Izvori vlage zraka u oborinama na području grada Zagreba

Novak, Luka

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:911072

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-23**

Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet
University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZVORI VLAGE ZRAKA U OBORINAMA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA

DIPLOMSKI RAD

Luka Novak

Zagreb, srpanj, 2020.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

Diplomski studij:

Agroekologija

IZVORI VLAGE ZRAKA U OBORINAMA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA

DIPLOMSKI RAD

Luka Novak

Mentor:

Doc. dr. sc. Kristina Krklec

Zagreb, srpanj, 2020.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZJAVA STUDENTA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Luka Novak**, JMBAG 1003112701, rođen 15.07.1995. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

IZVORI VLAGE ZRAKA U OBORINAMA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA

Svojim potpisom jamčim:

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

U Zagrebu, dana _____

_____
Potpis studenta / studentice

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Luke Novaka**, JMBAG 1003112701, naslova

IZVORI VLAGE ZRAKA U OBORINAMA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____ , dana _____ .

Povjerenstvo: potpisi:

1. doc. dr. sc. Kristina Krklec, mentor _____
2. izv. prof. dr. sc. Aleksandra Bensa, član _____
3. doc. dr. sc. Aleksandra Perčin, član _____

Zahvala

Ovime zahvaljujem svojoj mentorici Kristini na strpljenju, pristupačnosti, korisnim savjetima i detaljnim uputama prilikom izrade ovog diplomskog rada. Također zahvaljujem svim profesorima i njihovim asistentima koji su sudjelovali u mojem obrazovanju i koji su zaslužni za veliku količinu znanja koje sam stekao tokom ove dvije godine studiranja na diplomskom studiju Agroekologije. Naposljetku zahvaljujem svojim roditeljima, obitelji i prijateljima koji su me podupirali i podržavali u ključnim trenucima moga studiranja.

Hvala vam od srca!

Sadržaj

1. UVOD 1

2. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA 3

3. CILJ ISTRAŽIVANJA.....5

4. OSNOVNE ZNAČAJKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA 6

4.1. Značajke reljefa 7
4.2. Klima 8

5. MATERIJALI I METODE.....11

6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....13

6.1. Analiza količine oborina tijekom istraživanog razdoblja 13
6.2. Analiza unazadnih putanja zračnih masa 13
6.3. Analiza lokacija izdizanja vlage 18
6.4. Udio reciklirane vlage 21

7. RASPRAVA.....22

8. ZAKLJUČAK.....24

9. LITERATURA 25

Sažetak

Diplomskog rada studenta **Luka Novak**, naslova

IZVORI VLAGE ZRAKA U OBORINAMA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA

Jedan od najčešće korištenih proxy-ja prilikom interpretacije paleoklimatskih zapisa je izotopni sastav kisika. Njegova varijabilnost u tim zapisima ovisi o izotopnom sastavu oborina nekog područja. Na izotopni sastav kisika u oborinama utječu nadmorska visina, geografska širina, kontinentalnost, temperatura, količina oborina ali i izvor vlage zraka u oborinama.

Cilj ovog rada bio je na temelju meteoroloških podataka utvrditi izvore vlage zraka u oborinama na području grada Zagreba. Također, utvrđen je i udio reciklirane vlage zraka u ukupnoj količini oborina (proistekle od evaporacije iznad kontinenta).

Petodnevne unazadne putanje zračnih masa za dane s količinom oborina >0,5 mm na lokaciji Zagreb određene su koristeći HYSPLIT model NOAA-e (National Oceanic and Atmospheric Administration) koji se temelji na podacima generiranim od strane GDAS-a (Global Dana Assimilation System). Analizom dobivenih podataka izračunate su lokacije na kojima su zračne mase apsorbirale vlagu, te je prostornom analizom dobivenih podataka izračunat udio recikliranih oborina u ukupnoj količini oborina.

Ključne riječi: Zagreb, reciklirana vlaga, oborine, HYSPLIT

Summary

Of the master's thesis - student **Luka Novak,** entitled

MOISTURE SOURCES OF PRECIPITATION OVER ZAGREB

One of the most commonly used proxies in the interpretation of paleoclimatic records is the isotopic composition of oxygen. Its variability in these records depends on the isotopic composition of precipitation in an area. The isotopic composition of oxygen in precipitation is influenced by altitude, latitude, continentality, temperature, amount of precipitation, but also by the moisture sources of precipitation.

The aim of this paper was to determine the moisture sources of precipitation over Zagreb city based on meteorological data. Also, the share of recycled moisture in the total amount of precipitation (resulting from evaporation above the continent) was determined.

Five-day back trajectories of air masses for days with precipitation> 0.5 mm at the Zagreb location was determined using the HYSPLIT model of NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) based on data generated by GDAS (Global Dana Assimilation System). The analysis of the obtained data calculated the locations where the air masses absorbed moisture, and the spatial analysis of the obtained data will calculate the share of recycled precipitation in the total amount of precipitation.

Keywords: Zagreb, recycled moisture, precipitation, HYSPLIT

1. Uvod

Moderno društvo susreće se s mnoštvom problema koji su se nakupljali kroz dugi niz godina. Na neke od njih, kao što su globalno zatopljenje i klimatske promjene, smo i sami uvelike utjecali svojim nesmotrenim i neodgovornim ponašanjem kroz povijest pa sve do danas u sve većoj mjeri. Pod klimatskim promjenama smatramo trajne, kako globalne tako i lokalne, promjene u temperaturi, količini oborina, jačini vjetrova i kretanju zračnih masa. Studije pokazuju kako je globalna temperatura u periodu od 1880. do 2012. porasla za 0,85°C što je izrazito puno za toliko kratak period kada uzmemo u obzir duljinu postojanja našeg planeta. Problem je u tome što se Zemlja konstantno zagrijava i mnoga područja doživljavaju promjene u količini oborina što dovodi do velikih suša i poplava. Također se diže razina oceana pod utjecajem topljenja ledenjaka i raste njihova kiselost što posljedično može ugroziti cjelokupnu prirodnu ravnotežu vodenih ekosustava (Melillo i sur., 2014.)

Istraživanja pokazuju da je područje Mediterana jedno od najugroženijih kad je u pitanju globalno zagrijavanje, te da postoji opći trend smanjenja količine oborina. Mediteran je jedna od regija za koju se procjenjuje da će utjecaj čovjeka na klimatske promjene biti izuzetno visok te će one dodatno pogoršati već postojeći problem dezertifikacije. Hidrološki ciklus i njegova varijabilnost predstavljaju najveći problem kada su u pitanju klimatske promjene (Xoplaki i sur., 2004.).

Oborine su jedna od najvažnijih značajki klime i njihova količina i sezonski raspored uvelike mogu utjecati na sastav i kvalitetu tla i tako predodrediti način korištenja pojedinog zemljišta i njegovu namjenu. Isto tako i ljudski utjecaj u obliku promjene u korištenju zemljišta može potaknuti klimatske promjene, pa su tako neka istraživanja pokazala da lokalno isparavanje korigirano prenamjenom zemljišta može doprinijeti sezonskim i godišnjim količinama oborina u pojedinim regijama recikliranjem vlage. Ako govorimo o porijeklu, oborine se sastoje od dvije vrste vlage. Zračna masa ili kako ju laički nazivamo oblak, vlagu može pokupiti u nekoj točki koja se nalazi iznad vodenih površina, odnosno oceana, mora, rijeka, jezera itd. Kada zračna masa vlagu pokupi iznad kontinentalnog područja to je vlaga koja potječe od evapotranspiracije i nazivamo ju reciklirana vlaga zraka. Drugim riječima, vlaga se reciklira od točke isparavanja, kroz atmosferu, do mjesta na kojima postaje oborina, a

procjenjuje se da reciklirane oborine čine trećinu od ukupne količine oborina (van der Ent i sur., 2010.). Taj podatak probati ćemo provjeriti u ovom radu.

2. Dosadašnja istraživanja

Jedan od najčešće korištenih proxy-ja prilikom interpretacije paleoklimatskih zapisa je izotopni sastav kisika (Martinson i sur., 1987.; Dansgaard i sur., 1993.). Njegova varijabilnost u tim zapisima ovisi o izotopnom sastavu oborina nekog područja. Izotopi kisika sadržani u čvrstom, tekućem ili plinovitom obliku vode ovise o hidrološkom ciklusu i stoga se nalaze u oceanima, ledenjacima, atmosferi i drugim kontinentalnim vodama poput jezera, rijeka, tla ili vodonosnika (Gat, 2010). Na izotopni sastav kisika u oborinama utječu nadmorska visina, geografska širina, kontinentalnost, temperatura, količina oborina ali i izvor vlage zraka u oborinama. Mehanizmi koji povezuju omjer izotopa kisika u oborinama i klimu su složeni i uključuju procese poput Rayeiglove destilacije, difuzne razmjene izotopa između oborina i para, ponovno isparavanje padajućih oborina i transpiraciju biljaka (Field, 2010.).

S druge strane, smatra se da je izvor vlage također bitan faktor koji utječe na varijabilnost rezultata. Prema tome na izotopni sastav kisika u oborinama može utjecati i promjena izotopnog sastava izvorne regije (Cruz i sur., 2005.; Fischer i Treble, 2008.) Broj studija koje određuju izvor padalina raste posljednjih godina zahvaljujući razvoju analiza unazadnih putanja zračnih masa (*engl. Back trajectories)* i flux proračunima vezanim za količinu isparavanja i oborina (Draxler i Hess, 1998.; Stohl i Seibert, 1998.). Razvoj modela putanja zračnih masa koji koriste Lagrangijski pristup izrazito je napredovao, što je rezultirao njihovom implementacijom u „user friendly“ online pakete. Takvi modeli omogućuju modeliranje prošlih i budućih pomaka/putanja odsječaka/parcela zraka (*engl. air parcels*) unutar atmosfere i dobivanje njihovih bitnih hidrometeoroloških parametara, a koriste baze podataka poput GDAS baze (Globalni podatkovni asimilacijski sistem) temeljene na globalnim meteorološkim opažanjima tijekom posljednjeg desetljeća (Stohl i sur., 2005.; Draxler i Rolph, 2013.).

