraku z uporabo pretvornika *Sorter* razvrstili po vrsti. Sledila je pretvorba datuma (atributa *name_week*) v številko tedna in pretvorba datuma (atributa *name_year*) v leto. Pretvorbo smo izvedli z uporabo dveh pretvornikov *DateTimeConverter*, in sicer smo prvemu z nastavitvijo parametra »%W« izračunali številko tedna v letu (*Week of year*), drugemu pa smo s parametrom »%Y« določili leto (*Four digit year*).

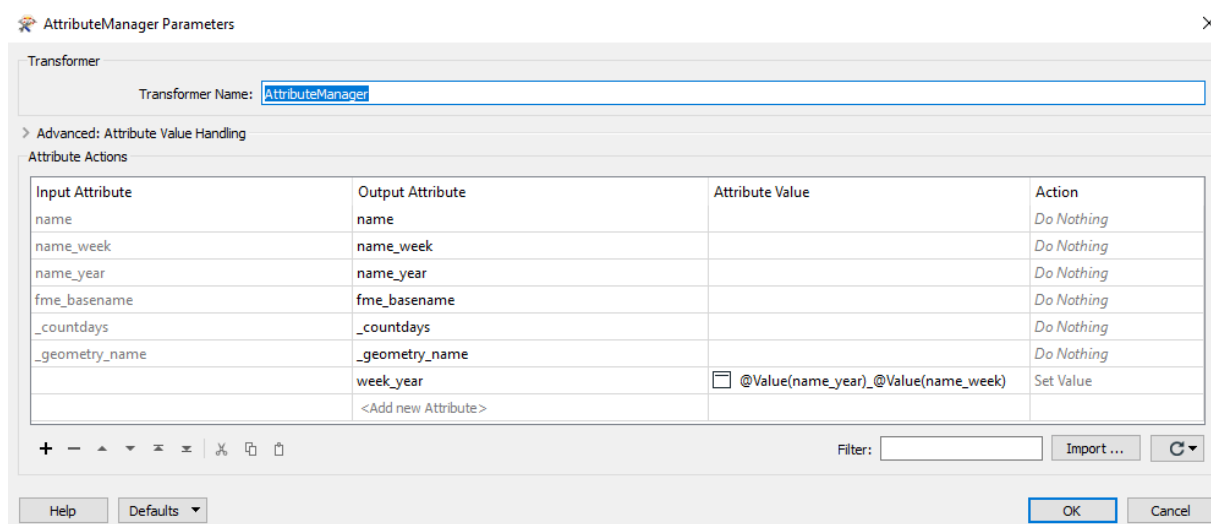


Slika 25: Pretvorba datuma v številko tedna z uporabo pretvornika *DateTimeConverter*

Naslednji korak je bil izračun števila razpoložljivih dni v tednu, kar omogoča *StatisticsCalculator*. Pretvornik izračuna število dni v tednu, ko so bile zabeležene meritve, in rezultat zapiše kot atribut »_countdays«. Korak je bistven, saj smo želeli izračunati normirane tedenske seštevke padavin, torej smo se s tem izognili napačnim rezultatom, ki bi nastali v primeru, če v tednu ne bi imeli podatka za vsak dan (sedem dni), ampak npr. le za tri dni.

Nato smo vse predmete obdelave (171 predmetov) razdružili z uporabo pretvornika *Deagggregator*. *Deagggregator* je vrnil vse padavinske slike, ki smo jih poslali v proces, z namenom zapisa dodatnih atributov (*name_week* in *name_year*). Zadnja faza v delu z atributi je bila uporaba pretvornika *AttributeManager*, s katerim smo atributa tedna (*name_week*) in leta (*name_year*) združili v (skupen) atribut *teden_let* (*week_year*).

Vrednost atributa *week_year* je sestavljena iz vrednosti atributa tedna in leta: @Value(name_year)_@Value(name_week).

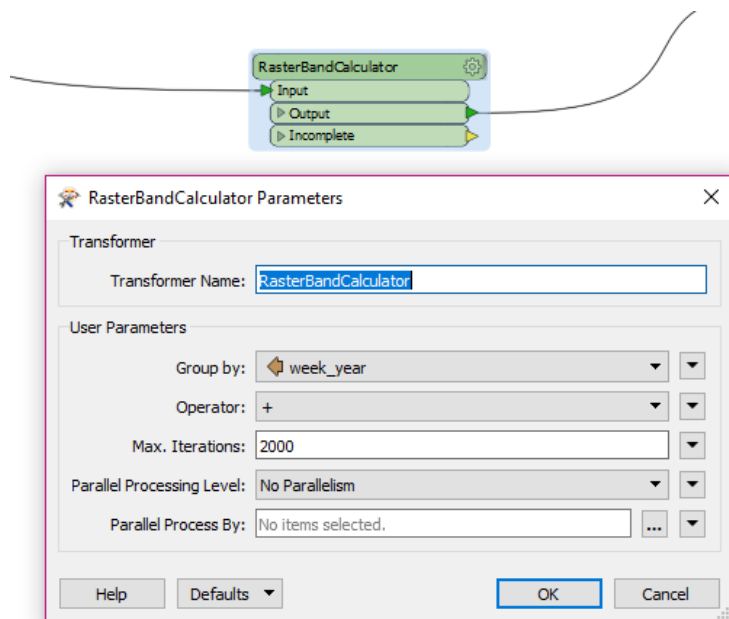


Slika 26: Seznam uporabljenih atributov in nastavitev atributa "week_year" v pretvorniku *AttributeManager*

Namen tega je bil izogniti se težavam, ki bi nastale pri opazovanjih v več letih, ko bi se ista številka tedna pojavila v isti skupini. Vse attribute smo uporabili v naslednjem koraku, saj smo rastre sešteli.

6.2 Seštevanje

Pripravljene rastre smo sešteli z uporabo pretvornika *RasterBandCalculator*. *RasterBandCalculator* spada v skupino pretvornikov po meri (angl. *Custom Transformers*) in omogoča katero koli matematično operacijo s poljubnim številom rastrov. V našem primeru smo sešteli podatke, združene na podlagi atributa *week_year*.



Slika 27: Seštevanje rastrov

6.3 Izračun normiranih vrednosti seštevkov

Izračun povprečnih dnevnih seštevkov intenzitete padavin za posamezni teden je zahteval uporabo dveh pretvornikov, in sicer pretvornika *RasterBandInterpretationCoercer* in pretvornika *RasterSingularCellValueCalculator*. S prvim smo v rastru spremenili podatkovni tip iz »integer« (celo število) v »real« (realno število). Zatem smo vsako celico posameznega rastra delili s številčno vrednostjo, ki je v našem primeru vrednost atributa »_countdays«.

6.4 Zapis rezultatov

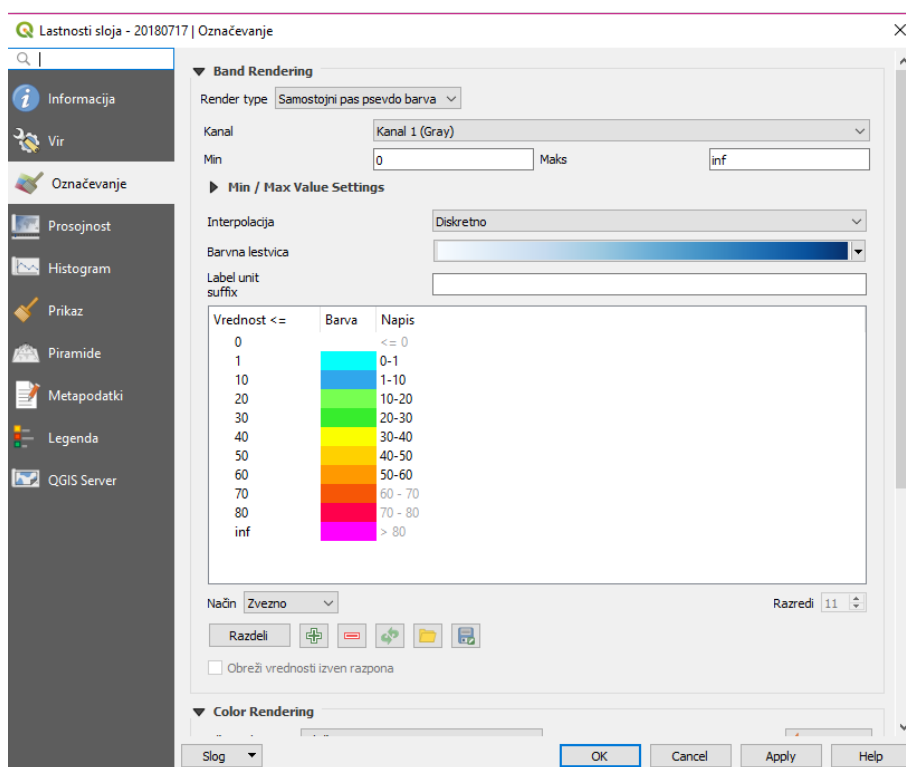
Rezultati so bili povprečni dnevni seštevki intenzitete padavin za posamezni teden, zapisani v formatu GeoTIFF. Seštete rastre (teh je bilo 27) smo zapisali v ciljno mapo (*Writer*).