Znanstveni temelj i nadahnuće za HYSPLIT-ove mogućnosti praćenja putanja mogu se pratiti od 1949., kada je zadužen Posebni projektni odjel (Special Project Section) američkog ureda za vrijeme (sada NOAA-ina nacionalna meteorološka služba (NWS)) s pokušajem pronalaženja izvora radioaktivne krhotine koja potječe iz prvog sovjetskog atomskog testa. U tu svrhu, unazadne putanje izračunate su ručno na temelju podataka o vjetru dobivenim mjerenjem balonima. Iako su ove unazadne putanje izračunate prije više od 60 godina, postotna pogreška između izračunatog i stvarnog izvora u odnosu na udaljenost koju su

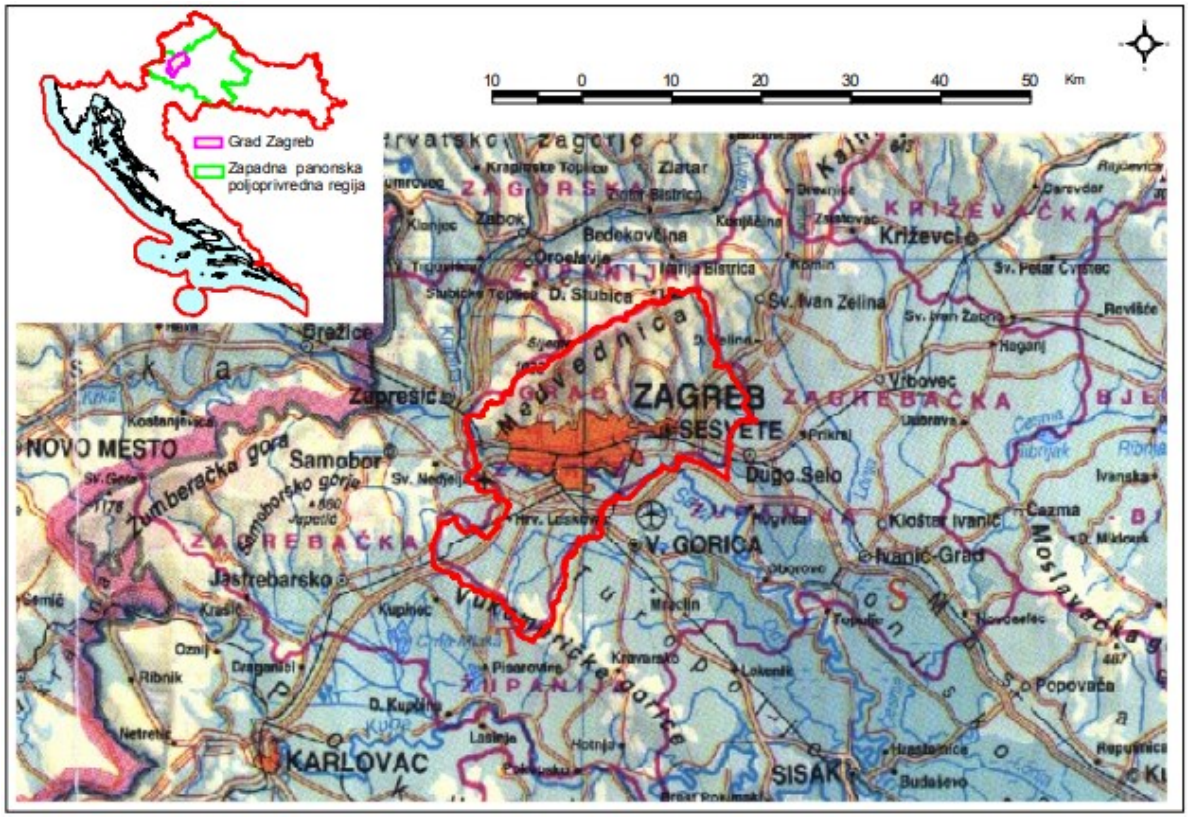
prekrile putanje bila je nevjerojatno niska (oko 5%). Od tada su izračuni putanja jedan od temelja istraživačkih aktivnosti AirResources Laboratory-a (Machta, 1992.). Hibridni model jednostrukih Lagrangijevih integriranih putanja (HYSPLIT) prošao je kroz razne nadogradnje, te se koristi za određivanje izvora zračnih masa, simulacije atmosferskog transporta, disperzije i taloženja onečišćivača. Jedna od najčešćih primjena modela je analiza unazadnih putanja kako bi se utvrdilo podrijetlo zračnih masa i uspostavila veza izvor-receptor (Fleming i sur., 2012.).

3. Cilj istraživanja

Cilj ovoga rada je utvrditi udio reciklirane vlage zraka u ukupnoj količini oborina na području Grada Zagreba u skladu s predviđanjima smanjene količine oborina na području Mediterana u razdoblju od 2000.- 2003. godine. Nadalje, utvrditi ćemo stacionarnost odnosno porijeklo reciklirane vlage zraka u četverogodišnjem razdoblju te utvrditi da li količina reciklirane vlage zraka povećava ili smanjuje količinu oborina na području Zagreba.

4. Osnovne značajke istraživanog područja

Administrativno područje grada Zagreba dio je prostora makroregije središnje Hrvatske. Prostire se na površini od 641,35 km^2, a što predstavlja oko 1.13% od ukupne površine Hrvatske.

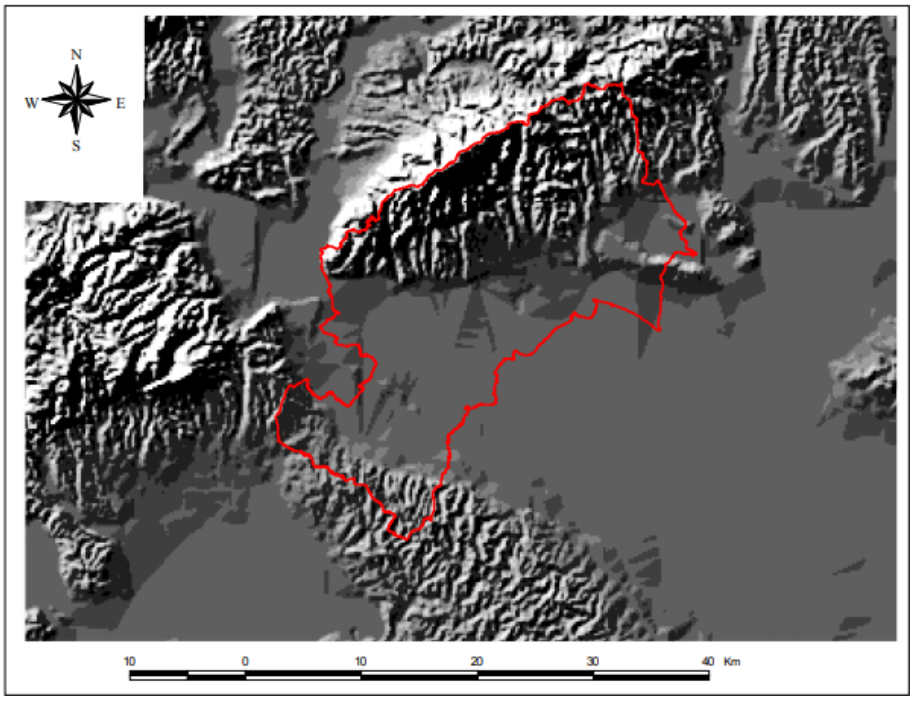


Slika 1: Položaj grada Zagreba u Republici Hrvatskoj. Izvor: Kraljičković i Husnjak, 2004. Regionalizacija poljoprivredne proizvodnje u Zagrebačkoj županiji.

Spomenuto područje u širem smislu predstavlja zapadni rub Panonske doline, prostirući se u prirodno heterogenim regijama kao što su prisavska regija, zatim brdovito planinska regija Medvednice, te dijelom brežuljkasto-brdovita regija Vukomeričkih Gorica. Pripada području Panonske poljoprivredne regije, odnosno zapadne panonske podregije. Spomenuto područje graniči s Krapinsko-zagorskom i Zagrebačkom županijom. Geografski, prostor grada Zagreba nalazi se između 15° 46' i 16° 14' istočne geografske dužine te 45° 36' i 45° 58' sjeverne geografske širine. Središnjim dijelom protječe rijeka Sava koja drenira područje grada Zagreba. Istraživanim područjem dominira Medvednica s vrhom Sljeme od 1033 m. n. m. Najniže dijelove prostora grada Zagreba nalazimo na koti od oko 106 m. n. m. (Kraljičković i Husnjak, 2004.)

4.1. Značajke reljefa

Grad Zagreb administrativnom granicom jednim dijelom obuhvaća područje kojeg čini dio zavale središnje Hrvatske pod kojom podrazumijevamo područje između Samoborskog gorja za zapadu, Medvednice na sjeveru te Vukomeričkih gorica na jugu, a drugi dio područja čine brežuljci i brda na južnim padinama Medvednice. Generalno gledano na istraživanom području prevladava dolinski reljef, a zatim brežuljkasti i brdoviti (Kraljičković i Husnjak, 2004.).



Slika 2: Reljef na području grada Zagreba Izvor: Kraljičković i Husnjak, 2004. Regionalizacija poljoprivredne proizvodnje u Zagrebačkoj županiji.

Medvednicu pretežno grade škriljavci i meki kenozojski vapnenci, brusilovci (glineni škriljavci) i pješčenjaci paleozojske starosti te tvrdi vapnenci mezozojske starosti. Dijelovi Medvednice na području grada izgrađeni su uglavnom od tercijarnih naslaga. Na spomenutim gorama na nešto nižim položajima nalazimo tercijarne lapore, koji su posebno karakteristični za ovaj prostor te na kojima nalazimo poznata vinogorja. Na još nižim terenima nalazimo obronke s pleistocenskim ilovinama koji postepeno prelaze u pleistocensku terasu a zatim se stapaju sa holocenskim dolinskim dijelom rijeke Save. Široka dolina Save koja se dominantno prostire područjem grada Zagreba, formirana je od starijih i mlađih aluvijalnih zaravni koje su građene od šljunkovito-pjeskovitih, ilovastih i glinastih naslaga (Kraljičković i Husnjak, 2004.).

4.2. Klima

Klima je jedna od najvažnijih sastavnica cjelokupnog Života na zemlji. Na nju utječu mnogi prirodni čimbenici kao što su Sunčevo, Zemljino i atmosfersko zračenje, oceanske i zračne struje, sastav atmosfere, nadmorska visina pa i djelovanje samog čovjeka. Klimu treba promatrati kao prirodni izvor, dobro ga proučiti i zaštiti od štetnog ljudskog djelovanja. Klima kontinentalnog dijela Hrvatske pod velikim je maritimnim utjecajem sa Sredozemlja, koji se u području južno od Save ističe jače nego na sjeveru i sve više slabi prema istočnom području. Važan lokalni segment klime na ovom području je orografija. Medvednica te gore u Hrvatskom Zagorju i Požeškoj kotlini intenziviraju kratkotrajne jake oborine na nevjetrinskoj strani ili stvaraju oborinske sjene u zavjetrini. To se događa, primjerice, u istočnom dijelu grada Zagreba, gdje Medvednica djeluje kao prepreka za sjeverozapadne kišonosne prodore. Prema Köppenovoj klasifikaciji klime, koja uvažava bitne odlike srednjeg godišnjeg hoda temperature zraka i količine oborine nizinski kontinentalni dio Hrvatske ima klimu Cfwbx" tipa. Srednja mjesečna temperatura najhladnijeg mjeseca viša je od -3 °C, a niža od 18 °C. Tijekom godine nema izrazito suhih mjeseci, a mjesec s najmanje oborina u hladnom je dijelu godine (fw). U godišnjem hodu oborine javljaju se dva maksimuma (x") (Zaninović, 2008.).

Budući da je za ovo istraživanje jedan od ključnih parametara dnevna količina oborina, njihovi podaci tablično su prikazani u nastavku (Tablice 1.-4.) .

Tablica 1: Dnevne količine oborina (mm) zabilježene na meteorološkoj postaji Zagreb-Grič tijekom 2000. godine

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	.	.	0	.	.	.	0,8	.	10,4	10,3	6,4	.
2	0	.	4,5	2,6	6,8	.	.	.	1,6	31,5	7,6	.
3	0,8	.	.	.	0	.	.	.	7,7	8,6	.	.
4	.	.	.	2	.	.	.	.	0,9	0,3	15	.
5	.	.	13	4,1	.	.	.	.	11,2	0,2	4,6	0
6	0	0	.	3,8	.	0	.	0	.	.	2,1	0,3
7	.	.	.	1,3	.	.	.	.	1,6	6,1	17,5	0
8	0	.	.	.	.	.	.	0,9	10,1	17,8	10,9	0
9	.	3,3	.	0,1	0,7	.	13,2	.	.	0,2	7,9	.
10	0,6	4,1	.	.	.	.	0,2	.	.	10,3	3,2	0,4
11	0	.	.	0,2	.	.	.	.	.	5,5	0,8	.
12	0	.	.	2,8	.	.	16,1	.	.	.	.	.
13	0	0,1	.	0	0,5	.	0	.	.	.	.	.
14	0	.	.	0	.	0	0,1	.	.	.	.	.
15	0	.	0	.	.	.	9	0	.	.	1	.
16	.	.	2,9	.	.	3,8	8,7	.	.	0,1	4,4	25,5
17	0	14,2	1,7	.	.	.	10,7	.	29,7	.	0,3	.
18	.	.	4,6	.	.	.	.	.	.	0	12,6	.
19	0,9	.	.	0,5	0,4	.	1,3	.	.	0,2	0,5	.
20	.	.	0,1	.	12,7	.	4,9	.	0	0	6,5	1,1
21	.	0	0	.	1	.	.	.	0,4	.	0	.
22	.	0,2	.	.	1,3	.	.	.	7,3	.	0,7	.
23	16,5	.	.	.	4,8	.	.	.	0,5	.	.	0
24	.	.	.	.	.	0,1	.	.	0,7	.	.	.
25	.	.	0	12,9	.	28	.	.	.	.	0,8	0
26	.	.	.	0,1	.	1,9	.	.	.	.	9,7	18,3
27	.	.	4	.	.	1	0,3	.	.	0,2	.	13,3
28	.	.	1,3	.	.	.	.	0	.	0,6	.	20,4
29	.	.	0	0	11,9	9,2	13,2	0	.	.	0	16,2
30	.	19,2	29,2	5,4	0,2	3,7	.	.	.	.	16	
31	.	0	.	2	.	.	0,2					

Tablica 2: Dnevne količine oborina (mm) zabilježene na meteorološkoj postaji Zagreb-Grič tijekom 2001. godine

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	.	0	5,3	0,3	.	41	10,4	.	7	1,3	.	0,5
2	.	0	1,4	.	.	5,5	5,1	.	14,7	.	0,1	.
3	0	.	4,9	.	.	0,1	.	.	4,8	.	.	.
4	0,5	.	0	.	.	23,9	0	.	.	.	.	.
5	4	.	.	0,4	2,6	.	0	.	22	2,1	.	.
6	.	.	7,6	8,2	5,4	.	.	.	16,1	.	.	.
7	.	.	.	.	9,8	6,4	.	.	7,2	.	1	0,9
8	6,7	.	.	28,6	0,8	.	.	.	0	.	.	1
9	17,7	.	0	3,4	2,8	.	0,1	.	4	.	11,9	.
10	0,1	1,9	0,4	0,4	0,2	.	.	.	29,6	.	21,7	.
11	.	0	.	5,1	.	.	0	0,5	.	.	0,3	.
12	2,6	.	.	11,2	0,5	0,9	.	2,2	0,5	.	10,8	1,8
13	0	.	.	0	.	.	.	.	0,4	.	1,7	1,4
14	0	.	17	0,2	.	0,3	.	.	.	.	21,3	0
15	.	.	0,3	0	.	0	.	.	27	.	.	0
16	.	.	.	.	0	.	.	.	0,2	.	.	.
17	0	.	.	14,8	.	.	20,2	.	18,3	.	.	0
18	.	.	15,3	3,2	.	13,3	10,6	.	15,3	.	.	2
19	.	.	.	0,3	7	9,3	.	.	0	.	1,1	0,3
20	.	.	18,5	1	.	.	0,2	.	.	.	1,4	.
21	0,3	0,1	2,4	0,8	.	0	7	.	.	.	.	0
22	0	.	0,2	4	12,6	.	0,8	14,3	.	4	.	.
23	.	.	13,4	0,4	0,8	9,8	.	.	0,6	.	8,3	7,1
24	0,7	10,2	.	.	.	4,2	0	0,2	6,6	.	.	0,1
25	.	0,5	.	.	.	.	0	.	0,5	1,8	.	.
26	25,6	2,2	2	0,5	.	.	0,1	.	2,3	.	0	.
27	0,8	0,4	2,9	0,3	.	.	.	.	0,1	.	0	6,4
28	3,6	.	9,2	.	.	.	.	.	.	.	11	.
29	1,4	.	.	.	2,9	.	.	.	.	3,9	.	
30	16,5	.	.	.	4,1	0,1	.	0,1	.	0	.	
31	2,6	.	13,6	.	3,2	.	4,7					

Tablica 3: Dnevne količine oborina (mm) zabilježene na meteorološkoj postaji Zagreb-Grič tijekom 2002. godine

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	0	.	12,8	.	.	.	.	3,6	.	.	1,9	0,7
2	.	.	2,8	.	.	5,1	.	1	.	.	.	.
3	.	.	.	.	.	.	0	3,2	.	.	0,7	13,1
4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	38,2	0
5	.	.	.	0	1,2	.	11,7	3,6	.	3	4,2	13,9
6	.	.	0,1	0,4	0	0,3	.	14,7	.	.	3,2	12,8
7	.	1,9	0	.	.	3,7	2,7	28,9	4,5	13,9	0	4,3
8	.	2,4	.	.	.	3,4	.	0,1	0,1	0,5	0	1,9
9	.	.	.	5,4	0,3	0	.	0,6	.	0,4	.	0,5
10	.	0	0,2	22	2,2	6,1	.	34,2	.	0,2	1,7	0
11	0	2,7	.	1,6	.	3,3	.	6,2	11,1	6,3	.	0
12	0	.	.	13,2	0,6	.	1,4	36,6	1,3	20	0	0
13	0	.	.	20,6	1,5	.	.	6,8	.	2,3	2,2	2,9
14	13	.	.	10,8	1,5	.	.	.	.	.	0	6,4
15	6,2	0	.	0,3	2,8	.	42,4	.	.	.	.	0
16	2,9	.	0,5	2	.	.	1,9	.	0,2	.	.	4,8
17	1,8	9,3	.	1	.	1,1	.	0,5	.	.	0,6	0,7
18	0,8	11	.	11	.	.	0	.	.	15,9	1,3	0,4
19	0	5,3	.	8,6	.	.	42,9	.	.	10,9	5,3	0
20	.	0,6	0	7,4	41,5	.	.	.	0,2	.	0	.
21	.	0,6	0	15,4	0,7	.	.	.	11,5	.	.	.
22	0	12,8	18,4	2	.	.	1	10,9	15	.	0,6	.
23	.	.	0,8	.	0	.	7,2	0,1	13,4	13,9	9,7	1,5
24	.	0	0,2	0,6	0	.	.	.	11,2	18,2	.	0
25	0,2	0,7	0,3	2,3	.	21	11,9	.	7,2	2,4	.	2,7
26	.	.	.	.	11,3	6	2,8	.	2,8	.	.	.
27	.	.	.	1,1	0,7	.	.	.	.	.	.	.
28	.	.	.	31	4,6	0	.	0	9,8	.	.	.
29	.	.	.	16,4	20,2	0	.	1,1	.	0	4,7	
30	.	.	0,6	.	.	22,2	.	.	.	6,2	0	
31	.	.	.	.	.	.	.					

Tablica 4: Dnevne količine oborina (mm) zabilježene na meteorološkoj postaji Zagreb-Grič tijekom 2003. godine

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	14,6	1,5	.	2,4	.	.	.	2,9	26,1	.	.	0
2	.	.	.	.	.	0,4	22	5,2	5,3	0	14,2	0,1
3	0,4	.	2,4	0,5	.	2,2	.	.	0,8	.	3,2	0
4	.	0	3,5	1	.	.	2,4	.	.	.	.	0
5	.	27	.	.	.	.	8,5	.	.	28,1	.	0
6	5,5	.	.	.	.	.	.	.	.	18,1	.	0,2
7	17,9	.	0,3	.	.	.	.	1,8	.	0,1	0,1	0,2
8	6,9	.	0	0	.	.	12,6	.	.	12,3	0,1	.
9	6,9	0,1	.	.	.	.	.	.	0,2	0	.	.
10	4,3	.	.	.	.	30,7	0,6	.	10,3	.	0,1	.
11	1,2	0	.	15,9	0	.	0,1	.	5,8	.	.	0,1
12	0,1	1	.	0	.	.	.	.	7,1	.	.	.
13	.	0,3	1,1	2	.	.	0,1	.	0,8	0	.	.
14	.	.	0,1	.	.	7,6	0,9	.	4,4	.	.	.
15	.	.	0,6	0	.	.	.	0,2	.	.	.	0,6
16	.	0,2	0	1,3	.	0	.	5	.	.	.	0
17	.	0,4	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.
18	.	0	.	.	.	.	1,3	.	.	.	18,4	.
19	.	.	.	0	.	3,7	.	.	.	.	.	.
20	.	0	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.
21	0	.	.	.	13,7	6,2	.	.	.	1,1	.	.
22	3,7	.	.	.	0	.	.	.	.	14,9	.	18,9
23	6,6	0	.	.	0	.	.	.	.	0,8	.	2,2
24	0	.	.	0	.	.	6,4	.	17,9	15,1	.	.
25	0,2	0	.	.	.	.	6,8	.	2	0,1	.	.
26	0,1	.	.	.	.	.	0,1	1,3	.	.	2,1	.
27	0	.	.	0,2	2,6	1,2	.	.	.	.	6,7	.
28	0,2	.	.	5,6	2,4	16,7	.	.	.	.	3,4	.
29	0	.	.	1,1	0,5	16,8	.	2,3	0,1	3,2	.	
30	.	.	.	.	6	.	1	23,6	5,9	2,9	2,2	
31	4,5	0,1	.	.	.	6,6	4,1					