Rezultati opisanih operacij so predstavljeni v naslednjem poglavju.

7 ANALIZA IN REZULTATI

Analizo pridobljenih 27 povprečnih dnevnih seštevkov intenzitete padavin za posamezni teden smo opravili v programu QGIS. Odpiranju seštetih rastrov je sledila izbira načina prikaza podatkov v oknu lastnosti sloja → označevanje. Prikaz intenzitete padavin smo z določitvijo vrste upodabljanja (*angl. Render type*), izbiro kanala, vrste interpolacije barve lestvice in načina klasifikacije izvedli za vsak posamezni raster.

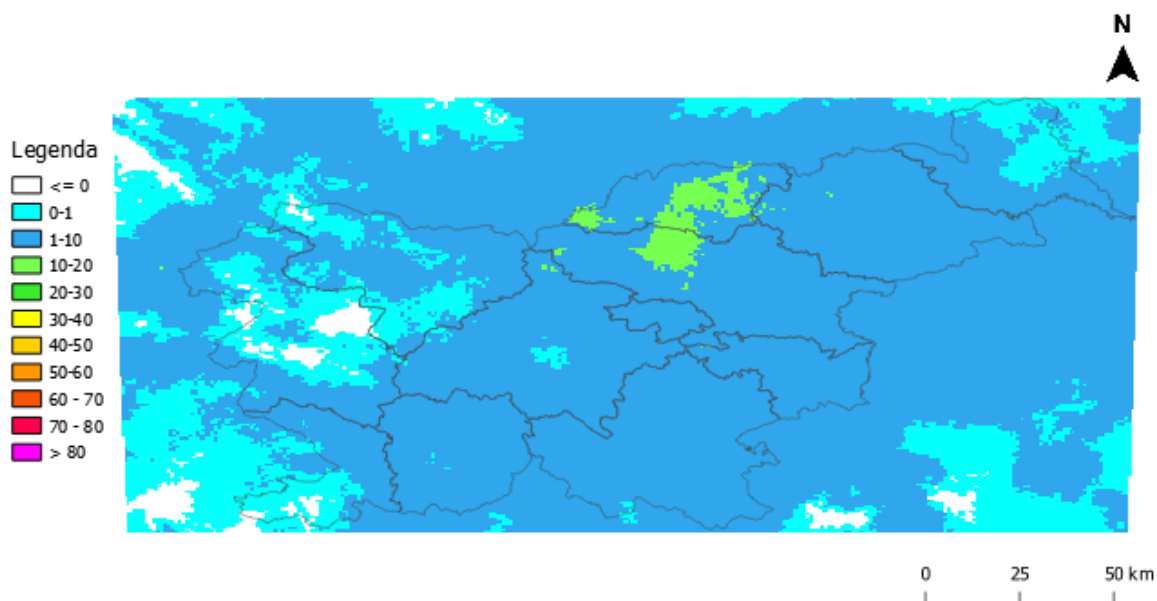
Barvno lestvico sestavlja 11 razredov oz. barv. Barvni odtenki si sledijo glede na vrednost povprečnega dnevnega seštevka intenzitete padavin, začeniši z modrimi in zelenimi odtenki, ki predstavljajo nižje vrednosti. Sledijo rumeni, rdeči in vijolični odtenki, ki zastopajo višje in najvišje vrednosti povprečnih seštevkov. Izbira te kombinacije barv olajša interpretacijo prikaza povprečnih dnevnih seštevkov padavin za posamezni teden, saj je podobna barvni lestvici na radarski sliki padavin na spletu.



Slika 28: Nastavitev lastnosti sloja v programu QGIS

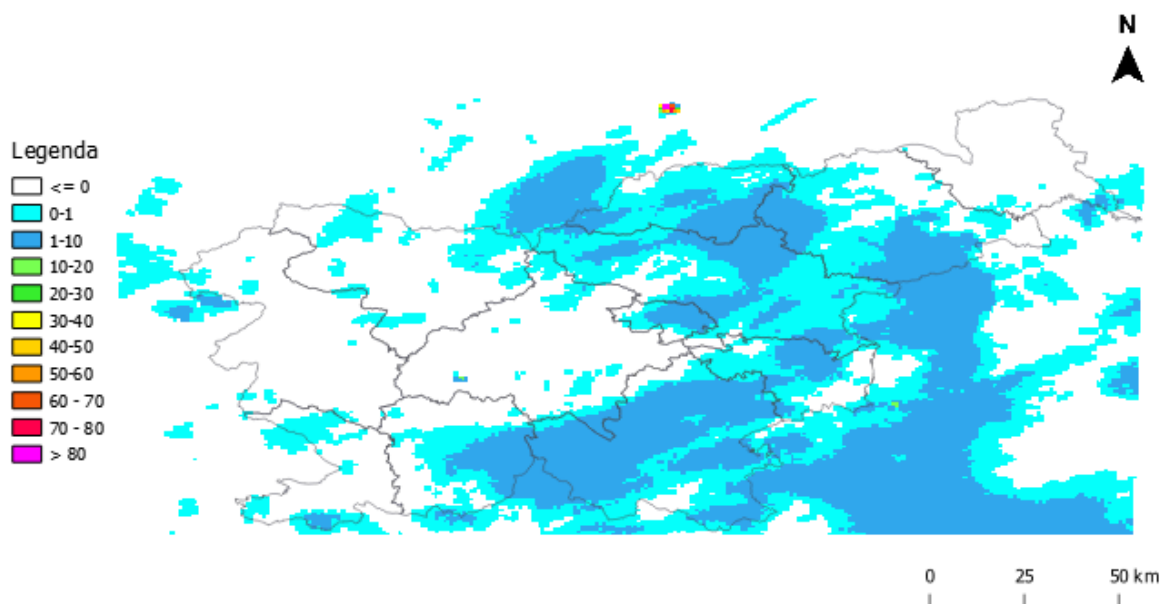
Pridobili smo preglednejše prikaze povprečne intenzitete padavin za posamezni teden. Glede na številčni razpon povprečnih dnevnih seštevkov za posamezni teden bi lahko trdili, da je bila intenziteta povprečnih dnevnih seštevkov padavin najmočnejša v 41. tednu leta 2018, torej v obdobju od 8. 10. do 14. 10. 2018. Vsota je bila takrat več kot šestkrat večja kot v obdobju od 3. 9. do 9. 9. 2018. Številčni rezultati se nanašajo na območje obreza (glej poglavje 5.3), rezultate smo predstavili s kartami (Slika 27 in 28).

KARTA POVPREČNIH DNEVNIH SEŠTEVKOV INTENZITETE PADAVIN 3.-9. 9. 2018



Slika 29: Intenziteta padavin od 3. do 9. 9. 2018 (36. teden)