5. Materijali i metode

U početnoj fazi ovog istraživanja analizirane su dnevne količine oborina i temperature u periodu od 2000. -2018. godine zabilježene na meteorološkoj postaji Zagreb-Grič. Podaci su prikupljeni od Državnog hidrometeorološkog zavoda. Za daljnju analizu odabrano je četverogodišnje razdoblje od 2000. do 2003. godine u kojem su uzimani u obzir svi dani kojima je količina oborina premašivala 0,5 mm. Za spomenute dane provedena je „back trajecstories" analiza, odnosno izračunate su unazadne putanje zračnih masa za pet dana (120 sati) koji su prethodili dolasku zračne mase nad meteorološku postaju Zagreb-Grič (45.822° N, 16.034° E). Kako bi odredili unazadne putanje zračnih masa, korišten je online HYSPLIT model putanja Air Resources Laboratorija koji je jedan od najčešće korištenih modela za proračun putanja i disperzije atmosfere (Stein i sur., 2015.) Podaci su generirani iz GDAS modela (Global Data Assimilation System). Izlazni podaci ovog modela sadrže horizontalne (zemljopisne širine i dužine) i vertikalne (visine iznad razine tla) podatke za svaki sat duž putanje, te nekoliko meteoroloških varijabli (količinu oborina, relativnu vlagu zraka, atmosferski tlak, potencijalnu i ambijentalnu temperaturu zraka). Nadalje, izlazni podatci uključuju i grafički prikaz putanje zračne mase u *jpeg, *kmz (za Google Earth), te shapefileove za GIS programe.

Za izračun unazadnih putanja zračnih masa korišteni su ulazni parametri kao što su lokacija odnosno koordinate meteorološke postaje Zagreb-Grič (45.822° N, 16.034° E), te visina od 1000 m iznad razine tla (ne iznad razine mora). Visina od 1000 m iznad razine tla odabrana je kao visina iznad „boundary layer-a" kako bi se spriječio utjecaj turbulencije zračnih masa.

U sljedećem koraku su dobiveni podaci analizirani u svrhu utvrđivanja lokacija na kojima su zračne mase „izdignule vlagu" (*engl. moisture uptake*) prema Krklec i Dominguez-Villar (2014). Za to su primjenjene matematičke formule kako bi izračunali saturaciju vodene pare zraka, tlak vodene pare zraka, odnos miješanja saturirane vlage, te specifične vlage zraka u skladu s istraživanjem Baldini i sur. (2010.). Za izračun izdizanja vlage koristili smo pozitivan gradijent specifične vlažnosti (0,5 g/kg unutar 6 h) za atmosferski tlak iznad 900 hPa prema Baldini i sur. (2010.) te Krklec i Domínguez- Villar (2014.).

Duž svake pojedine putanje zračne mase precizirana su mjesta na kojima se izdizala vlaga, te je izračunat postotni udio u odnosu na godišnju količinu padalina. Lokacije izdizanja

vlage određene su za mjesečne, sezonske (tromjesečne) i godišnje intervale. Nakon što su određene lokacije na kojima je izdignuta vlaga, dnevni podaci integrirani su u godišnji period. Prema metodologiji Krklec i Domínguez-Villar (2014.) ovo integriranje zahtjeva konvertiranje linearnih značajki u kontinuirane dvodimenzionalne datoteke, a što je učinjeno korištenjem mreže 0,5×0,5 ° prostorne rezolucije. Zahvaljujući ovom modelu određen je prostorni raspored s lokacijama koje pokazuju postotak izdizanja vlage, a koja je rezultirala oborinama iznad Zagreba.

Na temelju prostornih podataka izračunat je i udio ukupne reciklirane vlage (one izdignute iznad kontinentalnih površina) za oborine iznad meteorološke postaje Zagreb.

6. Rezultati istraživanja

6.1. Analiza količine oborina tijekom proučavanog razdoblja

Analizom podataka o oborinama zabilježenim na meteorološkoj postaji Zagreb-Grič za razdoblje od 2000. do 2018. godine, a prikupljenih od državnog hidrometeorološkog zavoda, za istraživanje je odabrano prvo četverogodišnje razdoblje od 2000.-2003.

Tijekom ovog četverogodišnjeg razdoblja zabilježeno je ukupno 512 dana s oborinama. Dok su 2000. i 2003. godina kao prva i zadnja u ovom razdoblju imale dosta manji broj dana s oborinama, odnosno 117 i 116, središnje dvije godine (2001. i 2002.) su brojale znatno veći broj dana u kojima su zabilježene oborine, te je tako 2001. na vrhu s čak 140 oborinskih dana.

Ako se obrati pažnja na dane s količinom oborina većom od 0,5 mm, jer su u ovom istraživanju samo na njima provedene back trajectories analize broj dana iznosi 413. Najviše takvih dana (njih 122), s količinom oborina većom od 0,5 mm bilo je 2002. godine što je čak 35 dana više od 2003. koja je brojila samo 87 takvih dana. Broj dana s oborinama tijekom analiziranog četverogodišnjeg razdoblja (2000.-2003.) prikazan je u tablici 5.

Tablica 5: Godišnji broj dana s oborinama tijekom razdoblja 2000.-2003.

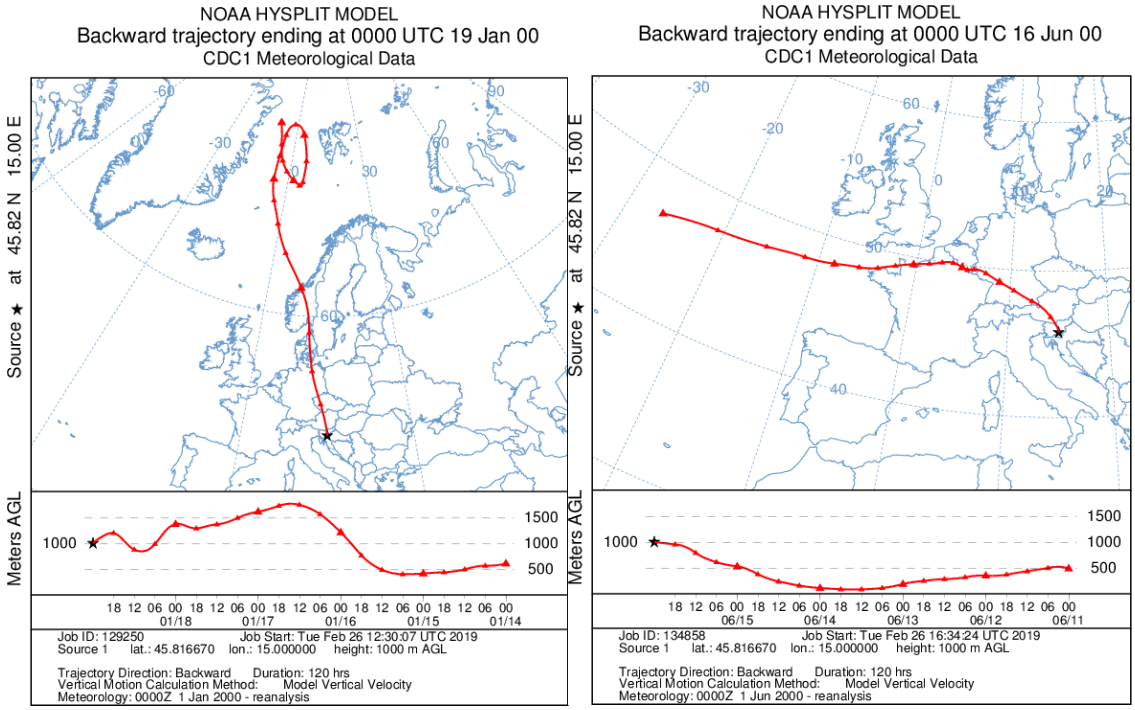
	Ukupan broj dana s oborinama	**Broj dana s količinom oborina >0,5 mm**
2000.	117	94
2001.	**140**	110
2002.	139	**122**
2003.	116	87
Ukupno	512	413

6.2. Analiza unazadnih putanja zračnih masa

Back trajectories analize provedene su za sve dane u periodu od 2000. do 2003. godine u kojima je količina oborina iznosila više od 0,5 mm, ukupno njih 413. Za svaki od tih dana u online HYSPLIT model su unijeti podaci o geografskoj širini i dužini meteorološke postaje Zagreb-Grič (45.822° N, 16.034° E) i visini od 1000 metara iznad razine tla, a model je zatim

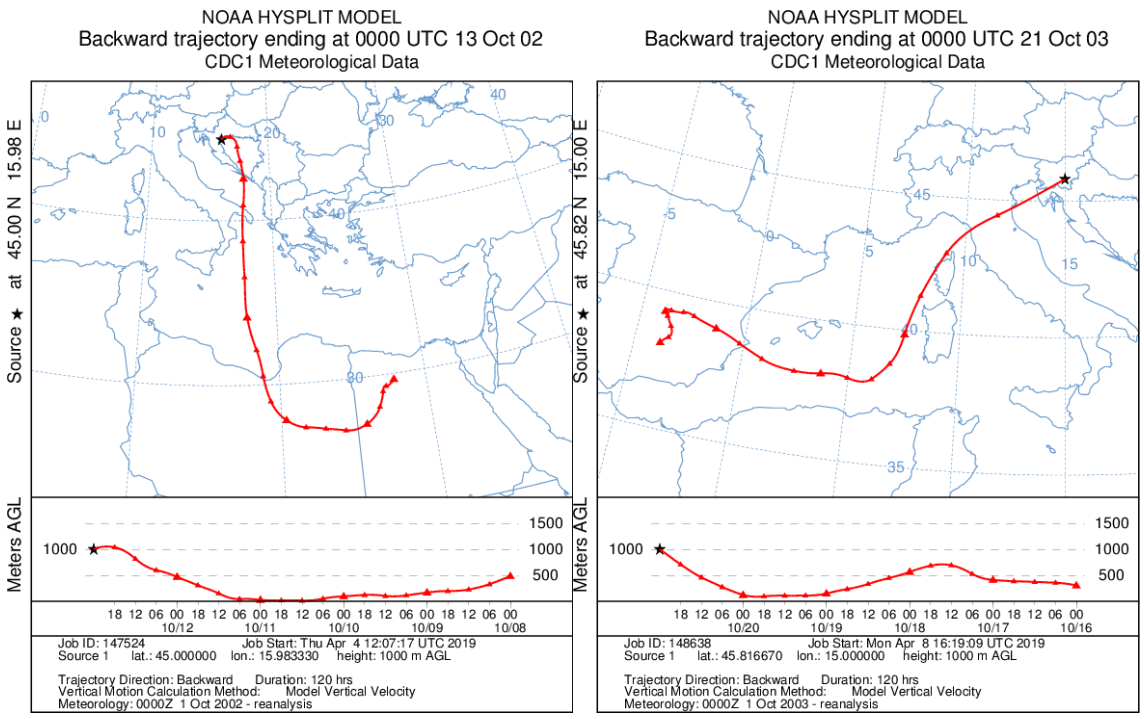
generirao izlazne parametre kao što su količina oborina, ambijentalna i potencijalna temperatura zraka, tlak i relativna vlaga zraka za svaki sat duž putanje u zadnjih 120 sati. Izlazni podaci također su uključivali i grafički prikaz putanje zračne mase u *jpeg (Slika 3 i 4), *kmz (za Google Earth) te shapefileove za GIS programe.

Na primjeru slika 3 i 4 možemo vidjeti da su zračne mase nad meteorološku postaju Zagreb-Grič dolazile sa ishodišta koje se nalazilo nad Grenlandskim morem (slika 3), odnosno Atlantskim oceanom (slika 4). Bitno je naglasiti da zračne mase ne zadržavaju cijelim putem istu visinu nego ona varira što se može vidjeti na vertikalnim profilima putanja na donjim dijelovima slika.



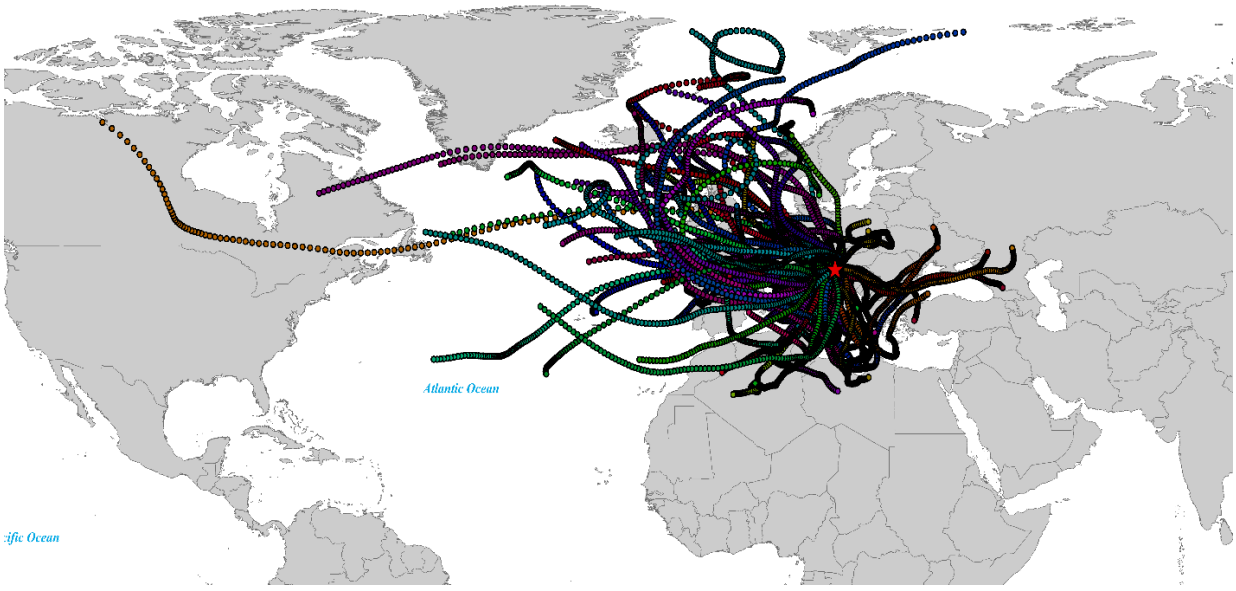
Slike 3 i 4: Grafički prikaz putanja zračnih masa u zimskom periodu godine (slika 3) i u ljetnom periodu godine (slika 4).

Na primjeru slike 5 i 6 vidimo da su zračne mase na meteorološku postaju Zagreb-Grič dolazile i sa kopnenih ishodišta. Vidljivo je dakle da su zračne mase dolazile iz gotovo svih smjerova, kako sa oceana i mora, tako i sa kopna.



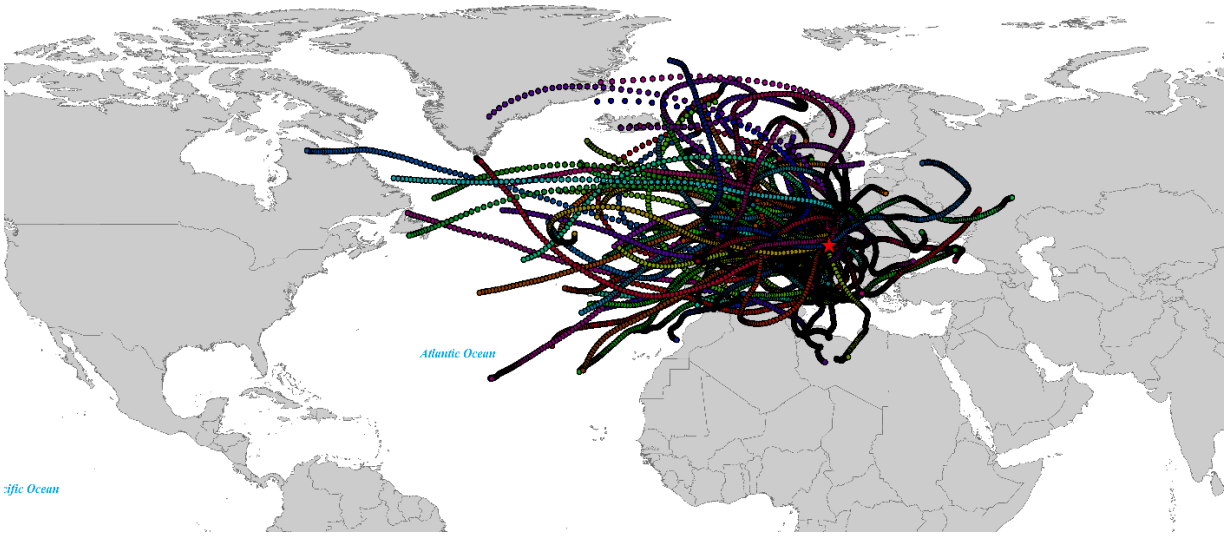
Slike 5 i 6: Grafički prikaz putanja zračnih masa iz kolovoza 2002. (slika 5) i 2003. (slika 6)

Na slici 7 prikazana je karta 5-dnevnih unazadnih putanja zračnih masa (back trajectories analize) za 2000. godinu. Vidljivo je da su zračne mase koje su nosile oborine dolazile iz puno različitih smjerova. Ako govorimo o onima koje su stigle s prostora iznad vodenih površina to su većinom bile lokacije srednjeg i sjevernog Atlantika, Grenlandskog i Mediteranskog mora, dok je većina zračnih masa koje su stigle s kopnenih područja uglavnom dolazilo iz sjeverne Afrike i zapadne Europe.

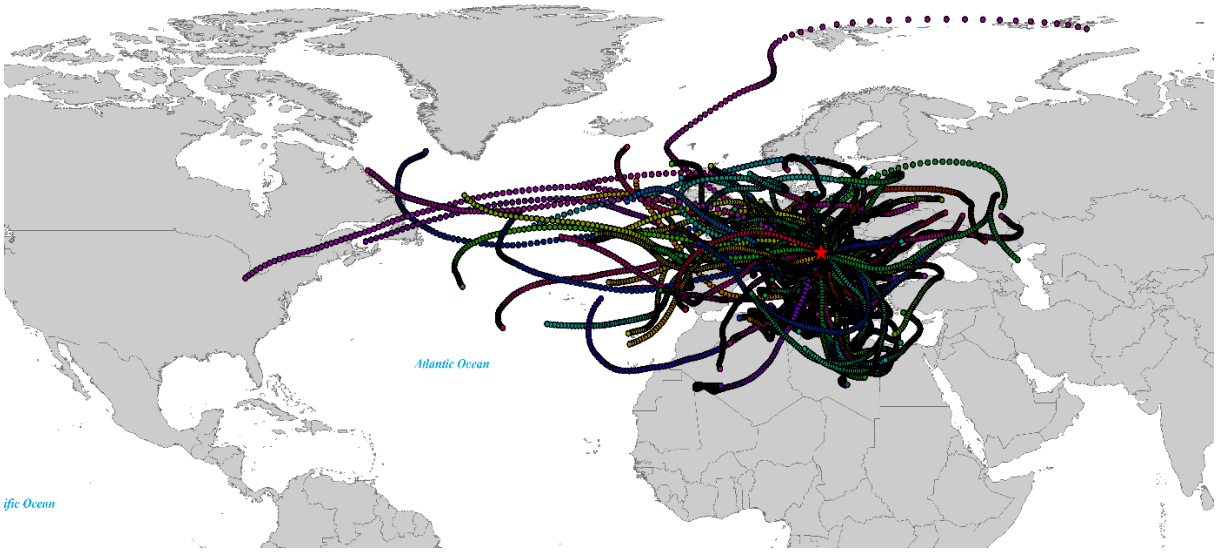


Slika 7: Karta rekonstruiranih 5-dnevnih unazadih putanja zračnih masa za oborine iznad meteorološke postaje Zagreb-Grič zabilježene tijekom 2000. godine.

Na slici 8 prikazane su 5-dnevne unazadne putanje zračnih masa (back trajectories) za 2001. godinu. Također možemo vidjeti da su zračne mase koje su nosile oborine dolazile iz puno različitih smjerova. Što se tiče zračnih masa koje su stigle s prostora iznad vodenih površina ponovno su dominantne lokacije srednjeg i sjevernog Atlantika te Mediterana. Također, zračne mase stizale su sa područja iznad zapadne, istočne i sjeverne Europe, a nešto manje s prostora sjeverne Afrike.