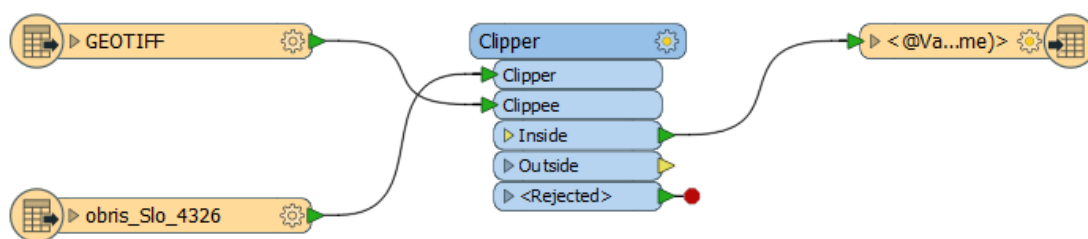
KARTA POVPREČNIH DNEVNIH SEŠTEVKOV INTENZITETE PADAVIN 8.-14. 10. 2018



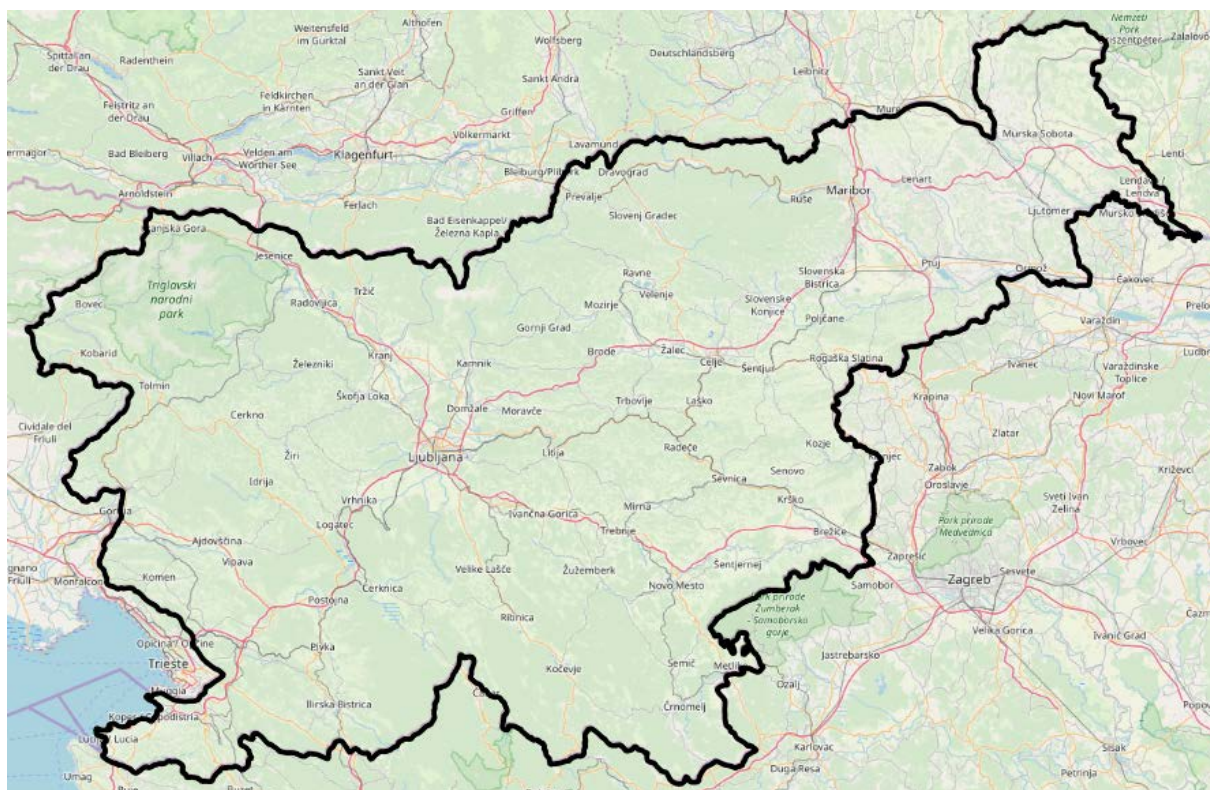
Slika 30: Intenziteta padavin od 8. do 14. 10. 2018 (41. teden)

Opazimo, da je karta povprečne intenzitete padavin za obdobje od 8. 10. 2018 do 14. 10. 2018 (Slika 28) veliko manj pestra, kot smo, glede na številčni rezultat, pričakovali. Maksimalen povprečni seštevnik intenzitete znaša 92,1, je izven območja Slovenije ter je posledica pojava radarskih smeti (glej poglavje 7.1). Dobljeni rezultati zaradi obreza (saj le-ta v vseh primerih zajema območje pojavljanja radarskih smeti) ne podajo točnih rezultatov povprečnih dnevnih seštevnikov padavin za posamezni teden.

Za izločitev »lažnih« padavin smo uporabili nov sloj, ki je zajemal le območje Slovenije. V programu FME Desktop smo vse prej pridobljene rezultate z uporabo pretvornika Clipper ponovno obrezali na željeno območje.



Slika 31: Ponovni obrez rezultatov le na območje Slovenije

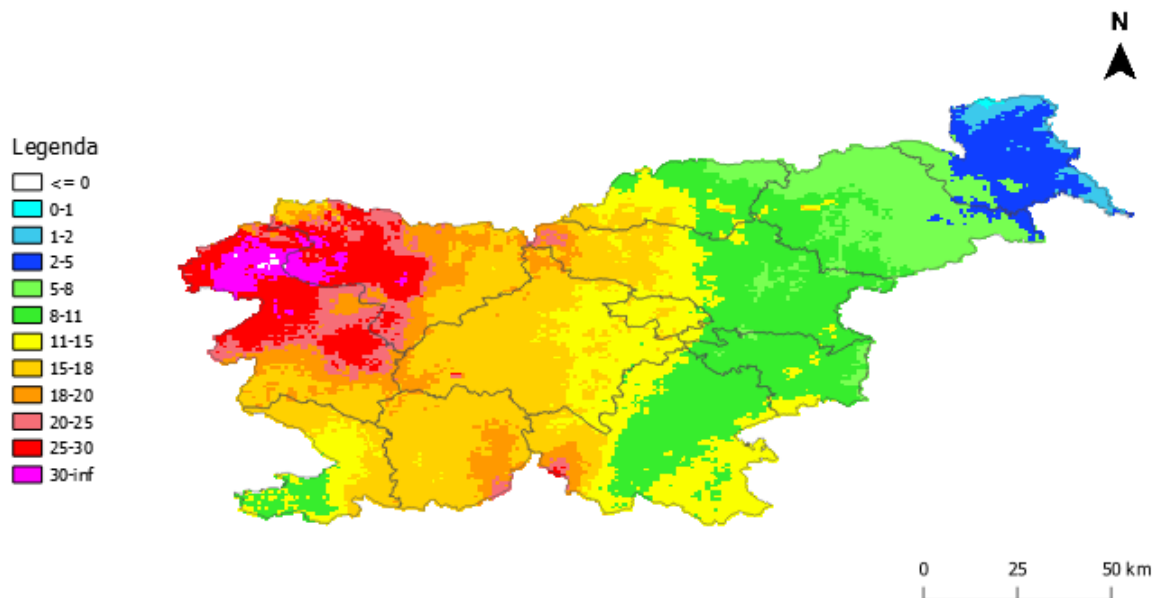


Slika 32: Prikaz območja novega obreza podatkov

Obrezane podatke smo zapisali in ponovno analizirali dobljene rezultate.

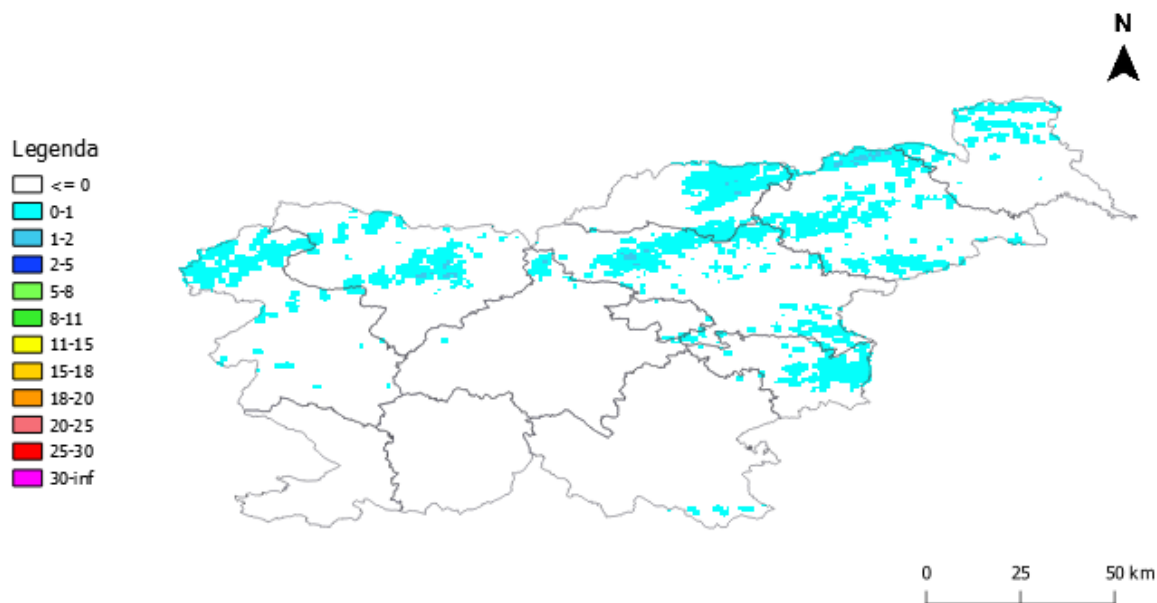
Obdobje z zabeleženo najmočnejšo povprečno intenziteto padavin je bilo obdobje od 29. 10. do 4. 11. 2018, in sicer je intenziteta znašala 31,4. Medtem ko je bila v obdobju od 12. 11. do 18. 11. 2018 zabeležena najšibkejša povprečna intenziteta padavin, znašala je 0,71.

KARTA POVPREČNIH DNEVNIH SEŠTEVKOV INTENZITETE PADAVIN 29. 10.-4. 11. 2018



Slika 33: Intenziteta padavin od 29. 10 do 4. 11. 2018 (44. teden)

KARTA POVPREČNIH DNEVNIH SEŠTEVKOV INTENZITETE PADAVIN 12.-18. 11. 2018



Slika 34: Intenziteta padavin od 12. do 18. 11. 2018 (46. teden)

Iz kart je razvidno, da dobljeni številčni rezultati ne podajajo točne informacije o intenziteti padavin, saj bi glede na rezultate lahko trdili, da so padavine najmočnejših intenzitet v visokogorju. Vzrok dobljenega rezultata pa ni visoka intenziteta padavin, temveč pogostost padavin na tem območju. Dobljeni rezultati torej podajo le okvirno poročilo intenzitete padavin, iz česa lahko sklepamo le to, kako padavinsko bogat je bil obravnavni vzorec/teden.

7.1 Intenziteta in količina padavin

7.1.1 Neposredna primerjava mesečnih podatkov intenzitete in količine padavin

Z neposredno primerjavo dveh spremenljivk lahko ugotovimo, kako sta medsebojno povezani. Matematično povezavo med intenziteto in količino padavin smo raziskali v poglavju 3.3 Parametri prikaza radarske slike. Dodatno pa ugotovitev, da intenzitete ne moremo neposredno povezati s količino padavin, potrdimo s primerjavo rezultatov normiranih mesečnih seštevkov intenzitete padavin in primerjavo podatkov o količini padavin iz arhiva ARSO.

Povprečna mesečna intenziteta padavin je bila največja v mesecu oktobru, ko je znašala 19,6. V primerjavi z mesecem avgustom, ko je povprečna mesečna intenziteta znašala 15,1, bi lahko trdili, da je bila tudi količina padavin v mesecu oktobru večja. Vendar pa temu ni tako, saj je izmerjena povprečna mesečna količina padavin v oktobru znašala 1394 mm, medtem ko je bila v padavinsko najbolj bogatem mesecu lanskega leta povprečna mesečna količina padavin 1421,3 mm.



Slika 35: Povprečna mesečna količina padavin v mesecu avgustu, izmerjena na glavnih meteoroloških postajah [8]



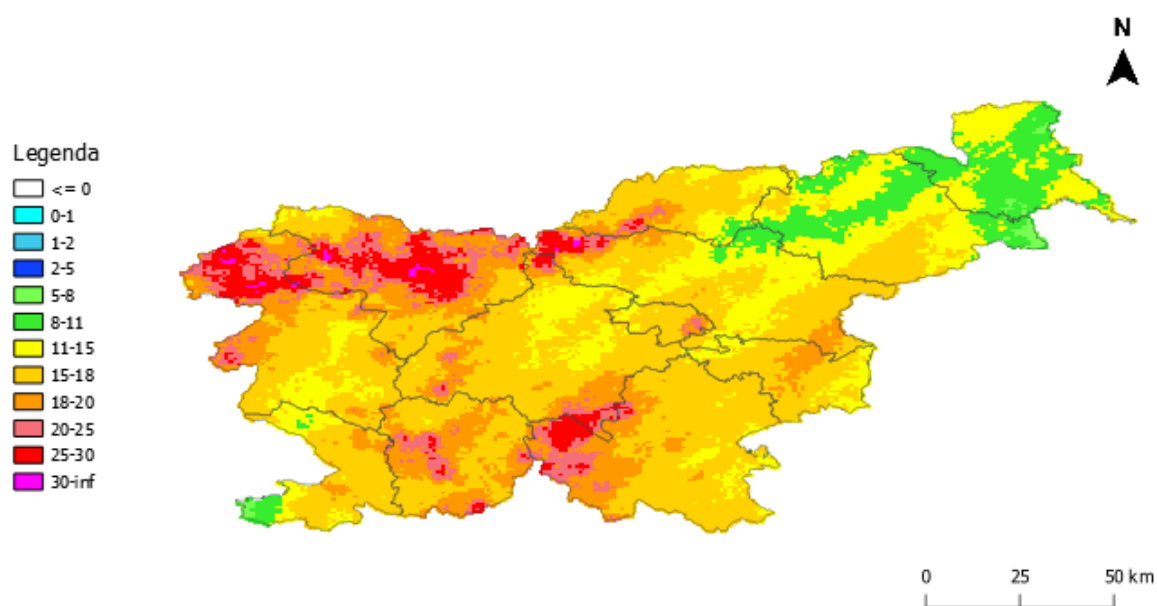
Slika 36: Povprečna mesečna količina padavin v mesecu oktobru, izmerjena na glavnih meteoroloških postajah [8]

7.1.2 Opazovanje obeh spremenljivk

Intenzitete padavin ne moremo sorazmerno povezati s količino padavin, lahko pa z opazovanjem obeh spremenljivk opazujemo dogajanje v posameznih meteoroloških obdobjih leta. Če vzamemo za primer vremensko dogajanje v drugi polovici meteorološkega poletja 2018, lahko opazimo, da so vrednosti seštevkov intenzitete padavin relativno visoke.

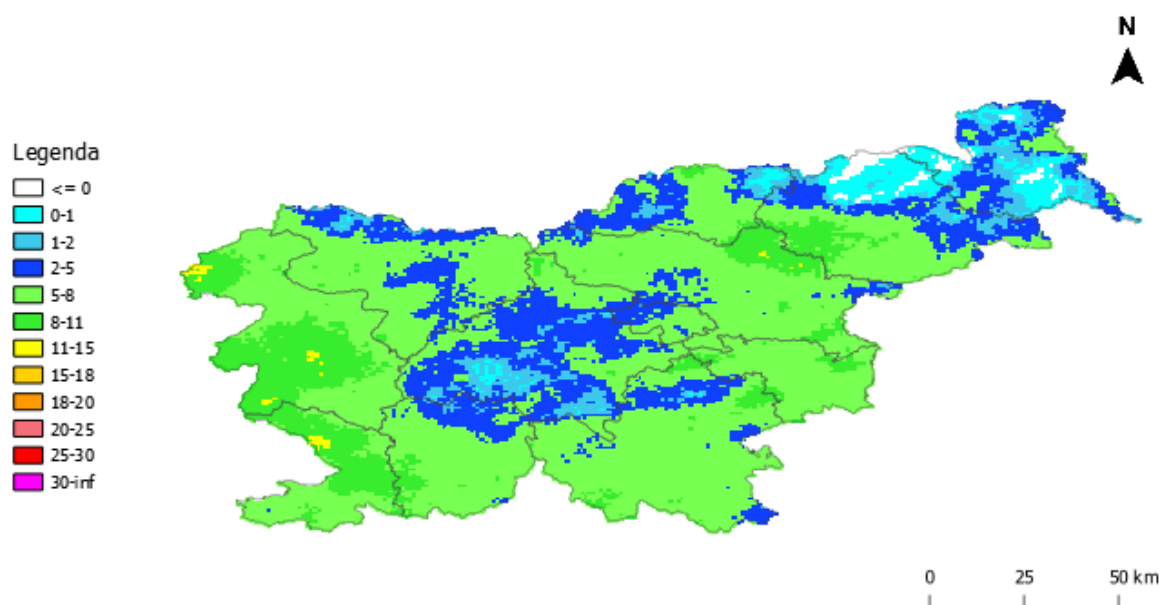
Na podlagi tega lahko sklepamo, da je bilo v tem času vremensko dogajanje pestro. Trditev pa dodatno potrdimo s prebiranjem meteoroloških poročil na spletu, kjer različni viri pišejo o »drugačnem«, manj suhem in vročem poletju, kot smo ga bili vajeni zadnja leta. V mesecu juliju je bilo veliko vremenske nestabilnosti predvsem zaradi ciklonskega območja nad Balkanom, ki je v naše kraje prinesel vlažen zrak. Zanimivo je tudi dejstvo, da je bila zabeležena maksimalna mesečna višina padavin v letu 2018 ravno v mesecu avgustu, in sicer je v Ljubljani znašala 223 mm (prikaz povprečnih mesečnih količin padavin za mesec avgust, izmerjenih na glavnih meteoroloških postajah, lahko vidimo na Sliki 35).