Slika 8: Karta rekonstruiranih 5-dnevnih unazadih putanja zračnih masa za oborine iznad meteorološke postaje Zagreb-Grič zabilježene tijekom 2001. godine.

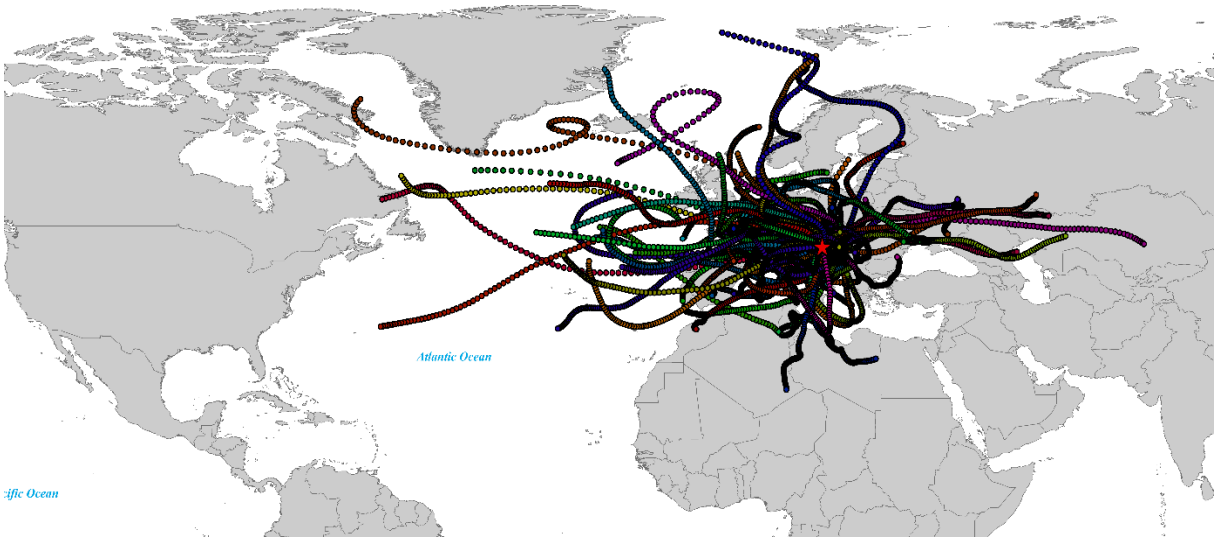


Slika 9: Karta rekonstruiranih 5-dnevnih unazadih putanja zračnih masa za oborine iznad meteorološke postaje Zagreb-Grič zabilježene tijekom 2002. godine.

Na slici 9 prikazane su 5-dnevne unazadne putanje zračnih masa (back trajectories) za 2002. godinu. Tijekom 2002. godine su zračne mase s oborinama stizale ponovno pretežito s

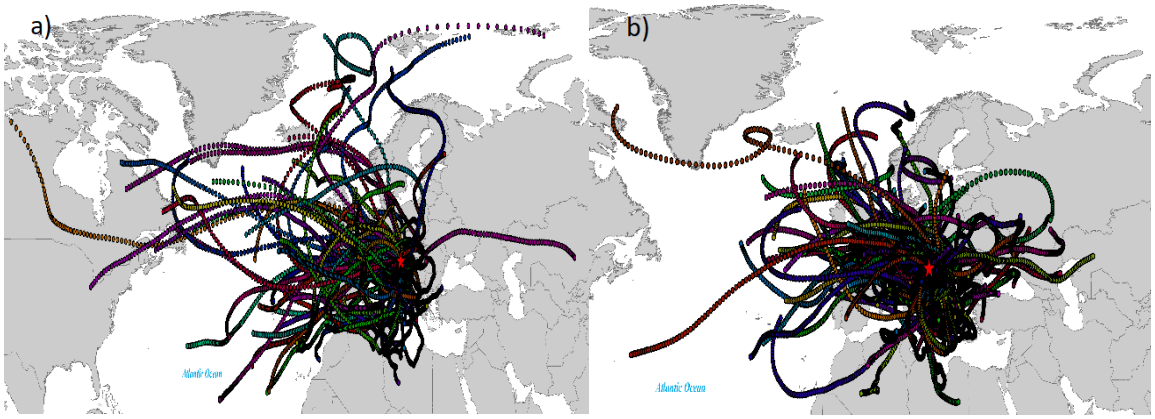
područja Atlantika i Mediterana a što se tiče kopnenih područja, sa područja sjeverne Afrike, te zapadne, istočne i sjeverne Europe.

Na slici 10 prikazane su 5-dnevne unazadne putanje zračnih masa (back trajectories) za 2003. godinu. Kao i prethodnih godina istraživanog razdoblja, zračne mase su pretežito pristizale s područja iznad sjevernog Atlantika, Mediteranskog mora te kontinentalne Europe.

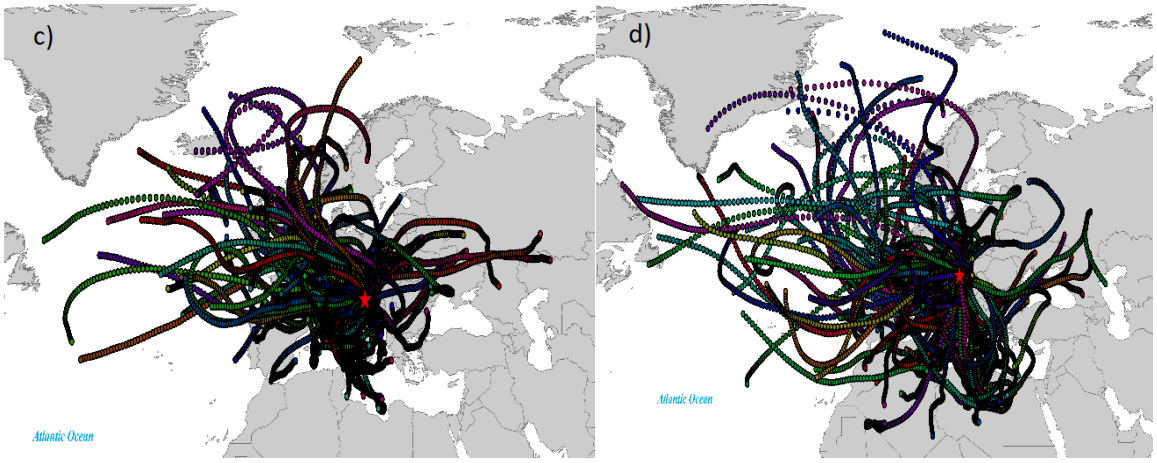


Slika 10: Karta rekonstruiranih 5-dnevnih unazadih putanja zračnih masa za oborine iznad meteorološke postaje Zagre-Grič zabilježene tijekom 2003. godine.

Izrađene su i sezonske karte unazadnih putanja zračnih masa za sve četiri istraživane godine kako bi se mogle vidjeti razlike u kretanjima zračnih masa u različitim dijelovima godine. Na slikama 11 i 12 možemo vidjeti da su u 1. i 4. kvartalu zračne mase osim sa područja kontinentalne i morske Europe stizale i sa udaljenijih mjesta kao što su Atlantski ocean i sjeverna mora. Tijekom 2. i 3. kvartala kada je bilo prisutno manje oborina zračne mase su u puno većoj mjeri pristizale iz područja Europe.



Slika 11: Sezonske karte rekonstruiranih 5-dnevnih unazadnih putanja zračnih masa za oborine iznad meteorološke postaje Zagreb-Grič zabilježene tijekom svih godina istraživanog razdoblja a) 1.-3- mjesec, b) 4.-6. mjesec.

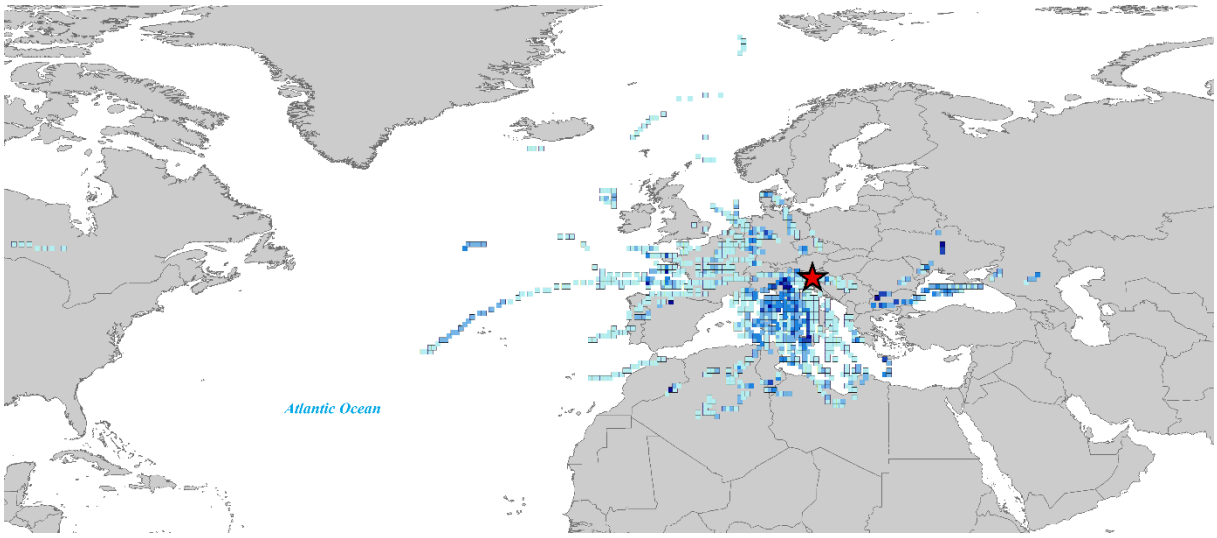


Slika 12: Sezonske karte rekonstruiranih 5-dnevnih unazadnih putanja zračnih masa za oborine iznad meteorološke postaje Zagreb-Grič zabilježene tijekom svih godina istraživanog razdoblja; a) 7.-9. mjesec, b) 10.-12. mjesec.