KARTA POVPREČNIH DNEVNIH SEŠTEVKOV INTENZITETE PADAVIN 23.-26. 8. 2018



Slika 37: Intenziteta padavin od 23. do 26. 8. 2018

KARTA POVPREČNIH DNEVNIH SEŠTEVKOV INTENZITETE PADAVIN 17.-22. 7. 2018

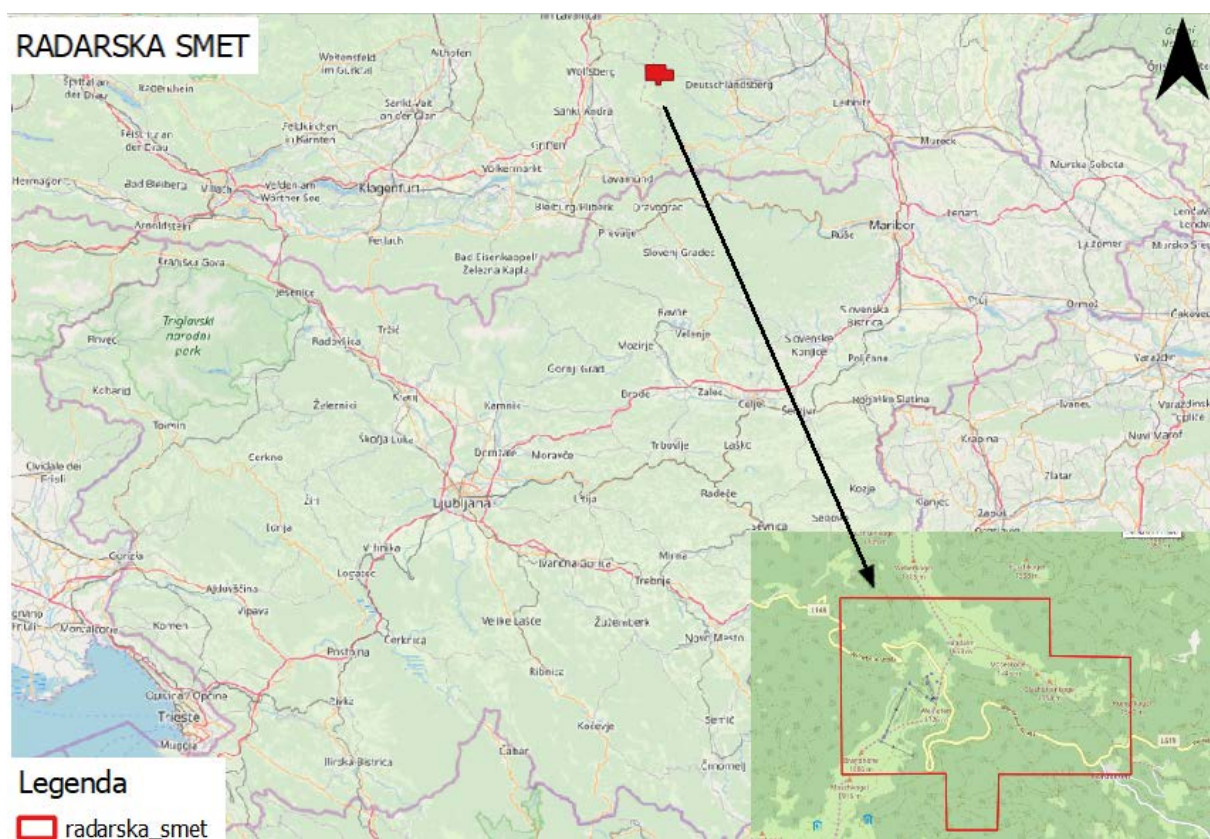


Slika 38: Intenziteta padavin od 17. do 22. 7. 2018

7.2 Radarske smeti

Po izračunu normiranih vrednosti seštevcev smo opazili območje v velikosti nekaj pikslov, kjer so padavine vedno prisotne. Tovrstni prikaz lahko pripisujemo pojavu radarskih smeti. Smeti na radarskih slikah padavin se pojavijo zaradi netočnega delovanja Dopplerjevega radarja. V principu bi Dopplerjev radar moral izločiti odmeve od vseh mirujočih ovir in zaznati odmeve ovir, ki se gibljejo (padavin). Zaradi nepopolne koherence radarjevega oscilatorja, spreminjajočih se temperaturnih pogojev radarja, sevanja drugih radarjev in telefonskih omrežij, ukrivljanja radarskega snopa, gibanja listja, itd. se v izmerkih pojavijo tudi odmevi od nepadavinskih ovir [6].

»Lažne« padavine se nahajajo na območju kraja Weinebene, kjer je na nadmorski višini 1886 m manjše avstrijsko smučišče.



Slika 39: Območje radarske smeti v okolici smučišča Weinebene v Avstriji

Rezultati povprečnih dnevnih seštevcev padavin so bili zaradi tovrstnih napak sprva višji, kot bi bili sicer. V nadaljevanju smo težavo rešili z uporabo novega območja obreza, s čimer smo se izognili napaki in tako pridobili točnejše rezultate le za območje Slovenije.

7.3 Nenavadni koncentrični krogi na radarski sliki padavin

Rastrski seštevek mesečnih reklasificiranih padavinskih slik da rezultat, na katerem opazimo nenavadne koncentrične kroge (označeni s črtkano) s središčema na Lisci in Pasji ravni.



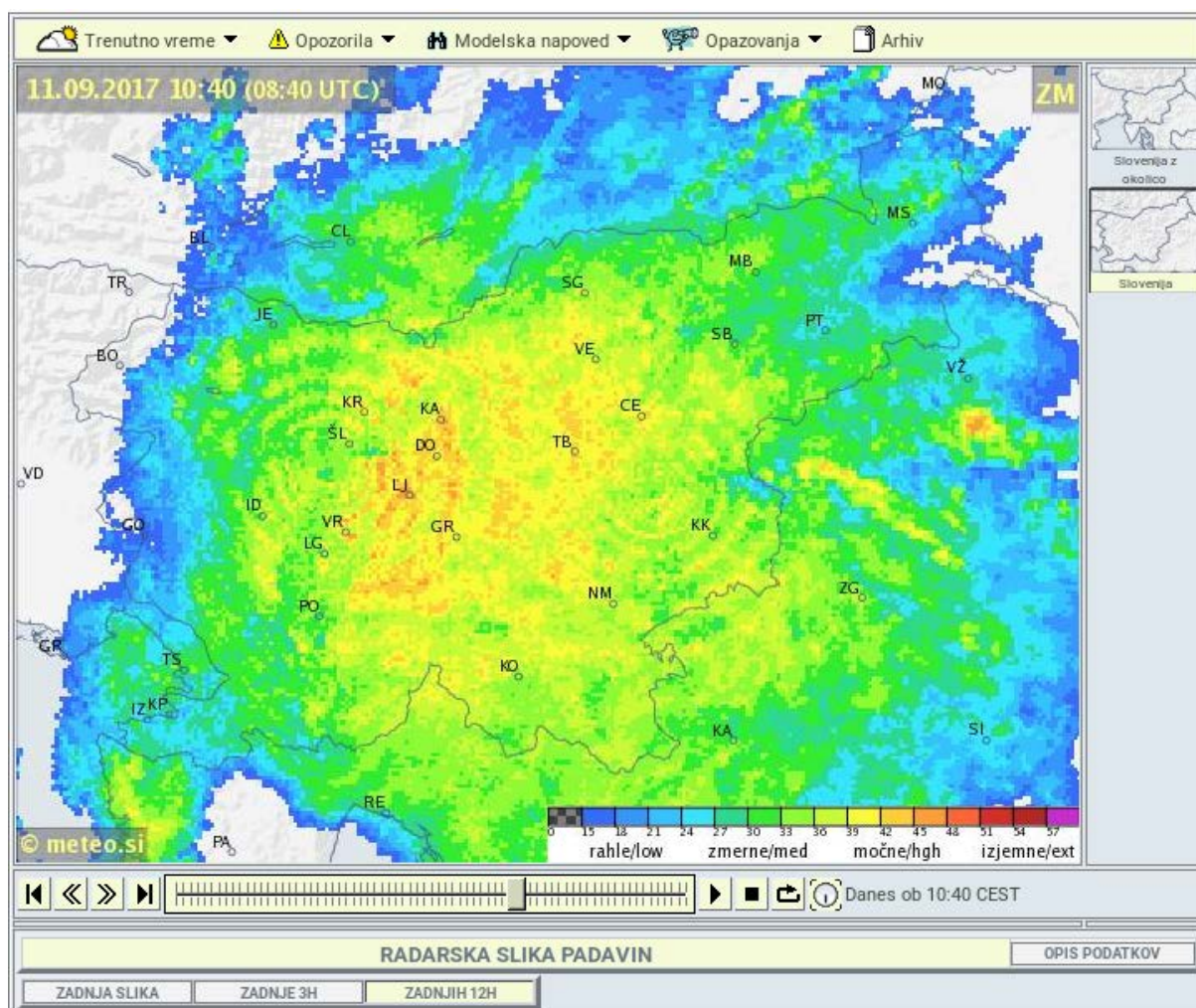
Slika 40: Pojav koncentričnih krogov ob seštevku mesečne intenzitete padavin

Pojav je izrazit predvsem zgodaj jeseni in pozno spomladi, ob visoki meji sneženja in enakomernih padavinah. Vzrok za koncentrične pasove ni naraven pojav, temveč gre za pomanjkljivost merjenja padavinskih oblakov z radarjem. V primeru visoke meje sneženja radarski snop žarkov ne loči med suhimi snežinkami (na okrog 3500 m), talečimi snežinkami in dežnimi kapljami (v nižinah). Razlika ni le v fizikalnih lastnostih, temveč se različne padavine razlikujejo tudi v jakosti. Jakost talečih se snežink se v primerjavi s suhimi navidezno poveča za faktor 5 ali več (kljub nespremenjeni velikosti). Radar tako padavine napačno interpretira kot povečane. Tovrstni pojav imenujemo pas taljenja (*angl. bright band*) [23].

Krogi so posledica razmika med zaporednimi elevacijami radarske antene. Primer zaporedja elevacij radarske antene:

0.50 1.00 1.60 2.40 3.40 4.70 6.30 8.60 11.50 15.50 20.90 28.40

Ko elevacije presežejo 1°, so med njimi luknje, ki jih po vertikali na Agenciji RS za okolje interpolirajo. Interpolacija je v primeru, ko je pas taljenja v padavinskem oblaku dovolj izrazit, neuspešna. Takrat se na radarskih slikah maksimalnih odbojnosti pojavljajo koncentrični krogi [24].



Slika 41: Koncentrični krogi na radarski sliki padavin. [23]

8 ZAKLJUČEK

V nalogi smo opravili analizo radarskih slik padavin daljšega časovnega obdobja. Raziskali smo delovanje vremenskega radarja in njegovo vlogo pri pridobivanju padavinskih slik. Poleg vsebine radarske slike so nas zanimale tudi njene tehnične podrobnosti, kot so obseg, čas in parametri prikaza. V nalogi smo uporabili dve programske orodji, in sicer *FME Desktop*, v katerem smo opravili večji del naloge, ter *QGIS*. *FME Desktop* je omogočal prenos radarskih slik padavin, njihovo obdelavo in reklasifikacijo ter seštevanje, s katerim smo pridobili rastre in številčne vrednosti povprečnih dnevnih seštevkov padavin za posamezni teden. V *QGISu* smo ugotavljali, kdaj je bila intenziteta padavin najmočnejša in kdaj najšibkejša, ter se ukvarjali z vprašanjem, ali je možno intenziteto neposredno povezati tudi s količino padavin. S prebiranjem različnih strokovnih del smo hipotezo (poglavje 3.3) sprva potrdili teoretično, kasneje pa smo na podlagi pridobljenih rezultatov analize in s primerjavo podatkov iz arhiva Agencije RS za okolje hipotezo potrdili praktično (poglavje 7.1). Spletna stran radarske slike padavin omogoča časovno analizo radarskih slik. Časovna vrsta zajema 25 padavinskih slik, pridobljenih v zadnjih dveh urah. S spremljanjem časovne vrste lahko opazujemo prostorsko komponento padavin, torej lahko potrdimo tudi drugo hipotezo.

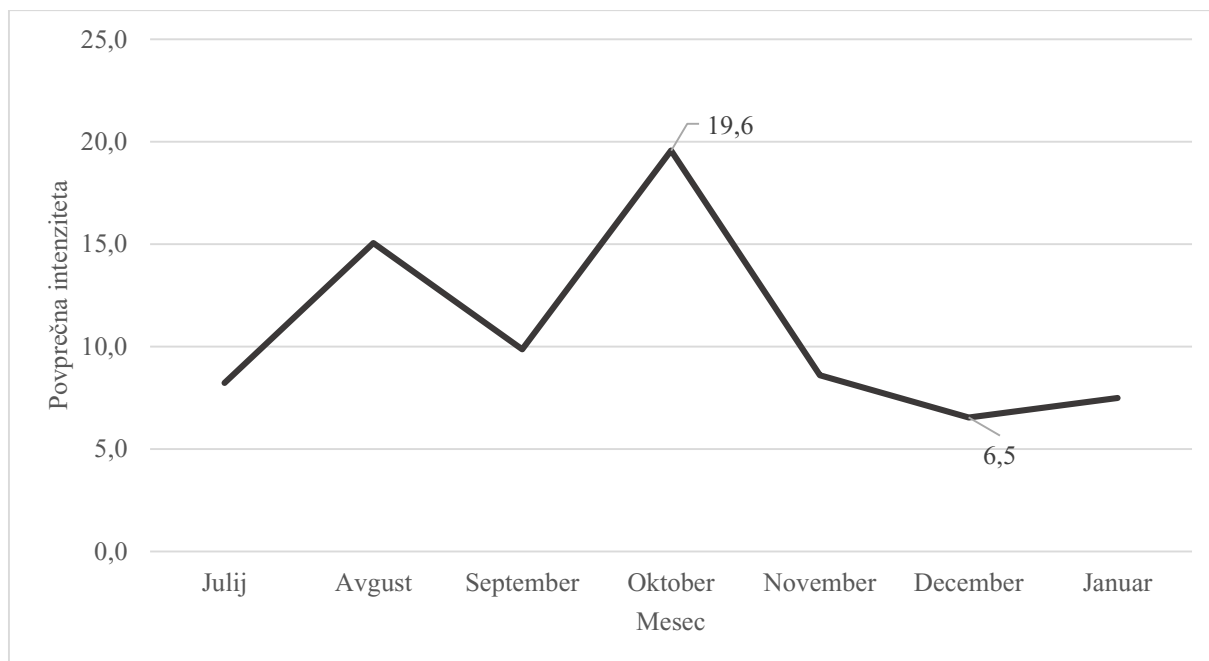
V spodnji preglednici so predstavljene številčne vrednosti dobljenih rezultatov².

Preglednica 1: Prikaz povprečnih dnevnih in mesečnih seštevkov intenzitete padavin.

Mesec	Leto	Število seštetih rastrov	Seštevki povprečne intenzitete (tedensko)					Seštevek povprečne intenzitete (mesečno)	Normirano mesečno povprečje intenzitete
Julij	2018	3	9,7	8,6	6,4			24,7	8,2
Avgust	2018	4	5,6	15,8	27,5	11,4		60,3	15,1
September	2018	4	13,9	6,2	11,7	7,7		39,5	9,9
Oktober	2018	5	19,1	10,3	15,6	21,4	31,4	97,9	19,6
November	2018	4	11,4	0,7	17,4	4,9		34,4	8,6
December	2018	5	9,9	5,9	4,9	2,1	10,0	32,7	6,5
Januar	2019	2	5,5	9,5				15,0	7,5

² Številčni podatek se nanaša na opisano reklasifikacijo in prametre pri seštevanju rastrov.

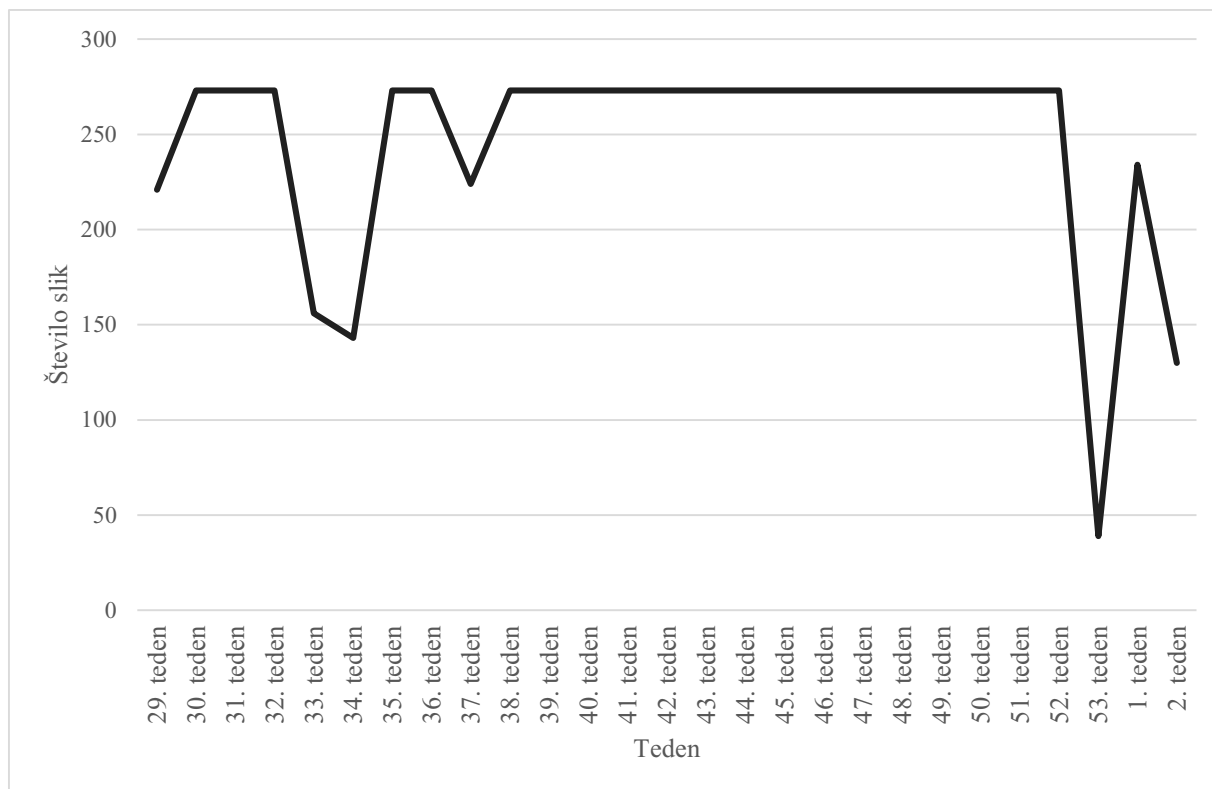
Na podlagi normirane mesečne vsote številčnih rezultatov povprečne intenzitete padavin trdimo, da je bila ta najmočnejša v mesecu oktobru, ko je znašala 19,6. Mesec z najšibkejšo intenziteto pa je bil mesec december, in sicer normirano mesečno povprečje znaša 6,5.



Graf 1: Normirano mesečno povprečje intenzitete padavin

Opazimo, da je število seštetih rastrov glede na mesec različno. Razlog je v velikosti obravnavanega vzorca in delitvi vzorca na tedne. Prenos podatkov je trajal od 17. 7. 2018 do 10. 1. 2019, kar pomeni, da so mesecu juliju zajeti trije tedni, v januarju pa sta zajeta le dva tedna. Tedni se namreč velikokrat delijo, tako, da ga polovica spada v en mesec, preostanek pa v prihajajoči mesec. Podobno se je zgodilo ob prehodu leta 2018 v leto 2019. Leto 2018 se je končalo s ponedeljkom, 31. 12. 2018, ki spada v 53. teden leta 2018. Začetek leta 2019 pa je bil na torek, 1. 1. 2019, ki spada v 1. teden leta 2019. V tem primeru je prišlo do delitve tedna zaradi spremembe leta.