6.3. Analiza lokacija izdizanja vlage

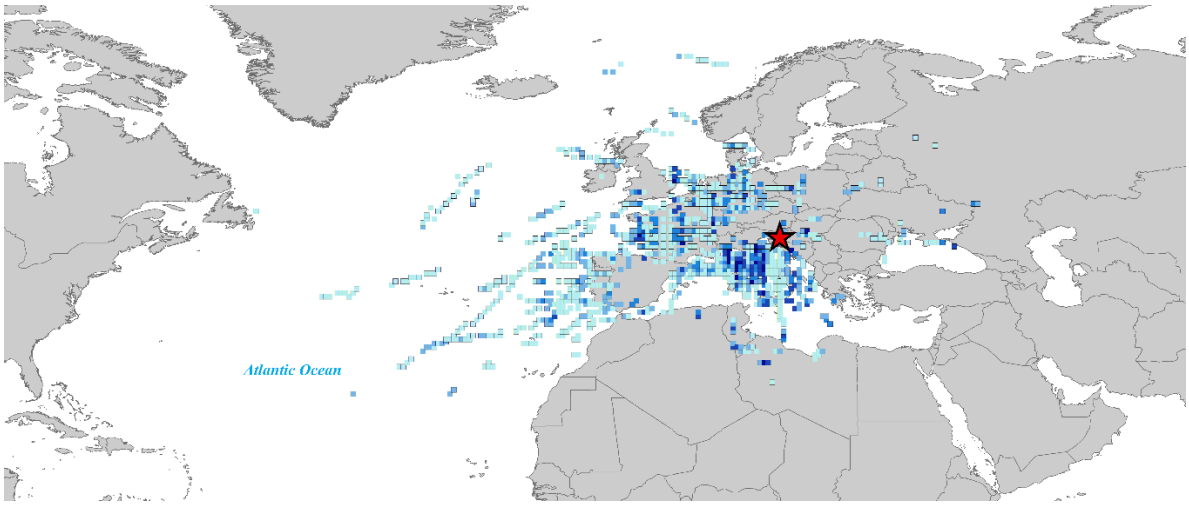
Koristeći rezultate analiza unazadnih putanja zračnih masa napravljene su moisture uptake (MU) analize također za sve dane s više od 0,5 mm oborina. Uz pomoć seta matematičkih jednadžbi izračunate su lokacije izdizanja vlage te su izrađene godišnje karte koje prikazuju lokacije izdizanja vlage koja je sudjelovala u padalinama iznad meteorološke postaje Zagreb-Grič. Za vrijeme četverogodišnjeg istraživanog razdoblja udio vlage koji se izdigao sa kopnenog područja iznosi 45,60% i nešto je malo veći od onog udjela koji se izdigao nad morem i oceanom koji iznosi 41,35%.

Na karti lokacija na kojima je izdignuta vlaga koja je oborinama dospjela nad meteorološku postaju Zagreb-Grič tijekom 2000. godine (slika 13) vidljivo je da se proces izdizanja vlage zraka odvijao najviše na području Jadranskog, Tirenskog i Sredozemnog mora. Od vodenih površina još treba istaknuti područje Crnog mora te Atlantskog oceana, pogotovo Biskajski zaljev. Što se tiče kopnenih lokacija najdominantnije je bilo izdizanje vlage diljem Europe a posebno s područja Francuske, Italije i zemalja Beneluksa te nešto manje s područja sjeverne Afrike. Tijekom 2000. godine postotak vlage koji se izdigao sa kopnenog područja iznosi 47,78% dok je sa područja iznad mora izdignuto 42,31%.



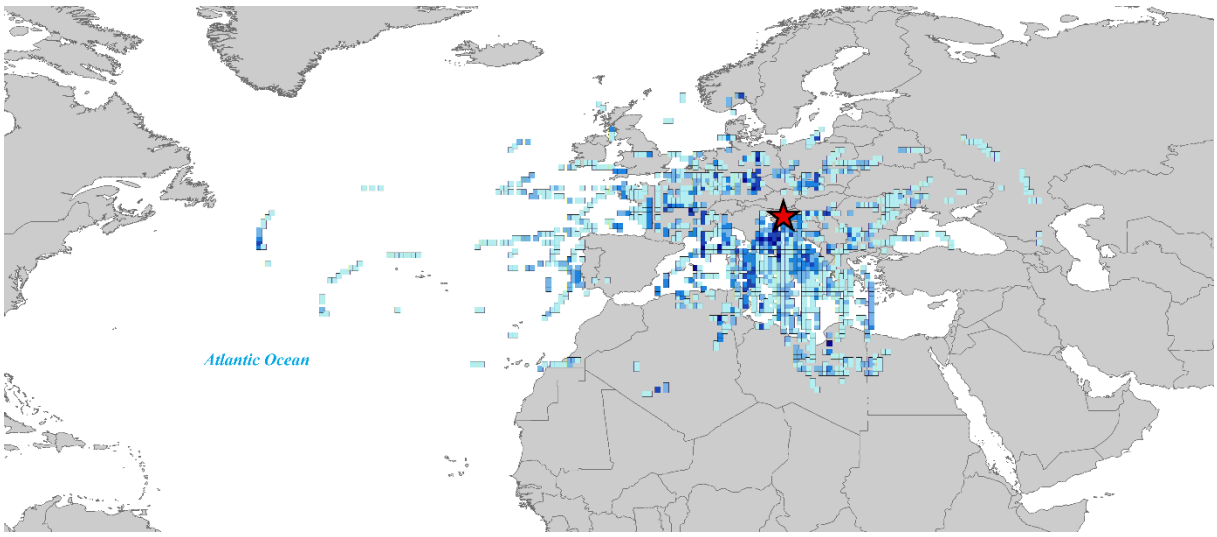
Slika 13: Lokacije izdizanja vlage duž 5-dnevnih unazadnih putanja zračnih masa za oborine iznad meteorološke postaje Zagreb-Grič tijekom 2000. godine.

U 2001. godini vlaga koja je oborinama dospjela nad meteorološku postaju Zagreb-Grič se ponovno najviše izdizala na području Jadranskog, Tirenskog i Sredozemnog mora te Atlantskog oceana (slika 14). Od kopnenih lokacija najviše izdizanja vlage dogodilo se na području središnje i južne Europe, a treba istaknuti zemlje Beneluksa, Francusku, Italiju i Njemačku. Tijekom 2000. godine postotak vlage koji se izdigao sa kopnenog područja iznosi 38,60% dok je sa područja iznad mora izdignuto 45,31%.



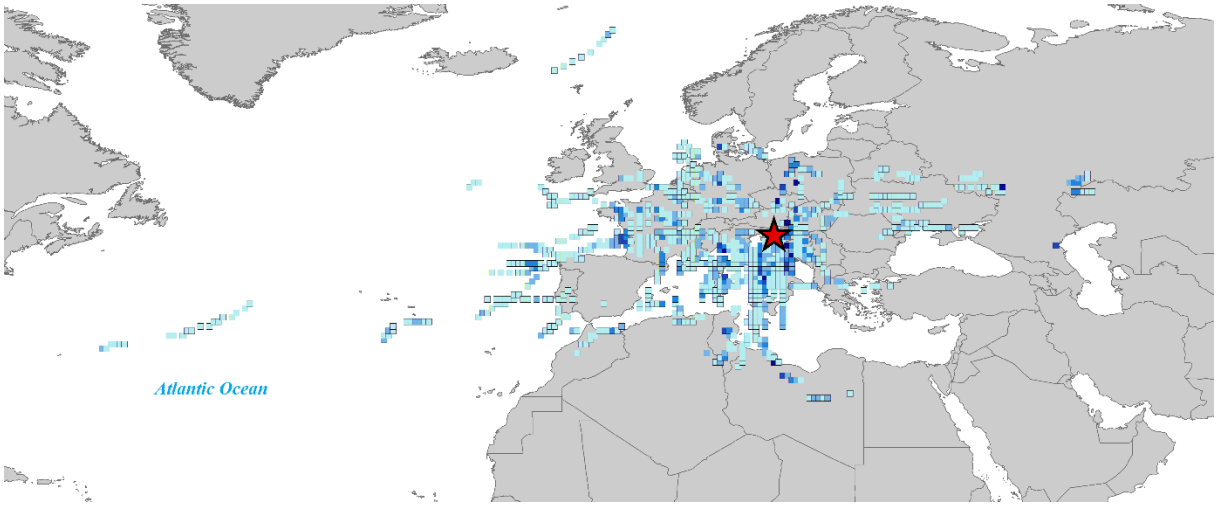
Slika 14: Lokacije izdizanja vlage duž 5-dnevnih unazadnih putanja zračnih masa za oborine iznad meteorološke postaje Zagreb-Grič tijekom 2001. godine.

Za 2002. godinu značajne su bile slične lokacije kao i prethodne godine te se ponovno pojavljuje uzdizanje vlage na području sjeverne Afrike te dijelovima istočne Europe (slika 15). Nad vodenim površinama taj proces se u odnosu na prethodnu godinu nešto manje odvijao na Atlantiku, a nešto više na Mediteranu. Tijekom 2000. godine postotak vlage koji se izdigao sa kopnenog područja iznosi 44,53% dok je sa područja iznad mora izdignuto 41,62%.



Slika 15: Lokacije izdizanja vlage duž 5-dnevnih unazadnih putanja zračnih masa za oborine iznad meteorološke postaje Zagreb-Grič tijekom 2002. godine.

Posljednje godine istraživanog razdoblja (2003.) ponovio se vrlo sličan prostorni raspored lokacija izdizanja vlage kao i prethodnih godina. Ponovno treba istaknuti veliki dio Europe, posebno južne i srednje, te u malo manjoj mjeri sjevernu Afriku i Atlantik (slika 16). Tijekom 2003. godine izdignuto je 51,50% vlage na području iznad kopna te 36,15% vlage iznad vodenih područja.



Slika 16: Lokacije izdizanja vlage duž 5-dnevnih unazadnih putanja zračnih masa za oborine iznad meteorološke postaje Zagreb-Grič tijekom 2003. godine.

6.4. Udio reciklirane vlage

Nakon izračuna udjela reciklirane vlage u oborinama i utvrđivanja lokacija izdizanja vlage zraka, izračunate su i uspoređene ukupna količina oborina i postoci reciklirane vlage zraka za četverogodišnje razdoblje. Udio reciklirane vlage je tijekom 3 od 4 godine bio veći od udjela vlage koja je bila izdignuta s područja mora i oceana (Tablica 6).

Tablica 6: Udio reciklirane vlage zraka u ukupnoj količini oborina

Godina	Udio reciklirane vlage (%)	Količina oborina (mm)
2000.	47,78	724,6
2001.	38,60	842,3
2002.	44,53	1064,6
2003.	51,50	624,4

7. Rasprava

Tijekom istražnog razdoblja (2000.-2003.) godišnja količina oborina je pokazala veliku varijabilnost. Prema podacima dobivenim od Državnog hidrometeorološkog zavoda maksimalna godišnja količina oborina zabilježena je 2002. (1064,6 mm-) što je za 42 % više od minimalne 2003. (624,4 mm). Najviše dana s količinom oborina većom od 0,5 mm- bilo je također 2002. (122 mm) , a najmanje 2003. (87 mm) što se poklapa s ukupnom količinom oborina mjerenom u mm-.