Pojav opazimo tudi na grafu števila slik po tednih, ko je bilo v zadnjem tednu leta 2018 zajetih 39 padavinskih slik, medtem ko jih je bilo v prvem tednu leta 2019 teh 234. S seštevkom obeh števil, dobimo povprečno število slik pridobljenih v enem tednu, t. j. 273.



Graf 2: Število slik po tednih v obravnavanem obdobju

S spoznavanjem delovanja radarja, načina pridobitve podatkov o padavinskih celicah in njihovo obdelavo smo ugotovili, da gre za zahteven postopek, na katerega vpliva veliko dejavnikov. Opozorili smo na možnost pojava napak in jih nekaj tudi razložili. Pri analizi obravnavanega vzorca podatkov smo opazili predvsem pojav radarskih smeti in velikega vpliva le-teh na končne rezultate. Težavo »lažnih« padavin smo rešili z uporabo novega območja obreza, tako rezultate popravili ter dobili vrednosti le za območje Slovenije. V prihodnje bi bilo treba raziskati, kje je vzrok, da se »lažne« padavine oz. radarske smeti pojavljajo ravno na območju smučišča Weinebene v Avstriji, in kolikšen doprinos ima napaka na končne rezultate analize.

Karte povprečnih dnevnih seštevcev padavin podajo pregled nad dogajanjem v preteklih meteoroloških obdobjih. Za natančnejšo analizo intenzitet padavin na območju Slovenije bi bilo treba pridobiti večji vzorec podatkov. Kljub razmeroma majhnemu vzorcu podatkov lahko na podlagi pridobljenih rezultatov potrdimo, da vremensko dogajanje v Sloveniji v večini prihaja z zahoda.

Radarska slika kljub zahtevnosti pridobitve in obdelave podatkov ter matematično zahtevnemu ozadju količine radarske odbojnosti, s katero je predstavljena, dobro služi laičnemu uporabniku. Ta lahko na podlagi videnega sklepa o intenziteti padavinske celice in njenemu gibanju. Ne more pa predvideti, kakšno količino padavin prinaša bližajoča se padavinska celica.

VIRI

- [1] ARSO VREME. (b. d.).
<http://vreme.arso.gov.si/napoved/Ljubljana/graf> (Pridobljeno 04. 07. 2019.)
- [2] Klančar, M. 2019. 010: Radarji in radarska slika padavin [zvočni posnetek]. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje.
<http://www.meteo.si/uploads/probase/www/fproduct/media/sl/podcast/podcast-index.html>
(Pridobljeno 01. 05. 2019.)
- [3] Agencija Republike Slovenije za okolje. 2006.
<http://www.arso.gov.si/vreme/napovedi%20in%20podatki/srd.html#divjak3> (Pridobljeno 12. 05. 2019.)
- [4] Car, A. 2016. Vremenski radarji. Seminar. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko: str. 1.
http://mafija.fmf.uni-lj.si/seminar/files/2014_2015/3-seminar.pdf (Pridobljeno 20. 05. 2019.)
- [5] Vehar, S. 2013. Vremenski radar nad Črnim vrhom.
<https://www.mojaobcina.si/dobrova-polhov-gradec/novice/vremenski-radar-nad-crnim-vrhom.html> (Pridobljeno 16. 05. 2019.)
- [6] ARSO METEO. 2019.
<https://meteo.arso.gov.si/met/sl/weather/observ/radar/> (Pridobljeno 12. 05. 2019.)
- [7] Agencija za komunikacijska omrežja in storitve Republike Slovenije. 2014. Motnje meteoroloških radarjev.
<https://www.akos-rs.si/motenje-meteoroloskih-radarjev> (Pridobljeno 22. 05. 2019.)
- [8] ARSO METEO. 2018.
<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/#webmet==8Sdwx2bhR2cv0WZ0V2bvEGcw9ydlJWblR3LwVnaz9SYtVmYh9iclFGbt9SaulGdugXbsx3cs9mdl5WahxXYyNGapZXZ8tHZv1WYp5mOnMHbvZXZulWYnwCchJXYtVGdlJnOn0UQQdSf>; (Pridobljeno 08. 07. 2019.)
- [9] Agencija Republike Slovenije za okolje. (b. d.).
<https://www.arso.gov.si/vreme/> (Pridobljeno 05. 05. 2019.)
- [10] Kolarič, D. 2011. Primerjava izmerjenih padavin z objektivno interpolacijo. Seminar. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko: str. 7.

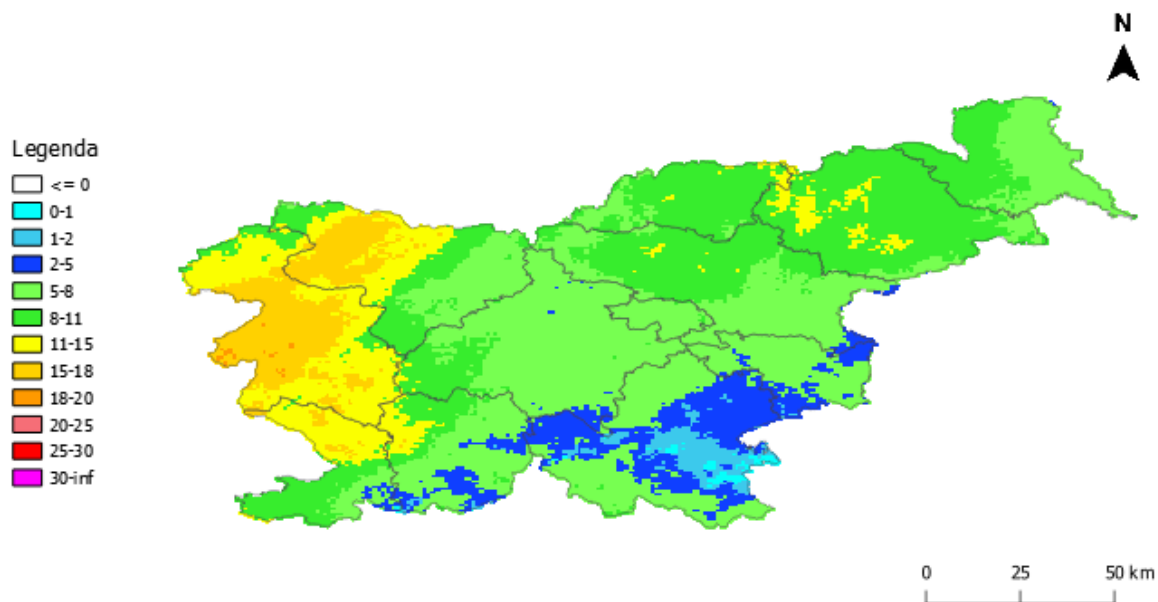
- http://mafija.fmf.uni-lj.si/seminar/files/2010_2011/seminar_primerjava_izmerjenih_padavin_z_objektivno_interpolacijo.pdf (Pridobljeno 08. 05. 2019.)
- [11] Divjak, M. 1996. Radarsko merjenje padavin v neoptimalnih razmerah. Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko: str. 16, 19.
- <http://www.diameter.si/research/radrain2.pdf> (Pridobljeno 08. 05. 2019.)
- [12] ARSO METEO. 2019.
- <http://meteo.arso.gov.si/> (Pridobljeno 05. 05. 2019.)
- [13] American Meteorological Society. 2019.
- http://glossary.ametsoc.org/wiki/Radar_reflectivity_factor (Pridobljeno 17. 07. 2019.)
- [14] Kolarič, D. 2011. Primerjava izmerjenih padavin z objektivno interpolacijo. Seminar. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko: str. 7, 8.
- http://mafija.fmf.uni-lj.si/seminar/files/2010_2011/seminar_primerjava_izmerjenih_padavin_z_objektivno_interpolacijo.pdf (Pridobljeno 17. 07. 2019.)
- [15] Jožef, N. 2017. Analiza uporabnosti programskega paketa FME. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 1, 3, 4.
- <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=105190&lang=slv> (Pridobljeno 26. 05. 2019.)
- [16] Stropnik, K. 2018. Uporaba FME za sistematično spremljanje vegetacije s satelitskimi posnetki. Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. II, 2, 4, 5.
- <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=114095&lang=slv> (Pridobljeno 29. 06. 2019.)
- [17] QGIS. (b. d.).
- <https://www.qgis.org/en/site/about/index.html> (Pridobljeno 26. 05. 2019.)
- [18] FME Transformers. (b. d.).
- http://docs.safe.com/fme/2018.1/html/FME_Desktop_Documentation/FME_Transformers/Transformers/creator.htm (Pridobljeno 26. 05. 2019.)
- [19] Struna, M. 2014. Spletni urejevalnik JSON datotek s podano vsebinsko shemo. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko: str. 3.
- http://eprints.fri.uni-lj.si/2574/1/24930355-MARKO_STRUNA-Spletni_urejevalnik_JSON_datotek_s_podano_vsebinsko_shemo.pdf (Pridobljeno 26. 05. 2019.)