Analiza unazadnih putanja zračnih masa za razdoblje od 2000.-2003. godine pokazuje kako su zračne mase dolazile iz raznih dijelova svijeta i njihove su putanje djelomično varirale tijekom istraživanog razdoblja. Tijekom cijelog razdoblja zračne mase najviše su dolazile sa područja Mediterana te sjevernog i srednjeg Atlantika, a što se tiče kopna s Europskog kontinenta i sjeverne Afrike. Razlog velike disperzije lokacija s kojih su dolazile zračne mase i općenito njihovog kretanja je cirkulacija zraka, režim vjetra odnosno jačina i smjer njegovog puhanja. Na režim oborina određenog područja također uvelike utječe zemljopisni položaj te reljef i udaljenost od mora koji su s njim usko povezani. Također je primijećena i razlika u sezonskoj distribuciji zračnih masa pa treba spomenuti da su u jesenskim i zimskim mjesecima one dolazile s udaljenijih mjesta zbog bržeg protoka i manje gustoće zraka, a tijekom proljetnih i ljetnih mjeseci s manjih udaljenosti.

S druge strane suprotno dosadašnjim istraživanjima (Krklec i Domínguez-Villar, 2014.; Sodemann i Zubler, 2010.; Vujnović 2020.) porijeklo vlage koja je oborinama dospjela na područje Zagreba nešto više je bilo sa kopnenih nego morskih područja. Drugim riječima veći je bio udio reciklirane vlage u ovom nego u prethodnim istraživanjima, koja je najviše došla do izražaja u ljetnim mjesecima prilikom kontinentalnog isparavanja. Lokacije koje treba istaknuti su u prvom redu zapadna ali i ostali dijelovi Europe te sjeverna Afrika dok su od vodenih područja najistaknutije Jadransko, Tirensko, Sredozemno i Crno more te Atlantik.

Analizom unazadnih putanja i identificiranih lokacija izdizanja vlage zraka, utvrđeno je da je udio reciklirane vlage zraka u ukupnoj količini oborina zabilježenoj na meteorološkoj postaji Zagreb-Grič u četverogodišnjem razdoblju samo 2001. godine (38,6 %) bio manji od udjela vlage izdignute iznad vodenih površina (45,3 %). Ostale tri godine udio reciklirane vlage je bio veći od udjela vlage s porijeklom iznad vodenih površina, a najveća razlika zabilježena je 2003. kada je udio reciklirane vlage bio čak 51,5 %, a vlage izdignute iznad vodenih površina

samo 36,1 %. Dobiveni rezultati pokazuju suprotno prethodnim istraživanjima u kojima reciklirane oborine čine trećinu ukupnih oborina (Krklec i Domínguez-Villar, 2014.; Sodemann i Zubler, 2010.; Vujnović 2020.).

8. Zaključak

Analizom rezultata ovog istraživanja provedenom pomoću podataka dobivenih s meteorološke postaje Zagreb-Grič u razdoblju između 2000. i 2003. može se zaključiti kako je godišnja količina oborina varirala između 624,4 i 1064,6 mm, a broj kišnih dana u godini između 87 i 122 što procjenjujemo kao veliku varijabilnost i nestabilnost ovog područja.

Analizom rezultata „back trajectories“ analiza (za dane s količinom oborina >0,5 mm) provedenom pomoću programa HYSPLIT može se zaključiti da je dolazak zračnih masa na područje iznad meteorološke postaje Zagreb-Grič ponajviše zabilježen iz smjera sjevernog i srednjeg Atlantika, Mediterana, kontinentalne Europe te sjeverne Afrike.

U četverogodišnjem razdoblju „moisture uptake“ analize, odnosno analize lokacija izdizanja vlage, provedene su za 413 dana. Lokacije na kojima je utvrđen izvor vlage većinom su bile na prostoru iznad zapadne ali i ostalih dijelova Europe, sjeverne Afrike, Jadranskog, Tirenskog, Sredozemnog i Crnog mora te Atlantika.

Udio reciklirane vlage zraka u ukupnoj količini oborina u istraživanom četverogodišnjem razdoblju kretao se između 38,60 % i 51,50 % s prosjekom od 45,67 % što je veći udio od vlage s vodenih površina i čini gotovo polovinu ukupne količine oborina za grad Zagreb. Za kraj može se zaključiti kako reciklirana vlaga izrazito utječe na količinu oborina grada Zagreba ali treba uzeti u obzir kratko razdoblje istraživanja čija bi se relevantnost dodatno povećala njegovim produljenjem.

9. Literatura

1. Baldini, L.M., McDermott, F., Baldini, J.U.L., Fischer, M.J., Möllhoff, M., 2010. An investigation of the controls on Irish precipitation δ18O values on monthly and event timescales. Clim. Dyn. 35, 977–993.
2. Cruz F. W., Karmann I., Viana O., Burns S. J., Ferrari J. A., Vuille M., Sial A. N. and Moreira M. Z. (2005) Stable isotope study of cave percolation waters in subtropical Brazil: implications for paleoclimate inferences from speleothems. Chem. Geol.220(245), 262
3. Dansgaard W., Johnsen S. J., Clausen H. B., Dahl-Jensen D., Gundestrup N. S., Hammer C. U., Hvidberg C. S., Steffensen J. P., Sveinbjo¨rnsdottir A. E., Jouzel J. and Bond G. (1993) Evidence for general instability of past climate from a 250-kyrice-record. Nature 364, 218–220.
4. Draxler R. R. and Hess G. D. (1998) An overview of the HYSPLIT_4 modelling system for trajectories, dispersion and deposition. Aust. Meteorol. Mag. 47(4), 295–308.
5. Draxler R. R., Rolph G. D. 2013. HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) model access via NOAA ARL READY Website (http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php). NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring, MD.
6. Field R. D. (2010) Observed and modelled controls on precipitationd18O over Europe: from local temperature to the Northern Annular Mode. J. Geophys. Res
7. Fischer M. J. and Treble P. C. (2008) Calibrating climate d18O regression models for the interpretation of highresolution speleothem d18O time series. J. Geophys. Res. 113: D17103.
8. Fleming Z. L., P. S. Monks and A. J. Manning (2012). Review: Untangling the influence of air-mass history in interpreting observed atmospheric composition. *Atmos. Res.*, 104–105
9. Gat J. R. (2010) Isotope Hydrology: A Study of the Water Cycle. Imperial College Press, London.
10. Kraljičković J. i Husnjak S. (2004). Regionalizacija poljoprivredne proizvodnje u zagrebačkoj županiji. Agronomski fakultet. Zagreb

11. Krklec K., Domínguez-Villar D. (2014). Quantification of the impact of moisture source regions on the oxygen isotope composition of precipitation over Eagle Cave, central Spain. Geochimica et cosmochimica acta. 134: 39-54.
12. Krklec K., Domínguez-Villar D., Lojen S. (2018). The impact of moisture sources on the oxygen isotope composition of precipitation at a continental site in central Europe. Journal of Hydrology, 561: 810-821.
13. Machta L. (1992). Finding the site of the first Soviet nuclear test in 1949. Bull. Amer. Meteor. Soc., 73: 1797–1806
14. Martinson D. G., Pisias N. G., Hays J. D., Imbrie J., Moore T. C.and Shackleton N. J. (1987) Age dating and the orbital theory of the ice ages: developments of a high-resolution 0 to 300,000- year chronostratigraphy. Quatern. Res. 27: 1–29.
15. Melillo J. M., Richmond T.,Yohe G. W. (eds.) 2014. Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment. U.S. Global Change Research Program, SAD.
16. Sodemann H. and Zubler E. (2010). Seasonal and inter-annual variability of the moisture sources for Alpine precipitation during 1995–2002. Int. J. Climatol. 30: 947–961.
17. Stein A. F., Draraxler R. R., Rolph G. D., Stunder B. J. B., Cohen M. D., Ngagan F. (2015). NOAA's HYSPLIT Atmospheric Transport and Dispersion Modeling System. Bulletin of the American Meteorological Society, 96: 2059-2077.
18. Stohl A. and Seibert P. (1998) Accuracy of trajectories from the conservation of meteorological traces. Q. J. Roy. Meteorolog. Soc. 124: 1465–1484.
19. Stohl A., Forster C., Frank, A., Seibert P. and Wotawa G. (2005). Technical Note: The Lagrangian particle dispersion model FLEXPART version 6.2. Atmos. Chem. Phys. 5: 2461-2474.
20. van der Ent, R. J., H. H. G. Savenije, B. Schaefli, and S. C. Steele-Dunne (2010). Origin and fate of atmospheric moisture over continents, Water Resour. Res., 46.
21. Vujnović F. (2020). Udio reciklirane vlage zraka u ukupnoj količini oborina na lokaciji Zadar. Agronomski fakultet. Zagreb
22. Xoplaki E., González-Rouco and Luterbacher J. (2004). Wet season Mediterranean precipitation variability: influence of large-scale dynamics and trends. Climate Dyn. 23: 63–78

23. Zaninović K. (2008). Klimatski atlas Hrvatske. Državni hidrometeorološki zavod. Zagreb

Životopis autora

Luka Novak rođen je 15. 07. 1995. u Zagrebu. Pohađao je OŠ kralja Tomislava, a nakon završetka upisao X. gimnaziju Ivan Supek. Maturu je položio 2014. s ocjenama: Hrvatski (A)-4, Matematika (A)-3, Engleski (B)-3, Biologija-3, PiG-3. Ima veliki interes za prirodne ali i društvene znanosti, a pogotovo njihovu interakciju.

Nakon gimnazije upisuje i završava preddiplomski studij sanitarnog inženjerstva na Zdravstvenom veleučilištu u Zagrebu. Zatim upisuje diplomski studij sanitarnog inženjerstva i studij Agroekologije na Agronomskom fakultetu u Zagrebu paralelno. Od 7. godine se poluprofeionalno bavi hokejom na ledu. Kroz srednju školu i studiranje radio razne honorarne poslove preko studentskog i učeničkog servisa (rad u skladištu, prodavač na štandu, reklamiranje, redar na klizalištu, vozač Taxija). U osnovnoj i srednjoj školi bio razredni blagajnik te posjeduje osobine kao što su komunikativnost, odlučnost, ustrajnost i liderstvo.