- [20] SQUARESPACE. (b. d.).
<https://developers.squarespace.com/what-is-json> (Pridobljeno 26. 05. 2019.)
- [21] Diamond, L. 2017. EPSG 4326 vs. EPSG 3857.
<http://lyzidiamond.com/posts/4326-vs-3857> (Pridobljeno 19. 05. 2019.)
- [22] FME Transformers. (b. d.).
http://docs.safe.com/fme/2018.1/html/FME_Desktop_Documentation/FME_Transformers/Transformers/attributecreator.htm (Pridobljeno 23. 07. 2019.)
- [23] ARSO Vreme. 2017. Nenavadni koncentrični krogi na radarski sliki padavin. Facebook objava.
<https://www.facebook.com/ArsoVreme/posts/1672933852730683> (Pridobljeno 20. 06. 2019.)
- [24] Pogovor z mag. Antonom Zgoncem, zaposlenim na Agenciji RS za okolje. Junij in julij 2019.

PRILOGE

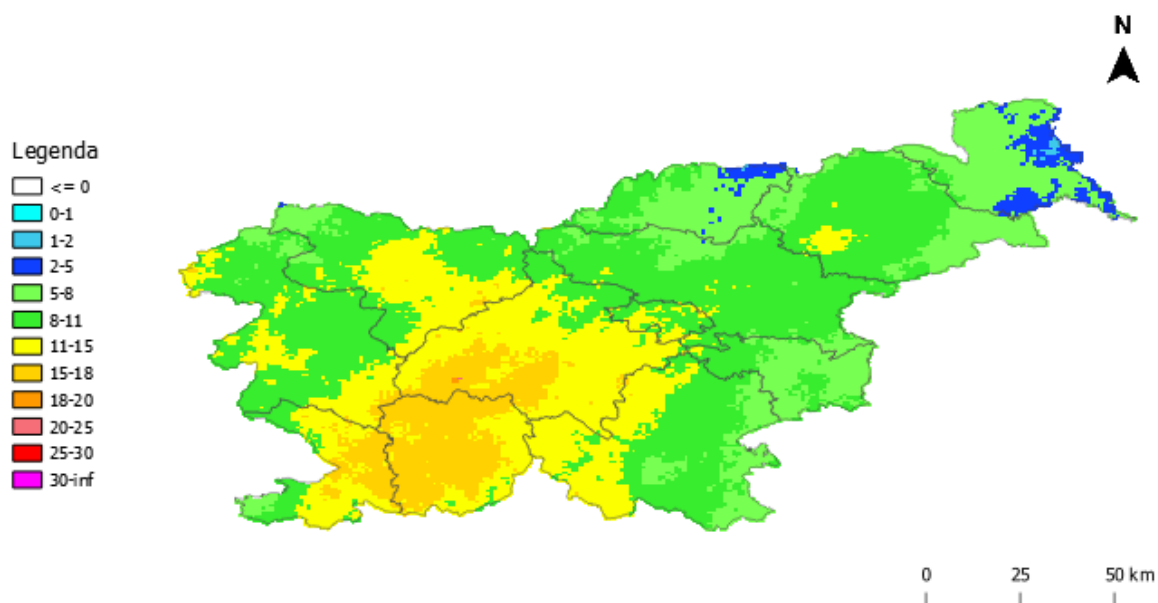
PRILOGA: KARTE POVPREČNIH DNEVNIH SEŠTEVKOV INTENZITETE PADAVIN

KARTA POVPREČNIH DNEVNIH SEŠTEVKOV INTENZITETE PADAVIN 13.-22. 8. 2018



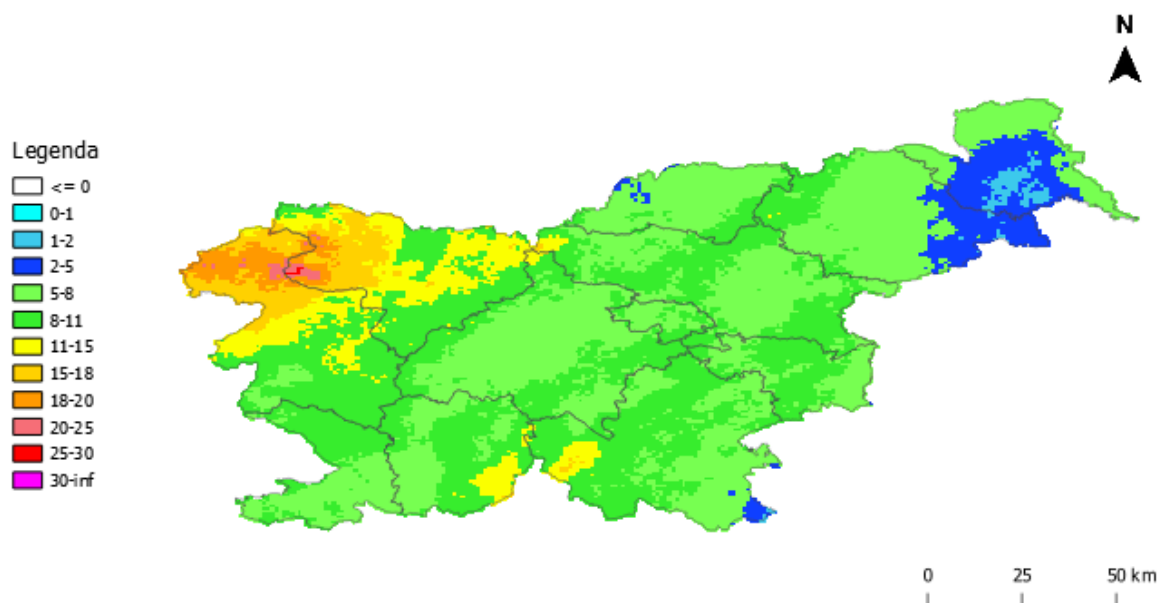
Slika 42: Intenziteta padavin od 13. do 22. 8. 2018

KARTA POVPREČNIH DNEVNIH SEŠTEVKOV INTENZITETE PADAVIN 1.-7. 10. 2018



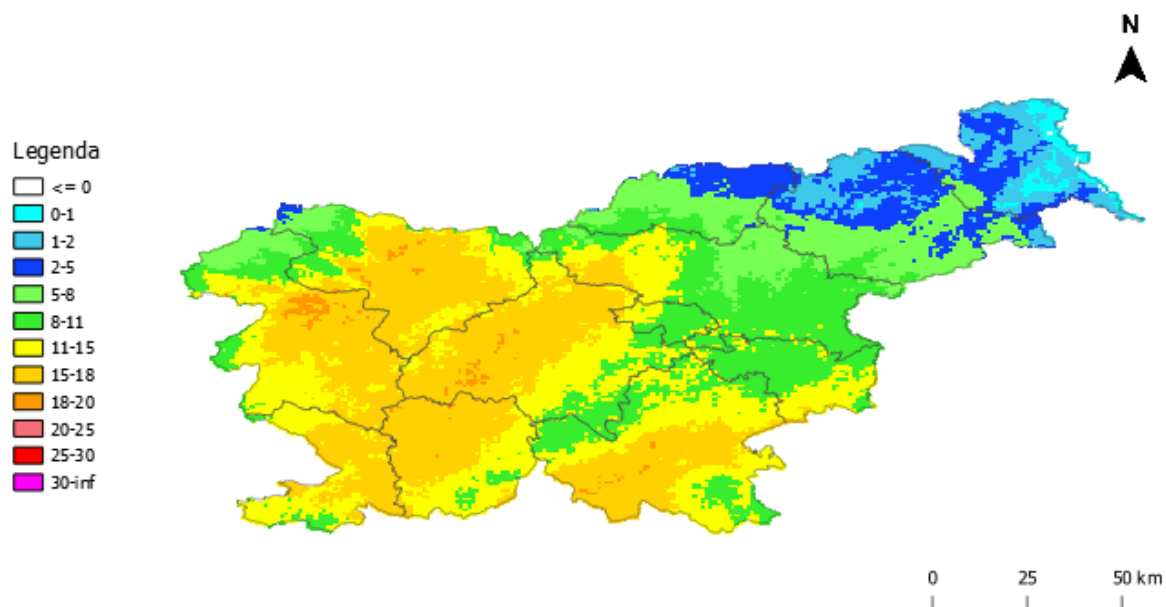
Slika 43: Intenziteta padavin od 1. do 7. 10. 2018

KARTA POVPREČNIH DNEVNIH SEŠTEVKOV INTENZITETE PADAVIN 22.-28. 10. 2018



Slika 44: Intenziteta padavin od 22. do 28. 10. 2018

KARTA POVPREČNIH DNEVNIH SEŠTEVKOV INTENZITETE PADAVIN 19.-25. 11. 2018



Slika 45: Intenziteta padavin od 19. do 25. 11. 2018